

# СОВРЕМЕННЫЙ

# РЕЛЬЕФ

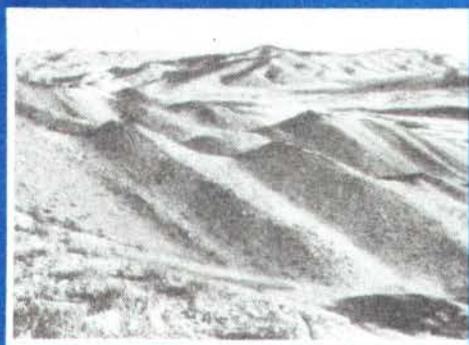
Понятие,

цели

и

методы

изучения



«НАУКА»  
СИБИРСКОЕ  
ОТДЕЛЕНИЕ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

---

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ  
ИМ. 60-ЛЕТИЯ СОЮЗА ССР  
ВЫПУСК 753

---

# СОВРЕМЕННЫЙ РЕЛЬЕФ

Понятие,  
цели  
и  
методы  
изучения

Ответственные редакторы  
доктор географических наук *О. В. Каишменская*  
кандидат геолого-минералогических наук  
*Г. А. Чернов*



НОВОСИБИРСК  
«НАУКА»  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
1989

## А В Т О Р Ы

О. В. КАШМЕНСКАЯ, В. А. НИКОЛАЕВ, З. М. ХВОРОСТОВА,  
Г. С. АШАНЬЕВ, И. В. АНТОЩЕНКО-ОЛЕНЕВ, Н. В. БАШЕНИНА,  
В. В. ВДОВИЦ, Л. Г. ИВОЧКИНА, Н. П. КОСТЕНКО, Ю. И. ЛОСКУ-  
ТОВ, Л. С. МИЛЯЕВА, Н. И. ОРЛОВА, Ю. Г. СИМОНОВ, В. Ф. ФИЛА-  
ТОВ, Н. В. ХМЕЛЕВА

Современный рельеф. Понятие, цели и методы изучения/  
Кашменская О. В., Николаев В. А., Хворостова З. М. и др.—  
Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989.— 157 с.  
ISBN 5—02—028794—6.

Современный рельеф привлекает пристальное внимание как часть среды обитания, рациональное использование которой обеспечивает благосостояние человеческого общества. В монографии рассматривается понятие «современный рельеф», предлагаются способы, позволяющие наиболее полно раскрыть закономерности размещения в пространстве форм рельефа и сущность механизма их образования: геоморфологическое картографирование, анализ аэрофото- и космической информации, стационарные и экспериментальные исследования. Раскрываются возможности системно-формационного подхода при исследовании процессов морфогенеза. На примере мелпорации показывается значение изучения рельефа в решении практических задач. Интерес представляет рассмотрение дискуссионных вопросов специалистами разных научных школ.

Монография рассчитана на географов и геологов.

Табл. 6. Ил. 20. Библиогр.: 257 назв.

## Р е ц е н з е н т ы

доктор географических наук А. А. Земцов  
доктор геолого-минералогических наук Э. А. Еганов

Утверждено к печати

Институтом геологии и геофизики  
им. 60-летия Союза ССР СО АН СССР

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая книга охватывает ряд проблем, связанных с исследованием современного рельефа. По большинству из них представлена возможность высказаться несколькими специалистами, при этом общность рассматриваемой в каждой главе проблемы ведет иногда к сходству названий разделов глав. Высказывания авторов часто дискуссионны и могут явиться толчком для дальнейшего обсуждения. Вместе с тем в монографии подводятся итоги результатов, которые дает тот или иной метод изучения современного рельефа, или обращается внимание читателя на какой-либо способ его исследования.

В связи с этим хотелось бы высказать некоторые соображения по двум вопросам.

Первый касается определения самого понятия «современный рельеф». Дело в том, что четкого и однозначного понятия этого феномена не существует. Современный рельеф можно определить как рельеф, формы которого образуются современными процессами. Однако при разделении его на генетические типы возникают определенные трудности. Если форма рельефа как специфическое явление образована в прошлом, а в настоящее время испытывает лишь влияние вездесущих процессов общей денудации (разрушается) и эндогенных сил (меняет положение по вертикали и горизонтали), то каким генетико-возрастным термином должны мы ее определять? Возьмем, например, такую распространенную форму рельефа, как речная терраса. Пойменные террасы, безусловно, относятся к современному флювиальному рельефу, поскольку для них продолжается формообразующая деятельность руслового потока. А более высокие террасы, давно выведенные из сферы деятельности реки? Как флювиальная форма это не современный рельеф, а результат палеофлювиальных процессов. В настоящее время она подвергается моделированию современными процессами общей денудации. Значит, об этой форме можно говорить как о древнем флювиальном или современном денудационном рельефе. При этом сама террасовая форма является для современного рельефа реликтовой. В этом плане высокая терраса не отличается принципиально от приподнятых остатков пенеппенов, реликтовость которых в современном рельефе не вызывает сомнения. Следует отдавать себе отчет в том, что основной формообразующий процесс редко бывает современным. Это касается, очевидно, лишь очень молодых форм рельефа. В подавляющем же большинстве случаев формообразующий процесс — это палеопроцесс. Современные же в основном разнообразные склоновые процессы во взаимодействии с современными эндогенными видоизменяют ранее созданную форму, меняют ее положение в пространстве: вылаживаются или отступают уступы террас, поднимаются или погружаются их поверхности, перекрываются шлейфами площадки террас или с них сносятся рыхлые отложения. Все это происходит вне всякой связи с флювиальными процессами, придавшими когда-то характерные черты формам рельефа.

По-видимому, при изучении каждой формы рельефа следует выделять этап формирования с определенным характером рельефообразующих процессов и этап ее преобразования, длящийся до настоящего времени, которому присущ свой набор геоморфологических процессов. Временная глубина этапа формирования (палеоэтапа для этой формы) — это та низ-

няя граница времени, до которой мы должны опускаться, изучая современный нам рельеф.

Здесь уместна аналогия с тектоникой, где наряду с неотектоническими движениями выделяют современные движения. Неотектонические движения создали структуры после деформации последней регионально развитой поверхности выравнивания. Нижняя возрастная граница их для значительной части территории Сибири верхний мел — палеоген. Современные же движения (живая тектоника) происходят в настоящее время и могут быть наблюдаемы за исторический период развития человеческого общества, в том числе и путем повторного нивелирования.

Естественно, что современные движения являются частью, заключительным этапом неотектонических. Если в течение неотектонического этапа характер движений на одной и той же территории может неоднократно меняться (по знаку и интенсивности) и неотектоническая структура есть не что иное, как алгебраический результат этих движений, то современные движения конкретны. Мы можем определенно сказать, что в настоящее время происходит на данной территории (вернее, что происходило в интервале между повторными нивелированиями): опускание, поднятие или она находится в состоянии относительного покоя (реперы при этом должны быть в стойких к денудации породах, чтобы практически исключить влияние денудации на их положение).

Не следует ли также и в геоморфологии выделять новейший рельеф последнего геоморфологического этапа (неогеоморфологический), нижней возрастной границей которого опять-таки является начало деформации эндогенными и экзогенными процессами последней регионально развитой поверхности выравнивания? Суммарным (алгебраическим) результатом взаимодействия всех рельефообразующих процессов за это время будут наблюдаемые формы рельефа земной поверхности (исключая реликты форм рельефа более древних геоморфологических этапов, не уничтоженных при последнем региональном выравнивании). Одновременно, вероятно, следует выделять современный рельеф, который формируется в настоящее время современными процессами. Так, современный ледниковый рельеф может быть только в районах современного оледенения; флювиальный — там, где в настоящее время участвует в рельефообразовании русло реки и т. д. В то же время весь комплекс речных террас, представленных в наблюдаемом рельефе, относится к флювиальному неогеоморфологическому рельефу.

Итак, исходя из возраста рельефообразующих процессов, в наблюдаемом рельефе земной поверхности возможно различать реликтовый, неогеоморфологический и современный.

Другой вопрос — выявление роли системного подхода в геоморфологии. Он непосредственно связан с первым, поскольку применение системного подхода наиболее эффективно при изучении именно современного рельефа. Дело в том, что применение теории систем и системного подхода позволяет перейти от исследования общих закономерностей развития рельефа к изучению самого механизма развития. Это обеспечивается раскрытием структуры взаимосвязей внутренних компонентов исследуемого объекта и его связей с внешней средой.

Рассматривая современный рельеф как синтез взаимодействия всех рельефообразующих процессов и оценивая качественно те из них, которые поддаются непосредственному наблюдению (главным образом процессы экзогенной группы), можно методом «черного ящика» выйти на сравнительную оценку факторов эндогенной группы. Таким образом, возникает возможность не только оценить динамику развития форм рельефа в целом (происходят горообразование, гороразрушение или рельеф находится в состоянии равновесия), но и определить сравнительную долю участия эндогенных и экзогенных сил, обусловивших современное динамическое состояние исследуемой части рельефа.

## Г л а в а I. ПОНЯТИЕ «СОВРЕМЕННЫЙ РЕЛЬЕФ»

### ПОНЯТИЯ «СОВРЕМЕННОСТЬ» И «ДРЕВНОСТЬ» В ГЕОМОРФОЛОГИИ

Понятия «современность» и «древность» используются в геоморфологии для характеристики возраста рельефа или рельефообразующих процессов. Оба они относятся к простым понятиям, смысл которых кажется очевидным, и, как и все относительно простые понятия, плохо определены. Следует также обратить внимание на то, что они противоположны по смыслу. К тому же мы их используем в некотором смысле избирательно. Так, процессы, которые протекают на наших глазах, мы называем современными рельефообразующими процессами, а все другие, выходящие за рамки современности, относим к древним. Однако мы практически никогда не говорим о древних рельефообразующих процессах, предпочитая привязывать их к какому-либо определенному геологическому времени, например к среднему плейстоцену, плиоцену, палеогену и т. д. Если следовать той же логике, то современными нужно называть процессы голоценового возраста. Запомним это и вернемся к определению понятия «современные рельефообразующие процессы» чуть ниже.

Несколько иначе обстоит дело с понятиями «современный» и «древний» рельеф. Так, среднеплейстоценовый или плиоценовый рельеф мы далеко не всегда называем древним. Например, описывая современные речные долины, мы, наряду с голоценовой поймой, выделяем в них речные террасы, возраст которых меняется в широких пределах. В современной речной долине каждая из существующих террас является древней. Но мы, как правило, так не говорим. Понятие «древний рельеф» и его производные (древняя речная долина, древняя речная сеть, древняя кора выветривания, древнее оледенение и т. п.) используются только тогда, когда нужно восстанавливать черты исчезнувшего, распространенного ранее рельефа. Понятие «современный рельеф» применяется значительно реже и почти не употребляется понятие «древние рельефообразующие процессы».

В силу этого кажется целесообразным дать определение понятиям «современный» и «древний» рельеф, только после этого рассмотреть возможные подходы к определению понятия «современные рельефообразующие процессы».

Современный нам рельеф — это тот рельеф, который можно наблюдать в настоящее время. Современный рельеф — образование гетерохронное, различные его части созданы в разное время. По всей видимости, не следует считать, что понятия «современный» и «голоценовый» рельеф являются синонимами. Голоценовый рельеф — это та часть современного, которая создана в голоцене. Определенная часть доголоценового рельефа была уничтожена, и при палеогеоморфологических исследованиях ее необходимо восстанавливать. То, что рельеф земной поверхности есть образование гетерохронное, необходимо помнить всегда. На любом отрезке времени, на любом временном срезе рельеф Земли всегда был гетерохронен. Можно заметить, что это — очевидная истина и что никто из геоморфологов не думает иначе. Подобное утверждение справедливо лишь отчасти. Следует обратить внимание на то, что это наше знание находится в числе само собой разумеющихся. Мы храним его как бы в подсознании и практически никогда не выдвигаем на острие научного анали-

за. Однако можно показать, что не все здесь нам хорошо известно. Для этого следует поставить следующий вопрос: сколько речных террас было в долине Волги, Днепра или любой другой реки в среднем плейстоцене? Ответ на этот вопрос кажется достаточно простым. Если известно, что в определенной долине в настоящее время пять террас и две из них характеризуются послесреднеплейстоценовым возрастом, то можно сказать, что в среднем плейстоцене в долине данной реки существовало лишь две террасы, а среднеплейстоценовая терраса представляла собой пойму. Таков обычный для нас ход рассуждений. Если следовать этим рассуждениям дальше, то можно думать, что в верхнем плиоцене большинство речных долин речных террас не имело совсем, а была лишь широкая пойма, соответствующая самой древней из террас, сохранившихся в современной долине.

Однако ответ на поставленный вопрос может быть и иным. Так, говоря о долинах среднеплейстоценового возраста, мы можем рассуждать следующим образом. Конечно, в среднеплейстоценовых долинах выделялось не менее двух надпойменных террас, поскольку они сохраняются и в настоящее время. Но максимальное их количество не известно, так как допустима мысль, что часть низких террас уничтожена в послесреднеплейстоценовое время. Если следовать представлениям В. И. Кленова [1982], сформулированным на основе результатов математического моделирования, то их число в среднем плейстоцене могло достигать и пяти. То есть число террас определялось той же величиной, что и в настоящее время. Подобный вывод напрашивается и относительно количества террас в верхнеплейстоценовых долинах. И если это так, то в речных долинах определенного ранга всегда существовало некоторое определенное количество террас (или оно менялось, колеблясь около некоторого среднего числа). Конкретное их число зависит от соотношения процессов, определяющих не число террас, а тип террасообразования в данной речной долине.

Нам кажется, что для науки представляет интерес вторая точка зрения, так как она направляет ученого на продолжение исследований для определения числа и местоположения уничтоженных террас. Постановка самого исследования может опираться на актуалистический метод, в том числе и на представления о том, что рельеф всегда был гетерохронен. Решение будет справедливым, если принять, что пространственно-временная структура рельефа в течение длительного интервала времени существенно не изменяется. Это типично при стационарных режимах развития. При нарушении стационарности пространственно-временная структура рельефа должна меняться.

Понятие «современный рельеф» имеет отношение к ряду важнейших геоморфологических проблем. Современный рельеф обладает весьма важным свойством — пространственно-временной структурой, которая может быть охарактеризована несколькими способами. Во-первых, просто соотношением площадей разновозрастных элементов рельефа. Их можно определить в долях единицы или в процентах и показывать в виде гистограмм или кумулятивных кривых, где по оси абсцисс следует отсчитывать (в логарифмическом масштабе) абсолютное время, а по оси ординат — нарастающую (в случае кумулят) сумму площадей в процентах (или долях единицы). Далее, пространственно-временная структура может быть охарактеризована различными статистиками: среднеарифметическим или медианным возрастом, а также мерой пространственно-временной однородности. Во-вторых, для характеристики пространственно-временной структуры современного рельефа важна не только общая, интегральная ее характеристика, но и позиционная структура, которая может быть охарактеризована с помощью графов, описывающих соседство, и некоторыми другими способами.

Таким образом, понятие «современный рельеф» требует характеристики его современной пространственно-временной структуры, а затем и установления стационарности режима ее развития.

**Современные рельефообразующие процессы.** Определение понятия «современные» в этом случае, как нам кажется, вызывает большие трудности. Можно, конечно, пойти по пути конвенционализма, т. е. договориться, что современными будем называть голоценовые рельефообразующие процессы. Однако хорошо известно, что конвенциалистский подход содержит некоторую долю условности. А условность — это одна из разновидностей незавершенности мышления. В этом случае всегда есть возможность упустить сущность явления.

Понятие «современные рельефообразующие процессы» наиболее полно раскрывается лишь в практике исследования. Мы ведем изучение этих процессов в двух целях: 1) чтобы создать актуалистическую базу для естественно-исторического анализа рельефа; 2) для инженерной оценки территорий при определении устойчивости сооружений и затрат по борьбе с нежелательными, часто катастрофическими рельефообразующими явлениями. В обоих случаях изучается механизм причинно-следственных явлений. Современные рельефообразующие процессы можно исследовать на основе стационарных наблюдений или же экспедиционными методами. Во втором случае мы следим за тем, как меняющиеся в пространстве условия (литологические, тектонические, ландшафтно-климатические) приводят к изменению интенсивности и форм экзогенного рельефообразования. При стационарных исследованиях в относительно постоянных геологических и ландшафтно-климатических условиях мы, по существу, ведем наблюдения за внутригодовыми сменами режимов экзогенного рельефообразования, наблюдаем за тем, как смена погодных и сезонных условий приводит к смене ритмов экзогенных процессов. И только в редких случаях мы встречаемся с катастрофическими явлениями. Часто наблюдать их стационарно не удается.

Стационарные исследования строже экспедиционных. Они сопровождаются количественным анализом (с помощью измерений). На их базе удастся увидеть тонкую временную структуру течения процессов. Теперь уже можно считать установленным, что любой процесс обладает некоторой временной структурой. Обычно удается выделить некоторую последовательность в смене разнокачественных фаз в процессе рельефообразования. Так, легко выделяются внутригодовые (сезонные) фазы. В любом экзогенном рельефообразующем процессе так или иначе выделяется своеобразие их хода в течение зимы, весны, лета и осени. Существуют и внутрисезонные колебания в ходе данных процессов — это смены ритмов и циклов, обусловленные режимом погоды. Есть суточные и внутрисуточные циклы. Наряду с быстротекущими фазами есть и более продолжительные, длиннопериодические смены: межгодовые (внутри циклов солнечной активности), квазиодиннадцатилетние, внутривековые, вековые и межвековые. Продолжая ряд, можно найти место и для голоценовых, верхнеплейстоценовых и плейстоценовых ритмов и циклов. Этот ряд можно продолжать и далее. Нам хотелось бы подчеркнуть два обстоятельства: 1) любой процесс следует рассматривать как сложный; 2) существует определенная структура процесса — диахроническая структура [Серов, 1974], для которой свойственно наложение ряда гармоник (о них можно говорить, лишь сильно идеализируя это представление) с различной частотой и амплитудой [Симонов, 1982]. Выделение в ранг «современного процесса» какой-либо одной гармоник не может быть оправдано никакими условностями.

Чтобы ответить на вопрос, какой из гармоник можно придать статус современности, следует заметить, что быстро протекающие явления меняют лишь детали рельефа. Для изменения крупных черт рельефа, как правило, требуются более длительные отрезки времени, хотя возможны и исключения. Если ранжировать изменения в соответствии с фазами

рельефообразования определенной длительности (с одной из возможных гармоник), то можно увидеть и соответствующую динамику рельефообразования. Новая фаза формирует новый рельеф, новые черты, заменяя старый рельеф новым. В ходе этой смены, естественно, есть и переходная фаза, когда одновременно существуют и новый, и старый рельефы (современный по отношению к данной фазе и древний, оставшийся от предыдущей фазы). Переходная фаза занимает определенный отрезок времени, который следует отнести к нестационарным процессам рельефообразования, так как в это время перестраивается структура рельефа. Наличие элементов рельефа, сохранившихся от предыдущего цикла, — это как бы память о прошлом. Эта память закреплена в пространственной структуре рельефа, поэтому ее следует называть структурной памятью рельефа.

Изменения в рельефе, относящиеся к одному циклу явлений, к процессу единого диахронического ранга, могут быть достаточно различными. Могут измениться местоположение формы рельефа, ее литодинамический тип или даже генетический класс. Приведем пример. В поймах современных рек мы часто встречаемся с меандрирующим руслом, образующим меандровый пояс, внутри которого отдельные меандры постепенно перемещаются вниз по течению. Если меандровый пояс касается подножия склона речной долины (коренного или одной из террас), то рано или поздно возникает эрозионный амфитеатр, связанный с боковой эрозией. Склоны такого амфитеатра достаточно круты, и мы нередко относим их к одному из видов гравитационного класса (обвальных, осыпных или оползневых). Проходит время, и подмывающая склон излучина сместится вниз по течению. Основание склона перестанет подрезаться, и он начинает зарастать. А обвально-оползневые процессы сменяются одним из типов массовых перемещений склонового материала. Зарастание и стабилизация быстротекущих процессов требуют определенного времени. И практически каждый из нас встречал полузаросшие склоны с сохранившимися элементами (очагами) осыпания и обваливания. В этой фазе прогрессирующее зарастание и процессы массового перемещения склонового материала следует называть современными, а очаги осыпания — древними (лучше сказать, несовременными). Но мы знаем, что пройдет некоторое время и к основанию склона вновь подойдет следующая излучина. И тогда уже процессы обвально-осыпного типа окажутся современными. Современными чему? Современными по отношению к определенному пространственному расположению активных («горячих») точек рельефообразования. Составляя геоморфологические карты, мы делим такие формы на активные и отмершие. Современные процессы на активных и отмерших уступах (клифах, амфитеатрах и т. п.) будут различными.

Если сравнивать между собой разномасштабные формы рельефа, то можно увидеть разные виды их отношений. В современной речной долине можно встретить современный (формирующийся) и древний (разрушающийся) конусы выноса. Современное и древнее в современном рельефе. То же можно сказать и о процессах. Такие же соотношения могут быть обнаружены и в рельефе более крупного ранга. Так, для создания горной страны требуется времени больше, чем для создания речной долины. Называя древними погребенные речные долины и находя их в пределах современных (развивающихся) горных стран, мы должны говорить о «древнем рельефе долин в современной горной стране».

Отсюда следует, что наряду с конвенциалистским способом выделения понятий может существовать и другой — диахронический подход с выделением пространственно-временных соотношений форм рельефа и создающих их процессов.

Авторы предпочитают второй подход. Он требует выбора цели исследования, определения пространственно-временных границ объекта исследования, определения глубины исследования пространственно-временной структуры (выбора масштаба и шага исследования в пространстве и во

времени). Только тогда можно определенно ответить на вопрос — что в современном рельефе является действительно современным, а что древним? Такое исследование в геоморфологии в настоящее время оказывается возможным, благодаря проникновению в нашу науку системной идеологии.

## СОВРЕМЕННЫЙ РЕЛЬЕФ — ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

В настоящее время невозможно установить, кто и когда впервые использовал понятие «современный рельеф» (СР). Однако ясно, что оно могло появиться лишь после того, как возникла необходимость различать наблюдаемый рельеф Земли нынешней эпохи от рельефов прошлых эпох. До этого в термине СР попросту не было нужды, а в качестве его эквивалента выступало понятие «рельеф», которое и теперь вполне удовлетворяет топографов, не изучающих историю его формирования.

Понятие СР Земли является видовым, дочерним по отношению к родовому понятию «рельеф Земли». СР обозначает предмет исследования, выделяющее свойство которого характеризуется прилагательным «современный».

«Рельеф Земли», точнее «рельеф твердой \* Земли», — фундаментальное понятие геоморфологии, представляющее объект ее исследования. Объект (предмет) изучения геоморфологии обсуждался неоднократно. Недавно итоги этого обсуждения подвел Ю. Г. Симонов [1982] и дал определение геоморфологии как «науки о форме Земли и рельефе ее поверхности (существующем, уничтоженном и погребенном)» (с. 24). Однако, на наш взгляд, включение в предмет изучения геоморфологии помимо рельефа и формы Земли неоправданно, так как форму Земли изучает другая наука — геодезия. По крайней мере, на современном уровне развития геоморфологии это преждевременно. В дальнейшем Ю. Г. Симонов, по-видимому, отказался от расширения объекта исследования геоморфологии. В совместной статье с А. И. Спиридоновым они пишут: «Предмет изучения геоморфологии — рельеф земной поверхности...» [Симонов, Спиридонов, 1983, с. 65].

Ю. Г. Симонов выступил против объемного подхода при определении рельефа. Ему «кажутся неубедительными попытки ограничить рельеф снизу...» [Симонов, 1982, с. 24]. Но ведь изучая ту или иную форму рельефа, начиная от простой кочки или рытвины и кончая материком или океанической впадиной, в первую очередь мы должны выделить ее как объект исследования из окружающего мира, т. е. ограничить ее со всех сторон. Определить генезис и возраст этих форм невозможно, не зная чем они сложены или за счет чего образовались. Кроме того, изучение морфологии, происхождения и возраста поверхности рельефа, являющейся двухмерной категорией, также требует объемного подхода. Так, из-за положения в трехмерном пространстве, эта поверхность может быть описана лишь набором точек с тремя координатами. Выпуклые и вогнутые элементарные грани вычлениают с трех сторон части пространства, из которых при деструктивных процессах убран, а при аккумулятивных привнесен определенный объем литосферного вещества, что, несомненно, учитывается при определении генезиса поверхности. Возраст, например, такой поверхности, как педимент, характеризуется отрезком времени, в течение которого, благодаря отступанию склонов, уничтожен определенный слой денудации, ограниченный снизу самим педиментом, а в латеральном направлении — опирающимися на него склонами. Возраст аккумулятивной поверхности соответствует отрезку геохронологической шкалы, в те-

---

\* Имеется в виду одно из агрегатных состояний вещества.

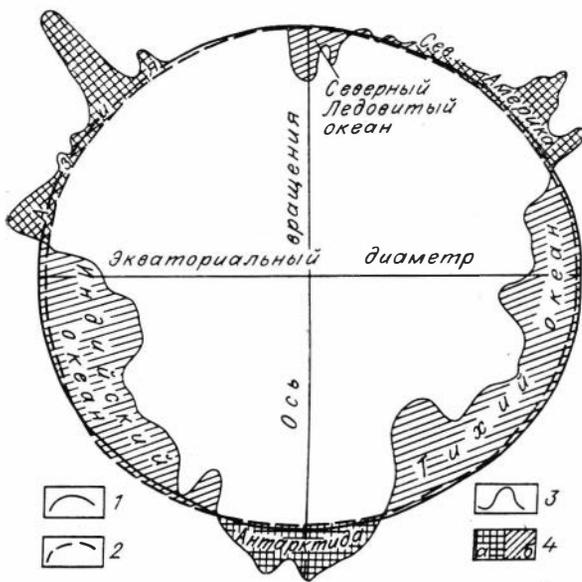


Рис. 1. Соотношение современного рельефа твердой Земли с ее формой (разрез по меридиану  $77^\circ$  В. д.).

1—3 — линии: 1 — земного эллипсоида, 2 — геоида (по Ю. А. Тараканову [1976]), 3 — внешней поверхности литосферы; 4 — современный рельеф твердой Земли ( $a$  — положительный,  $b$  — отрицательный).

чение которого геологически непрерывно шел процесс накопления осадков, слагающих объемное геологическое тело, ограниченное снизу поверхностью древнего размыва, а сверху — поверхностью раздела литосферы с водной или воздушной оболочками Земли.

Таким образом, изучая морфологию, генезис и возраст поверхностей рельефа, мы (хотя подчас и подсознательно) учитываем их объемную характеристику, либо вводя три координаты для определения положения точек в пространстве, либо характеризуя их объемами привнесенного или вынесенного литосферного вещества.

Следует отметить, что объемный подход не исключает изучение современного рельефа как поверхности раздела литосферы с атмосферой с точки зрения его структуры. Однако, относя геоморфологию к числу исторических наук, мы полагаем, что раскрыть ее содержание можно только при объемном подходе к определению рельефа как предмета ее изучения. Поэтому под рельефом твердой Земли мы понимаем [Лоскутов, Филатов, 1978] часть пространства, ограниченную поверхностью раздела литосферы с атмосферой и гидросферой, с одной стороны, и поверхностью геоида — с другой (рис. 1).

Слово «современный» может отвечать, по крайней мере, двум значениям. Современный означает относящийся к одному времени, к одной эпохе с кем-либо, чем-либо или относящийся к настоящему, текущему времени, к настоящей, данной эпохе [Словарь..., 1961]. Синонимы его — нынешний, теперешний [Словарь..., 1975]. Современник — это тот, кто живет в одно время с кем-либо, чем-нибудь [Ожегов, 1973]. Так, нашими современниками являются все живущие одновременно с нами люди, возраст которых, как известно, весьма различен.

С другой стороны, в геологии слово «современный» является подразделением геохронологической шкалы — «современная эпоха четвертичного периода (голоцен)», охватывающая последние 10 тыс. лет истории Земли.

Эта двойственность понимания слова «современный» является одной из причин разногласий в употреблении понятия СР. Другой причиной его разночтения является то, что термин «современный» применяется для характеристики рельефа то в статике как сосуществующего одновременно с наблюдателем, то в динамике как формы, образованные современными экзогенными процессами, развивающиеся в настоящее время. Еще раньше Л. С. Берг [1947] назвал формы, возникшие при современных климатических условиях, «гармоничными», образовавшиеся же при иных, минувших климатических условиях — «негармоничными или реликтовыми, остаточными» (с. 18).

В связи с различными пониманиями термина «современный» П. Н. Соколов [1958] высказал мнение, что «правильнее... говорить не о современном рельефе, а о видном (наблюдаемом) рельефе, в составе которого имеются формы различного возраста» (с. 162). А. И. Спиридонов [1970] предложил пользоваться терминами «дневной или видимый (экспонированный) рельеф», а Ю. Ф. Чемеков [1968] — «наземный рельеф».

Поскольку почти все заменяющие СР термины взяты из бытового русского языка, для них характерна неточность выражаемых ими понятий. «В самом деле, чем „ночной“ рельеф уступает „дневному“?» — справедливо замечает Н. А. Флоренсов [1976в, с. 63]. Термин «наземный» также уязвим: противопоставление его «подводному» рельефу правомочно лишь в том случае, если корень слова «земля» использован в значении только «суши».

Между тем потребность в термине, охватывающем весь существующий одновременно с нами рельеф, очевидна. Поэтому в большинстве своем и критикующие его авторы не могут отказаться от применения термина СР при дальнейшем изложении материала [Чемеков, Галицкий, 1974, с. 18, 110]. Свидетельством живучести рассматриваемого понятия является и проведение совещания по современному рельефу Сибири в г. Иркутске в феврале 1985 г., и издание данной монографии. Следовательно, попытки заменить термин СР всеобщей поддержки не получили, и остается единственный выход — предельно уточнить его, чтобы свести возможности разночтений к минимуму. Правда, Н. А. Флоренсов [1976б] высказал мысль, что поскольку «язык геоморфологии... очень условен», то «в этом условном языке выражение „современный рельеф“... имеет все права гражданства» (с. 19). Однако на современном уровне знаний условность геоморфологического языка уже не удовлетворяет исследователей, о чем свидетельствует появление работ по систематизации понятий геоморфологии [Ласточкин, 1983; и др.].

Рельеф Земли находится в постоянном изменении: одни формы рождаются, другие уничтожаются или захороняются. Чтобы охарактеризовать рельеф какой-либо эпохи, мы делаем временной «срез» и даем описание рельефа этого «среза» в статике. Например, позднемеловой «срез» охватывает формы рельефа, сформировавшиеся в позднемеловую эпоху, и все более древние, которые сохранились в «видимом» рельефе того времени. И СР охватывает как продолжающиеся формироваться, так и все более древние, доступные для наблюдения, формы.

Д. А. Тимофеев и др. [1977] приводят такое определение понятия СР — «рельеф, который мы наблюдаем в настоящее время». Отметим две особенности этого определения: во-первых, оно не содержит динамических характеристик рельефа, так как характеризует его в статике, во-вторых, в определении введен внешний к рельефу объект — наблюдатель, по отношению к которому определяется СР. В свете вышеизложенного это определение является вполне приемлемым. Но поскольку рельеф существовал всегда, мы предлагаем несколько видоизменить формулировку его определения: под СР следует понимать весь рельеф, который существует одновременно с абстрактным наблюдателем в ту или иную эпоху. Погребенный (на момент наблюдения) рельеф не подпадает под эту категорию, потому что он не является современным согласно вышеприведенному определению, так как не ограничен (на момент наблюдения) поверхностью раздела литосферы с водной и воздушной оболочками Земли.

Поскольку в геохронологической шкале есть временное подразделение «современный» и существует рельеф, возникший в соответствующем отрезке времени, то во избежание путаницы по отношению к нему лучше применять выражение не СР, а «голоценовый рельеф».

Чтобы уяснить место СР в системе понятий геоморфологии, необходимо рассмотреть его соотношение с более общим родовым («рельеф твердой Земли»), со смежными (того же ранга) и с видовыми, дочерними по

отношению к нему понятиями. При этом следует иметь в виду, что определения понятий, а значит и терминология, зависят от принятой классификации [Как работать..., 1968]. Из известных публикаций на эту тему привлекают внимание работы Ю. Ф. Чемекова и В. И. Галицкого [1974], С. И. Проходского [1972] и Л. Б. Полищук, С. И. Проходского [1982]. Не вдаваясь в детальный разбор указанных трудов, заметим лишь следующее. Упорядочение терминологии о рельефе означает в конечном итоге классифицирование понятий, а любая классификация должна создаваться с соблюдением логических правил ее построения [Опыт анализа..., 1964; Харвей, 1974], что, к сожалению, не всегда учитывалось вышеупомянутыми авторами, а это существенно затрудняет использование предлагаемой ими терминологии. Кроме того, представляется необоснованным выделение «суперморфного рельефа», образованного тектоническими и неотектоническими процессами после захоронения земной поверхности [Проходский, 1972] и «интрузивно-вулканогенного рельефа», возникающего на контакте геологических тел в толще земной коры в результате деятельности эндогенных агентов [Чемеков, 1970], так как эти категории не являются рельефом в общепринятом смысле.

Следует указать также на неправомотность противопоставления терминов «современный» и «древний». Слово «древний» означает существующий издавна, сохранившийся от далекого прошлого, старинный. Термином, противоположным ему, является «молодой», «очень молодой», но никак не «современный». СР в общепринятом широком смысле может быть как очень молодым, так и сколь угодно древним, сохранившимся в виде реликтов от прошлых эпох. Понятие «древний рельеф» тоже включает в себя реликтовый рельеф (наряду с погребенным и уничтоженным). Таким образом, объемы понятий «современный» и «древний» имеют область пересечения, что, согласно правил логики, не позволяет использовать их в классификации на одном уровне деления.

Предлагаемая ниже классификация понятий о категориях рельефа твердой Земли основана прежде всего на характеристике его по возможностям и условиям наблюдения в статике, так как именно эти особенности лежат в основе выделения СР согласно приведенному выше определению (схема 1).

На первом уровне деления «рельеф твердой Земли» по соотношению с наблюдателем во времени и возможностям наблюдения может быть разделен на современный (ходийерный, от лат. *hodiernus* — сегодняшний, нынешний), бывший (олимный, от лат. *olim* — когда-то, некогда; давно) и будущий (футурный, от лат. *futurus* — будущий). Отличие СР от двух других заключается в том, что он физически существует одновременно с наблюдателем и его принципиально можно наблюдать либо с помощью органов чувств, либо с помощью разнообразных технических средств. Бывший (олимный) рельеф можно исследовать путем создания мыслимых графических моделей по следам, оставленным в геологическом разрезе (поверхности напластования и размыва, коррелятные отложения) и в виде реликтовых форм, входящих в СР. Олимный рельеф не является синонимом древнего, так как не включает в себя реликтовый, являющийся составной частью СР. Этим термином подчеркивается, что это бывший рельеф, что сейчас он не является таковым, так как поверхность раздела литосферы с водной или воздушной оболочкой либо погребена и, следовательно, перестала быть таковой, либо уничтожена процессами денудации.

Будущий (футурный) рельеф также изучается путем разработки мыслимых моделей, но с помощью экстраполяции результативной составляющей современных экзогенных процессов.

На следующем (втором) уровне рельеф по отношению к земной поверхности делится на наземный и подземный (карстовые, антропогенные и другие полости). Наземные формы поддаются наблюдению и картированию обычными методами, подземные же (пещеры, шахты) наблюдатель

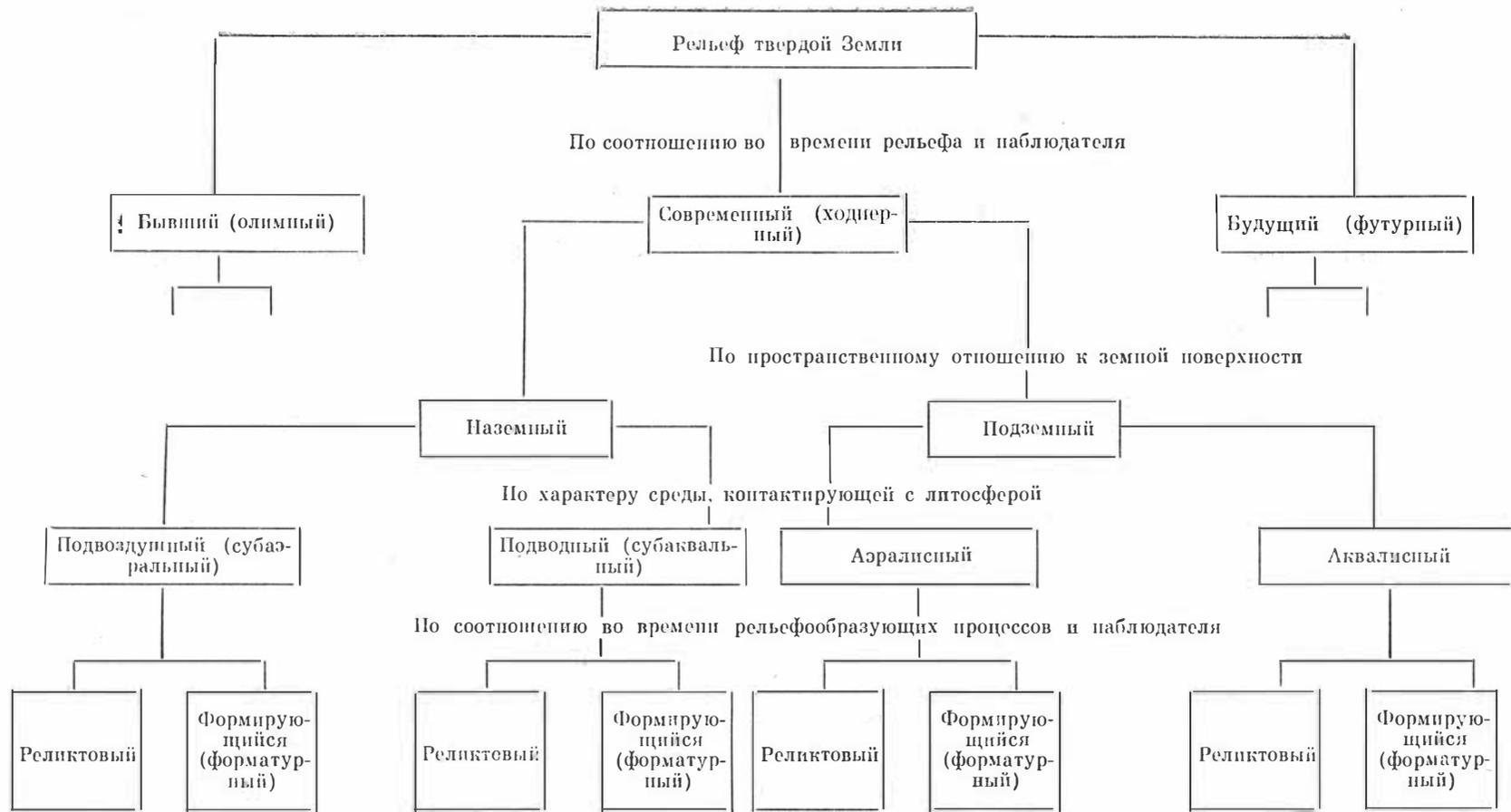


Схема 1. Классификация рельефа твердой Земли по условиям наблюдения.

может изучать лишь при помощи специального оборудования, а совершенно изолированные от земной поверхности полости обнаруживаются только с помощью бурения или геофизических методов. Модель таких форм создается с применением специальной (подземной или маркшейдерской) топографии. Даже изображение их на картах и планах требует особых картографических средств и приемов. Поскольку эти формы существуют одновременно с нами, они, несомненно, должны входить в понятие СР.

На третьем уровне СР подразделяется по характеру среды, контактирующей с литосферой во время наблюдения, на подвоздушный и подводный (субаэральный и субаквальный по Н. А. Флоренсову [1976а]), так как характер этих сред коренным образом влияет на условия и возможности наблюдения.

К подземному рельефу термины «субаквальный» и «субаэральный» не подходят, так как латинская приставка «суб» переводится на русский язык как «под» и означает расположение поверхности литосферы ниже водной и воздушной сред, что в данном случае не соответствует фактическому положению вещей. В подземных формах водная и воздушная среды не перекрывают формы рельефа, а выполняют их. Поэтому здесь в большей степени подходит название «аквальный» (от лат. *aqualis* — полный воды) и, по аналогии, «аэральный». Следует оговориться, что в отдельных случаях подземные формы рельефа могут быть выполнены жидкими углеводородами или газами иного, чем воздух, состава, но предлагаемые термины этих особенностей не отражают.

Наконец, на последнем уровне деления, сохраняя позицию наблюдателя, существующего одновременно с рельефом, мы рассматриваем не статическую, а динамическую картину, т. е. делим рельеф на формирующийся и неформирующийся (реликтовый). Формирующийся рельеф образовывается на наших глазах (рельефообразующие процессы действуют одновременно с наблюдателем). Такой рельеф называют живым, конформным [Проходский, 1972], рельефом стадии «прогрессивного» развития [Чемков, 1968] и др. Мы предлагаем именовать его форматурным (от лат. *formatura* — образование, формирование). Примерами форматурного рельефа являются склоны, отступающие при процессе педипланации, днища русел врезающихся рек и др. Эти элементы рельефа в процессе своего развития самоуничтожаются. В реликтовое состояние они могут перейти только после прекращения процессов, их создающих (педипланации, глубинной эрозии и т. д.).

Формы рельефа, возникшие в результате процессов, действие которых в настоящее время прекратилось, т. е. неформирующиеся, мы, вслед за многими исследователями, относим к реликтовым. Так, площадки, возникающие за отступающим уступом (педименты), и склоны долин, образующиеся в результате глубинной эрозии, представляют собой самонаращивающиеся поверхности, переводимые в реликтовое состояние тем же процессом, в результате которого они формируются. Еще более ярким примером реликтового рельефа являются надпойменные террасы рек с разделяющими их склонами, «обрывки» древних поверхностей выравнивания и т. д.

Классификация бывшего и будущего рельефов не входит в нашу задачу. Отметим лишь, что по отношению к абстрактному наблюдателю, перемещенному в любой временной срез прошедшего или будущего времени, эти рельефы являются современными и поэтому к ним применима рассмотренная выше классификация. Однако бывший рельеф можно подразделять (и в ряде случаев это более целесообразно) и по отношению к наблюдателю, живущему в настоящее время. Дело в том, что классифицируя СР по условиям наблюдения, мы отражаем реальные особенности, с которыми сталкивается исследователь при его изучении. Мыслимые же модели бывшего рельефа мы рассматриваем в абстрактной обстановке.

Поэтому реальные условия наблюдения, в которых проводил бы их абстрактный наблюдатель, перемещенный во времени, для нас значения не имеют. Значительно важнее оказываются характер следов, используемых для реконструкции, и методы, с помощью которых производится построение модели. Поэтому в классификации бывшего рельефа должны присутствовать, например, такие градации, как уничтоженный, погребенный и другие рельефы.

Для классификации будущего рельефа в качестве одного из основных деления целесообразно взять способы его прогнозирования.

## ЧТО ТАКОЕ СОВРЕМЕННЫЙ РЕЛЬЕФ?

В слово «современный» вкладывается разный смысл. В геологии, геоморфологии так обозначают новообразования, сформировавшиеся в голоцене, в позднем голоцене, формирующиеся сейчас. В нашем восприятии современным может быть и все то, что сейчас реально существует, что мы можем наблюдать. Речь идет не о времени возникновения объектов, продолжительности их существования, возрасте, а только о том, что объекты существуют одновременно с нами. Таков и смысл понятия «современный рельеф». Если же рассматривать объекты, которые возникли только в голоцене, в настоящее время, то наше исследование должно было бы ограничиться в большинстве случаев эфемерными образованиями на склонах и новейшими образованиями в зонах наиболее активного взаимодействия между средами (вдоль береговых линий морей, озер, на днищах речных долин, на поверхности незащищенной растительностью суши, на контакте с атмосферой и т. д.). Кстати, эти образования мало изучены, чтобы сейчас можно было сделать хорошее региональное описание. Таким образом, речь может идти только о рельефе, который существует сейчас, является нашим современником и в то же время он гораздо древнее, старше нас.

Современный (наблюдаемый, а не реконструированный по какому-то количеству разрозненных данных) — реальный рельеф современной поверхности литосферы (земной коры) на контакте с гидро- и атмосферой или, иначе, структура этой поверхности. «Структура (от лат. *structura* — строение, расположение, порядок) — совокупность устойчивых связей объекта, обеспечивающих его целостность и тождественность самому себе, т. е. сохранение основных свойств при различных внешних и внутренних изменениях» [Философский энциклопедический словарь, 1983]. Структура поверхности — связная совокупность определенным образом взаимоориентированных разноформных и разноразмерных ее кусков и линий точек их сопряжения. Поверхность земной коры образуется из гетерохронных элементов, имеющих, кроме того, разное происхождение. По происхождению частей поверхности ее структура может делиться на конструктивную (образуемую при сопряжении элементарных поверхностей, являющихся первичными ограничениями новообразованных геологических тел и поэтому одновозрастными с ними) и деструктивную (деструкционную), когда гетерохронные куски поверхности формировались в результате разрушения геологических тел, а если они и совпали с границей — поверхностью геологического тела, то разновозрастны с ней (результат препарировки). Конструктивные структуры более всего определены средой, в которой формировались геологические тела, чьи ограничения стали новыми кусками поверхности раздела, а структуры деструкции — различиями в устойчивости частей геологической среды против эрозии и денудации, распределением свойств, влияющих на устойчивость в пространстве.

## Глава II. СИСТЕМНО-ФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД В ГЕОМОРФОЛОГИИ

### СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ В ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

Сложное явление морфогенеза требует для раскрытия различных его сторон применение разных подходов. Так, для познания общих закономерностей развития, происходящего во времени и в пространстве, большое значение имеет историко-генетический метод, при котором рассматриваются эволюция рельефа, этапы его развития. При морфоструктурном подходе главное внимание обращается на ту часть морфогенеза, которая связана с эндогенными факторами, с учетом их динамической и статической (геологическое строение) составляющих. При климатическом исследуются экзогенные факторы. Однако имеется еще один аспект морфогенеза, не раскрываемый перечисленными традиционными методами исследования и являющийся вместе с тем чрезвычайно важным — характер внутреннего механизма развития рельефа, его динамических характеристик. Задача выявления этого механизма может быть решена лишь с помощью системного подхода, который возник и получил развитие в геоморфологии в последние 15—20 лет. Не пересекаясь с другими подходами, он является вполне специфическим способом исследования, самостоятельной ветвью общегеоморфологической теории.

Как известно, идея развития возникла и получила широкое распространение в XIX в., когда разрабатывались и утверждались во всех областях естествознания эволюционные принципы [Chorley, 1978]. В XX в. представление о развитии значительно расширяется: предметом изучения становится прежде всего внутренний механизм развития. От исследования исторических закономерностей процессов развития (эволюции) естествознание переходит к анализу внутренней структуры процесса и условий его протекания [Юдин, 1975]. Такая переориентация существенно обогатила представление о развитии. Исследование механизмов его потребовало более глубокого изучения развивающихся объектов, их организации, а также выявления взаимоотношений объекта с внешней средой.

Противопоставление объекта его внешней среде не отрицает существования всеобщих взаимосвязей в природе. Однако оно подразумевает, что в этом сложном мире можно выделить определенные части, компоненты и связи которых настолько своеобразны, что этим целостностям хочется дать определенное название. Это и есть системы. В качестве примеров таких целостностей можно назвать рельеф, почву, растительность, ландшафт, биогеоценоз, природно-территориальный комплекс, геоморфологическую формацию и т. д.

Системы выделяются для того, чтобы целенаправленно, подчиняясь поставленной задаче, вскрыть их сущность: выявить то, что позволяет им, эволюционируя, сохраняться как специфическим организмам среди огромного количества других сложных объектов, существующих в природе.

Системы могут быть самые различные: простые и сложные, статические и динамические, открытые и закрытые и т. д. Они могут рассматриваться как элемент системы более высокого порядка, в то время как ее элементы могут выступать в качестве систем более низкого порядка. Между уровнями, расположенными на разных ступенях иерархической лестницы, существуют связи управления. Взаимодействие всех уровней иерархии выражается в функционировании системы как целостности.

Современная наука подошла к возможности исследования многокомпонентных открытых развивающихся систем с наличием аппарата саморегуляции, которые получили название сложнодинамических саморегулирующихся. Как вся природа в целом, так и отдельные ее части, подобные упомянутым примерам, являются системам такого класса сложности.

Как же наиболее эффективно изучать такие системы? Как понять, что в условиях изменчивости внешней среды система сохраняет состояние динамического равновесия, т. е. устойчивость? Если бы этого не было, мы бы просто не успевали фиксировать системы. Как происходит развитие систем? При каких условиях начинается их разрушение? Одним словом, каков механизм жизнедеятельности систем?

Аналитический метод при всей его ценности и заслугах недостаточен для исследования сложнодинамических систем. Он хорош при исследовании сравнительно простых, малокомпонентных систем с простыми связями между компонентами. При изучении сложнодинамических систем расчленение предмета исследования на отдельные части, анализ этих частей и последующее суммирование результатов (аналитический метод) не создадут правильного представления об исследуемом объекте. Не произойдет это потому, что взаимодействие компонентов внутри системы приводит к возникновению новых, так называемых эмерджентных свойств в системе. И вот они-то и не будут выявлены при аналитическом подходе. А между тем эмерджентные свойства чрезвычайно важны для понимания состояния системы, так как оно определяется не только энергией и веществом, поступающими из внешней среды, но и переработкой этих сигналов внутри системы.

Большую помощь при изучении объектов исследования такой степени сложности может оказать системный подход, возникший на базе достижений современных наук и призванный именно для того, чтобы исследовать сложнодинамические системы.

Системный подход входит в арсенал общенаучной междисциплинарной методологии. Каждая дисциплина берет из него на свое вооружение то, что может освоить при современном состоянии ее знаний. При этом философы, разрабатывающие системную отрасль методологии (Берталанфи, Садовский, Блауберг и др.), склонны думать, что в результате использования системного подхода различными науками происходит обогащение и самого системного направления, поскольку каждая наука не только берет из общей методологической копилки, но и вносит в нее что-то свое, творчески развивая сущность системного направления.

Попытаемся изложить возможности и перспективы использования системного подхода в геоморфологии, определить главные принципы и правила его применения, без соблюдения которых системный подход теряет свою специфику и преимущества.

Прежде всего, речь пойдет о принципе выделения системы. Объектом геоморфологического исследования является рельеф, имеющий различные аспекты изучения: историю развития, генезис форм, геометрию, динамику и т. д. В зависимости от поставленной цели определяется объем предмета исследования, т. е. границы системы, в пределах которой может быть решена поставленная задача. Объемы выделяемых систем могут быть самыми разными. Если, например, изучение геометрии рельефа связано с выявлением закономерностей строения земной поверхности, т. е. двухмерного предмета исследования, то изучение вопросов морфогенеза требует рассмотрения объемного тела, в котором проявляются процессы, влияющие на формирование рельефа. Сказанное хорошо иллюстрируется примерами геоморфологических систем, которые рассматривались в докладах на XVII пленуме Геоморфологической комиссии АН СССР [Основные проблемы..., 1985].

Не менее важно определение внешней среды системы. Внешняя среда — все, что находится за пределами границ системы, но влияет на ее

состояние. Однако Д. Харвей [1974] считает, что полезно дать гораздо более узкое определение среды как системы более высокого порядка, в которую исследуемая входит в качестве ее элемента.

Наконец, следует изучить внутреннюю структуру системы, т. е. определить, из каких элементов (частей) она состоит, как они взаимодействуют и какую функцию выполняют в интересах целостности системы. Следует изучить, каким образом система в целом взаимодействует с внешней средой и какую функцию она выполняет в интересах системы более высокого уровня.

Изучение сети внутренних и внешних связей позволяет выяснить, как исследуемый объект сохраняет целостность в условиях изменчивости окружающей среды, как достигается и поддерживается состояние динамического равновесия (как стадия развития) и что представляет собой аппарат регуляции и саморегуляции, отвечающий за поддержание этого равновесия, как осуществляется переход системы из одного состояния в другое и с чем связано разрушение системы.

При системном подходе в качестве первоначального предположения принимается установка, что развитие рельефа происходит не хаотично, а направленно определенным образом для сохранения целостности объекта в условиях изменяющейся внешней среды. Это достигается слаженностью работы всех элементов структуры, когда каждый из них выполняет свою функцию в интересах целого. Таким образом, впервые встал вопрос об изучении функционирования системы как существенного свойства ее развития. Понятие функции в этом случае близко значению, придаваемому ему в физиологии, и отличается от понятия, применяемого для выражения зависимости между переменными величинами (например, в девисовской формуле «рельеф есть функция структуры, процесса и времени»). Исследование жизнедеятельности системы и механизма ее сохранения в условиях взаимодействия с окружающей средой и составляет главный смысл системного подхода. Такое взаимодействие осуществляется в результате обмена веществом и энергией.

Изучение обмена веществом и энергией очень сложно, поскольку на развитие системы влияет огромное количество процессов (тектонических, магматических, вулканических, метаморфических, всевозможных физико-химических превращений, механических перемещений рыхлого материала экзогенными факторами и т. д.). Роль многих из них на современном уровне познания не поддается учету. Кроме того, данные факторы взаимодействуют между собой, и результат этого взаимодействия снова включается в процесс жизнедеятельности системы.

В этой ситуации можно использовать преимущество системного подхода: в качестве исходного момента исследования опираться не на анализ всех факторов по отдельности, а сразу на синтез всех рельефообразующих усилий.

Рассуждения при этом таковы: каковы бы ни были рельефообразующие процессы, как бы не менялись они под воздействием процессов саморегуляции, существенным выражением развития системы будет перемещение масс и энергии внутри системы, а также между системой и окружающей средой (эндогенное и экзогенное — по ведущим типам перемещения). От характера баланса этого перемещения (отрицательного, равновесного и положительного) зависит динамическое состояние системы (равновесное или отклоняющееся от равновесия в сторону увеличения или уменьшения масс).

Современная геоморфология располагает средствами для изучения этих динамических характеристик, поскольку существует зависимость между балансом масс в земной коре, особенностями строения земной поверхности, крутизной профилей транспортировки рыхлого материала, характером парагенетических ассоциаций рельефа и балансом рыхлого материала. Идя от известного (особенности рельефа и рыхлого материала), можно определить характер баланса коровых масс.

Изучение балансовых характеристик — это попытка раскрыть основные законы, которые управляют геоморфологической системой. Зная их, можно с новых позиций подходить к исследованию различных геоморфологических проблем, и прежде всего, к изучению механизма саморегуляции системы.

Условия развития, состояние устойчивости, стремление к динамическому равновесию становятся при системном подходе предметом такого же глубокого изучения и пристального внимания, какими являются время и генезис рельефа при историко-генетическом подходе или характер соотношения рельефа с геологической структурой при морфоструктурном анализе.

Для открытой системы сохранение динамического равновесия возможно только при наличии какого-либо специального механизма, который нейтрализовал бы силы, выводящие ее из равновесия. Этот механизм получил название аппарата саморегуляции. Система корректирует свои действия соответственно поступающим сигналам. Это явление в системном подходе называется обратной связью, через которую и осуществляется саморегуляция системы.

В геоморфологии равновесие связано с равновесным балансом эндогенных и экзогенных перемещений масс. Работа аппарата саморегуляции реализуется через отрицательные обратные связи. Примером может служить флювиальная система. На положительный баланс масс она отвечает увеличением крутизны профилей и площадей склонов, на отрицательный реагирует выполаживанием профилей и уменьшением площадей склонов.

Если сохранение равновесия является важным свойством систем, то как можно объяснить тот факт, что в природе наблюдаются отклонения от равновесия вплоть до разрушения систем? Не находится ли этот факт в противоречии с вышерассмотренным? Нет, не находится. Дело в том, что функционирование любой системы организовано таким образом, чтобы обеспечить сохранение и развитие системы более высокого ранга. Значит, с системным подходом вводится в геоморфологию новый способ осмысливания геоморфологического процесса, назначение которого — участвовать в обеспечении сохранения жизнедеятельности Земли как планеты.

Проиллюстрируем перспективы системного подхода в геоморфологии двумя примерами. Один из них связан с проблемой классификации рельефа, другой — с практическим приложением принципа гомеостазиса.

Как известно, классификация является одним из наиболее важных способов познания предмета исследования. При ее разработке решающее значение имеет правильный выбор основания деления. Когда при построении классификации используются не существенные, а второстепенные признаки, результаты членения объекта исследования не работают на его познание. Очевидно, что существенным признаком для классификации геоморфологической системы может быть лишь показатель, определяющий общие закономерности строения системы. В этих целях эффективно использование балансовых характеристик, поскольку они синтезируют результаты большого количества связей, включая наиболее существенные связи управления и саморегуляции.

За основание деления можно прежде всего принять алгебраическую во времени сумму перемещенных масс. При этом геоморфологическая система разделится на такие крупные части: подсистему суммарного отрицательного баланса — то, что расположено ниже теоретической поверхности геоида (днища океанов и абсолютные впадины); подсистему с суммарным балансом, близким к нулю — все то, что находится близко к поверхности геоида (равнины разного генезиса); подсистему с суммарным положительным балансом масс в земной коре — все, что занимает положение выше поверхности геоида (всякого рода возвышенности). По амплитуде отхода от поверхности геоида эти крупные части можно различать

как подсистемы второго порядка. Так, возвышенности подразделяются на высокогорья, среднегорья, низкогорья, холмогорья, плоскогорья соответствующих высот, а также относительные впадины.

Однако из этой классификации совершенно не видно, в каком динамическом состоянии находятся выделенные подсистемы в настоящее время. О чем, например, свидетельствует характеристика «высокогорье»? Только о том, что за весь этап формирования современного рельефа в данном участке земной коры накопилось вследствие алгебраического суммирования большое количество масс, что привело к образованию высоких гор. Но в настоящее время эти горы могут разрушаться, если баланс коровых масс сменился на отрицательный, или продолжать расти, если баланс положительный, или, наконец, находиться в равновесном состоянии, если баланс масс близок к равновесному.

Следовательно, нужна классификация, где основанием деления послужит конкретный для данного времени баланс масс эндогенного и экзогенного происхождения. Для разработки такой классификации следует подсистемы, выделенные раньше, подразделить по современной характеристике баланса масс на три основные динамические категории: растущую, равновесную, снижающуюся — для положительных форм; углубляющуюся, равновесную и заполняющуюся — для отрицательных. Например: объект — низкогорье; основание деления — современное состояние баланса коровых масс; части — низкогорья растущее, равновесное, снижающееся.

Разработка классификации рельефа с выполнением требований системного подхода приведет к созданию геоморфологических карт нового типа. На таких картах будут читаться пространственные связи геоморфологических систем, несущих при рельефообразовании разные функциональные нагрузки. Впервые на картах мелких масштабов выявятся закономерности строения поля геоморфологических напряжений. Появится возможность сравнительной оценки этих напряжений в различных частях исследуемой территории. Проанализировав же доступную для изучения денудационную составляющую, получим материал для сравнительной оценки неотектонических напряжений.

Указанные классификации помогают проанализировать перемещение масс в земной коре в целом, но не дают ответа, каким образом это происходит. Между тем разнообразие рельефа связано также и с осуществлением этого перемещения. Так, складчатые горы, в образовании которых участвуют агенты горизонтального перемещения эндогенных масс, отличаются от блоковых с вертикальным движением масс, хотя объем перемещенного материала в обоих случаях может быть одинаков. Точно так же горы, в пределах которых рыхлый материал переносится без участия ледников, отличаются от гор, где ледники играют значительную роль, и т. д. Для более полного познания предмета исследования необходима разработка классификаций способов перемещения масс. Если характер перемещения экзогенного материала можно выявить с помощью непосредственного наблюдения, то определение многих черт характера перемещения эндогенных масс станет возможным лишь после анализа закономерностей пространственного распределения геоморфологических систем разного динамического напряжения.

Остановимся на рассмотрении роли системного подхода в определении оптимальных техногенных воздействий на рельеф. К этому вопросу следует подходить как к части сложной проблемы гомеостаза природных систем.

Понятие гомеостаза ввел в конце 20-х годов американский физиолог У. Б. Кеннон для биологического организма. Позднее оно стало применяться и к другим сложнодинамическим саморегулирующимся системам.

Под гомеостазисом понимается такой тип динамического равновесия системы, при котором жизненно важные для нее параметры меняются лишь в допустимых пределах (например, температура тела у человека). Нарушение состояния гомеостазиса приводит к нарушению системы, вплоть до ее разрушения. Изучение гомеостатических процессов включает, во-первых, выявление и исследование наиболее существенных показателей жизнедеятельности системы, во-вторых, установление допустимого изменения этих показателей в условиях воздействия внешней среды и, наконец, исследование тех механизмов саморегуляции системы, которые работают на ее сохранение.

Для геоморфологической системы состояние гомеостазиса характеризуется равновесным балансом масс в земной коре. Нарушение равновесия вследствие влияния внешней среды, и в частности при техногенных воздействиях, превышающих возможности саморегуляции системы, может привести к ее разрушению. Лишь при тщательном учете характера и возможностей отрицательных обратных связей, с помощью которых происходит процесс саморегуляции, а также вероятности возникновения положительных обратных связей, направленных на разрушение системы, можно подойти к определению рациональных техногенных нагрузок на рельеф, не нарушающих гомеостазис системы, т. е. решать конкретные практические задачи, связанные с хозяйственной деятельностью человека и оценкой земель.

В заключение хочется отметить следующее.

1. Специфичность задач и приемов их решения, свойственных системному подходу, позволяет считать, что этот подход имеет самостоятельное значение в геоморфологии. Именно поэтому мы не можем согласиться с мнением И. П. Герасимова [1983, с. 5], который пишет, что «...противопоставление теоретических (методологических) подходов, называемых ...морфоструктурным и системно-формационным, как правило, не обосновано, а может быть даже надумано... и что ...методологическое различие между ними совершенно исчезает, если упомянутую парадигму \* советской геоморфологии использовать в комплексном историко-геологическом и геодинамическом аспектах».

Не останавливаясь на том, можно ли основной геоморфологический закон В. Пенка рассматривать в качестве парадигмы советской геоморфологии, подчеркнем, что существенность в различии между морфоструктурным и системным подходами связана не только с разными задачами и способом их решения, но и с различием в восприятии предмета исследования, пронизывающим всю историю геолого-географической отрасли знания. Пожалуй, о несовпадении принципов морфоструктурного и системного подходов ярче всего свидетельствует сопоставление научных интересов ученых, которых можно считать предшественниками этих двух направлений. В статье, посвященной рассмотрению морфоструктурного подхода [Горелов и др., 1985], приводятся имена А. П. Карпинского, В. А. Обручева, А. Д. Черского, И. В. Мушкетова, А. Д. Архангельского, Н. С. Шатского. Из этого видно, что морфоструктурное направление уходит своими корнями в структурную и региональную геологию, а также геотектонику. Внутренняя логика морфоструктурного направления приводит к правомочности проведения исследования путем прослеживания развития геологических структур начиная с глубокой древности до выражения их в современном рельефе. Основная опора такого исследования — историко-генетический метод.

Вместе с тем в науках о Земле с самого начала их зарождения существует тенденция воспринимать свой объект как сложно построенный

---

\* Согласно И. П. Герасимову [1983, с. 4], «эта парадигма утверждает, что рельеф земной поверхности является результатом взаимодействия эндогенных и экзогенных сил...».

организм, состоящий из взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов и элементов; организм, который сохраняет свою специфику, несмотря на развитие и возмущающее воздействие окружающей среды. Такими идеями пронизаны исследования А. Гумбольта, В. И. Вернадского, В. В. Докучаева, А. И. Воейкова, Л. С. Берга, В. В. Пылынова, В. Н. Сукачева, И. С. Щукина, А. А. Григорьева, Д. Л. Арманды, Н. А. Флоренсова и др., чьи имена связаны с изучением вопросов организованности природных процессов и объектов. Исторические корни системного подхода уходят в те научные отрасли, которые сопряжены с разработкой понятий ландшафта, природно-территориального комплекса, геосистемы, биогеоценоза, геоморфологического комплекса, геоморфологической формации. Теперь мы переживаем время, когда необходимо переосмыслить эти проблемы в терминах системного подхода, который открывает возможности внести в их решение методологическую четкость, сообразную духу времени второй половины XX в.

В настоящее время появляется все большее количество исследователей, применяющих принципы системного подхода в геоморфологии [Проблемы..., 1982; Основные проблемы..., 1985].

2. Большинство существующих работ по морфогенезу суши исходит из основного закона геоморфологии В. Пенка, утверждающего, что «...для формирования земной поверхности решающее значение имеет соотношение интенсивности эндогенных и экзогенных перемещений масс». Однако нужно сказать, что приложение этого закона выливается, как правило, в аналитическое исследование эндогенных и экзогенных процессов. При этом тектонический фактор рельефообразования рассматривается как первичный и ему придается доминирующее значение. Такая манера исследования благоприятствует укреплению тектонических идей в геоморфологических представлениях. Влияние это настолько сильно, что почти аксиомой в геоморфологии стало, например, утверждение о зависимости особенностей рельефообразования от возраста основной фазы складчатости. Разработанные на этой основе классификации крупных форм рельефа, по существу, являются тектоническими, поскольку основаниями деления в них служат не геоморфологические, а тектонические показатели.

Применение системного подхода в геоморфологии связано с предложением способа решать основную проблему геоморфологии — объяснение закономерностей рельефообразования — с позиций синтеза процессов морфогенеза, опираясь при этом лишь на геоморфологическую сущность фактического материала. Использование балансовых характеристик при изучении рельефа выводит геоморфологию из-под влияния тектоники. Изучение закономерностей пространственного распределения геоморфологических комплексов, выделенных по динамическим признакам (т. е. изучение поля геоморфологических напряжений), затем сравнение этих закономерностей с геофизическими полями, с данными по геологическому строению обеспечат новый плацдарм для теоретических построений как геоморфологического, так и геотектонического планов. В таком качестве геоморфология выступит как равноправный партнер тектоники, литологии, геофизики и других наук в построении общей теории Земли.

## **СИСТЕМНО-ФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К КЛАССИФИКАЦИИ РЕЛЬЕФА ЗЕМЛИ**

Геоморфология как самостоятельная научная дисциплина оформилась в нашей стране после почти одновременного опубликования учебных пособий Я. С. Эдельштейна «Введение в геоморфологию» [1933] и М. А. Усова «Элементы геоморфологии и геологии рыхлых отложений» [1934]. Автор первой работы основное внимание уделил рассмотрению классических работ русских и зарубежных специалистов в области позна-

ния рельефа земной поверхности и на базе личных многолетних исследований весьма обстоятельно изложил приемы и методы регионального геоморфологического анализа. Автор второй работы впервые высказал важнейшее положение о том, что «сложный процесс формирования рельефа всегда связан с очень большим перемещением минеральных масс как на поверхности Земли, так и в самых горизонтах литосферы и астеносферы» [Усов, 1934, с. 3].

В последующие годы главнейшим тормозом в развитии теоретических положений геоморфологии явилось отсутствие классификаций изучаемых явлений. В развитии геоморфологических процессов активно участвуют разнообразные эндогенные и экзогенные факторы. Они детально изучаются многими геологами и географами широкого профиля. По этой причине различные формы рельефа земной поверхности очень часто классифицировались в прямой зависимости от решения частных задач, а последние не могли быть основой построения общей геоморфологической классификации. В настоящее время во многих геоморфологических пособиях в обобщающих геоморфологических монографиях и на геоморфологических картах в основном принята генетическая классификация форм рельефа, в которой великое разнообразие форм объединяется в группы в прямой зависимости от наиболее активного фактора рельефообразования. На этом основании всегда выделяются две ведущие группы форм рельефа земной поверхности: 1) преимущественно обусловленные эндогенными и 2) преимущественно обусловленные экзогенными факторами. Приведенные примеры генетической классификации близки к основным положениям разделения форм рельефа земной поверхности на морфоструктуры и морфоскульптуры. Различие заключается лишь в том, что деятельности эндогенных процессов отведена главная роль в формировании крупных форм рельефа, а на долю экзогенных факторов падает их скульптурная моделировка. Поэтому не случайно морфоструктурное направление в развитии советской геоморфологии переросло в морфотектонику [Коржув, 1974] и геоморфотектонику [Худяков, 1977] и далеко ушло от решения тех проблем, которые стоят сейчас перед геоморфологией в связи с рациональным освоением и всемерной охраной природных ресурсов нашей планеты.

Высказанные положения позволяют нам присоединиться к выводу Н. А. Флоренсова [1978, с. 6] о том, что «геоморфология, несмотря на все ее триумфы, до сих пор окончательно не стала на ноги. Лишь очень приблизительно известно, что такое предмет ее исследования. Геоморфология крайне зависима от смежных наук. Она уходит часто в чуждые ей „заграничные“ сферы. Нередко мы забываем о ее главном направлении — быть в полном и точном смысле морфологической наукой о земной поверхности». Н. А. Флоренсов не только правильно оценил состояние геоморфологической науки, но и много сделал в отношении развития ее основных теоретических положений на современном этапе. Достаточно назвать его работы о рациональных границах геоморфологического анализа и некоторых временных определениях [1971, 1976б, 1978], раскрывающие основы нового учения о геоморфологических формациях, чтобы по достоинству оценить значение итогов многолетних исследований Н. А. Флоренсова в области развития новых теоретических воззрений.

К особой группе работ мы должны отнести статьи и других авторов [Авенариус, 1982; Золотарев, 1976, 1985; Золотарев, Семенов, 1982; Ласточкин, 1982; Тулохонов, 1982а, б]. С нашей точки зрения, они весьма интересны в том отношении, что в них освещаются новые представления о истории развития многих переходных зон, природа которых в ряде случаев рассматривается с передовых позиций системной ориентации.

Значительные успехи в познании многих закономерностей и тенденций в морфологическом строении современного рельефа уже достигнуты [Рельеф..., 1964—1976]. В процессе проведения указанных коллективных

исследований определились и исходные положения нового системно-формационного подхода к познанию рельефа земной поверхности [Кашменская, 1980; Кашменская, Хворостова, 1985; Милыева, 1978, 1985; Николаев, 1978, 1982, 1985; Хворостова, 1976а, б, 1978; Хворостова, Милыева, 1982]. Главнейшая основа прогрессивного направления в развитии системного подхода в геоморфологии определяется правильным выбором объекта исследования. Для того чтобы выделить объект исследования как определенную систему, необходимо провести ее границы с таким расчетом, чтобы охваченная территория обладала всеми свойствами единого целого в отношении внешней морфологической формы и внутреннего содержания. Части единого объекта должны тесно взаимодействовать друг с другом, придавая ему качественно отличные черты. Применительно к геоморфологии это будет комплекс взаимосвязанных элементов рельефа не только в процессе своего развития, но и в генетической общности, возникшей в результате длительного эволюционного развития Земли. В геоморфологической системе должны наблюдаться синхронность эндогенных и экзогенных процессов и взаимная обусловленность их развития. Усилия первых должны вызывать усилия вторых, и наоборот. Между ведущими формами рельефа геоморфологической системы могут происходить также и более сложные взаимодействия [Николаев, 1982].

При анализе любой геоморфологической системы следует обратить особое внимание на изучение баланса минеральных масс, непрерывно участвующих в различных процессах рельефообразования. С ними тесно связаны все гипсометрические и динамические характеристики рельефа. Интенсивность перемещения всецело зависит от перемещающейся среды. Исследования взаимодействия всех факторов рельефообразования позволяют определить динамическое состояние рельефа. Оно может быть равновесным, так как любая сложнопостроенная система имеет совершенный аппарат саморегуляции. Очень часто динамическое состояние рельефа по многим причинам может отличаться от равновесного. К числу наиболее активных агентов массового и повсеместного перемещения минеральных масс на земной поверхности следует отнести все виды флювиальной, ледниковой и эоловой эрозии и аккумуляции.

Кратко осветив главнейшие теоретические положения системного подхода к познанию рельефа Земли, нужно сказать и о том, на каком основании следует выделять геоморфологические формации. По нашим представлениям, под геотформацией следует понимать высшую единицу регионального рельефа, на территории которой все элементы атмо-, гидро-, био-, лито- и тектоносферы находятся в тесном взаимодействии и в процессе естественно-исторического развития формируют определенную совокупность форм земной поверхности в прямой зависимости от характера проявления эндогенных и экзогенных процессов, порождающих исходные позиции их подвижного равновесия. В отличие от всех существующих приемов геоморфологического картирования рельеф геоморфологических формаций должен отражать качественные изменения физико-географических и тектонических явлений широкого регионального охвата, которые сыграли решающую роль как в истории формирования главнейших элементов общей морфологии земной поверхности, так и в определении пути рационального освоения и охраны ее природных ресурсов.

Научный метод, положенный в основу выделения геоморфологических формаций, состоит в поэтапном рассмотрении палеорельефов обширных территорий на протяжении всей истории и «предыстории» рельефа, т. е., как правило, на протяжении мезозойской и кайнозойской эр, а в отдельных случаях и более древних. Современный рельеф геоморфологической формации при таком подходе представляет как заключительное звено в длинной и сложной цепи палеогеографических явлений.

В приведенных определениях ясно охарактеризованы принципы, методы и критерии формационного геоморфологического анализа, и далеко

не случайно зарождение и развитие нового учения о геоморфологических формациях возникли в тот период, когда все весьма многочисленные подразделения естественных наук достигли картографической зрелости. Пристальное изучение и сопоставление самых различных картографических материалов с картами геоморфологических формаций позволяют сделать очень важные научные и практические выводы не только в отношении наиболее рационального использования и охраны природных ресурсов, но и в оценке роли геоморфологических исследований в познании истории развития нашей планеты и в формировании ее современных физико-географических условий.

Известные высказывания академика Н. С. Шатского [1948] о том, что исторический путь геотектоники можно охарактеризовать тремя словами — линии, площади, объем, — можно смело использовать и в отношении познаний исторического развития многих подразделений естественных наук и в первую очередь к этапам становления геоморфологии. Путь развития геоморфологии, по мнению Д. Д. Табидзе [1985, с. 3], с которым мы полностью согласны, «также можно охарактеризовать: точка (гора), линия (хребет, долина) и объем (объемные исследования рельефа)».

Все вышеизложенные положения убедительно свидетельствуют о том, что в наши дни наука о рельефе Земли вступает в новый этап своего развития. Поэтому укоренившиеся представления о содержании геоморфологии как науки о морфологических особенностях земной поверхности должны быть решительно пересмотрены. В итоге проведения системно-формационных исследований следует сказать, что формирование современного рельефа происходит в результате непрерывного перемещения большого объема минеральных масс как на поверхности Земли, так и в самих горизонтах, лито- и атмосфере вследствие нарушения теплового режима и теплопереноса при одновременном взаимосвязанном и взаимообусловленном проявлении эндогенных, экзогенных и антропогенных процессов. В результате создания на различных континентах крупнейших водохранилищ, откачки и закачки воды и нефти, строительства грандиозных карьеров, сверхглубоких шахт и ядерных взрывов большой силы произошли вертикальные и горизонтальные движения земной коры, значительные изменения в строении ее гравитационного поля и локальные землетрясения, которые потребовали безотлагательной отработки новых приемов и методов в проведении геодезических работ повышенной точности.

Хозяйственная деятельность человека нанесла первый значительный урон рельефу земной поверхности в процессе развития сельскохозяйственного производства на территории всех континентов земного шара, но эти нарушения природной среды не могут идти в сравнение с тем, что ожидает нас в век научно-технической революции. Хозяйственная деятельность уже сейчас вызывает обратную реакцию земной коры, о характере проявления которой мы не можем предполагать и своевременно отреагировать во избежание возможных последствий.

Основная теоретическая проблема всех подразделений естественных наук — разработка классификации изучаемых объектов и явлений. По многим причинам до настоящего времени мы не имеем общепринятой геоморфологической классификации. По нашим представлениям, наиболее плодотворный путь к решению поставленной задачи связан с широким использованием основных положений системно-формационного подхода к познанию рельефа земной поверхности. В наши дни геоморфология как наука не может ограничиться только характеристикой внешнего вида отдельных форм рельефа, их размерности, гипсометрического положения, пространственной ориентировки и отношения к окружаемым их формам. Научно обоснованная классификация форм земной поверхности не может быть чисто формальной, а должна опираться на результаты объемного анализа рельефа. Это, во-первых, а во-вторых, при построении геоморфологической классификации необходимо в равной мере анализировать все

новейшие фактические данные о строении и морфологии как материков, так и дна океанов. Одновременно большое внимание необходимо уделить и изучению рельефа переходных зон между платформами и орогенами, а также между материковыми выступами и океаническими впадинами. Их рельеф обладает высокой информативностью и позволяет выявить важнейшие закономерности в познании рельефа нашей планеты. Вместе с этим рельефом и геологическое строение переходных зон содержит большую корреляционную информацию об эволюции положительных и отрицательных форм различного ранга. Переходные зоны материковых выступов большей частью представляют собой по всем природным показателям наиболее благоприятные территории для весьма эффективного хозяйственного освоения, а морфологические особенности их рельефа не только определяют пути рационального освоения и охраны природных ресурсов, но и позволяют найти поисковые критерии для постановки разведочных работ на различные полезные ископаемые.

Неоценимый вклад в изучение переходного рельефа между орогенными и равнинно-платформенными областями внесли своевременные и весьма обстоятельные работы А. Г. Золотарева [1976, 1979, 1985]. Его труды без всякого сомнения определяют новое направление в решении главных вопросов теоретической геоморфологии. Развиваемая им концепция о перидороженных зонах, названных в его последней работе перидороженными, имеет большое научное значение. На большом фактическом материале А. Г. Золотарев убедительно доказал, что на территории Советского Союза в составе основных геоструктурных элементов следует выделять не две (орогены и равнинно-платформенные области), как до сих пор принято считать, а три — орогены, перидороженные зоны и стабильные равнинно-платформенные области. Следует с ним согласиться и в том отношении, что, во-первых, многочисленные литературные данные позволяют предполагать существование аналогичных переходных зон на других континентах, и, во-вторых, концепция о перидороженных зонах многоаспектна и имеет прямое отношение к естествознанию. А. Г. Золотарев [1985] научную концепцию о перидороженных зонах представил в виде стройной системы, в которой приведено четкое определение данному понятию, раскрыта переходная сущность перидороженов и определены геодинамические условия их образования.

Рельеф Земли можно изучать и классифицировать на ландшафтном, формационном, системном и планетарном уровнях. С позиций системного подхода основу рельефа всех рангов (начиная от наиболее низкорядковых форм до планетарных) всегда определяет геоморфологическая триада: возвышенность, понижение и зона перехода между ними. Любое выделенное подразделение геоморфологической системы должно всегда отражать единство тесного взаимодействия живой и мертвой материи в режиме превращения вещества и энергии и их балансовых характеристик, определяющих динамическое состояние рельефа. Геоморфологическая триада, как мы увидим ниже, может прекрасно работать на всех вышеуказанных классификационных уровнях рельефа Земли, начиная от незначительной озерной котловины до материковых выступов и океанических впадин. Все зависит от масштаба перемещения минеральных масс как на поверхности Земли, так и в самих горизонтах лито- и астеносферы и учета всех факторов рельефообразования, интенсивность и удельный вес которых непрерывно меняются в пространстве и во времени.

Изучая рельеф земной поверхности, дно океанов и морей и анализируя природу рельефа СССР с системных позиций с учетом современных представлений об основных закономерностях его исторического развития, все большее морфологическое разнообразие форм нашей планеты мы попытались отразить на схеме 2. При этом в основу ранговой соподчиненности на планетарном и системном уровнях мы положили различие в строении материковой и океанической коры с выделением весьма характерных

зон переходного рельефа между ними и между равнинно-платформенными системами. При формационном разделении последних нами были приняты во внимание особенности их тектонического строения, литоморфные свойства покровных образований, характер проявления неотектонических движений и физико-географические условия, оказавшие активное влияние на формирование современного рельефа. На ландшафтном классификационном уровне главнейшее внимание было обращено на изучение внешнего вида форм и рельефа в целом и определение роли морфологических особенностей земной поверхности в развитии географических ландшафтов. При этом в центре внимания всегда находились зоны перехода между положительными и отрицательными формами рельефа, так как они во многом определяют направленное развитие геохимических и почвообразовательных процессов, порождающих биологическую продуктивность географических ландшафтов.

За последние годы переходная зона между положительными и отрицательными формами мезорельефа географических ландшафтов стала широко изучаться и в отношении решения ряда важных экологических вопросов. В результате проведения указанных исследований у нас и за рубежом появились оригинальные работы [Базилович, 1976; Джерард, 1984; Мордкович и др., 1985; и др.]. По сути дела, в них обоснован новый подход к изучению исходной геоморфологической триады (возвышенность, склон, понижение), о которой мы уже говорили. По определению Ю. П. Селиверстова (предисловие к работе А. Дж. Джерарда [1984, с. 6]), «катена — это закономерно пространственная группировка различных почв, объединенных в своем формировании, развитии и распространении определенным рельефом к формирующим его процессам и регулярно повторяющаяся в сходных геоморфологических обстановках». В методическом плане новый подход сводится к изучению почвенных и экологических закономерностей в пределах геоморфологического профиля от самой высокой точки мезорельефа того или иного географического ландшафта до самой низкой. Геоморфологический профиль градуируется не только данными гипсометрических показателей рельефа, но и отдельными природными факторами (влажностью, температурой, засолением и т. д.) или совокупностью ландшафтных признаков. Верхние участки геоморфологического профиля — самая сухая часть катены, а нижние — самая влажная. Вдоль любого склонового профиля изменяются и многие биологические показатели (численность, разнообразие, биомасса организмов, биологическая продуктивность и т. д.). Катена представляет собой среднее, очень важное, звено географического ландшафта, так как, по данным Я. Демека [1977], территория суши на 60% занята склонами с углами поверхности менее 10°. Все это побудило нас более подробно остановиться на исходных позициях нового подхода в изучении структуры географических ландшафтов и показать значение низкопорядковой геоморфологической триады в познании рельефа земной поверхности на ландшафтно-экологическом уровне.

По многим соображениям описание приведенной классификации рельефа Земли на некоторых примерах целесообразно начать с краткой характеристики материковых выступов. Основные положения к выделению горной геоморфологической системы на Сибирских материалах впервые обосновал В. А. Обручев [1948] и совершенно справедливо отметил ведущую роль дизъюнктивной тектоники в направлении одновременного развития экзогенных и эндогенных процессов на их территории. К его выводам следует добавить лишь несколько слов о том, что в районах развития горной геоморфологической системы на характер проявления экзогенных процессов оказывает большое влияние и ярко выраженная высотная зональность. Это весьма важное обстоятельство следует отнести к числу главнейших природных особенностей горных стран. Вполне естественно, что горная геоморфологическая система может быть подразде-

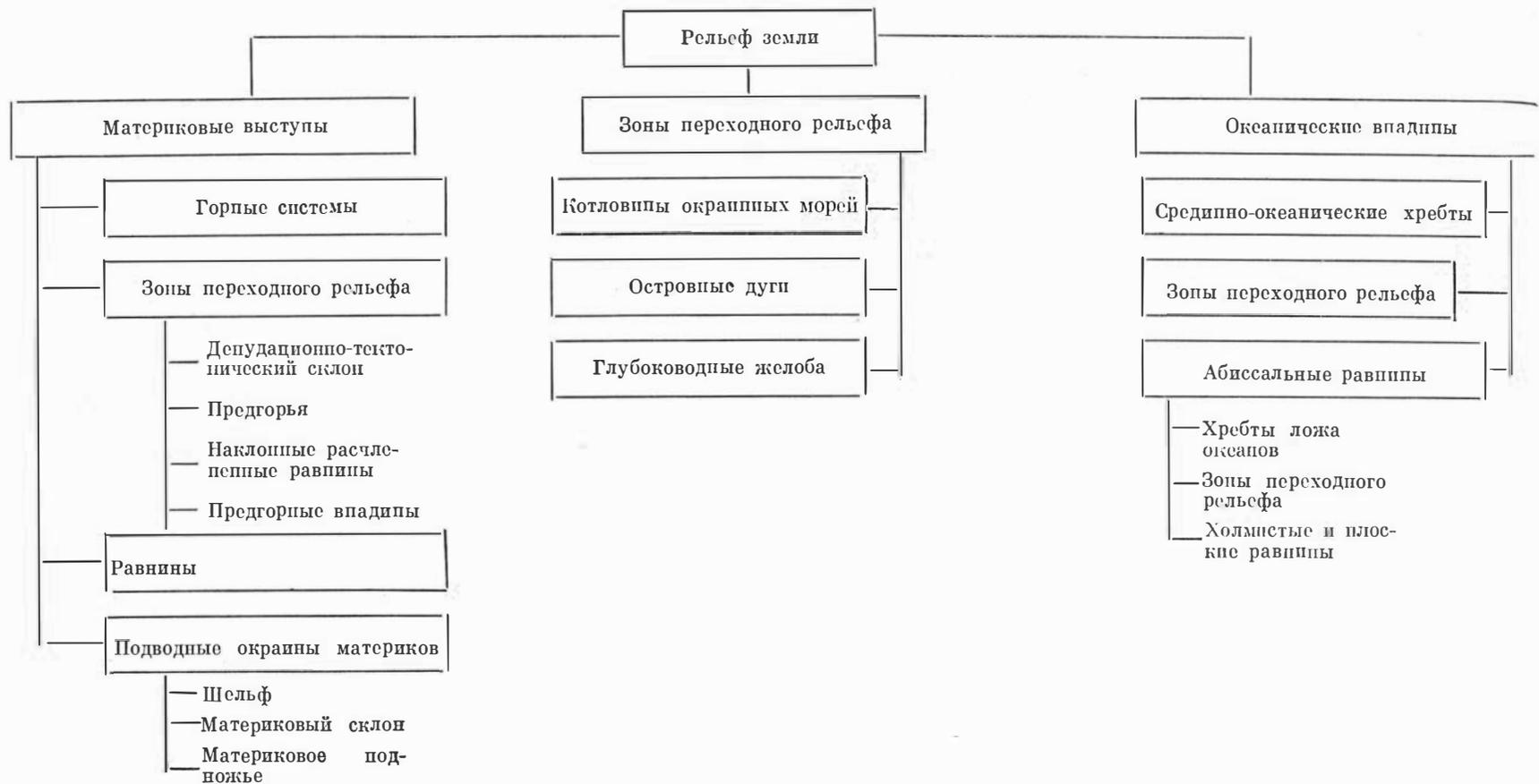


Схема 2. Классификационная схема рельефа земной поверхности.

лена на ряд формаций. С одной стороны, могут быть выделены различные морфологические типы горных сооружений, а с другой — их межгорные впадины.

Переходная геоморфологическая система Сибири окаймляет прерывистой полосой очень сложную зону сочленения Центрально-Азиатского горного пояса с величайшими равнинами Северной Азии. Из анализа опубликованных материалов и геоморфологических карт различного масштаба ясно видно, что на протяжении длительного изучения геологии Сибири детальному познанию рельефа переходной зоны не уделялось достаточного внимания. Только этим можно объяснить, что на многих картах граница между орогенными и равнинно-платформенными областями отражена очень схематично, а на значительном протяжении проведена просто по выходам коренных пород южного обрамления Западно-Сибирской равнины. Трудно себе представить, чтобы между такими ведущими категориями рельефа нашей планеты всюду отмечались столь резкие переходы. Более логично было бы думать о том, что рельеф переходной зоны в процессе своего формирования и сохранения в весьма сложных условиях будет отличаться большим разнообразием положительных и отрицательных форм земной поверхности. Высказанное положение полностью себя оправдало на первом этапе более детального изучения рельефа переходной зоны. В результате проведенных исследований предгорные впадины (Предбайкальская, Предсаянская, Тасеевская, Ангаро-Тасеевская, Кемская, Еланская, Бийско-Барнаульская, Кулундинская, Алакольская, Балхашская, Илийская и др.) были объединены в прерывистую полосу предгорных опусканий Центрально-Азиатского горного пояса.

Формирование предгорных опусканий проходило в три этапа. На протяжении первого будущая территория горообразования Алтае-Саянской области была слабо расчленена на отдельные поднятия и опускания. Главнейший этап Алтайского горообразования (средний плиоцен) характеризовался формированием горного и высокогорного рельефа. В это же время максимально расширилась значительная часть зоны предгорных опусканий. Лишь на завершающем этапе активного вздымания Алтае-Саянских гор отмечался обратный процесс, при котором значительное расширение площадей поднятия проходило за счет вовлечения в них предгорных впадин. Таким образом, самая характерная особенность в морфологии, строении и истории развития рельефа переходной зоны состоит в том, что она одновременно отражает в себе взаимосвязанные этапы развития орогенных сооружений и равнинно-платформенных областей. В ее строении участвуют сложный денудационно-тектонический склон и резкий уступ. Далее следуют полоса предгорий и широкая зона предгорных опусканий. В полосе сочленения предгорий с районами предгорных опусканий широко развиты наклонные равнины, густо расчлененные разновозрастной овражно-балочной сетью.

Зона переходного рельефа Сибири во всех отношениях изучена очень слабо, хотя по всем геологическим и палеогеологическим показателям она, несомненно, очень перспективна на многие полезные ископаемые, связанные с палеозойскими, мезозойскими и кайнозойскими отложениями. В подавляющем большинстве исходная природа их формирования, сохранения и вторичного обогащения неразрывно связана с историей развития рельефа переходной зоны Сибири. Поэтому с целью скорейшего преодоления большого отставания в ее изучении следует широко использовать новейшие материалы космической информации, так как большое разнообразие взаимосвязанных форм рельефа земной поверхности переходной зоны весьма информативно и открывает безграничные горизонты дешифрирования разнообразных снимков в прямой зависимости от решения той или иной задачи. Сложный и разнообразный рельеф переходной зоны — это азбука научного познания и практического использования космической информации.

Зона переходного рельефа между горными сооружениями и равнинно-платформенными областями в пределах нашей страны занимает очень большую территорию, к которой приурочены не только все главнейшие сельскохозяйственные районы, но и крупнейшие промышленные центры. Она непрерывно прослеживается от Прибайкалья до районов Ставропольского края и далее до Предкарпатья. Мощные горные системы Центрально-Азиатского горного пояса и Кавказа являются родиной зарождения крупнейших речных артерий, и их водные ресурсы максимально используются для орошения весьма значительной территории зоны переходного рельефа. Она поистине является большим хлебным полем нашей страны. Одновременно ее районы таят в своих недрах разнообразные полезные ископаемые. Характерные особенности рельефа переходной зоны позволяют организовать в ее пределах эффективную эксплуатацию минерального сырья наиболее экономичным открытым способом. Здесь добывают самый дешевый уголь. По плотности населения описываемая зона переходного рельефа без всякого сомнения занимает в СССР одно из первых мест. Ведущее место она занимает также и по весьма высокой оценке ее почвенно-климатических ресурсов.

К великим равнинам Северной Азии мы относим Западно-Сибирскую, а также плоскогорья и низменности Восточной Сибири. Геоморфологические условия Западно-Сибирской равнины сложились под прямым влиянием двух взаимосвязанных процессов. С одной стороны, они существенно зависели от характера проявления волновых эпейрогенических движений, а с другой — от длительного унаследованного развития мощной системы древних прарек и современных речных артерий. В меньшей степени на формирование рельефа равнины повлияли эпохи покровных оледенений и морских трансгрессий, в большей — ее северных районов. В связи с этим к числу удивительных особенностей в морфологии рельефа Западно-Сибирской равнины следует отнести площадную соизмеримость древних и флювиальных равнин и древних водоразделов, в геологическом строении которых участвуют меловые и третичные отложения.

Геоморфологические исследования последних лет свидетельствуют о том, что на территории Западно-Сибирской равнины в основу научного обоснования мелиоративных работ должны быть положены новейшие представления о истории формирования прарек, древних ложбин стока, современных речных систем и последние данные о совместном влиянии рельефа, климата и характера сельскохозяйственного использования на развитие экзогенных процессов.

Одним из важнейших факторов рельефообразования на территории равнинных регионов Восточной Сибири является геологический субстрат. Он существенно изменялся лишь на палеозойском этапе развития нашей планеты, оставаясь относительно консервативным со второй половины мезозоя. Однако литоморфные свойства геологического субстрата оказали в дальнейшем довольно существенное влияние на характер площадного развития экзогенных процессов, проходивших под влиянием ритмично-колебательных изменений климатических условий.

За последние 25 лет наиболее значительные географические открытия были сделаны в процессе познания рельефа и геологического строения океанов и морей, занимающих более 70% поверхности Земли. По последним данным на дне океана закартированы срединно-океанические хребты и абиссальные равнины. Срединно-океанические хребты должны быть отнесены к величайшим горным системам Земли. Они имеют линейную ориентировку и протягиваются непрерывной полосой через все океаны, а их площадь занимает более 15% земной поверхности. В пределах абиссальных равнин развиты хребты ложа океанов, холмистые и плоские равнины. Между упомянутыми формами рельефа дна океанических впадин, так же как и на суше, есть зоны переходного рельефа, которые являются областями широкого развития гравитационных подводных процессов как

на флангах срединных хребтов, так и в районах сопряжения холмистых и плоских абиссальных равнин с хребтами ложа океанов. Первое место среди всех морфологических форм рельефа дна океанов занимают холмистые и плоские равнины. Сейчас к их изучению приковано особое внимание, так как пространственно с ними связаны наиболее значительные месторождения железисто-марганцевых конкреций.

По новейшим данным идеально выровненные участки дна океанов встречаются крайне редко. Широко распространены холмистые абиссальные равнины. Основу их рельефа составляют холмы. Их морфологические черты весьма различны. Холмы абиссальных равнин — это выступы поверхности дна океанов высотой от 50 до 500 м округлой, изометрической и вытянутой формы. Величина их поперечника колеблется от нескольких сот метров до нескольких километров. Протяженность грядовых холмов может достигать значительной величины. Расстояние между холмами далеко неодинаково, но не менее их поперечника. Склоны холмов обычно пологие (от 1 до 4°) и в редких случаях их крутизна 10—11°. Вершины холмов в основном плоские.

Подводная окраина материков, покрытая водами океанов и морей, занимает 35% площади всех континентов земного шара. По геоморфологическим данным она делится на шельф, материковый склон и материковое подножье. В мировом масштабе территория шельфа является главной ареной широкого хозяйственного освоения как в отношении решения продовольственной программы, так и в области эксплуатации нефтяных и газовых месторождений и ряда других полезных ископаемых. Так как шельф представляет собой затопленные участки суши, то его рельеф весьма однотипен с рельефом материковых равнин, речные долины которых отчетливо прослеживаются на сотни километров от береговой зоны многих континентов. Материковый склон занимает относительно узкую полосу морского дна в виде наклонной равнины. В большинстве случаев он имеет ступенчатый профиль, который расчленен подводными каньонами. В их устьях, как правило, отмечаются конусы выноса значительных размеров. В рельефе дна морей и океанов материковое подножье обычно выражено наклонной равниной, участками волнистой, а в верхней части ее профиля нередко отмечаются характерные формы холмисто-западинного рельефа. Местами описанные равнины материкового подножья прорезаны крупными подводными каньонами.

С океанической стороны в состав переходной области от подводных материковых окраин до районов развития земной коры океанического типа входят котловины окраинных морей, островные дуги и вытянутые вдоль их внешнего края глубоководные желоба. В пределах переходной зоны наблюдается мозаичное строение земной коры с участием континентального, океанического, субконтинентального и субокеанического типов.

В заключение можно сказать о том, что ложе Мирового океана и поверхности материковых выступов по морфологической сложности в общем вполне сопоставимы. Зоны переходного рельефа Земли, закономерно приуроченные к областям существенных изменений в строении земной коры континентального и океанического типов, отмечаются не только на границе сопряжения континентов и океанов, но и в полосе сочленения срединно-океанических хребтов и абиссальных равнин, а также на контакте орогенных и платформенных структур, возникающих в процессе стабильного развития материковой коры. В связи с этим к числу исходных позиций системно-формационного подхода к познанию рельефа Земли следует отнести всесторонний анализ направленной эволюции тектонических структур земной коры различных рангов как следствие нарушения ее теплового режима и теплопереноса при одновременном признании взаимосвязанных и взаимообусловленных проявлений эндогенных и экзогенных процессов. Выше мы подробно обосновали основной тезис о том, что в геоморфологической системе должны наблюдаться синхронность эндогенных и экзоген-

ных процессов и взаимная обусловленность их развития. Усилие первых должно вызывать усилия вторых, и наоборот. В истории Земли последние закономерности наиболее ярко проявились на этапе ее революционного развития. В наше время хозяйственная деятельность человека в целом ряде случаев привела к существенным изменениям рельефа нашей планеты и вызвала незамедлительную реакцию в активизации эндогенных процессов. Достаточно напомнить о том, что быстрое заполнение грандиозных водохранилищ привело не только к очаговым землетрясениям, но и к существенным изменениям гравитационного поля. Дальнейший прогресс наших технических возможностей может повлечь за собой еще более значительные последствия в нарушении природных условий, и вся хозяйственная деятельность человека сейчас должна осуществляться только с позиций прогнозной оценки возможной активизации современных эндо- и экзодинамических процессов на рельеф земной поверхности.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОВРЕМЕННОГО МОРФОГЕНЕЗА

Геоморфология — наука о рельефе, т. е. о той системе неровностей земной поверхности, которую мы называем рельефом. Как всякий естественный объект его можно просто описать, а можно попытаться понять и объяснить закономерности его образования и развития. При описательной геоморфологии мы отвечаем на вопросы что? какой? и где? и рассматриваем характер форм рельефа, их размещение в пространстве, взаимосочетание. Описание можно делать как вербальным способом, так и с применением различных морфометрических методов. Соответственно получим качественные и количественные характеристики исследуемого объекта. И в том, и другом случае достаточно изучать лишь поверхность материков и днищ океанов.

Картина меняется, когда мы переходим к объяснительной геоморфологии. Основными вопросами становятся как создано?, как развивается?, а объектом исследования — процессы морфогенеза. Поскольку пространство, где идут процессы морфогенеза, отнюдь не ограничивается двухмерной поверхностью, а охватывает определенный объем, следует определить его границы. В связи с тем, что процессы морфогенеза формируют не только рельеф поверхности Земли, но и взаимосвязанный с ним рельеф поверхности Мохоровичича, вероятно, целесообразно принять за объект исследования объяснительной геоморфологии трехмерное пространство (сферическое тело), которое ограничено этими двумя поверхностями. Данный сложно устроенный развивающийся объект можно рассматривать как геоморфологическую систему [Кашменская, 1976, 1980]. Таким образом, в зависимости от поставленных задач у геоморфологов могут быть разные предметы исследования: двухмерный рельеф земной поверхности — для описательной геоморфологии и трехмерная геоморфологическая система — для объяснительной. Описание рельефа хотя и трудоемко, но особых проблем не составляет. Объяснение же требует разработки особых методов, применения различных подходов.

В целом все исследователи признают, что основные составляющие морфогенеза — эндогенные и экзогенные силы, которые действуют в пространстве и во времени. Отсюда возникновение исторического, генетического, морфоструктурного и климатического подходов. Каждый из них, исследуя внутренние и внешние силы морфогенеза, имеет в то же время свой специфический уклон. При историческом методе пристально исследуется фактор времени, т. е. длительность действия рельефообразующих факторов, а также результат их воздействия на различных возрастных срезах. Генетический изучает конкретные факторы в основном экзогенного

рельефообразования, смыкаясь в какой-то степени с климатическим подходом, при котором исследуется также экзогенная составляющая морфогенеза. Морфоструктурный метод применяется преимущественно для изучения эндогенных сил рельефообразования.

Казалось бы, использование всех этих методов делает возможным достаточно полное объяснение рельефа. Однако это не совсем так. Применение указанных научных подходов не позволяет с достаточной полнотой ответить на вопросы: как идут процессы морфогенеза?, почему так, а не иначе?, как возникают формы рельефа?, почему те, а не другие? Причина в том, что развитие рельефа рассматривается несколько упрощенно. Приняв в качестве предпосылки взаимодействие эндогенных и экзогенных сил, исследователи используют далее традиционный аналитический метод, расчленяют процесс морфогенеза на части по различным факторам рельефообразования (речная деятельность, ледниковая, вулканическая и т. д.) и изучают каждую часть в отдельности, надеясь при суммировании получить полную картину морфогенеза. Однако накопление опыта по изучению сложных объектов показало, что аналитический метод достаточно надежен лишь при изучении просто организованных объектов с малым количеством составных частей и элементарными связями между ними. Сложные развивающиеся объекты, в частности рельеф, не поддаются изучению с помощью традиционного аналитического метода. Дело в том, что при взаимодействии частей сложного объекта возникают совершенно новые свойства (эмерджентные), присущие лишь объекту в целом и не проявляющие себя при суммировании свойств частей. Кроме того, сам объект в процессе своего образования начинает через обратные связи оказывать воздействие на дальнейшее свое развитие. В рельефе это реализуется, в частности, через гипсометрическую составляющую. Таким образом, при аналитическом методе теряется существенная часть характеристики морфогенеза.

Наконец, имеется еще один вопрос, связанный с исследованием процесса развития — зачем?, который остается полностью за пределами возможностей перечисленных подходов. При традиционном геоморфологическом исследовании этот вопрос даже не ставится. А между тем ответ на него позволяет раскрыть ряд закономерностей процесса морфогенеза, связанных с сущностью функционирования (жизнедеятельности) геоморфологической системы.

Рассмотрим в свете всего сказанного преимущества системного подхода. Какова его роль в объяснительной геоморфологии?

Сущность системного подхода заключается в том, что при исследовании рельефа равное внимание уделяется всем факторам рельефообразования, интенсивность и удельный вес которых непрерывно меняется в пространстве и во времени вместе с изменением климата, литоморфных свойств субстрата, живой и мертвой тектоники. Учитываются также самые разнообразные связи (прямые и обратные), возникающие в процессе морфогенеза внутри геоморфологической системы и при взаимодействии ее с внешней средой. Так, изменение характера склоновой денудации меняет ход развития флювиальных процессов и наоборот; сам рельеф, формируясь, становится вместе с тем причиной изменения процессов морфогенеза, так как с высотой и расчлененностью меняется темп денудации, изменяются гравитационное поле и, следовательно, характер тектонической составляющей морфогенеза и т. д. Такое внимание к механизму развития рельефа позволяет уловить то новое, что возникает при взаимодействии всех компонентов морфогенеза между собой и с внешней средой, т. е. эмерджентные свойства исследуемого явления, исчезающие, как уже указывалось, при суммировании результатов анализа отдельных процессов. Таким образом, системный подход позволяет более адекватно действительному положению ответить на вопрос, как идет процесс морфогенеза.

Тщательное изучение механизма рельефообразования позволяет также подойти к ответу на вопрос зачем? Гармоничное устройство мира с длительным существованием организованных объектов гарантируется стремлением к равновесию сил, участвующих в их развитии, и поддержанием достигнутого равновесия. Действие всех составляющих процесса морфогенеза подчинено именно этой цели: достижению и поддержанию равновесного состояния. Очевидно, что только динамическая система может поддерживать равновесие в условиях изменяющегося мира. Любая статическая система обречена на разрушение. Рельеф — система динамическая. Все факторы, образующие ее, действуют так, чтобы поддерживать равновесие, постепенно приводя рельеф к все более устойчивому равновесию — выравниванию. Вместе с тем морфогенез в целом и вещественное выражение его (геоморфологическая система), действуя в интересах системы более высокого порядка (суперсистемы Земля), осуществляет контроль над возникновением, существованием и вылаживанием горных систем в пределах территории сквозных орогенных областей преимущественно неравновесных, развитие которых обеспечивает целостность планеты Земля.

Выявление целесообразности как отдельных процессов, так и морфогенеза в целом позволяет впервые в геоморфологии поставить вопрос зачем? и попытаться ответить на него.

Исследование структуры морфогенеза (всех процессов, входящих в него, их взаимодействий внутри системы и с внешней по отношению к ней средой, т. е. системой более высокого порядка) чрезвычайно сложно не только в связи с большим количеством действующих и взаимодействующих компонентов (тектонических, вулканических, магматических, тепловых потоков, разнообразных денудационных: эоловых, флювиальных, ледниковых и др.), но и по той причине, что часть этих процессов не поддается непосредственному изучению. Особенно это относится к тектонической составляющей морфогенеза. Именно в этих обстоятельствах очень результативен системный подход с изначальным синтезом как принципом исследования. Дело в том, что многочисленные и сложные по своим взаимосвязям процессы рельефообразования вещественно выражаются через перемещение минеральных масс в геоморфологическом пространстве. Перемещаются денудационные массы экзогенными процессами, тектонические — эндогенными; перемещение идет как по горизонтали, так и по вертикали. В результате в каждый данный момент в каждом конкретном участке геоморфологической системы что-то поступает, что-то убывает. Результат этого перемещения, т. е. баланс масс земной коры, является тем самым изначальным синтезом, который положен в основу системного подхода при изучении жизнедеятельности геоморфологической системы. Характером суммарного во времени баланса масс в земной коре объясняется все бесчисленное гипсометрическое разнообразие рельефа Земли от высочайших вершин до глубоких впадин. Кроме того, характер конкретного во времени и в пространстве баланса коровых масс свидетельствует о динамическом состоянии земной поверхности: происходят ли ее поднятие (положительный баланс масс), опускание (отрицательный) или поверхность сохраняет стабильное положение (равновесный). Другими словами, суммарный баланс масс является о вещественным алгебраическим результатом всех рельефообразующих усилий за все время формирования современного рельефа. Конкретный же баланс коровых масс — опять-таки о вещественная в перемещающихся массах алгебраическая сумма усилий всех факторов морфогенеза, но в каждый конкретный отрезок времени, конкретный момент.

Итак, системный подход с его изначальным синтезом — исследованием балансовых характеристик перемещения коровых масс — дает нам возможность наиболее полно охарактеризовать (исследовать) направлен-

пость и интенсивность процесса морфогенеза в целом, включая деятельность факторов рельефообразования, по тем или иным причинам недоступных для конкретного изучения, и все те эмерджентные свойства морфогенеза, которые возникают при сложных взаимодействиях различных частей морфогенеза. Таким способом мы можем исследовать суммарные морфогенетические усилия (направленность и интенсивность) за весь последний геоморфологический этап, а можем определить направленность и интенсивность для конкретного времени и места. При этом важно знать не только, каков баланс (положительный, равновесный или отрицательный), но и за счет чего он получен, каково удельное значение перемещения денудационных и тектонических масс в данном конкретном результате. С этим связано решение не только научных (сущность морфогенеза), но и ряда практических задач, касающихся, например, прогнозной оценки и поисков месторождений гипергенных полезных ископаемых. Как же определяется баланс коровых масс в конкретных условиях исследуемой территории?

Сначала о суммарном балансе. При попытке оценивать рельеф по балансовым характеристикам мы сталкиваемся с присущей любому геоморфологическому исследованию трудностью: с невозможностью непосредственной оценки тектонической составляющей морфогенеза, т. е. объема масс, перемещаемых тектоническими факторами. Выходом из этого положения может служить выявление функциональных связей между тем, что мы можем определить, и тем, что недоступно непосредственному наблюдению, между следствием, которое мы имеем на выходе, и причинами, в какой-то степени скрытыми от нас. Если бы и тектонические, и денудационные силы были равно не подвластны наблюдению, то по формам рельефа, данным нам как реальность, мы могли бы судить лишь об общей направленности морфогенеза, выраженной в суммарном во времени балансе перемещающихся в земной коре масс, не будучи в состоянии выделить доли масс тектонического и денудационного происхождения. К счастью, характер перемещения денудационных масс, происходящего на дневной поверхности Земли, можно наблюдать и оценивать. Таким образом, морфогенез выступает в качестве «черного ящика», на выходе у которого рельеф и денудационная составляющая, внутри же — эндогенная составляющая.

Оценку денудационной составляющей в суммарном балансе коровых масс можно дать путем исследования сравнительной величины эрозионно-денудационного среза в разных частях территории, исходя прежде всего из климатических и литоморфных ее особенностей. Чем благоприятнее для процессов денудации климат и характер экспонируемых пород, тем величина эрозионно-денудационного среза будет больше. Кроме того (и это очень важно), исследование этапов развития рельефа, основанное на изучении природы его ступенчатости, позволяет не только качественно, но и в ряде случаев и количественно (правда, достаточно грубо) оценить сравнительные величины эрозионно-денудационного среза для разных частей территории. В тех случаях, когда высоко-, средне- и низкогорный ярусы образуются вследствие блоковой или складчатой деформации исходного пенеуплена, эрозионно-денудационный срез в их пределах будет примерно одинаков. Различие же в суммарном балансе коровых масс возникает в основном как следствие разной неотектонической активности. Если же ярусы рельефа — расчлененные поверхности поднятых педиупленов, образующихся при пологосводовом прерывистом поднятии или вследствие избирательной денудации при резко дифференцированном литологическом строении территории, то картина меняется: ступенчатость рельефа (и соответственно различие в суммарных коровых балансах масс) объясняется уже главным образом неодинаковыми величинами эрозионно-денудационных срезов. При этом по величине уступов между

педипленами можно приблизительно оцепить количественные отличия срезов в пределах различных ступеней рельефа.

Исследовав изменения в суммарном коровом балансе и денудационной составляющей его, мы получаем возможность оценить изменения в пространстве тектонической составляющей, т. е. выходим на сравнительную характеристику суммарной тектопической деятельности в течение последнего геоморфологического этапа.

Теперь рассмотрим, что нам дает и каким образом может быть изучен конкретный баланс масс в земной коре, характерный для определенного возрастного среза в геоморфологической жизни исследуемой территории. Изучение его позволяет исследовать динамическое состояние рельефа в течение конкретного отрезка времени, в том числе (и особенно) современного нам рельефа.

Очевидно, что суммарный баланс масс может отнюдь не соответствовать конкретному балансу. Например, современное высокогорье — результат суммарного во времени положительного баланса коровых масс, но в настоящее время баланс масс на этой территории может быть отрицательным, т. е. может происходить снижение гор.

Для того чтобы понять, что происходит с рельефом в данный конкретный момент (горообразование, гороразрушение или равновесное развитие), т. е. какова динамика его развития в настоящее время, необходимо проделать определенные логические операции, вскрывающие связи между разными аспектами исследуемого явления. Дело в том, что конкретные перемещения различных масс в земной коре определяют баланс масс и поведение земной поверхности: восходящее (плюс-масса), нисходящее (минус-масса) или равновесное. В функциональной связи с характером поведения земной поверхности находится крутизна профилей транспортировки рыхлого материала. Крутизна профиля, в свою очередь, непосредственно связана с характером перемещения рыхлого материала; при прочих равных условиях различная крутизна профилей обеспечивает различный баланс рыхлого материала (соотношение поступления рыхлого материала к агенту переноса с выносом этого материала) [Карташов, 1957; Хворостова, 1971]. Последнее определяет динамический режим подсистем типа «склон — базисная поверхность», разделяя их на подсистемы инстративные (выносная способность больше, чем поступает материала), перстративные (поступление равно выносу) и констративные (поступление больше выноса). Как известно, вводя эти термины, В. В. Ламакип [1948] имел в виду флювиальную систему. Мы рассматриваем эти термины шире: независимо от того, что будет являться агентом переноса рыхлых отложений (речной поток, движущийся лед, альтипланация, солифлюкция, гравитационное перемещение), мы говорим о динамических режимах в подсистемах склон — поверхность, режиме врезания, перестилания или накопления рыхлых отложений.

Итак, мы видим, что через всю эту сложную систему зависимостей (конкретный коровый баланс — положение поверхности — крутизна современных профилей агентов переноса рыхлого материала — инстративный, констративный или перстративный тип системы «склон — поверхность», т. е. отрицательный, положительный или равновесный современный баланс рыхлого материала) современный баланс коровых масс, определяющий динамическое состояние рельефа, связан с современным балансом рыхлого материала. Последний мы можем определить: это объективная реальность, данная нам в ощущении. Там, где долины расчурфованы и разбурены (например, на территориях россыпных районов), мы получаем возможность конкретной оценки исследуемого района по характеру современного распределения и перераспределения рыхлых отложений [Кашменская, Хворостова, 1965]. В тех же случаях, когда горные выработки отсутствуют, могут быть использованы характеристики рельефа, которые с достаточной точностью позволят разбраковать территорию

на части инстративного, перстративного и констративного режимов, т. е. отрицательного, равновесного и положительного балансов рыхлого материала. Крутые продольные и поперечные профили долин, отсутствие террас или террасы скульптурные с узкими уступами, узкие днища долин с малоизвилистыми руслами водотоков, отсутствие реликтов поверхностей выравнивания, отсутствие шлейфов и развитых конусов выноса — все это характерно для территории, которая развивается по инстративному типу. Выносная способность агентов переноса больше количества рыхлого материала, поступающего к ним, баланс рыхлого материала отрицательный, избыток энергии денудационных агентов (речных, ледниковых и т. д.) расходуется на врезание.

Выположенные склоны, широкие днища, по которым лениво блуждает русло, террасы (если и есть) заплыли под склоновыми отложениями. Делювиальные шлейфы, мощные конусы выноса, ледниковые, золотые отложения перекрывают днища долин, реликты поверхностей выравнивания, поверхности межгорных понижений различного происхождения — это портрет территории, развивающейся по констративному типу, когда баланс рыхлого материала положительный. Идет его накопление. Агенты переноса не справляются с избыточным количеством поступающего к ним рыхлого материала. Промежуточная ситуация: умеренной крутизны склоны продольных и поперечных профилей долин, как правило, близкие к прямым со слабо развитыми шлейфами и конусами выноса, хорошо развитые террасы, хорошо сохранившиеся реликты поверхностей выравнивания, отсутствие аккумулятивных форм рельефа, которые образуют ледниковые и золотые отложения, днища долин умеренно широкие со слабо меандрирующими руслами. Все это характерно для перстративного типа развития рельефа, когда имеет место равновесный баланс рыхлого материала (поступление примерно равно выносу).

Таким образом, определить на исследуемой территории, каков баланс рыхлого материала в различных ее частях, обычно не составляет труда. Задача в том, чтобы объяснить, почему баланс рыхлого материала именно таков и подойти к выявлению сущности морфогенеза.

В принципе баланс рыхлого материала, т. е. характер денудационной составляющей баланса коровых масс, зависит от трех факторов: климата, литологии и тектоники. Но все эти факторы действуют на характер баланса рыхлого материала различно. Изменения климата влияют, во-первых, на водность потока, во-вторых, на темп выветривания, т. е. изменение климата влияет на количество поступающего к агенту переноса рыхлого материала (темп выветривания) и на количество переносимого материала (водность). При этом могут возникнуть отрицательные или положительные обратные связи в развитии рельефа. Если климат меняется в сторону увеличения тепла и влаги, то увеличение водности будет компенсироваться ростом темпа выветривания (отрицательная обратная связь). Баланс рыхлого материала изменится слабо, быстро наступит равновесное состояние, которое при последующем снижении местности и выполаживании профиля агента переноса приведет к развитию положительного характера баланса рыхлого материала. Если климат изменяется в сторону увеличения сухости и значительного понижения температуры, то отрицательный эффект уменьшения водности усилится эффектом быстрого разрушения и поступления рыхлых пород за счет морозного выветривания (положительная обратная связь), что еще быстрее приведет к образованию положительного баланса рыхлого материала в исследуемой системе. Промежуточные ситуации, связанные с умеренными климатическими колебаниями, приводят главным образом к равновесному балансу с медленным переходом к положительному по мере снижения территории. Из сказанного видно, что в результате изменения одного только климата может возникнуть лишь кратковременный отрицательный баланс рыхлого материала, который сменяется равновесным и затем пе-

переходит в устойчиво положительный. Если же учесть, что изменения климата происходят достаточно постепенно и саморегуляция системы склон — базисная поверхность успевает нейтрализовать влияние этих изменений, то и кратковременных ситуаций с возникновением отрицательных балансов, как правило, не возникает.

Изменение литоморфных свойств подстилающих пород оказывает влияние на количество поступающих к агенту переноса продуктов выветривания и тем самым на форму его профиля и баланс рыхлого материала. Несмотря на то, что при этом имеет место сочетание воздействий отрицательной и положительной обратных связей, независимо от того, в какую сторону меняются литоморфные свойства денудлируемых пород, баланс рыхлого материала довольно быстро переходит в положительный. Если породы становятся более легко разрушаемыми, то к агенту переноса начинает поступать большее количество рыхлого материала, что приводит к преобладанию поступления над выносом (положительный баланс). И хотя при этом постепенно уменьшается количество образуемого рыхлого материала, в связи с затрудненным экспонированием коренных пород (отрицательная обратная связь), все же хотя и замедленное, но неуклонное снижение водоразделов и выполаживание профилей переноса (положительная обратная связь) приводит к тому, что устанавливается устойчивый положительный баланс рыхлого материала. При изменении пород в сторону большей стойкости баланс сначала меняется на отрицательный, затем, благодаря опять-таки неуклонному снижению водоразделов, темп которого усиливается в связи с непрерывным экспонированием коренных пород (отрицательная обратная связь), постепенно меняется на равновесный и положительный, когда даже малое количество поступающего материала становится избыточным для очень пологого профиля агента переноса выположенной страны. Таким образом, как бы ни менялись климат и литоморфные свойства пород в пределах исследуемой территории, все равно устанавливается положительный баланс рыхлого материала. Это и естественно: при действии одних лишь денудационных процессов общее снижение водоразделов может иметь лишь одно следствие — снижение территории, выполаживание профилей переноса, положительный баланс рыхлого материала. Теоретическим пределом такого развития рельефа должна являться поверхность геоида, когда перемещение материала, а следовательно, и балансы масс стремятся к нулю. Это возможно лишь в условиях замкнутой системы с неуклонно возрастающим значением энтропии.

Теперь посмотрим, как сказывается на балансе рыхлого материала изменение в характере тектонического фактора, когда геоморфологическая система по-разному обменивается с другими системами не только энергией, но и веществом. При этом могут иметь место разные ситуации, присущие жизнедеятельности открытой динамической системы. Если тектонические воздействия, обусловленные перемещением эндогенных масс в земной коре, мало энергичны и их воздействие на ход морфогенеза находится в пределах возможностей саморегуляции геоморфологической системы, то баланс рыхлого материала с помощью отрицательных обратных связей придет в равновесное состояние, знаменующее равновесное развитие рельефа. Совсем другая картина наблюдается при резком изменении в воздействии тектонических усилий в рельефообразовании, когда саморегуляция не успевает справиться с изменениями, происходящими в исследуемой части рельефа. При такой ситуации земная поверхность в районах притока тектонических масс повышается, профили переноса рыхлого материала становятся круче, а баланс рыхлого материала — отрицательным (поступает материала меньше, чем может быть вынесено). Рельеф начинает развиваться по инстративному типу. В районах оттока тектонических масс (во впадинах) устанавливается также инстративный режим с той лишь разницей, что весь поступающий рыхлый материал

будет не выноситься, а поглощаться растущей впадиной, не насыщая ее поглощающей возможностью. Итак, энергичное изменение в тектоническом факторе рельефообразования неминуемо приводит к увеличению энергии развития рельефа, к возрастанию его контрастности. Степень контрастности контролируется характером климата и литологии.

Подведем итоги. Контрастный рельеф с отрицательным балансом рыхлого материала (инстративный тип развития) свидетельствует о положительном балансе коровых масс (для впадин, соответственно, отрицательном), т. е. о преобладании в морфогенезе эндогенной составляющей. Земная поверхность повышается, идет горообразование. Мягкий облик рельефа с тенденцией к выполаживанию, с положительным балансом рыхлого материала (констративный тип развития) говорит об отрицательном балансе коровых масс, т. е. о преобладании в морфогенезе экзогенной составляющей. Земная поверхность понижается, идет горообразование. Наконец, равновесный характер рельефа с равновесным балансом рыхлого материала (перстративный тип развития) характерен для территорий сравнительно слабого воздействия эндогенных сил, которые могут быть нейтрализованы силами саморегуляции системы, вследствие чего достигается равновесие между эндогенными и экзогенными силами морфогенеза (равновесный баланс коровых масс).

Исследование взаимоотношений характера рельефа, баланса рыхлого материала и баланса масс в земной коре с целью определения сущности геоморфологического движения материи (динамики развития рельефа) показало: инстративный режим подсистем склон — базисная поверхность с отрицательным балансом рыхлого материала наиболее характерен для энергично растущих гор и растущих впадин (т. е. участков с положительным балансом коровых масс); перстративный с равновесным балансом рыхлого материала — для равновесных гор, педипленов и равновесных впадин (т. е. участков с равновесным балансом масс в земной коре); констративный с положительным балансом рыхлого материала — для активно разрушающейся горной страны и заполняющихся впадин (района отрицательного баланса коровых масс).

Однако иногда могут возникнуть такие ситуации, когда по характеру рельефа и балансу рыхлого материала отдельной подсистемы невозможно судить о балансе масс в земной коре. В таких случаях, для того чтобы расшифровать механизм морфогенеза, необходимо проанализировать динамический режим возможно большего количества подсистем типа склон — базисная поверхность с выявлением количественного соотношения подсистем инстративного, перстративного и констративного режимов.

Подобляющее преобладание инстративных подсистем с отрицательным балансом рыхлого материала характерно для энергично растущей горной страны с резко выраженным положительным балансом коровых масс, а отчетливое преобладание констративных с положительным балансом рыхлого материала — для энергично разрушающихся гор с отрицательным балансом масс в земной коре. Перстративные подсистемы с равновесным балансом рыхлого материала преобладают в равновесных горах.

Значительное разнообразие динамических характеристик подсистем исследуемой территории, при котором невозможно выявить господствующий режим, свидетельствует, по-видимому, о нечетко выраженном или неустойчивом динамическом состоянии земной коры: начале поднятия и начале опускания, неустойчивом равновесии, т. е. как раз о таких периодах в эволюции конкретных частей геоморфологической системы, когда большое значение приобретают процессы саморегуляции и информационная память о предшествующих состояниях системы.

Установив указанным выше способом характер баланса коровых масс для исследуемой территории, мы тем самым расшифровываем свойственный ей характер динамики развития рельефа. Так, положительный баланс коровых масс имеет место в двух случаях: когда приток эндоген-

ных масс больше, чем отток экзогенных, и когда отток эндогенных меньше, чем поступление экзогенных. Оба режима сопровождаются повышением земной поверхности. Первый характерен для растущих гор и свидетельствует о преобладании внутриземной составляющей в энергии геоморфологического движения (развития), второй — для заполняющихся впадин и указывает на преобладание денудационной составляющей.

Отрицательный баланс коровых масс свойствен снижающимся горам и растущим впадинам. В обоих случаях происходит понижение дневной поверхности, но в первом геоморфологическое движение, если можно так выразиться, более «денудационно», а во втором — более «тектонично».

Наконец, равновесный баланс коровых масс свидетельствует о таком геоморфологическом режиме, при котором основные составляющие энергии рельефообразования примерно равны, что имеет место в подсистемах равновесных гор, педиленов и равновесных впадин. При этом объемы обменных масс могут быть очень разными: от больших в подсистемах гор и впадин до малых в подсистемах поверхностей выравнивания.

Определение для каждого участка района исследования характера баланса коровых масс (динамики развития рельефа) позволяет оценить поле геоморфологического напряжения. После этого, опираясь на изучение доступных для непосредственного наблюдения климата и литоморфных свойств, можно определить изменение в пространстве интенсивности денудационной составляющей морфогенеза. Наконец, после сопоставления качественных характеристик общей геоморфологической и ее части денудационной напряженности можно перейти к оценке характера тектонической составляющей морфогенеза.

Таким образом, метод балансовых характеристик перемещающихся в геоморфологическом пространстве тектонических и денудационных масс дает возможность не только определить и качественно характеризовать общую динамику развития современного рельефа, но и выйти через оценку денудационной составляющей морфогенеза на качественную характеристику интенсивности и направленности неотектонических движений для различных частей исследуемой территории.

---

### Глава III. ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РЕЛЬЕФА

#### ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КАК СРЕДСТВО ИЗУЧЕНИЯ РЕЛЬЕФА (к постановке вопроса)

В геоморфологии картосоставительским работам уделяется большое внимание. В многочисленных публикациях можно найти богатый материал по геоморфологическому картографированию [Сваричевская, 1937; Спиридонов, 1952, 1975, 1985; Башенина и др., 1962; Геоморфологическое картирование, 1978; Ермолов, 1964; Методика..., 1965; Чемяков и др., 1972; Геоморфологическое картографирование ..., 1976; Башенина и др., 1977; Геоморфологическое картирование, 1978; Ганешин, 1979].

В литературе и на совещаниях, посвященных проблемам геоморфологического картографирования, обсуждаются принципы составления

многих видов и типов геоморфологических карт, подчеркиваются их преимущества и выявляются ограничения, демонстрируется ценность содержащейся на картах информации. Наиболее оживленную дискуссию, пожалуй, вызывают вопрос о создании единой унифицированной легенды для содержания общих геоморфологических карт и проблема генерализации содержания карт при переходе от одного масштаба к другому.

Все перечисленное и многое другое остается за рамками предлагаемого исследования. Наша цель — обсудить возможность использования геоморфологического картографирования в качестве своеобразной процедуры исследования. В этом случае картирование должно играть роль специального метода, а разработка принципов построения легенд карт для решения поставленных задач послужит теоретическим обоснованием метода.

Геоморфологическое, как и любое другое тематическое картографирование, находится в междисциплинарном поле деятельности. Это положение обязывает ознакомиться с основными принципами, методами и достижениями двух наук: геоморфологии и картографии. До сих пор геоморфологи не часто прибегают к освоению методологических разработок в картографии. В этом можно убедиться, например, следя за работой пленума Геоморфологической комиссии АН СССР в 1975 г., на котором исследовались вопросы геоморфологического картографирования. В материалах этого большого собрания профессионалов нет ссылок на исследования ведущих картографов [Геоморфологическое картирование, 1978]. Однако, думается, что теоретические разработки в картографии, в которой за последние 10—15 лет достигнуты большие успехи, представляют для тематического картографирования большую ценность, особенно в связи с рассматриваемой темой. Мы обсуждаем возможность перенесения определенных достижений картографического метода в исследование рельефа, основываясь на геоморфологическом осмысливании ряда научных идей, содержащихся в трудах А. Ф. Асланикашвили [1974], К. А. Салищева [1976], А. М. Берлянта [1978], А. А. Лютото [1981].

Суждение о карте как о богатейшем источнике информации общепринято в познавательной деятельности естествоиспытателей. Существуют многочисленные образцы извлечения знания о предмете исследования с помощью изучения и сопоставления различных карт. Однако с постановкой вопроса о картографировании в качестве особого способа получения знания и с соответствующим исследованием этой проблемы мы впервые столкнулись при знакомстве с вышеупомянутыми источниками. Произошло смещение главных акцентов. Особое значение приобрел вопрос: какую роль играет тематическое картирование в связи с употреблением при изучении рельефа таких логических приемов, как описание, характеристика, различение, сравнение, аналогия, обобщение, абстрагирование, анализ — синтез, моделирование? Очевидно, что при применении каждого из перечисленных приемов карта, если она составлена целенаправленно, может сыграть незаменимую роль. Какое же свойство карты обеспечивает ее всепроникающую пригодность? Оказывается, карты — это своеобразные тексты, составленные на особом языке. Д. Харвей [1974, с. 357] предположил даже, что это — «...язык географии, об особенностях которого мы знаем очень мало».

Язык вообще — это аппарат, с помощью которого совершается мышление, и этим объясняется значение процедуры составления картографических текстов (картографирования) при изучении природных явлений вообще и геоморфологических в частности. В геоморфологии отношение к картографическому рисунку как к особому тексту возникло в процессе дискуссионного обсуждения преимуществ такого способа составления карт (он получил название аналитического), при котором показываются отдельные грани форм, но зато якобы теряется целостное (синтетическое) представление о рельефе. По словам Д. В. Борисевича, такое мнение

«...равносильно утверждению о наличии в книгах лишь разрозненных букв и отсутствии слов, фраз» (цит. по А. И. Спиридонову [1975, с. 54]).

Обыкновенный естественный язык, на котором мы говорим, представляет собой органическое объединение, с одной стороны, слов (словарный запас), а с другой — правил комбинации этих слов в тексты. Грамотность изложения мысли находится в прямой зависимости от степени совершенства владения как тем, так и другим упомянутыми аспектами. Успехи применения языка карты не в меньшей степени зависят от соблюдения правил его построения.

Работа над совершенствованием языка карты привела А. Ф. Асланикашвили [1974] к теоретическому обоснованию принадлежности этого языка к сфере интересов семиотики (науки о естественных и искусственных языках как знаковых системах). В книге А. Ф. Асланикашвили обстоятельно рассмотрены различные стороны языка карты. В предлагаемом разделе поднимается вопрос лишь о роли синтаксиса и семантики геоморфологических карт, т. е. структурного и смыслового аспектов их содержания. Из многочисленных функций языка геоморфологического картографирования мы рассматриваем только вклад его в процесс получения новых геоморфологических знаний.

**О синтаксическом аспекте языка геоморфологического картографирования.** Академик Л. В. Щерба перед студенческой аудиторией мелом на доске шутливо написал: «Глоклая куздра штеко будланула бокра и курдячит бокренка». И студенты ответили, кто действующее лицо, на кого переходит действие, как переходит действие и какова особенность действующего лица. Они руководствовались синтаксическими правилами — правилами построения знаков (слов) в тексты без учета смыслового значения этих знаков. Можно каждому из употребленных знаков придать смысл и построить другое выражение, на этот раз не соблюдая ни одного из синтаксических правил, что-нибудь вроде такого варианта: «Хитрое зайчонок лисица и заяц отпугнуть ловко поедать». Это даже предложением назвать нельзя, несмотря на то, что для говорящего на русском языке в нем каждый знак имеет определенный смысл. При пользовании естественным языком ни структурная, ни смысловая его стороны не абсолютизируются, в построении текстов эти стороны взаимно дополняют друг друга, выражая содержание высказываемой мысли: «Хитрая лисица ловко отпугнула айца и поедает зайчонка».

В геоморфологическом картографировании пока не выявлены теоретическое и методическое значения рассматриваемых сторон языка карты. Очень часто именно смысловая сторона принимается за язык геоморфологической карты (смысл условных знаков сообщается в легенде). Структурный же аспект языка остается за пределами анализа. Однако именно с ним «...связана неповторимая специфика карты. Его средствами обеспечивается отражение данных о местоположении объектов на земной поверхности, их взаимном положении и пространственной форме, ориентации» [Лютый, 1981, с. 9]. «Можно анализировать расположение точек, линий, контуров относительно друг друга, измерять, сравнивать и подсчитывать их, анализировать соседство, компактность и т. п.» (там же, с. 8).

Нельзя сказать, что в геоморфологическом картографировании отсутствует содержательное восприятие структуры картографического изображения. Если, например, геоморфологу дать две карты с изображением рельефа в одном случае горного, в другом — равнинного (при условии, что на обеих картах площадными условными обозначениями показаны речные и склоновые элементы) и если при этом не прилагать легенду, расшифровывающую смысл условных знаков, геоморфолог не только скажет, что на картах показаны именно склоны и речные долины, он еще определит, которая из карт отображает горный рельеф, а которая — равнинный.

Опорой для заключения в этом эксперименте послужит интуитивное профессиональное чувствование структуры языка геоморфологической карты. Специфика этого языка связана с правилами пространственного расположения и взаимного сочетания элементов изучаемого явления.

В нашей практике при крупномасштабном картографировании был случай, который, как представляется, может иллюстрировать принципиальную значимость синтаксической ветви языка карты и свидетельствовать об определенном значении структуры картографического изображения в познавательном процессе. В конце 50-х годов в нижней части течения р. Малык-Сиены (бассейн р. Колымы) при отрисовке современных склоновых и речных элементов рельефа на основании дешифрирования аэрофотоснимков выявлены позднечетвертичные конечно-ледниковые образования [Хворостова, 1970]. В то время еще не были известны данные об особенностях отложений, образующих эти формы. Не было даже сведений, позволяющих отнести их к формам аккумулятивного происхождения. Полученный вывод основывался только на изучении структуры рисунка геоморфологических контуров. Запомнилось резкое критическое отношение к полученному результату одного из крупных знатоков геологии Северо-Востока СССР, который проводил в этом районе геологическую съемку обзорного масштаба и, не обратив внимания на существование геоморфологических аномалий, в условиях исключительно плохой обнаженности не заметил очевидных ледниковых форм. Признание упомянутого конечно-ледникового комплекса пришло позднее, когда в связи с поисками россыпей золота описываемый район подвергся детальной буровой разведке. Очень важно, что предварительно перед разведкой можно было по карте предсказать мощность и состав рыхлых отложений на территории каждой скважины.

Можно привести другой пример. Изучение пространственных закономерностей соотношения современных речных и склоновых элементов рельефа в бассейне р. Эльги (левый приток р. Индигирки) позволило выявить позднечетвертичные конечно-ледниковые образования в истоках этой реки (речки Аяба и Аяма), а также в верховьях ее небольших притоков, впадающих справа выше р. Черный. Такая трактовка рельефа оказалась неожиданной. Долинные ледники продвигались с севера, навстречу течениям этих рек, подпруживая их. В средних частях путей ледников следы их деятельности уничтожены, и конечные образования оказались изолированными, из-за чего было трудно предсказать их ледниковый генезис. Результаты изучения геоморфологической ситуации при крупномасштабном геоморфологическом картографировании не оставляют сомнения, что дуги, перегораживающие речные долины, являются конечно-моренными формами. Установление их генезиса очень важно и в практическом отношении, поскольку определяет стратегию поисков россыпных месторождений золота [Кашменская, Хворостова, 1965].

Пространственное поведение условных знаков в тексте карты играет важную роль. А. Ф. Асланикашвили [1974] образно называет это «игрой» знаков и полагает, что эту языковую функцию нельзя рассматривать как условное отображение действительности. Условной является лишь кодированная система условных знаков, а пространственное расположение предмета исследования полностью соответствует его распределению на земной поверхности. Правильная отрисовка геоморфологических контуров имеет огромное значение. До появления материалов аэрофотосъемки было очень трудно добиться полного соответствия картографического отображения локализации предмета исследования на местности. Приведенные выше примеры картографического исследования бассейнов рек Колымы и Индигирки оказались возможными лишь потому, что авторы располагали материалами крупномасштабной аэрофотосъемки. Появление мелкомасштабных снимков, полученных с помощью космической техники, позволяет перейти к отрисовке мелкомасштабных геоморфологических ситуа-

ций, адекватно соответствующих объективной реальности. Можно ожидать, что мелкомасштабное картографирование, проведенное на основании дешифрирования космических снимков, приведет к открытиям революционного характера.

Если заботиться о прогрессивном внедрении картографического метода в геоморфологию, то нужно говорить о переходе от интуитивного пользования синтаксическим аспектом языка карты к его теоретическому осмысливанию. Отсутствие теоретических разработок в большой степени обедняет возможности этого метода. Перспективы видятся в выявлении «правильных текстов», построенных на языке карты, в которых должно наблюдаться взаимосочетание картографических знаков, подчиненное определенным закономерностям. Геоморфологические аномалии в этом контексте можно рассматривать как нарушение законов построения геоморфологических текстов.

Выявление таких аномалий произойдет спонтанно без специальных усилий картосоставителя. Объяснение же их может привести к интересным выводам. В приведенных выше примерах геоморфологические аномалии выразились в особых очертаниях и взаимосочетаниях современных склоновых и речных форм. Объяснение причин нарушения закономерностей строения рисунка речных долин и прилежащих междуречий привело к раскрытию сложных исторических событий, повлиявших на строение рельефа.

Нужно заметить, что выявление закономерностей построения рисунка геоморфологических контуров в различных условиях относится к сфере сложных и самых неразработанных геоморфологических проблем, поскольку они, по-видимому, связаны с раскрытием глубинных функциональных связей геоморфологических объектов разных иерархических уровней.

**О семантическом аспекте языка геоморфологического картографирования.** Размышления по поводу смыслового аспекта геоморфологических карт основываются на изучении богатого опыта геоморфологического картографирования. Отечественная наука в этой области достигла огромных успехов. С именами К. К. Маркова, З. А. Сваричевской, И. С. Щукина, А. И. Спиридонова, Д. В. Борисевича, Н. В. Башенной, В. В. Ермолова, С. В. Эпштейна, Г. С. Ганешина, Ю. Ф. Чемекова, А. А. Асеева, Н. С. Благоволина и др. связаны разработки принципов составления разных геоморфологических карт. Без влияния этих разработок не могли бы возникнуть высказываемые здесь соображения. Это касается и тех случаев, когда стимул исследования возникает в процессе оппозиционного осмысливания прорабатываемой литературы, не говоря уж о тех благоприятных обстоятельствах, при которых автор органично принимал и стиль мышления, и предлагаемые принципы геоморфологического картографирования. Так, под влиянием первой книги по геоморфологическому картографированию [Спиридонов, 1952] нами в 50-х годах были составлены первые геоморфологические карты на территорию бассейна верховьев р. Колымы. Тем не менее предлагаемая здесь трактовка рассматриваемой темы нова, высказываемые положения не обсуждались в печати, не прошли испытания временем и, как кажется, заслуживают внимательного исследования.

Очень важно при разработке правил наполнения картографических знаков геоморфологическим смыслом установить соответствие картографического знака объекту исследования, выяснить вопрос, насколько истинным или рациональным является представление о предмете исследования.

При выявлении соотношения между картой и действительностью нужно учитывать, что карта не является непосредственным отражением действительности. Заявление, что геоморфологическая карта отображает рельеф земной поверхности, верно только в самом общем приближении.

На самом деле смысловое значение знаков карты выражает геоморфологическую концепцию о реальном рельефе, которую принимает картосоставитель [Харвей, 1974]. Выбор концепции диктуется стремлением найти наиболее подходящие характеристики рельефа, наблюдения за которыми должны привести к эффективному и экономичному достижению цели исследования. Этим объясняется правомерность существования большого количества типов геоморфологических карт.

Хотелось бы подчеркнуть, что составление карты целесообразно начинать с установления отношения между объектом, существующим независимо от наблюдателя, и объектом — «конструктом», построенным на основании существенного (с точки зрения цели исследования), но ограниченного набора признаков. Необходимость ограничения набора признаков при создании «конструктов» продиктована тем, что объект исследования — современный рельеф земной поверхности — представляет собой очень сложное образование, возникшее в результате проявления большого числа взаимосвязанных факторов, комбинирующихся в зависимости от складывающихся обстановок. Кроме того, нужно учитывать, что современный рельеф включает в себя элементы, сохранившиеся от различных этапов его исторического развития и требующие своего объяснения. При таком сложном объекте исследования бывает выгодно изображать отдельные особенности рельефа на самостоятельных картах, дополняющих друг друга. В качестве содержательного (смыслового) наполнения отдельных карт выбираются разные, более или менее оправданные целью исследования характеристики рельефа, такие например, как морфологические (морфографические и морфометрические), генетические, возрастные, динамические и др.

И каждый раз, составляя ту или иную карту, необходимо помнить, что имеешь дело не с явлением природы, а с определенным конструктом, будь то морфологические, генетические, хронологические или другие категории рельефа. Всякая такая карта в отдельности является сильно ограниченным представлением рельефа. Даже если на такой карте штриховкой и индексами показать и другие характеристики рельефа, она не становится вполне полноценным отражением сложного объекта исследования, так как такое средство изображения, как цвет, употребляемое для показа главного с точки зрения цели исследования свойства (морфологии, генезиса и т. д.), как бы гипнотизирует читателя карты, сосредоточивая на себе его внимание, «выпячивая» значение свойства, символом которого этот цвет является, уводя читателя карты от объективности суждения.

Карты, построенные на основании учета перечисленных и других частных признаков рельефа, относятся к частным [Спиридонов, 1975]. Последним противопоставляются общие геоморфологические карты, на которых в качестве содержательного аспекта выступает совокупность показателей, относящихся к знаменитой геоморфологической триаде: морфология, генезис и возраст.

Однако вопрос выбора важнейших показателей при геоморфологическом картографировании не вполне ясен. Прежде всего необходимо понять, каким образом определяются самые существенные черты рельефа как объекта исследования. Аналогично можно спросить, какие особенности человека как представителя социума являются наиболее существенными: ум, красота, артистичность, сила, ловкость и т. п.? Очевидно, что ответ зависит от того, чем заинтересовал нас рассматриваемый человек. Можно думать, что и существенные признаки рельефа должны выбираться в соответствии с целью исследования и поставленными задачами.

В исследовательском процессе это так и происходит. Долговременный показ на карте морфологии, генезиса и возраста рельефа соответствовал общенаучному духу последарвинской половины XIX и трех четвертям XX вв., когда научный мир был охвачен интересом к вопросам проис-

хождения и эволюции. Проследивание историко-генетических линий занимало в естествознании одну из главных позиций, и геоморфология отвечала на этот запрос науки. В последней трети XX в. происходит смена главного социального заказа: во весь голос заявили о себе экологические проблемы, вызвавшие повышенный интерес к вопросу об устойчивости природных объектов. И геоморфология принимает этот вызов, что сразу находит отражение в геоморфологическом картографировании. Так, А. И. Спиридонов [1985] к числу уже названных главных характеристик рельефа прибавляет еще показатель современной динамики. И хотя этот показатель то и дело выпадает из поля зрения А. И. Спиридонова, привлечение к нему внимания само по себе имеет большое значение.

До сих пор речь шла о смысловом значении картографических знаков, связанном с сутью предмета исследования как реально существующего, независимого от нашего сознания явления. Есть другая сторона определения семантической позиции при геоморфологическом картографировании, которая имеет непосредственное отношение к выяснению возможностей картографического метода с точки зрения достижения цели исследования. С самого начала работы по составлению геоморфологической карты необходимо определить ее назначение: создается ли карта как аппарат для хранения и передачи информации или же она будет использована в роли средства исследования. От картосоставителя как бы требуется отойти от созерцательного отношения к карте и занять активную позицию рационального творчества.

При стремлении показать рельеф в полном виде основная задача заключается в нахождении таких смысловых значений картографических знаков, при которых каждый знак содержал бы в себе наибольшее количество информации о картируемом объекте. Если обратиться к существующему опыту геоморфологического картографирования, то представляется, что в этом случае успех должно иметь развитие концепции о морфогенетическом типе рельефа. В самом деле, это понятие включает в себе сведения о морфографии и морфометрии, генезисе рельефа и его историческом развитии, о геологических и структурно-тектонических особенностях субстрата, на котором развивается рельеф, и о климатических особенностях, влияющих на рельефообразование. Одна из основных трудностей создания карт такого рода заключается в семантической разработке легенд для карт разных масштабов. Наибольшие успехи в этом направлении достигнуты при картографировании геоморфологических ареалов, оптимально подходящих для изображения на картах средних масштабов. При переходе к масштабам более крупным или более мелким сохранение принципа равной заинтересованности ко всем факторам, влияющим на рельефообразование, перестает быть главной заботой картосоставителя. На картах более крупных масштабов преобладают характеристики экзогенного рельефообразования, а более мелких — структурно-геологические.

При создании карт в целях хранения и передачи информации, возможно, еще более интересным окажется опыт составления карт геоморфологических районов, при котором внимание уделяется индивидуальному проявлению всех элементов геоморфологического бытия, сосредоточенного локально на ограниченной площади.

Когда картографирование представляет средство исследования, основная задача заключается в нахождении оптимального варианта выражения на карте максимума не всесторонней информации, а именно той, которая важна для решения поставленного вопроса. Вернемся к приведенной выше аналогии, касающейся характеристики человека. Если бы возникла необходимость сохранить о нем информацию как о социальном индивидууме, было бы интересно характеризовать его со всех сторон. Но если бы стояла задача найти поле эффективного приложения его сил в жизни общества, потребовалось бы отдельно исследовать его мыслительные способности

при определении пригодности к научной работе, выносливость и силу при оценке его спортивных возможностей и т. д.

В качестве примера такого рода картографического способа исследования в геоморфологии можно привести составление карт, на которых цветом показаны однородные по возрасту элементы рельефа. Для геоморфолога очевидно, что преимущество такой работы особенно ярко проявляется при выполнении исторической ветви геоморфологического анализа изучаемой территории.

В сущности речь идет об исполнении одной из важных сторон исследовательской программы: синтеза — анализа — синтеза. В практике геоморфологического картографирования существует понятие о синтетических картах. Тем не менее, по-видимому, нужно признать, что в геоморфологии этот логический прием осмыслен пока недостаточно. У автора нет возможности произвести сейчас систематически стройное изложение сути этой проблемы, однако она представляется настолько важной, что даже предварительные итоги размышления по этому поводу могут оказаться полезными при дальнейших обсуждениях теории геоморфологического картографирования.

В качестве изначальной синтетической сущности, выявляемой в эмпирическом исследовании, принимается рельеф земной поверхности. В процессе анализа это «целое» можно изучать по частям, полученным при многоступенчатом делении его на группировки форм разных иерархических уровней, формы и однородные элементы (площадные, линейные, точечные) рельефа. Пока речь идет о морфографии и морфометрии рельефа, которые являются исходным фактическим материалом при любом геоморфологическом исследовании.

Интересы геоморфологии как научной дисциплины требуют не только раскрытия особенностей строения рельефа, но и объяснения причин существования именно такого рельефа именно в этом месте. Следовательно, речь идет об изучении морфогенеза. В этом случае морфогенез в целом принимается как синтез многих разнообразных процессов, участвующих в формировании рельефа, а также условий, при которых это формирование совершается.

Аналитическому исследованию, вероятно, должны подвергнуться: экзогенные рельефообразующие процессы; тектонические процессы, синхронные рельефообразованию; структурно-геологические свойства субстрата, на котором формируется рельеф; фрагменты рельефа, свидетельствующие о смене режимов рельефообразования во времени.

Если говорить о тематическом картографировании как способе исследования морфогенеза, то нужно иметь в виду, что с его помощью рельефообразующие процессы изучаются не непосредственно, а посредством специфических свойств рельефа, связанных с проявлением того или иного процесса или условия. В связи с этим в качестве аналитических можно рассматривать карты генетически однородных элементов рельефа, раскрывающие особенности, главным образом зависящие от экзогенного рельефообразования, или карты, исследующие возрастные характеристики рельефа и др. С рассматриваемой точки зрения к аналитическим следует отнести неотектонические карты, несмотря на то, что их построение основывается не на непосредственном картировании определенных элементов рельефа, свидетельствующих прямо о свойствах тектонических процессов новейшего времени. Это построение осуществляется в результате комплекса геоморфологических исследований, направленных на выявление деформации разновозрастных элементов рельефа. Роль аналитического материала должна исполнять и геологическая карта, раскрывающая особенности субстрата, на котором совершается рельефообразование. Нужно заметить, однако, что в идеальном случае на такой карте цветом должны быть показаны те свойства горных пород, которые определяют их устойчивость против денудационного разрушения. Возрастные харак-

теристики горных пород интересуют геоморфолога лишь как вспомогательный материал для установления степени сопротивляемости горных пород выветриванию и денудации. Важный аналитический материал содержит все карты, отображающие структурно-тектонические особенности геологического субстрата, участвующего в рельефообразовании.

Аналитическое изучение любого свойства рельефа сопряжено с немалыми трудностями и носит комплексный характер. Прослеживание в пространстве даже элементов форм, однородных по экзогенному генезису, требует исследования их морфографии, морфометрии, возрастных характеристик, особенностей рыхлых отложений, участвующих в рельефообразовании, и др. Многие полученные сведения очень важны, потеря их иррациональна, поэтому они наносятся на карту вместе с выявленным признаком, имеющим решающее значение для достижения исследовательской цели. Важно то, что главный признак аналитической карты показывается на карте цветной заливкой занимаемых им площадей. Именно это обстоятельство благоприятствует последующему использованию синтаксической (структурной) ветви языка карты при прочтении информации, заключенной в тексте — карте.

Большое значение имеет вопрос о необходимости составления самостоятельных аналитических карт с целью исследования динамических характеристик рельефа. Заинтересованность в установлении направленности и интенсивности рельефообразования в настоящее время все более и более возрастает в связи с необходимостью прогнозной оценки результатов хозяйственного и технического использования земель. В настоящее время все чаще появляются публикации, в которых динамическим характеристикам рельефа придается большее значение по сравнению с его генетическими особенностями [Филатов, Лоскутов, 1980]. В ряде случаев наиболее выразительное средство изображения — цвет — используется для показа деструктивных и аккумулятивных элементов рельефа без учета их генетической принадлежности [Руководство..., 1976].

Однако среди знатоков геоморфологического картографирования существует оппозиционное отношение к такому картографическому усилению акцента на аккумулятивном и денудационном рельефе, когда, например, синие-зеленые тона аккумулятивного рельефа на карте противопоставляются красно-коричневым тонам денудационного рельефа. При таком исполнении карты действительно «происходит зрительное расчленение единых форм по генезису и возрасту, и сочленение форм, различных по внешнему виду и происхождению» [Спиридонов, 1985, с. 27]. Чем же восполняется эта утрата? Познавательная ценность таких карт заключается в раскрытии нового аспекта геоморфологических исследований, которому до последнего времени уделялось мало внимания и который заключается в выявлении динамических характеристик рельефообразования. Примирение с потерями может облегчиться сознанием неполноты этих потерь, поскольку генетические морфологические и возрастные особенности рельефа на таких картах могут быть показаны различными типами штриховок, крапов, индексами.

Можно вспомнить, что в геоморфологическом картографировании уже существует опыт постепенного привыкания к таким картам, на которых цвет предназначается для изображения других, не генетических особенностей рельефа. Например, морфохронологические карты пользуются заслуженным признанием при изучении истории формирования рельефа, при поисках определенных полезных ископаемых и в палеогеоморфологических исследованиях. Однако к ним тоже можно предъявить обвинение в том недостатке, который процитирован выше. Здесь как бы «цель оправдывает средство».

Если говорить о цели изучения динамических свойств рельефообразования, то актуальность и значение связанных с этой целью работ трудно переоценить. Прежде всего это пока главный способ исследования меха-

низма существования природных комплексов и прогнозных оценок устойчивости этих комплексов в случаях техногенных и сельскохозяйственных нагрузок. Кроме того, раскрытие этой новой (динамической) стороны рельефообразования обогатит возможности геоморфологии в ее выводах и рекомендациях по всем вопросам, в решении которых она до сих пор принимала участие.

По-видимому, не лишне подчеркнуть, что на пути картографического изучения динамических особенностей рельефа предстоит преодолеть большие трудности. Здесь все пока не разработано. Прежде всего стоит вопрос об опознании в рельефе характерных особенностей деструктивных и аккумулятивных фаз развития. Еще большая трудность поджидает картосоставителя при вычленении равновесного рельефа. Проблема равновесия, устойчивости в геоморфологии является наименее разработанной, поэтому здесь рационально объединение усилий теоретической геоморфологии и геоморфологического картографирования. Особенно большие трудности ожидаются при решении вопросов генерализации смыслового значения картографических знаков при переходе от одного масштаба к другому. Внимательного изучения заслуживает возможность появления в процессе обобщения семантически новых категорий организации геоморфологического объекта, связь которых с семантическими значениями элементов более низкого иерархического уровня не является простой и очевидной. Представляется, что на этом пути развития геоморфологии вообще и геоморфологического картографирования в частности особенно плодотворным может оказаться применение принципов системного подхода, при котором становится существенным изучение не только энергии и мощности процесса рельефообразования, но также и даже, может быть, в большей степени амплитуды отклонения проявления процесса от среднего состояния [Хворостова, 1975, 1985].

Геоморфологическое картографирование как самостоятельная отрасль изучения рельефа представляет одну из актуальнейших тем в геоморфологии, остро нуждающихся в методологическом осмыслении. Это такой способ исследования рельефа, который, опираясь на тщательное изучение эмпирического материала, не просто тесно связан с теоретической геоморфологией, но и активно участвует в совершенствовании и развитии теории.

Думается, здесь уместно привести сравнение геоморфологического картографирования с общенаучным исследовательским процессом, проведенное Ю. Г. Симоновым, в котором можно выделить определенную последовательность операций. «Современное научное исследование включает три стадии: 1) подготовка к исследованию (в том числе выбор задачи); 2) проведение эксперимента; 3) оценка полученных результатов. В геоморфологическом картировании им соответствуют: 1) выбор типа карты и принципов картирования; 2) процесс составления карты; 3) ее анализ» [Геоморфологическое картирование, 1977, с. 270]. Сделаем небольшие комментарии к этой цитате.

1. Нам представляется, что выбор задачи в формулировке первой стадии геоморфологического картирования не упомянут случайно. Это очевидно, поскольку выбор типа карты и принципов картирования находится в непосредственной зависимости от цели исследования, от тех прямых и косвенных вопросов, на которые нужно получить ответ в конце проделанной работы. Так, если необходимо изучить степень проявления климатических условий на процессе рельефообразования, то целесообразно выбрать аналитическое картирование генетически однородных элементов рельефа, обусловленных деятельностью экзогенных процессов. В геоморфологии известны характерные наборы экзогенных процессов, определяемые гумидным, аридным и другими климатическими условиями. Выявляя степень полноты этих наборов, можно говорить и о степени соответствия режимов рельефообразования климатическим условиям окружающей

обстановки (от совершенного соответствия, когда речь идет о зональном рельефообразовании до полного несоответствия, когда выделяется азональное рельефообразование, с промежуточными градациями между первым и вторым).

Если же необходимо произвести потенциальную оценку земельных ресурсов, рационально прибегнуть к аналитическому картированию динамических особенностей рельефа с установлением характеристик динамических напряжений в рельефообразовании, ответственных за степень устойчивости того или иного природного комплекса.

2. Представляется чрезвычайно интересным и плодотворным сопоставление двух вторых пунктов в цитате. Из этого сравнения следует, что процесс составления карты приравнивается к проведению научного эксперимента. Обоснование этой параллели нуждается в самостоятельном исследовании, выполнение которого может привести к осязаемому обогащению геоморфологической теории.

3. Анализ карты как оценка полученных результатов — это профессиональное прочтение геоморфологических текстов, выраженных языком карты. Следует иметь в виду, что условной в этих текстах является лишь семантическая сторона, отображенная в легендах. Смысловое значение картируемых единиц представляет собой продукт мыслительной деятельности картосоставителя. При создании моделей, отражающих ту или иную часть действительности, исследователь руководствуется представлением об относительной независимости природных явлений и их сторон, а также о возможности отличия существенных сторон от несущественных. Синтаксическая составляющая картографического текста показывает реально существующую структуру явления, изучаемого с помощью картографического метода. Именно этим объясняется большая ценность по возможности точной отрисовки контуров картируемых единиц как наиболее объективной информации об изучаемом явлении.

В качестве иллюстрации можно привести пример из истории становления геоморфологического картирования генетически однородных элементов рельефа. Начало бурного развития этого направления совпало с тем временем, когда в практику геоморфологического картирования широко внедрялось использование аэрофотоснимков. Стало очевидным, что у картосоставителей появился фотодокументальный материал, позволяющий объективно изображать структуру рисунка взаимосочетаний картируемых геоморфологических категорий. Впервые появилась возможность создать геоморфологическую карту, которая могла бы при исследовании рельефа играть роль, подобную роли геологической карты при изучении тектонических структур. Может быть, не лишне еще раз подчеркнуть, насколько значительна и ценна точность отрисовки геоморфологических контуров, снятых с фотодокумента земной поверхности, в том случае, когда карта создается как способ исследования рельефа.

Искусству составлять геоморфологические тексты, передаваемые языком карты, с целью проведения конкретного исследования, нам предстоит еще учиться. Ясно, что семантическую и синтаксическую части этого языка можно отделять друг от друга лишь условно, в процессе его аналитического осмысливания. В самом тексте они переплетаются и сильно зависят друг от друга. Можно предполагать, что существуют правила построения лишь определенных текстов в рамках той или иной задачи. Выявление этих правил может произойти при реализации трех упомянутых стадий исследования, но не в строгом порядке их перечисления, а в сложном синтетическом переплетении при неоднократном возвращении от изучения итоговых результатов к постановке задачи, к эксперименту и в других последовательностях. На всех этих этапах потребуются постоянная тесная связь с теоретической геоморфологией. Связь эта строго неизбежна, потому что легенды всех карт должны строиться на основании различных геоморфологических классификаций, выбор основания деления для кото-

рых должен совершаться с помощью приема геоморфологического абстрагирования, а процедура генерализации картируемого явления при переходе от одного масштаба к другому в каждом типе карт должна осуществляться с помощью приема геоморфологического обобщения.

Возможно, в будущем удастся создать атласы-справочники допустимых картографических текстов с их описаниями и фотографиями, нечто вроде атласов текстур и структур горных пород, так плодотворно служащих в петрографии. Для каждого типа геоморфологических карт нужен свой атлас-справочник. Нет надежды обольщаться, что такую работу когда-нибудь удастся выполнить до конца, хотя бы потому, что рельеф земной поверхности — очень сложное природное образование с большим количеством разных сторон проявления, и геоморфология должна быть готовой откликнуться на появление новых социальных заказов, требующих изучения новых сторон морфогенеза.

Заканчивая изложение поднятого вопроса, автор отдает себе отчет, что оно очень далеко от исчерпывающего рассмотрения возможностей геоморфологического картографирования как способа изучения рельефа. Намечаются лишь отдельные линии «стратегического» характера, требующие детальных методических разработок. Из всех приемов исследования обсуждаются лишь возможности синтеза — анализа — синтеза. За пределами рамок статьи остаются многочисленные типы геоморфологических карт. Описание языковых возможностей карты распространяется только на синтаксическую и семантическую стороны языка. Все эти и другие вопросы представляют несомненный интерес, поскольку могут в значительной мере способствовать развитию геоморфологической ветви картографического метода исследования. Нужно иметь в виду, что это самый дешевый способ исследования, который поможет переосмыслить огромный, часто разрозненный и иногда противоречивый материал, накопленный к нашему времени науками о Земле, на базе современных теоретических достижений.

## ПРИНЦИПЫ СОСТАВЛЕНИЯ ПАЛЕОГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ И СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Изучение рельефа при геологическом картировании и для практических целей имеет вполне определенные границы применения. Последние в первую очередь зависят от характера новейшего развития региона: направленности и скорости тектонических движений, вызывающих в одних случаях преимущественно аккумулятивные процессы, в других — денудационные.

При длительном прогибании аккумулятивных равнин происходят погребение рельефа и его фиксация в коррелятивных отложениях геологического разреза. Здесь, при изучении структурных форм, широко используются известные геологические и геофизические методы, главным образом исследование мощностей и фаций.

В условиях отмирающих областей прогибания, в комплексе с геологическими методами, успешно проводится геоморфологический анализ — изучение молодых денудационных форм рельефа, созданных процессами эрозии и плоскостной денудации.

В областях длительной денудации, помимо широко известного неотектонического анализа, исследование структурных форм за время их становления в рельефе может быть дополнено методами палеогеоморфологии и структурной геоморфологии. Можно даже полагать, что для этапа становления тектонических поднятий и впадин в рельефе в виде орографических форм геоморфологические методы являются главными.

Время становления структурных форм в виде неровностей земной поверхности, т. е. конэрозионный этап их развития, представляет тот опре-

зок истории деформаций, который может быть изучен и геоморфологическими методами, рассматриваемыми в данной статье. Конэрозионный этап соответствует наиболее молодой части «жизни» структурных форм, создавших современный рельеф. Познание последней необходимо для практических целей — освоения территории или ее более детального и целенаправленного изучения.

При анализе конэрозионного развития тектонических деформаций орографические формы имеют исключительно большое значение, но до последнего времени они не подвергались специальному изучению при геологических съемках. Поэтому такой объективный источник информации, как рельеф, весьма незначительно использовался геологами. Только за последнее время определенные закономерности строения рельефа — линейные элементы, дешифрируемые на аэрофотоснимках (АФ), получили широкое применение при дистанционном дешифрировании структурных форм. Еще позднее в тех же целях начали применяться космические снимки (КС), черно-белые, полученные в различных частях спектра. Хорошо выполненные топографические карты (ТК) отражают рельеф с наименьшим искажением и дают количественную характеристику орографических форм в различных масштабах. К сожалению, они далеко не полностью используются геологами в целях анализа конэрозионного развития структурных форм. Каждый из упомянутых способов изображения рельефа (АФ, КС, и ТК) имеет свою специфику, свои достоинства и недостатки, а поэтому они не могут быть взаимозаменяемыми.

Преимущество геологических съемочных (или других специальных) изысканий, проведенных после предварительного дешифрирования материалов АФ, КС и ТК, заключается в том, что эти изыскания можно будет выполнить более эффективно, целенаправленно, с меньшими затратами средств и тяжелого труда геолога в условиях трудной проходимости. Это особенно актуально сейчас, когда пора освоения регионов средних широт практически завершена и на повестке дня отечественных геологов стоит детальное исследование труднодоступных областей развития вечной мерзлоты в условиях сурового полярного климата и высокогорных регионов.

Ниже рассматриваются принципы составления только двух типов специальных карт: палеогеоморфологической и структурно-геоморфологической, а также комплексных геолого-геоморфологических профилей. Последние (помимо собственной информации) используются для проверки карт и взаимной увязки регионов, значительно удаленных друг от друга. Основные задачи этих специальных исследований заключаются в определении этапов развития рельефа и процесса конэрозионного становления структурных форм. Необходимо отметить, что для решения этих задач нет удовлетворительно разработанной методики и излагаемый материал представляет собой только одну из попыток их частичного решения. Трудности сопряжены со сложностью исследования, но главным образом — с неоднозначностью решения ряда основных вопросов геоморфологии. Например, существуют противоречивые представления о причинно-следственных связях между рельефообразующими эндогенными и экзогенными процессами, а также об основных источниках энергии денудации и аккумуляции. Это определяет и различные взгляды на роль новейших тектонических движений в образовании орографических форм различного порядка. Так, в настоящее время не вызывает сомнения эндогенный генезис мегаформ рельефа, но малые формы рельефа и процессы, их порождающие, часто объясняются только деятельностью экзогенных факторов. Соответственно, оврагообразование и расчленение склонов равнин рассматриваются только как типичные экзогенные процессы. А между тем они теснейшим образом связаны с эндогенным развитием региона. Это особенно ярко выражено в строении рельефа подгорных равнин. Глубина оврагов, их пространственное расположение и общая направленность

развития в первую очередь зависят не от литологических и климатических факторов, а от изменений наклонов земной поверхности. Эти изменения предопределены «экспансией» — расширением поднятий за счет сопредельных подгорных равнин. Поэтому и в семиаридных условиях Ферганской межгорной впадины и в относительно гумидной обстановке Прикарпатской предгорной впадины основным фактором, определяющим глубину расчленения, является увеличение уклонов поверхности. Они существенно возросли в среднем плейстоцене и в современную эпоху способствуют дальнейшему развитию оврагов. Этот регионально действующий эндогенный фактор не исключает различных причин локального развития оврагов или переработки склонов (например, при спуске вод из водохранилищ и т. п.), но, как правило, региональная активизация процессов эрозии бывает связана непосредственно с ростом положительных структурных форм в рельефе и увеличением наклонов земной поверхности. Неоднозначно оценивается и рельефообразующая роль климата как в историческом аспекте, так и для современной эпохи. Каждая из этих проблем требует специального рассмотрения. Это заставляет ограничиться перечислением основных положений, принятых в работе.

Причинно-следственные связи между эндогенными и рельефообразующими экзогенными процессами в подавляющем большинстве случаев представляют однозначную зависимость. Причиной являются эндогенные процессы, вызывающие возникновение, развитие и прекращение денудации и аккумуляции, так как основные источники энергии сноса и накопления — вертикальные движения земной коры и воздействие приповерхностного гравитационного поля. Общая направленность денудации и аккумуляции — нивелирование неровностей, создаваемых в результате морфологического становления тектонических деформаций. Поэтому в образовании любой категории форм в различной степени участвуют тектонические движения в качестве одного из основных источников энергии.

Рельефообразующая роль климата главным образом заключается в том, что он в значительной степени определяет генезис и парагенез осадочных пород, а также процессы выветривания. Его влияние на изменение скорости сноса и накопления переоценивается.

### Геоморфологические параметры

Для рассматриваемых методов исследования среди множества орографических форм необходимо отобрать те, которые наиболее достоверно отражают развитие рельефа и тектонических деформаций. К главнейшим из них относятся формы, выработанные плоскостной и линейной денудацией. Это определенного типа денудационные поверхности выравнивания, а также региональные цикловые врезы транзитных рек и ступени на склонах новейших поднятий и впадин. Данные орографические формы возникают в результате реакции экзогенных нивелирующих процессов на развитие тектонических деформаций в рельефе. В условиях поднятия и денудации выделяются два типа развития положительных структурных форм: конденудационный и конэрозионный. В течение конденудационного развития в условиях низких скоростей тектонических движений и воздействия плоскостной денудации преобладают общее выравнивание и формирование денудационных поверхностей. При повышении скоростей начинаются становление деформаций в рельефе в виде возвышенности и ее линейное расчленение, т. е. конэрозионное развитие. При этом формируются разновозрастные врезы рек и коррелятивные ступени на склонах. Такая последовательность в изменении скоростей (от малых к значительным) встречается часто и характерна для новейшего этапа, особенно для плиоцен-антропогенного времени. Это не исключает возможности повторения процесса выравнивания с последующим возрождением морфологически выраженной деформации. Таким образом, в современном релье-

фе структурно-обусловленной возвышенности часто предшествовало ее кондендационное развитие. Поэтому все ее строение отражает последовательно сменившие друг друга кондендационную и конэрозионную обстановки. В течение первой вырабатывается денудационная поверхность выравнивания, она в большинстве случаев соответствует водоразделу структурно-обусловленной возвышенности и срезает данную растущую деформацию. Конэрозионной обстановке свойствен более молодой комплекс форм — врезы и ступени. Эти формы наиболее полно и объективно отражают характер развития деформации и относительный возраст рельефа. Такие качества позволяют относить кондендационную поверхность выравнивания, а также региональные врезы и ступени к геоморфологическим параметрам и использовать их при специальных исследованиях.

**Формы, коррелятивные кондендационному этапу.** Далеко не все ровные поверхности могут рассматриваться как элементы рельефа, отражающие денудационный этап развития структурных форм. Так, по отношению к внутреннему строению выделяются две разновидности выровненных поверхностей: согласные и несогласные.

**С о г л а с н ы е п о в е р х н о с т и.** К этому типу в первую очередь относятся бронирующие поверхности. Они образуются в процессе селективной денудации пластов, сложенных устойчивыми разностями пород. Бронирующие поверхности могут возникать на любом этапе денудации развивающегося поднятия, а также во время разрушения мертвой структурной формы, образующей в рельефе возвышенность. Наибольших размеров они достигают в условиях общего воздымания с горизонтальным или слабонаклонным залеганием толщ с наличием пластов устойчивых пород. В этом случае в рельефе образуются плато или куэсты. Складчатые деформации (особенно брахиморфные) в благоприятных литолого-стратиграфических условиях (чередование устойчивых и неустойчивых пластов) формируют поверхности меньших размеров: серии различно наклоненных гряд — бронированных крыльев складок, а в их замках препастируются слабовыпуклые или слабоогнутые согласные платообразные поверхности. В условиях широкого развития блоков при паличии бронированных поверхностей могут создаваться различно наклоненные бронированные поверхности на крыльях разрывов. К разновидности бронирующих поверхностей могут быть отнесены откопанные денудацией траппы и потоки лав. Подошва потока лавы является согласной с рельефом подстилающей поверхности, но чаще всего несогласной с внутренним строением субстрата.

Согласные поверхности не могут быть использованы в качестве геоморфологических реперов, так как они не отражают скорости и последовательности проявления тектонических движений. В их строении основное значение имеют: 1) деформации устойчивых пластов (наклоны, изгибы и разрывы любого возраста); 2) литолого-стратиграфические условия (мощность и частота залегания толщ с различной устойчивостью) и 3) геоморфологическая позиция бронирующих пластов в современном денудационном срезе.

**Н е с о г л а с н ы е п о в е р х н о с т и в ы р а в н и в а н и я.** Они представляют одну из важнейших категорий форм денудационного рельефа. Несогласные поверхности созданы процессами плоскостной денудации. Последние срезают несогласно породы различного состава и строения, образуя выровненную денудационную поверхность. В отдельных случаях несогласные поверхности выравнивания могут включать фрагменты согласных поверхностей, например, при широком развитии в денудационном срезе выходов бронирующих пластов. Среди несогласных поверхностей выравнивания по условиям образования различаются статические и динамические поверхности выравнивания.

*Статические* поверхности формируются в условиях относительного тектонического покоя и могут представлять конечный результат нисхо-

дыщего развития рельефа, т. е. являются поверхностями конечного выравнивания. Их образованию могло предшествовать последовательное уменьшение скоростей восходящих тектонических движений, вплоть до временного прекращения воздымания. При длительном покое скорости сноса обычно уменьшаются и может начаться консервация равнинного денудационного рельефа под корой выветривания.

Возникновение статических поверхностей выравнивания характерно для платформенного режима и нашло свое отражение в формировании обширных равнин, испытавших впоследствии воздымание или погружение.

Наиболее совершенной формой выравнивания являются пенеплены. Их образование приурочено к переходу от геосинклиального к платформенному развитию, как правило, подразделенному периодом длительного тектонического покоя. В течение этого времени происходит полное уничтожение всех неровностей, созданных в процессе замыкания геосинклинали, даже таких крупных, как эпигеосинклиальные горные сооружения. Пенеплены и поверхности статического выравнивания отличаются по генезису, так как образуются при различных тектонических режимах, но и те, и другие являются важными геоморфологическими параметрами, которые отражают характерные этапы эндогенного развития, выраженные в рельефе.

*Динамические* поверхности выравнивания представляют собой морфологический аналог статических поверхностей, но образуются в условиях весьма малых скоростей воздымания, не превышающих докритических скоростей плоскостной денудации:  $t \leq D_p^{\max}$ . Поэтому они формируются в условиях постоянного обновления — понижения денудационного среза и соответствуют кондендационному развитию структурных форм. Переход статических в динамические поверхности выравнивания соответствует возникновению и нарастанию скоростей поднятия в начале восходящего развития рельефа. При длительном понижении скоростей тектонических движений и переходе к состоянию относительного тектонического покоя динамическая поверхность выравнивания превращается в статическую. Поскольку процесс воздымания характеризуется неравномерностью, кондендационное развитие может неоднократно прерываться в соответствии с временным ускорением тектонических движений. При нарастании скорости воздымания ( $t$ ) до значений ( $t_n$ ), превышающих максимальную скорость плоскостной денудации ( $D_p^{\max}$ ), в рельефе возникает возвышенность-поднятие ( $R$ ), т. е. при  $t_n > D_p^{\max} \rightarrow R$ . Если увеличение скорости было кратковременным, то при ее последующем понижении происходит выравнивание, которое может привести к полному уничтожению возвышенности:  $t_{n+1} < D_p^{\max} \rightarrow R' \rightarrow 0$ . Такое неустойчивое состояние, типичное для перехода от кондендационного к конэрозионному развитию деформации и возникновению возвышенности, может неоднократно повторяться. Поверхность выравнивания, завершающая этап кондендационного развития, может быть выделена как *предконэрозионная*. В дальнейшем в течение конэрозионного этапа она будет представлять наиболее древний элемент рельефа растущей возвышенности. В соответствии с геологическим строением и длительностью кондендационного этапа динамическая поверхность выравнивания может быть приурочена к различным срезам земной коры.

Если кондендационный этап существовал небольшой отрезок времени, в течение которого сформировался глубокий денудационный срез, динамические поверхности представляют ценный возрастной репер при анализе скорости роста новейших структурных форм в рельефе. Значительная продолжительность кондендационного этапа приводит к последовательному уничтожению верхней части деформации и глубокому денудационному срезу.

В платформенных областях в течение конэрозионного развития обширных поднятий часто возникает рельеф ступенчатых денудационных равнин. Он отражает условия неравномерного воздымания деформаций, которое сопровождается ее расширением. Центральной части поднятия будет соответствовать наиболее высоко поднятая и самая древняя равнина из числа конденудационных поверхностей выравнивания. Ее воздымание над нижерасположенной и более молодой равниной сопровождается образованием сопряженного склона, т. е. крутой денудационной поверхности, объединяющей две данные разновозрастные равнины. Формирование этого склона происходит одновременно с началом конэрозионного развития поднятия и его линейного расчленения, где расположенная динамическая поверхность выравнивания будет развиваться и дальше как конденудационная, пока не наступит в ее пределах соответствующее повышение скорости ( $t > D^{\max}$ ) и формирование следующего склона.

В орогенных областях в соответствии с временем образования выделяются доорогенные и орогенные динамические поверхности выравнивания. Среди доорогенных поверхностей выравнивания особое значение имеет наиболее молодая из них — предорогенная, которая формируется непосредственно перед началом конэрозионного развития большинства положительных структурных форм горного сооружения. Выделение такой поверхности очень важно, так как впоследствии она испытывает влияние только орогенных движений в течение процесса горообразования, поэтому изгибы предорогенной поверхности отражают орогенные деформации.

В связи с возникновением новых полей напряжения в орогенах появляются новые разрывы и частично омолаживаются древние. Эти деформации также находят свое отражение в разрывах и перемещениях по ним предорогенной поверхности выравнивания. В течение орогенного этапа, особенно в начале его, в условиях низких скоростей роста поднятий могут формироваться орогенные поверхности динамического выравнивания. Но они развиваются в неблагоприятных условиях и характеризуются сингенетичными наклонами и ограниченным распространением. В области орогенных опусканий и аккумуляции доорогенные поверхности выравнивания испытывают погребение, а в областях воздымания подвергаются расчленению и деформациям. В современном рельефе далеко не всегда древним статическим поверхностям выравнивания и пенепленам соответствуют водоразделы возвышенностей—поднятий. Такие соотношения могут возникать, но они представляют частный случай и встречаются редко. Обычно древние поверхности выравнивания являются «откопанными» и располагаются на различных элементах рельефа. Только предорогенная поверхность будет являться наиболее древней для каждого горного сооружения. Это не исключает наличия (в благоприятных условиях консервации) фрагментов статических поверхностей выравнивания, сохранившихся от доорогенного рельефа. Они иногда встречаются в обширных эпиплатформенных горных странах и высоких нагорьях, преимущественно во внутренних районах.

Геоморфологическая позиция, изгибы и разрывы таких реликтовых поверхностей выравнивания не могут быть использованы для анализа новейшего развития горных стран и платформенных областей.

Возраст предконэрозионных поверхностей различен, так как поднятия развиваются в рельефе на протяжении всего новейшего этапа. Для каждого отдельно взятого поднятия—возвышенности наиболее древним элементом является ее предконэрозионная поверхность, которая часто соответствует водоразделу возвышенности. При осложнении растущих поднятий и впадин разрывами и складками поверхности выравнивания испытывают деформации. Соответственно, может изменяться и их геоморфологическое положение в рельефе.

Несогласные поверхности выравнивания представляют один из основных геоморфологических параметров при анализе развития денудационного рельефа. Следует уделять большое внимание их дешифрированию по аэрофотоматериалам в камеральный период. В благоприятных геологических и климатических условиях процессы выравнивания (создающие несогласные поверхности) могут сопровождаться корообразованием и способствовать первичному высвобождению металла при формировании площадных и линейных металлоносных кор выветривания. Поэтому выделение различных типов поверхностей выравнивания представляет помимо научного и практический интерес.

**Формы, коррелятивные конэрозионному этапу.** Они всегда сопровождают процесс морфологического становления тектонических деформаций в рельефе в виде поднятий и впадин. Это формы линейного расчленения земной поверхности, среди которых наибольшее распространение имеют созданные процессами эрозии. Последние развиваются при уклонах земной поверхности, созданных в условиях скоростей ( $t$ ), превышающих максимальную плоскостной денудации ( $D_p^{\max}$ ), т. е. при  $t > D_p^{\max}$ . Исключение представляет обстановка линейного расчленения мертвых деформаций и соответствующих неровностей, созданных ранее. Она не характерна для новейшего этапа и приводит в конечном результате к выравниванию и прекращению линейного расчленения. Активный повсеместный рост структурных форм в неоген-антропогене нашел свое отражение в образовании структурно обусловленных неровностей различного порядка. Их развитие сопровождалось возникновением характерных форм, коррелятивных конэрозионному этапу. Среди них для геоморфологического анализа наибольшее значение имеют врезы транзитных рек и ступени на склонах развивающихся поднятий. Их повсеместное распространение отражает неравномерность, импульсивность процесса морфологического становления тектонических деформаций в рельефе.

Региональные цикловые врезы отражают геологическую деятельность разновозрастных рек в процессе роста общих и частных поднятий в рельефе. Они зарождаются на сопряженных склонах, объединяющих частное поднятие (хребет или возвышенность) и впадину (долину, котловину). В зависимости от характера становления структурных форм в рельефе образуются различные типы врез: эрозионно-денудационные, эрозионные, эрозионно-аккумулятивные и аккумулятивные. Образование региональных врез рек и их заполнение отложениями (полное или частичное) составляют единый цикл. В общем случае врезы включают три основных элемента рельефа: склоны, дно (у древних врез сохраняются только их фрагменты) и аккумулятивная поверхность толщ обломочного материала, заполняющей врез. Морфология врез и степень их заполнения отражают эндогенное развитие поднятия. Генезис толщ, накапливающихся на дне вреза, зависит также и от климата. Последний определяет тип экзогенных процессов на склонах и до некоторой степени строение аллювия.

Региональные цикловые ступени формируются на сопряженных склонах, объединяющих поднятия и впадины. Они состоят из склона и базисной поверхности выравнивания — площадки, на которую «опирается» склон и которая представляет ближайший базис денудации. Эта поверхность может быть обнаженной или несущей покров обломочного материала. В образовании ступеней склонов, наряду со склоновой денудацией, участвует и эрозионно-аккумулятивная деятельность рек. Морфология ступеней на склонах (их высота и ширина, а также мощность покровов) также зависит от эндогенного развития поднятия, а генезис покровных толщ в значительной степени определяется климатом.

Региональные врезы и ступени представляют собой формы, сопряженные в своем развитии и одновозрастные для эрозионно-денудационного

или эрозионно-аккумулятивного циклов. Каждый такой цикл отражает импульс роста структурной формы в рельефе. Так, начало формирования эрозионного вреза и ступени соответствует нарастанию скорости воздымания растущего поднятия, а уменьшение скорости — завершению денудационно-эрозионного цикла, в течение которого разрабатывается площадка ступени или дно вреза и может происходить накопление отложений. Поверхности ступеней тоже являются местными базисами накопления преимущественно транзитного материала, поступающего со склонов и сверху вниз по долине. Если скорость роста поднятия в конце цикла еще остается достаточно большой, это может вызвать редуцированное развитие и наклонное положение базисной площадки и отсутствие накопления отложений. Неравномерное изменение скорости воздымания, многократно повторяясь, определяет общее ступенчатое строение склонов возвышенностей, а направленность движений — этажное расположение разновозрастных ступеней и врезов.

**Морфология врезов и ступеней.** Скорость воздымания и ее неравномерность находят свое отражение в морфологии данных форм и характере накапливающихся обломочных толщ. В общем случае установлено, что древние врезы и ступени, формирующиеся в начале конэрозионного этапа и непосредственно врезанные в водораздельную поверхность данной возвышенности, характеризуются относительно незначительной глубиной при большой ширине. Следующий врез также часто обладает еще небольшой глубиной, но его ширина несколько сокращается. Врезы с такой морфологией могут быть объединены в древний комплекс. Изменения морфологии древних врезов отражают нарастание скорости воздымания. В долинах равнин платформенных областей это нарастание скорости протекает медленно. В горных условиях древние врезы вообще характеризуются большей глубиной и меньшей шириной; ширина сокращается быстрее и значительно. В системе последовательно углубляющихся и сужающихся врезов часто встречается такой, для которого характерно весьма резкое сокращение ширины. Он отражает значительное повышение скорости воздымания. Дальнейшая «судьба» речной долины может быть различной. В одних случаях линейная эрозия полностью или частично преодолевает растущее поднятие, пропиливая его узкой долиной с глубокими врезами и редуцированными площадками — днищами разновозрастных долин. Такая река обычно еще сохраняет связь с общим региональным базисом денудации. В других случаях отмирает часть долины, а оставшаяся иногда продолжает развиваться в условиях изоляции от главного базиса. Эти явления отражают перестройку древней гидрографической сети и развитие новой в условиях значительных скоростей воздымания. Перестройки характерны для горных сооружений, но встречаются и в условиях платформенных областей, особенно в пределах плоскогорий и высоких денудационных равнин. Аналогичные изменения устанавливаются в морфологии коррелятивных ступеней на склонах. Повышение скорости воздымания находит свое отражение в увеличении протяженности и крутизны склона и в сокращении ширины площадки ступени.

Вышеописанные изменения морфологии врезов и ступеней характерны для новейшего этапа развития рельефа. Они отражают неравномерное возрастание скорости воздымания положительных структурных форм с начала их конэрозионного развития до современной эпохи включительно.

Помимо региональных изменений, обусловленных одновременными процессами воздымания и расширения общих поднятий, устанавливается ряд местных. Так, региональные цикловые врезы и ступени могут испытывать разнообразные осложнения строения, связанные с эндогенными и экзогенными явлениями. К первым относится влияние малых структурных форм — складок и разрывов, развивающихся в пределах крупных поднятий и впадин, ко вторым — воздействие экзогенных процессов,

приводящих к образованию ложных уступов на склонах, например, обусловленных препарированием устойчивых пластов, скоплением оползневых или солифлюкционных масс и других форм, не связанных непосредственно с неравномерностью роста деформаций. От истинных региональных врезов и ступеней эти внешне сходные экзогенные формы могут быть выделены благодаря особенностям их строения и местного (территориально ограниченного) распространения.

**Геоморфологическая позиция и зональность расположения врезов и ступеней.** Развитие форм, коррелятивных конэрозионному этапу, теснейшим образом связано со скоростью и направленностью становления деформации в рельефе и с особенностями ее строения. Эти условия определяют различную морфологию врезов и ступеней в зависимости от их возраста и пространственного расположения по отношению к растущей структурной форме, т. е. от их геоморфологической позиции. Изменение очертаний тектонической деформации во времени (в связи с воздыманием и расширением поднятий или сокращением впадин при их отмирании) определяет закономерное расположение одновозрастных форм — их геоморфологическую зональность.

**Геоморфологическая позиция.** Выявляются следующие характерные позиции врезов и ступеней: в центральной части поднятий, на сопряженных общих склонах поднятий и впадин и в центральных частях впадин. Если последние представляют нерасчлененные равнины — области длительной аккумуляции, то они изучаются главным образом геологическими методами.

В горных странах с системами активно развивающихся крутосклонных поднятий и впадин врезы и ступени с различной геоморфологической позицией наиболее резко отличаются по своим основным параметрам — глубине, ширине и степени заполнения. В области длительного устойчивого воздымания в пределах центральных регионов и прилегающей верхней части сопряженного склона общего поднятия сохраняется этажное расположение с преобладанием эрозионно-денудационного строения врезов. В нижней части склонов и в зоне перехода к области устойчивых прогибаний уменьшается скорость воздымания, которое сменяется прогибанием, возрастающим к центру впадины. Здесь начинаются расширение, выглаживание и заполнение врезов обломочным материалом и их последовательный переход в серию погребенных разновозрастных аккумулятивных равнин. Поэтому наиболее древнему и высокорасположенному врезу (ступени) будет соответствовать (по времени образования) наиболее глубоко погребенная толща. Впервые это явление инверсии геоморфологической позиции разновозрастных форм было описано Г. Ф. Мирчинком под названием «ножниц» в долине р. Кубани на современном склоне общего поднятия Бол. Кавказа и Кубанско-Терской предгорной впадины.

В горных странах с системами низких и средневысотных пологосклонных поднятий и отмирающих впадин (с относительным прогибанием и сокращением) упомянутая инверсия может замещаться явлением последовательного изменения морфологии и характера заполнения врезов: переходом от эрозионных форм к эрозионно-аккумулятивным и аккумулятивным. Эти изменения сопровождаются уменьшением глубины и увеличением ширины врезов, особенно на склонах впадин, где врезы переходят в разновысотные подгорные равнины.

В обширных и особенно в значительных поднятиях — горных сооружениях и плоскогорьях (Памир, Тянь-Шань, Кордильеры, Сибирское и Бразильское нагорья и др.) — в пределах устойчивого воздымания сохраняется поэтажное расположение разновозрастных врезов и ступеней. Помимо этой закономерности, геоморфологическая позиция врезов в центральной части поднятия определяет ряд особенностей морфологии долин. Здесь создаются условия частичной (Кордильеры) и реже полной (Памир) изоляции геологической деятельности рек от ее главных базисов —

сопредельных впадин. Это определяет сохранение реликтового типа эрозии, характерного для начальных этапов становления горных сооружений и нагорий. Так, во внутренних регионах Центрального и Восточного Памира все молодые и древние врезы транзитных рек сохраняют значительную ширину долин и пологие склоны по сравнению с их возрастными аналогами — глубокими ущелистыми врезами рек на крутом западном склоне Памира, сопряженным с главным базисом — Таджикской депрессией. Явление изоляции объясняется отставанием регрессивной эрозии в период общего быстрого воздымания горного сооружения или нагорья. В высокогорных странах консервации реликтового рельефа в значительной степени способствовали четвертичное оледенение и развитие устойчивой мерзлоты. Переходные формы от реликтового к новейшему типу глубокого линейного расчленения развиваются во внешних районах поднятий, куда к современной эпохе начала проникать глубинная регрессивная эрозия.

В платформенных областях позиция равнин, врезов и ступеней оказывает влияние на их морфологию. Здесь водоразделы обширных, но не высоких возвышенностей—поднятий и низменные равнины—впадины объединяются весьма пологим склоном. Он осложнен системой ступеней — разновозрастных равнин, последовательно изменяющихся от денудационных к денудационно-аккумулятивным и аккумулятивным в пределах низменностей—впадин. В долинах, прорезающих сопряженный склон, также наблюдаются изменения строения врезов. Так, в направлении от поднятий к впадинам происходят увеличение мощностей отложений, общее выколаживание, расширение врезов и их сопряжение с разновозрастной аккумулятивной равниной.

В условиях общего прогибания и формирования практически нерасчлененных обширных равнин большое значение имеет исследование наиболее молодых элементов долин — пойм и русел транзитных рек и их притоков. Выделение в обобщенных очертаниях поясов меандр позволяет выявить прямолинейные зоны различных простираний, которые селективно разрабатывают рекп. В обстановке большой литологической однородности толщ по площади и на глубину избирательная эрозия рек объясняется их приуроченностью к слабым зонам (СЗ). Последние на глубине могут соответствовать раздвигам, малоамплитудным сбросам и их сочетаниям. Эти разрывные нарушения представляют фрагменты ограничения блоков и их систем — глыб, испытывающих новейшие дифференцированные движения. В верхней части разреза они порождают зоны трещин растяжения или только нарушения внутреннего строения пород. Эти нарушения вызывают изменения ряда физических свойств новейших отложений — их плотности, вязкости, пористости и т. п., создавая локальные условия, благоприятные для эрозии. При малых уклонах низменных аккумулятивных равнин реки избирательно приспосабливаются к слабым зонам и как бы фиксируют на поверхности проекцию разрывов, развивающихся на глубине. Дешифрирование таких СЗ все же дает неполное представление об очертаниях развивающихся блоковых структур, как бы «просвечивающих» сквозь мощную толщу рыхлого чехла новейших отложений. Поэтому обобщенные очертания молодых и современных элементов долины в ряде случаев могут быть использованы в качестве геоморфологических параметров.

**Геоморфологическая зональность.** Устанавливаются общие закономерности пространственного расположения разновозрастных врезов и ступеней относительно центральной части новейших поднятий и впадин. Это явление отражает процессы: 1) расширения области — развивающиеся поднятия и 2) сокращение отмирающей впадины, сопровождающееся увеличением крутизны ее сопряженных склонов. Относительно центра поднятия разновозрастные врезы и ступени располагаются концентрически, причем омоложение этих форм происходит

в направлении от центра к склонам поднятий. Обратная картина наблюдается для впадин. Здесь омоложение ступеней и врезов осуществляется в направлении от склонов к центру впадин. В связи с неправильными и часто сложными очертаниями развивающихся структурных форм геоморфологические зоны одновозрастного рельефа имеют неправильно-концентрические очертания, повторяя особенности морфологического выражения деформаций в рельефе.

Приведенные особенности строения и пространственного расположения врезов и ступеней позволяют их считать ценными реперами геоморфологического анализа. Он включает объемное исследование конэрозионных форм: в плане, а также в вертикальных сечениях вкрест и по простиранию исследуемых поднятий—возвышенностей и долин—впадин. Полученные морфологические данные в каждом сечении долин должны сопоставляться с геологическим строением.

Необходимым и ценным дополнением геоморфологического анализа денудационного расчлененного рельефа в областях устойчивых поднятий является корреляция врезов и ступеней с толщами кластического материала, синхронно накапливающихся в областях устойчивого прогибания. К сожалению, на сопряженных склонах, осложненных развивающимися разрывами, эти сопоставления не всегда могут быть выполнены с необходимой степенью достоверности.

Таким образом, несмотря на перечисленные сложности (изменчивость вышеописанных форм во времени и в пространстве) они могут быть использованы в качестве геоморфологических параметров. Их основные характеристики предопределены и отражают закономерности становления тектонических деформаций. Поэтому при составлении палеогеоморфологических и структурно-геоморфологических карт, а также корреляционных геолого-геоморфологических профилей используются формы, отражающие конденудационное и конэрозионное развитие структурных форм. К первым относятся динамическая предконэрозионная поверхность выравнивания, ко вторым — региональные ступени и врезы, а также наиболее молодые элементы рельефа современного формирующегося вреза — поймы и русла рек, часто фиксирующие СЗ.

### **Специальные геоморфологические карты (основное содержание)**

Проблема картирования региональных врезов и ступеней на склонах возвышенностей и низменностей неоднократно обсуждалась в геоморфологической литературе, но не всегда имела однозначное решение. Эти формы в различное время были выделены В. Пенком, С. С. Шульцем и Ю. А. Скворцовым в целях анализа новейшего эндогенного развития. Нами использовались ценные предложения предшествующих исследователей, и в процессе геоморфологического картирования были выработаны специальные карты различных типов. По содержанию последние могут быть подразделены на карты основных этапов развития рельефа или палеогеоморфологические и структурно-геоморфологические или конэрозионного развития структурных форм.

**Палеогеоморфологические карты.** Одной из насущных проблем геоморфологии в области теории является разработка методов определения возраста рельефа. Это необходимо для составления в единой легенде карт местностей с различными типами расчленения, а также для сопоставления одновозрастных форм в удаленных друг от друга районах. Определение относительного возраста рельефа осуществляется, во-первых, путем выявления основных закономерностей размещения разновозрастных орографических форм в пространстве и последовательности их расчленения — горизонтального (в плане) и вертикального (в поперечных и продольных сечениях), во-вторых, в результате корреляции денудационных

форм, главным образом в долинах древних и молодых транзитных рек с толщами обломочных пород в областях аккумуляции. Только при благоприятных условиях сопоставления крупных комплексов денудационных форм с одновозрастными отложениями сопредельных впадин удается определить геологический возраст рельефа. Трудности, возникающие при корреляции, связаны главным образом с отсутствием постепенных переходов от денудационных форм к аккумулятивным и невозможностью в поле проследить погружение древних долин под молодые. Помимо этого, терригенные отложения в сопряженной области аккумуляции часто представляют немые толщи. Поэтому в большинстве случаев приходится ограничиться выяснением последовательности формирования рельефа. Но даже неполное изучение данной проблемы, т. е. определение относительного возраста рельефа, дает возможность решить ряд научных и практических задач. Так, палеогеоморфологические карты позволяют: 1) выяснить направленность развития, последовательность образования форм и ряд других особенностей становления поднятий и впадин в пространстве; 2) восстановить разновозрастные пути переноса терригенного материала, которые могут существенно отличаться для древних и молодых долин и 3) охарактеризовать качественно и (реже) количественно интенсивность процессов эрозии и склоновой денудации для каждой из выделенных возрастных групп рельефа. Эти данные могут быть получены при совместном анализе очертаний разновозрастных комплексов в плане и вертикальных сечениях (по геолого-геоморфологическим профилям). Объемное исследование создает объективное представление о морфологическом выражении поднятий и впадин и степени их искажения нивелирующими экзогенными процессами. В результате сравнительного анализа морфологии, генезиса и геоморфологической позиции поверхностей предконэрозионного выравнивания, региональных цикловых врезов и ступеней устанавливается последовательность образования, т. е. относительный возраст рельефа. Он дает возможность выделить древние, молодые и современные комплексы форм и показать на карте их границы. Детальность подразделения определяется конкретными орографическими условиями изучаемого региона и масштабом съемки. Палеогеоморфологической карте предшествует составление карты фактического материала, на которой показаны фрагменты разновозрастного рельефа, сохранившиеся до современной эпохи. На карту фактического материала наносятся линии профилей и показывается относительный возраст врезов, ступеней и денудационных поверхностей, определенный по продольным и поперечным сечениям возвышенностей и долин.\* Результаты вертикального расчленения сопоставляются с данными горизонтального расчленения (в плане) и взаимно увязываются. Наряду с хорошо дешифрируемыми фрагментами цикловых региональных врезов и ступеней на картах фактического материала выделяются участки крутых склонов, которые не могут быть подразделены по возрасту. Палеогеоморфологическая карта представляет собой реконструкцию рельефа по откартированным данным. Обобщенные контуры выделенных комплексов соответствуют областям их максимального развития. Обе карты выполняются в едином масштабе. При большом разнообразии пород в отношении их устойчивости процессам денудации на карту (выполненную в цвете) наносятся области их развития в обобщенных границах и в значковой легенде (рис. 2).

Данные палеогеоморфологических карт могут быть использованы при поисках полезных ископаемых — россыпей и коренных источников металла, а также при инженерно-геологической оценке региона.

Поскольку относительный возраст рельефа представляет собой основное содержание этих карт, он показывается наиболее ярким средством

---

\* Метод выделения геоморфологических параметров описан в работах автора [1953, 1967, 1972].

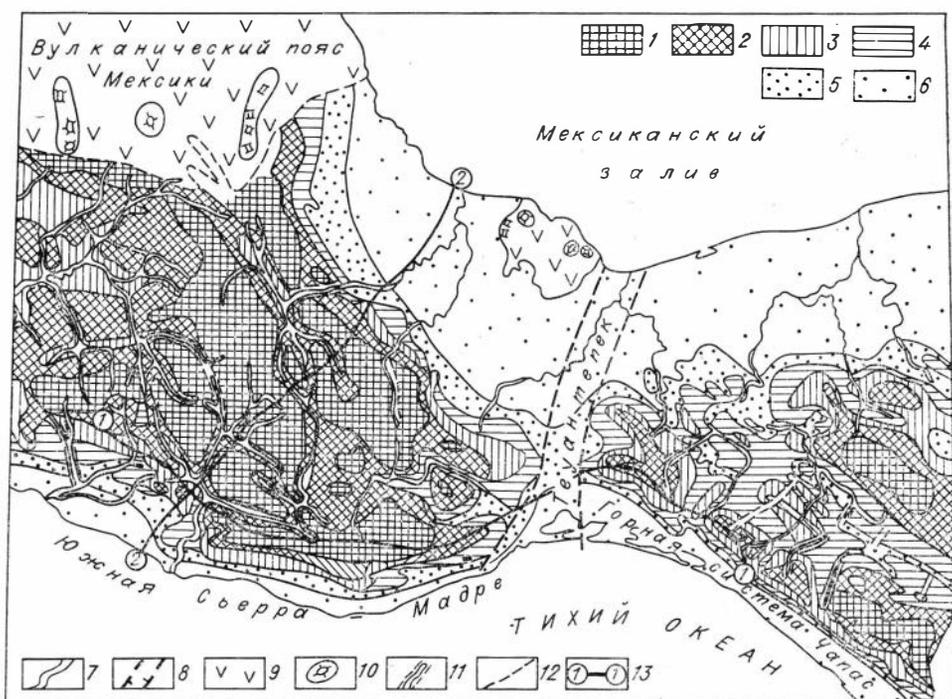


Рис. 2. Палеогеоморфологическая схема основных этапов развития рельефа юго-востока Мексики (Н. П. Костенко, А. Сервантес).

1, 2 — раннеэрозионный рельеф, верхний этап: 1 — региональная древняя денудационная поверхность (срезает основные хребты поднятия, соответствует конденсационному этапу развития), 2 — денудационная и эрозионно-денудационная поверхность (срезает второстепенные хребты — поднятия и врезана в древнюю поверхность, формирует первый обширный неглубокий врез и одновозрастную высокую ступень); 3, 4 — позднеэрозионный рельеф, средний этап соответственно второй и третий региональные впадины, значительно более узкие и одновозрастные ступени, а также днища значительно поднятых впадин; 5, 6 — позднеэрозионный рельеф, нижний этап, разновысотные приморские равнины; 7 — поймы и русла современных рек; 8 — обобщенные очертания долинообразного понижения Теуантепек; 9 — вулканические нагорья; 10 — вулканические горы и лавовые потоки в пьедестальной части; 11 — крупные сквозные долины (древние и современные); 12 — предполагаемое продолжение поднятий и впадин; 13 — линии профилей.

изображения — цветом, а в черно-белом варианте — штриховкой. В соответствии с тектоническим режимом исследуемого региона (платформенным или орогенным) и рельефом карты могут несколько различаться по своим легендам. Эти различия часто бывают продиктованы и производственным заданием, что вызывает необходимость более подробного изучения какого-либо явления. Например, в золотоносных регионах с месторождениями, приуроченными к погребенным долинам, особое внимание уделялось перестройке речной сети и выявлению покинутых «мертвых» участков. В областях оврагообразования и интенсивной эрозии почв возникала необходимость выяснения главных участков активизации эрозии, направлений роста оврагов и т. п. Но все объекты показывались на фоне этапов развития рельефа.

**Структурно-геоморфологические карты.** На тектонических картах обычно выделяются разновозрастные формации горных пород, где цветом показан возрастной интервал, охватывающий формирование данного комплекса деформаций и проявления магматизма.

На неотектонических картах в рисунке изобраз суммарной деформации отражены структурные формы, развивающиеся в последнем этапе глобальной эндогенной активизации. В большинстве случаев этот интервал времени определяется с конца олигоцена до современной эпохи включительно. Нижняя граница неотектонического этапа в зависимости от особенностей развития того или иного региона может смещаться несколько вниз или вверх по шкале времени, оставаясь в пределах позднего кайнозоя. На нео-

тектонических картах интенсивность цвета отражает суммарные деформации за весь неотектонический этап, а различные тона — структурные характеристики. Суммарные деформации в областях прогибания и аккумуляции изучаются геологическими методами. Для области денудации определение суммарных деформаций осуществляется комплексом геолого-геоморфологических методов. Широко известные карты неотектоники выполнены в легенде, предложенной С. С. Шульцем и Н. И. Николаевым в 1959 г. Позднее, в результате работ лаборатории неотектоники на геологическом факультете МГУ, легенды неотектонических карт обогатились рядом дополнений, сохраняя первоначальный принцип построения.

Ряд полезных уточнений характера развития структурных форм вносит изучение неотектонических движений за отдельные меньшие характерные отрезки времени и составление серии поэтапных карт суммарных деформаций. В 1971 г. эти карты были предложены и построены С. А. Несмеяновым по принципам, разработанным для неотектонических карт, но применительно к определенным циклам осадконакопления или денудации. На картах неотектоники области с направленным (однозначным) развитием находят прямое отражение в рельефе: так, новейшим поднятиям соответствуют возвышенности, а впадинам — аккумулятивные равнины. Регионы, испытавшие изменение знака движения за новейший этап, могут быть весьма различно выражены на карте неотектоники. Например, многие орогенные впадины, испытавшие прогибание порядка 5 км в неогене, с конца неогена начали интенсивно воздыматься и в современном рельефе представляют предгорье или внутридепресссионные хребты с высотами до 2 км. На картах неотектоники эти регионы показаны впадинами, оконтуренными трехкилометровой изобазой.

Для характеристики рельефа в ряде случаев представляет интерес оценка конэрозионного развития СФ, т. е. с начала новейшего морфологического зарождения деформаций и до современной эпохи включительно. Результат этого процесса отражен на структурно-геоморфологических картах. Одной из попыток их создания являются карты, на которых показаны суммарные амплитуды поднятий за конэрозионный этап развития каждой выделенной деформации. В отличие от неотектонических на предлагаемых картах не учитывается рост структурных форм в предшествовавшие (конденудационные и конседиментационные) этапы. Поэтому суммарные поднятия дают представление только о наиболее молодом (последнем) становлении тектонических деформаций в рельефе. Такие карты помогают определить современную направленность развития СФ и тип деформаций (складчатых, сводово-складчатых, глыбовых и сводово-глыбовых), степень унаследованности структурного плака от древнего и ряд других характеристик. При сопоставлении этих карт возникает ряд проблем. В первую очередь к ним относится определение новейшего строения, границ структурных форм и суммарных движений, главным образом вертикальной составляющей.

**Новейшее строение.** Наиболее молодые, конэрозионные, деформации выражены в их внешнем проявлении, которое может существенно отличаться от внутреннего строения территории.

**Внутреннее строение** структурных форм определяется по деформациям пород и бывает различным: складчатым, складчато-блоковым и блоковым. Новейшие развивающиеся складчатые деформации с подчиненными значениями разрывов тяготеют к областям общего прогибания и накопления отложений, еще не испытавших значительной консолидации. Складчато-блоковые и блоковые деформации с преобладающим развитием разрывов характерны для областей общего воздымания.

**Внешнее строение** структурных форм соответствует унаследованным и новым деформациям, развивающимся в течение конэрозионного этапа. В качестве примера сочетания различных внешних и внутренних деформаций можно привести строение крупных положительных форм

горного сооружения. Внешняя структура представляет орогенные глыбовые и сводово-глыбовые поднятия, а внутренняя — складчатые и складчато-блоковые, возникшие до орогенного этапа. В сопряженных седиментационных пред- и межгорных депрессиях развиваются орогенные сводово-складчатые системы, осложненные новыми разрывами. В платформенных областях (особенно при неглубоком залегании относительно жестких пород) преобладающий тип конэрозионных деформаций представлен глыбовыми и блоковыми СФ, преимущественно унаследованными. Строение фундамента может быть блоково-складчатым, в различной степени унаследованным крупными СФ чехла.

Орогенные деформации выражены в изгибах и разрывах предконэрозионной (динамической) поверхности выравнивания, а также в морфологии ступеней, врезов и в наиболее молодых элементах формирующегося вреза — поймах и руслах рек. Структурно-геоморфологические карты, а также системы комплексных геолого-геоморфологических профилей позволяют исследовать внешнее конэрозионное строение развивающихся деформаций.

**Границы поднятий и впадин.** Структурно-геоморфологический анализ позволяет оконтурить новейшие поднятия и впадины, опираясь лишь на сумму косвенных признаков. К главнейшим из них относится прямое или косвенное морфологическое выражение в рельефе развивающихся впадин и поднятий. Но орографические формы по различным причинам не всегда совпадают с границами конэрозионных деформаций. При определении границ новейших структурных форм исключительно большое значение имеет анализ линементов и среди них активно развивающихся в рельефе слабых зон (СЗ) — зон повышенной трещиноватости, растяжения, дробления пород и разрывов со смещением. Эти зоны находят внешнее выражение в своеобразном — избирательном — характере линейной и склоновой денудации и используются при определении границ новейших структурных форм.

**Эрозия рек,** особенно рек высокого порядка и ручьев, как правило, является селективной и происходит по СЗ. Это определяет прямолинейность отдельных отрезков эрозионных врезов и дискретный характер изменения их направления. На таких участках прекращается разработка одной СЗ и начинается разработка другой, обеспечивающей более благоприятные условия эрозионному процессу. Крупные реки также избирательно разрабатывают СЗ, но такие, которые определяют существенные локальные изменения условий эрозии. СЗ, незначительно выраженные в рельефе, крупные реки преодолевают, следуя максимальным наклонам земной поверхности или используя другие факторы, благоприятные для эрозии.

**Склоновая денудация** также развивается избирательно и почти повсеместно сочетается с эрозией ручьев и обводненных осыпей. Эти процессы, накладываясь на сопряженные склоны поднятий и впадин, определяют особенности их очертаний и характер новейшего строения. Например, крупная глыба, состоящая из разновысотных блоков, расчленяется речками и ручьями по межблоковым СЗ. По масштабам и яркости выражения в рельефе выделяются различные СЗ, выраженные на АФ, КС и топокартах. Они представляют линеаменты, обусловленные избирательной эрозией и склоновой денудацией. Наиболее крупные СЗ, условно именуемые каркасными, ограничивают крупные поднятия и впадины, которые за конэрозионный этап испытали различное воздымание или даже характеризовались различными знаками движений. Каркасным СЗ соответствуют разломы или системы региональных разрывов с новейшими смещениями. Малоамплитудные разрывы менее ярко выражены, но тоже соответствуют линеаментам, созданным избирательной эрозией. Эти разрывы могут определять границы даже незначительно отличающихся по скорости воздымания отдельных блоков. Последние являются состав-

ными частями глыб — более крупных структурных форм. В рельефе лучше выражены линеаменты, predeterminedенные избирательной денудацией в зонах сбросов, раздвигов и трещин растяжения. Такие конэрозионно развивающиеся разрывы представляют собой границы новейших поднятий и впадин различных порядков. Данная категория СЗ хорошо выделяется при совместном дешифрировании топокарт АФ и КС в плане и вертикальных сечениях по комплексным геолого-геоморфологическим профилям. Установление границ новейших поднятий в пределах «закрытых» пространств, обширных впадин — аккумулятивных равнин, платформенных и межгорных — сопряжено с большими трудностями. В данных условиях выделяются СЗ, которые как бы «просвечивают» сквозь покров четвертичных и более древних отложений. Они избирательно разрабатываются реками и отражают новейшие или возрожденные разрывы покрова и фундамента.

В платформенных областях преобладают унаследованно развивающиеся разрывы, в различной степени подновленные. Таким образом, системы СЗ, а также особенности геоморфологического строения долин и склонов позволяют находить основные границы новейших поднятий и впадин.

Даже при отчетливом выражении в рельефе разрывов данные камерального дешифрирования должны быть подтверждены полевыми исследованиями. Для этого в отдешифрированных зонах рекомендуется проводить изучение рельефообразующих разрывов и зон трещиноватости. Предварительное выделение линеаментов значительно облегчает задачу построения структурно-геоморфологической карты.

**Определение суммарных поднятий.** На структурно-геоморфологических картах приводится количественная оценка суммарных поднятий для конэрозионного этапа развития. Она определяется по среднему высотному положению отдешифрированных конэрозионных поверхностей, часто соответствующих водоразделам хребтов и возвышенностей — поднятий и днищ различно поднятых долин и котловин — впадин.

В соответствии с общей гипсометрической характеристикой исследуемых регионов и данными палеогеоморфологических и структурно-геоморфологических исследований строятся примерные шкалы высот, позволяющие выделить различные суммарные поднятия структурных форм. Для высоко поднятых денудационных поверхностей можно принимать значительные интервалы суммарных поднятий, а для низких — небольшие. Эти различия (в интервалах) predeterminedены тем, что низким возвышенностям, как правило, соответствуют молодые элементы рельефа, которые могут быть выделены только при наличии детальной градации высот. При широком распространении сводово-глыбовых деформаций суммарные поднятия определяются по средним значениям высот денудационных поверхностей, срезающих своды этих поднятий. В соответствии с основным содержанием карты суммарные поднятия показываются в цветной гамме, а в черно-белом варианте — штриховкой. В зависимости от конкретных задач легенды карт дополняются специальными знаками (рис. 3).

**Комплексные геолого-геоморфологические профили.** Они являются обязательной частью анализа рельефа и дают возможность осуществить исследование орографических конэрозионных деформаций в вертикальных сечениях. Профили позволяют выделить основные геоморфологические параметры, определить относительный возраст рельефа, а также сопоставить разновозрастные формы в удаленных друг от друга регионах. Корреляция денудационных разновозрастных форм осуществляется по специальной системе опорных профилей. Последние закладываются по простиранию и вкрест простирания поднятий. Линии профилей прокладываются по возможности по поверхности водоразделов различных порядков, т. е. по участкам, наиболее хорошо сохранившимся от молодой глубинной эрозии и других процессов денудации. Геоморфологические про-

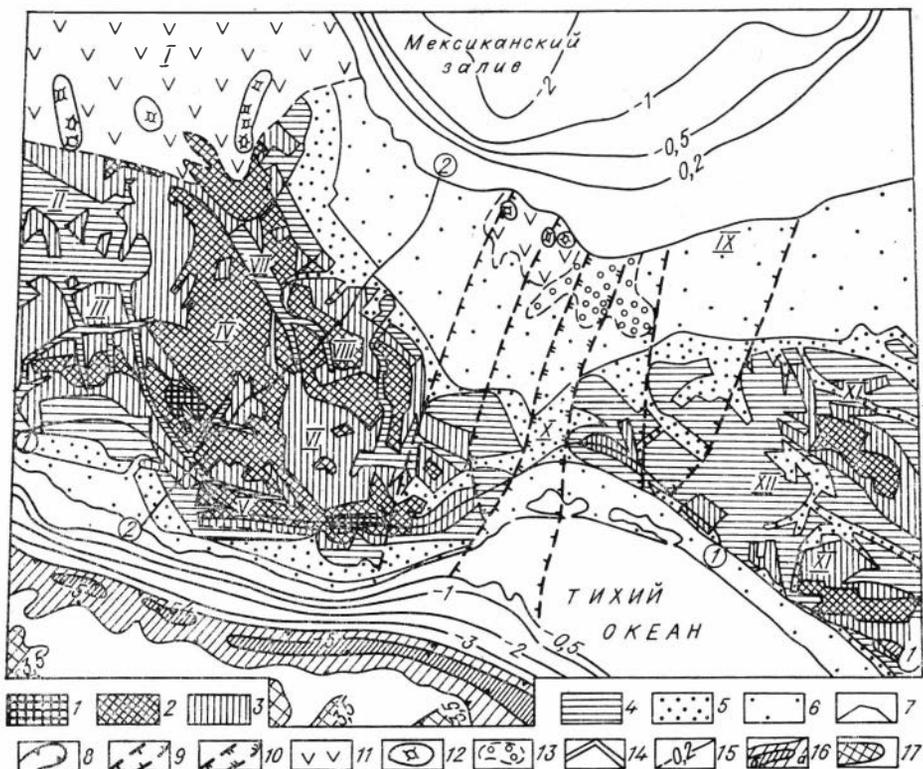


Рис. 3. Карта новейших структурных форм юго-востока Мексики (Н. П. Костенко, А. Сервантес, см. [Костенко, 1972]).

1—6 — средние значения суммарных конэрозионных поднятий (м): 1 — 3000 и более, 2 — 3000—2000, 3—2000—1400, 4—1400—600, 5—600—200, 6 — 200—0; 7 — границы новейших поднятий и впадин; 8 — обобщенные очертания океанских впадин; 9, 10 — впадина Теуантепек; 9 — склоны, 10 — центральная часть; 11 — лавовые поля; 12 — районы развития крупных вулканов; 13 — области распространения соляно-купольных структур; 14 — обобщенные очертания крупных приразломовых долин; 15 — изобаты; 16 — склоны (а) и дно (б) глубоководных желобов; 17 — подводные поднятия. I—XII — крупные новейшие структурные формы: I — сводообразное поднятие вулканического пояса (юго-восточное окончание), II — восточное замыкание впадины Балсас, III — сопряженный склон впадины и ее горного обрамления, IV — межгорный массив Тлахаико, V — сводово-глыбовое поднятие Сьерра-Мадре Сур, VI — впадина Оахака, VII — грабен Теуакан, VIII — сводово-глыбовые поднятия Сьерра-де-Хуарес, IX — предгорная впадина, X — зона разлома Теуантепека, XI — система горных поднятий Чапас, XII — горная впадина Ангустура.

фили строятся в горизонтальном масштабе, который соответствует масштабу карты, и с искажением вертикального масштаба по отношению к горизонтальному. Это сделано для выявления особенностей расчленения и облегчения определения глубины и ширины региональных цикловых врезов, ступеней на склонах. Выделение и сопоставление одновозрастных геоморфологических параметров представляют основное содержание геоморфологических профилей. Ниже, для сравнения внешнего строения с внутренним и литолого-стратиграфическими условиями, строится геологический профиль без искажения в масштабе, совпадающем с горизонтальным масштабом геоморфологического профиля. Данные анализа, полученные по системам комплексных профилей, наносятся на карты. Так, на палеогеоморфологической карте указываются конэрозионные поверхности и фрагменты разновозрастных врезов и ступеней, которые сопоставляются с геоморфологическими параметрами, полученными в результате исследования горизонтального расчленения (в плане).

Для структурно-геоморфологических карт комплексные профили позволяют установить: 1) морфологию поднятий и впадин в продольных и поперечных сечениях; 2) особенности строения и деформации конэрозионных поверхностей, ступеней и врезов; 3) соответствие тектонических деформаций их современному выражению в рельефе; 4) активность движе-

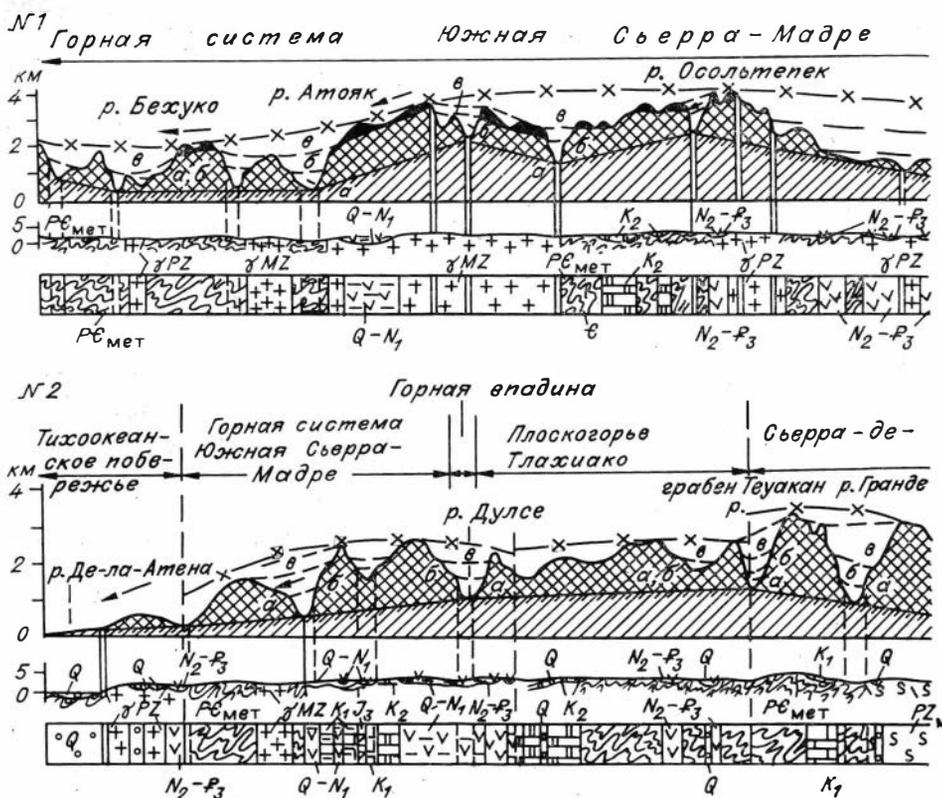


Рис. 4. Примеры геолого-геоморфологических профилей (Н. П. Костенко, А. Сервантес).

1—8— зоны расчленения горного массива: 1 — крупные останцы на поверхностях, выработанных плоскостной денудацией, 2 — горный массив, расчлененный крупными реками, 3 — горный массив, не затронутый процессами денудации, 4 — линии главных базисов эрозии, 5 — обобщенные очертания новейших горных поднятий, 6 — мегацикловые врезы, 7 — направление наклонов водораздельных поверхностей, 8 — направление перекосов речных долин; 9—12 — разрывы и слабые зоны, отдешифрованные по геоморфологическим данным: 9 — слабые зоны, 10 — разрывы с вертикальным

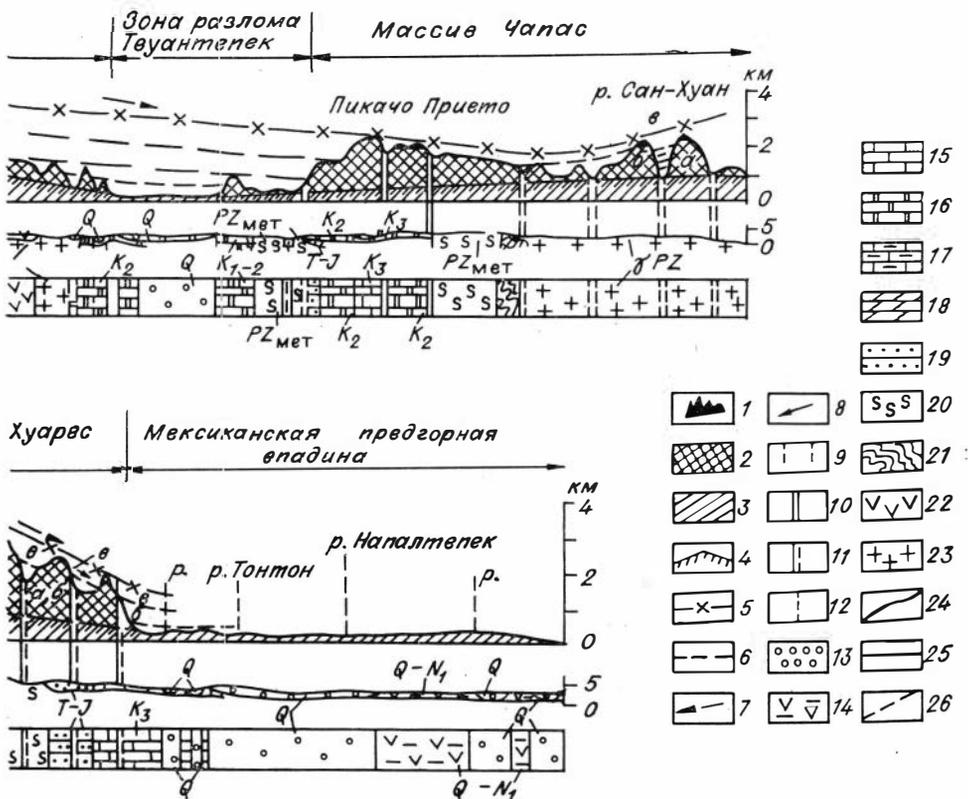
ний по разрывам; соответственно выделяются разрывы, развивающиеся или живые (весьма, умеренно и слабоподвижные) и неподвижные. Эти характеристики могут быть установлены по деформациям предконэрозивной поверхности, а также по искажениям очертаний цикловых врезок рек — перекосов в поперечном сечении долин и др. (рис. 4).

Из-за неопределенности возраста рельефа и величины плоскостной денудации за конэрозивный этап развития поставленные задачи могут быть решены с различной степенью точности. Поэтому в каждом случае указывается достоверность полученных результатов.

Приведенные данные свидетельствуют о возможности получения объективной и принципиально новой информации при проведении специальных геоморфологических исследований. Поэтому палеогеоморфологические и структурно-геоморфологические карты предложенного типа и другие возможные варианты могут быть широко использованы при изучении новейшего этапа: геологическом картировании развивающихся СФ, поисках различных полезных ископаемых, инженерно-геологических изысканиях и других видах работ.

#### О ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ В ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОМ КАРТИРОВАНИИ

В материалах XI пленума Геоморфологической комиссии АН СССР (Ленинград, 1975), обсуждающих проблемы, связанные с геоморфологическим картированием, четко проявлены две тенденции доку



смещением и с различными наклонами поверхностей пограничных глыб, 11 — разрывы с вертикальным смещением, 12 — разрывы без вертикального смещения; 13—24 — отложения: 13 — морские и континентальные галька, песок и ил, 14 — туфы, туфогенные песчаники, известняки и гипс, торф, 15 — известняки и конгломераты, 16 — известняки, 17 — конгломераты, глины, известняки, гипс, 18 — морские и континентальные известняки, песчаники, 19 — континентальные красноцветные толщи, 20 — сланцы, 21 — гнейсы, сланцы, гранитные интрузии, 22 — вулканические породы разного состава, 23 — граниты, 24 — стратиграфические границы; 25, 26 — разрывы, установленные по геологическим данным (25) и предполагаемые (26). № 1, 2 — профили. а-в — порядковые номера врезов.

ментирования рельефа. Первая — картирование однородных по генезису и возрасту поверхностей (элементов форм рельефа — склонов, площадок и прочих; генетически однородных поверхностей); вторая — картирование сложных геоморфологических объектов (составление карт морфогенетических, формационных, геоморфологического районирования и т. д.). Существование обоих картографических направлений оправдано. Первое отвечает общему геоморфологическому картированию, предназначенному для регистрации современного рельефа с той степенью детальности, что возможна для заданного масштаба. Эти карты можно рассматривать как исходные данные для составления других, на которых картографическими единицами становятся сложные геоморфологические объекты. Первые, предполагается, должны содержать как можно меньше интерпретационных данных, в крайнем случае такие данные могут наноситься на карту так, чтобы основа позволяла видеть, что и как использовать при интерпретации. Второй тип карт практически всегда интерпретационный.

Итак, казалось бы, геоморфологи пришли к единому мнению и определили содержание картировочной единицы при составлении общих геоморфологических карт (по крайней мере, крупного масштаба): кусок поверхности — грань [Ефремов, 1949], склоны долины и водоразделов, части форм рельефа [Башенина и др., 1962]; генетически однородные поверхности [Ермолов, 1958; Стрелков, 1960; Ганешин и др., 1972]; поверхности, однородные по генезису и возрасту [Дедков, Бабанов, 1978]. Сама поверхность, пока речь шла о ее морфологии (размерах, ориентировке,

форме), характере сопряжения со смежными, понималась всеми одинаково, но уже при обсуждении ее свойств вдруг выясняется, что в представлении многих поверхность наделена свойствами вещества, имеет некоторую толщину... Так, у Д. А. Тимофеева [1984, с. 22] элементарная морфологическая единица (предложена вместо грани, генетически однородной поверхности, так как понятие «...ЭМЕ лишено генетического давления») в какой-то, порой значительной, мере автономна в своем динамическом поведении», она также должна иметь некоторую толщину. Кроме того, характеризуются возраст и происхождение поверхности, но как на оценку возраста, так и на определение происхождения поверхностей существуют различные взгляды. Это вообще не оставляет ничего от той идиллии, которую можно было бы ожидать после договоренности о картировочной единице при составлении общих геоморфологических карт аналитического типа.

Земная поверхность — такой объект, который практически невозможно изучить, не используя предварительно созданных ее моделей. Поэтому модели, на которых исследуется рельеф, должны как можно полнее передавать его строение. Вообще представление о структуре поверхности складывается главным образом на основе топографических карт, аэрофото- и космофотоснимков и полученных при их рассмотрении стереомоделей местности, серий морфометрических и других карт, представляющих рельеф в виде разных структуризованных моделей. Даже те, кто предпочитает анализу моделей натурные наблюдения, не может обойтись без помощи моделей. Чтобы проанализировать данные наблюдений и выявить существующие между ними пространственные связи, нужно разнести эти данные на одну из названных выше моделей. То есть используя одни модели поверхности, на которые наносят данные наблюдений, строятся новые модели, объясняющие рельеф (геоморфологические карты). В зависимости от методологических установок разные исследователи удовлетворяются разными наборами исходных данных при объяснении рельефа, от этого же зависит и выбор картировочных единиц при геоморфологическом картировании. Одним из истоков разногласий является неодинаковое толкование понятия «рельеф». Это показал А. Н. Ласточкин [1982, с. 56], деля исследователей на проповедующих концепцию «овеществления» рельефа и выступающих за концепцию его «геометризации». Неудовлетворение идеями «овеществления» рельефа в несколько резкой форме высказывал С. Л. Троицкий [1967, с. 56]: «Объемные „формы рельефа“, „набитые“ горными породами — глубоко укоренившееся среди геологов, но ложное в геоморфологическом смысле представление». Следствия такого представления многообразны, например в оценке возраста рельефа.

Не случайно, видимо, на XI пленуме Геоморфологической комиссии отмечена наибольшая перспективность развития геоморфологического картирования с составлением карт аналитического типа, на которых отображаются поверхности ограничения форм рельефа различного таксономического ранга, характеризующиеся по морфологии, генезису и возрасту. Такой прием картирования должен удовлетворять сторонников как одной, так и другой концепции. В 50—60-х годах ряд исследовательских групп и отдельных исследователей показал легенды геоморфологических карт, которые можно считать разновидностями легенд карт аналитического типа [Ермолов, 1958; Башенина и др., 1959; и др.].

В. В. Ермолов предлагает в качестве картировочных единиц генетически однородные поверхности, используя цвет для показа генезиса, а насыщенность цвета (густоту) — для показа крутизны поверхностей.

В МГУ разработана «Легенда геоморфологической карты Советского Союза масштаба 1 : 50 000—1 : 25 000», в которой за картировочную единицу приняты части форм и генетические формы; цветом показывается генезис, но при показе флювиального рельефа этот принцип нарушен: цвет (не оттенки одного цвета, что было бы логично) используется и для пока-

за возраста. Последняя легенда в течение ряда лет использовалась в геолого-съёмочных партиях Бурятского территориального геологического управления при картировании рельефа как системы сопряженных элементарных поверхностей.

В 60-х годах в связи с подготовкой к изданию геоморфологических карт в комплексе с листами геологической карты масштаба 1 : 1 000 000 (новая серия) во ВСЕГЕИ была разработана типовая легенда геоморфологических карт [Ганешин и др., 1972]. Она построена по принципу картирования генетически однородных поверхностей рельефа. Если же легенды В. В. Ермолова [1958], Н. В. Башениной и др. [1962] вели к устранению диспропорции в детальности изображения деструктивного и конструктивного рельефов (диспропорция эта особенно ярко выражена на морфогенетических картах!), то некоторые особенности типовой легенды, предложенной отделом геоморфологии и четвертичной геологии ВСЕГЕИ, на практике позволяли ее сохранять. Причина этого в нечеткости понятий в принятой классификации генетически однородных поверхностей для областей деструктивного рельефа. Чтобы разделить эрозионно-денудационные и денудационно-эрозионные поверхности при картировании, приходится больше рассчитывать на интуицию, чем на использование четких признаков.

О чем свидетельствуют эти и другие двойные наименования? О том, что первоначально поверхность образовалась в результате эрозии, абразии, экзорации, а затем (через какое-то время или сразу же по возникновению) в результате денудации заменилась новой? Это не более чем логическая конструкция, возможная версия образования поверхности. Чем это обусловлено? Боязнь детального изображения скульптуры поверхности? Частичное объяснение этому есть в высказывании Г. С. Ганешина [1976, с. 17] о «Геоморфологической карте Советской Арктики» под редакцией С. А. Стрелкова: «Существенным недостатком карты является слабое выражение зависимости современного рельефа от особенностей древних структур и тектоники, т. е. недостаточная морфоструктурность. Причина этого заключается в том, что в легенде содержатся только характеристики экзогенезиса, а структурно-денудационные элементы отсутствуют».

Однако непосредственно тектонических деформаций поверхности мы практически не наблюдаем, а выявляем их по экзоскульптуре. Показав на карте достоверно экзоскульптуру, мы даем возможность интерпретировать ее и другим исследователям в соответствии с их представлениями, не навязывая своих. Свою интерпретацию можно делать, строя геоморфологические карты синтетического типа.

Стремление к большей достоверности нашего знания о рельефе, неудовлетворенность неоднозначностью характеристик и объяснений морфологии и происхождения ведет некоторых исследователей к чересчур жестким требованиям к фактологической основе. «В геоморфологии такими (формализованными и универсальными — А.-О.) моделями должны стать карты, отражающие морфологию земной поверхности (ЗП), т. е. ту характеристику рельефа, которая в отличие от неоднозначно устанавливаемых историко-генетических характеристик может быть подвергнута необходимой формализации. Карты, составленные по морфологическому принципу, могут явиться объективной фактологической базой, которая обеспечит обоснованность динамических и историко-генетических определений, прогнозов объектов, явлений и процессов, имеющих практический интерес» [Ласточкин, 1984, с. 47]. Предлагаемый А. Н. Ласточкиным способ представления рельефа дает одну из наиболее полных структуризованных моделей земной поверхности, удобную, например, для формального анализа рельефа при опознании и проведении границ выходов геологических тел. Однако ее нельзя рассматривать как геоморфологическую модель, так как она не объясняет рельеф. Она не заменяет геоморфологических карт, хотя может им предшествовать, особенно при автоматизированном постро-

ении. То же можно сказать и о других представлениях структуры поверхности (морфометрические карты, карты разных структурных элементов поверхности и т. д.), являющихся только преобразованиями гипсометрических карт без объяснения рельефа.

Каким видится оптимальный вариант геоморфологической карты аналитического типа? Во-первых, она должна отражать только реально существующие объекты, а из их объяснения хотелось бы исключить все, что не отвечает однозначному узнаванию. Во-вторых, для объяснения морфологии — морфометрических параметров рельефа — необходимо обязательное использование данных геологических, инженерно-геологических, гидрогеологических исследований, почвенные карты, карты элементов климата и т. д. Объяснение должно содержать также сведения о генетических характеристиках экзоскульптуры, о возрасте элементов поверхности и ее разнопорядковых структур и т. д. Мы располагаем достаточным количеством строгих наблюдений, экспериментальных данных, чтобы не согласиться с мнением об обязательной субъективности [Ласточкин, 1982, с. 6] представлений о генезисе, морфологии и возрасте рельефа. Просто нужно строго отделять установленное от додуманного. Например, представление о большой роли ледникового выпахивания в формировании рельефа районов оледенений основано на допущении этого по некоторым следам экзотации. Однако отрицание значительных изменений ложа ледника основано на расчетах с учетом свойств «текущего» льда [Шило, 1981], а не на отрицании следов воздействия ледника на ложе.

Учитывая, что приемы определения возраста рельефа не одинаково корректны, необходимо отобрать среди них только те, что датируют элементы поверхности и одновременно могут удолетворить представителей разных исследовательских групп. По крайней мере, необходимо отказаться от датировок рельефа как форм — тел, а ограничиться датировками элементарных поверхностей. Наиболее однозначны здесь данные, которые позволяют говорить о том, как долго экспонировалась эта поверхность. Так как от контакта с атмосферой, гидросферой (биосферой?) в геологических телах происходят изменения пород в результате выветривания, почвообразующих процессов, то по мощности новообразованного геологического тела (расстоянию от «дневной» поверхности до поверхности фронта выветривания), по изменению вещественного состава, по профилю можно судить о длительности существования поверхности раздела и условиях, в которых шла переработка первоначально экспонированной на дневную поверхность горной породы. Если такой слой отсутствует, то наблюдаемая поверхность современна, молода. В абсолютных числах возраст такой молодой поверхности, судя по датировкам нескальных изображений, может превышать один-два десятка тысячелетий. Датировка поверхности достаточно однозначна и по фаунистическим, флористическим остаткам в слое аллохтонного покровного тела (облегающего чехла). И наконец, учитывая, что поверхность постоянно обновляется за счет изъятия из покровных автохтонных и аллохтонных образований склонов (или за счет накопления новых слоев аллохтонного вещества), можно применить еще один прием оценки возраста, но уже не собственно всех частей поверхности, а ее структуры по остаткам в разной степени карродированного наиболее древнего чехла, который сохранился в характерных точках поверхности. Число точек должно быть таким, чтобы структурные линии рельефа первого порядка оказались между ними. Такой прием определения возраста поверхности дает наиболее отдаленную от наших дней дату. Все остальные датировки поверхности не могут быть однозначно доказаны для наблюдаемой поверхности и ее структуры первого порядка.

Геоморфологические карты аналитического типа могут составляться в разных масштабах без нарушения основных принципов, но легенда их не может не меняться, так как картирование поверхности выполняется с разной передачей деталей ее строения. Если бы стояла задача закарти-

ровать участок поверхности, моделированной склоновым смывом, в натуральную величину, то, проводя границы элементов поверхности по достаточно четким ее перегибам, на карте нашли бы отражение днища и склоны промоин, склоны валиков плавника, намытого выше по склону у куртинок трав, и т. д. Картируя тот же участок в масштабе 1 : 10 000, можно было в деталях на карте показать днища и склоны оврагов, крупных промоин, однако мелкие промоины накопления плавника выше куртинок и т. д. в лучшем случае можно было бы отметить внесмасштабными знаками. Переходя к масштабу 1 : 25 000—1 : 50 000, пришлось бы отказаться и от показа на карте большинства нано- и микронеровностей, обуславливающих шероховатость рельефа. При выделении же генетически однородной поверхности склонового смыва без показа системы нано- и микроформ, обусловленных смывом, предусматривается, что название генетически однородных поверхностей будет вызывать по ассоциации образ склона с соответствующим комплексом микро- и наноформ. Показ на карте элементарных поверхностей по ведущему склоновому процессу, моделировавшему эту элементарную поверхность, не только характеризует микроструктуру рельефа, но и указывает на относительную скорость ее трансформации.

Показ форм рельефа в виде комбинаций генетически однородных поверхностей на крупномасштабных картах позволяет прочесть на них не только морфологию разных участков, но и оценить степень гетерохронности их структуры, степень сохранности конструктивных элементов и т. д.

Если при построении геоморфологических карт средних масштабов (1 : 100 000, 1 : 200 000, 1 : 300 000) показ форм в виде комбинаций генетически однородных поверхностей, классифицируемых по типам ведущих склономоделирующих процессов, еще возможен, то для мелкомасштабных (от 1 : 500 000 до 1 : 2 500 000) смысловая нагрузка генетически однородной поверхности меняется. Во-первых, разрешение карт мелкого масштаба существенно снижается: на них могут быть показаны в масштабе элементы поверхности только высоких порядков (шестого и выше), частные варианты моделировки поверхности уже теряются и нужна какая-то обобщающая характеристика.

Удобно тип моделировки определять по типам морфоклиматических зон [Веденская, 1969], в пределах которых поверхности характеризуются соответствующими комплексами экзоскульптуры, несколько меняющимися с изменением субстрата и интенсивности неотектонических деформаций в пределах зоны. При большой интенсивности последних комплексы форм беднее, уклоны поверхности выше.

Кроме зональных комплексов форм экзоскульптуры есть азональные (чисто гравитационные — обвалы, осыпи и скальные участки поверхности в области питания), развивающиеся в условиях интенсивного приведения в равновесие с условиями поверхности выведенных к ней масс горных пород. Обычно такие условия ассоциируются с участками, где неотектонические деформации поверхности характеризуются значительными градиентами вертикальной составляющей. При мелкомасштабном картировании участки поверхности с азональной экзоскульптурой можно было бы назвать денудационно-эрозионными генетически однородными поверхностями (ГОП). В качестве эрозионно-денудационных ГОП могли бы картироваться участки земной поверхности с экзоскульптурой, свойственной одной из морфоклиматических зон (нивальные, эрозионно-денудационные ГОП; перигляциальные, аридные, гумидные ЭД ГОП умеренного климата; жаркие гумидные ЭД ГОП; средиземноморские ЭД ГОП и т. д.). Подобные разновидности могут выделяться и среди денудационных ГОП (выровненных поверхностей).

Итак, геоморфологические карты аналитического типа предназначены стать исходными материалами при составлении любых других геомор-

фологических карт: морфогенетических, формационных, любого геоморфологического районирования и т. д. Поэтому они должны отвечать определенным требованиям:

1) обеспечить достоверную передачу планового положения всех картируемых структурных элементов поверхности (генетически однородных поверхностей и генетических форм, создающих их шероховатость);

2) обеспечить равную насыщенность информацией любых участков карты; участки деструкции должны быть показаны с наименьшей детальностью, чем конструктивные;

3) не допускать показа данных, которые являются результатом интерпретации (т. е. одним значением из совокупности значений, которые могут быть приданы наблюдаемым фактам); все данные, показанные на карте, должны быть однозначно понимаемы.

Используя опыт построения легенд геоморфологических карт аналитического типа и близких им по содержанию [Борисевич, 1950, 1966, 1969; Ермолов, 1958, 1964; Башенина и др., 1962; Спиридонов, 1978; Ганешин и др., 1972], легенду геоморфологической карты крупного и среднего масштабов можно организовать следующим образом. Несколько основных цветов используется для показа генезиса деструктивных и конструктивных поверхностей; изменением насыщенности основного цвета (его яркость, плотность) показываются градации крутизны, в которых может проявлять себя ведущий процесс, моделирующий поверхность деструкции. Наиболее яркий цветовой интервал используется для отражения диапазона крутизны, при котором интенсивно проявляется ведущий процесс. Используя добавочные цвета, которые придают тот или иной оттенок основному цвету, можно показать возрастные генерации генетически однородных поверхностей. Для показа проявлений новейшей тектоники используются штриховые знаки красного цвета (ареалы отрицательных и положительных структур, линии изодеф и др.). Для показа связи (обусловленности) структуры поверхности с распределением выходов геологических тел с разной эрозионной и денудационной устойчивостью используются штриховые знаки синего цвета.

Состав работ при составлении геоморфологических карт такого содержания может быть таким:

1. Дешифрирование АФС и крупномасштабных КФС (обязательно с получением стереомодели). Должны опознаваться генетические формы и с учетом их распространения выделяться генетически однородные поверхности. Границами ГОП являются структурные линии рельефа. Делается разметка профилей для фотограмметрических измерений.

2. По линиям профилей измеряются относительные высоты бровок и тыльных закраин террас, террасовидных уступов, подошв уступов, выпуклых и вогнутых перегибов склонов долин, продольных профилей водоразделов первого-второго порядка в пределах склона долины реки более высокого порядка; определяются средние значения наклона поверхностей на разных участках.

3. Результаты дешифрирования переносятся на топографическую основу, по намеченным профилям разносятся данные изменений. Элементарные поверхности индексируются, обозначаются разными знаками структурные линии, затем выполняется раскраска с учетом генезиса, интенсивности процессов и относительной хронологии.

4. На основе геологических, инженерно-геологических карт строятся карты эрозионной [Антощенко-Оленев, 1982, 1984] и денудационной устойчивости. После сравнения этих карт с картой ГОП на последней обозначаются участки, структура которых уточнена распределением выходов геологических тел с разной эрозионной устойчивостью, распределением свойств, обуславливающих устойчивость субстрата эрозии и денудации.

5. На основе геологических карт, петрографических и литологических описаний выделяются пары — тройки горнопородных тел, которые

могут индцировать климатические типы моделировки экзоскульптуры поверхности третьего-четвертого порядка. По топографическим картам или картам вершинных поверхностей соответствующих порядков оценивается выраженность выходов выбранных геологических тел в структуре поверхности. Выделяются участки поверхности с разными типами моделировки (с разными типами распределения топографических масс (ТМ) [Антощенко-Оленев, 1982, 1983]). Для участков с реликтовым дочетвертичным типом распределения ТМ анализируется эрозионная структура вершинной поверхности и оцениваются по ней и террасовым рядам неотектонические деформации. С учетом данных о распределении мощностей кайнозойских отложений разных возрастных уровней карта ГОП дополняется новыми знаками проявлений новейших тектонических деформаций.

6. После полевых исследований на опорных (ключевых) участках вносятся необходимые дополнения и исправления на карту, составленную камеральным путем.

---

## Глава IV. ИНФОРМАЦИОННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОЙ СЪЕМКИ В ГЕОМОРФОЛОГИИ

### ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО АЭРОКОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ

#### Значение анализа аэро- и космических снимков (КС)

К настоящему времени этой проблеме в СССР посвящена большая, хотя и несколько противоречивая литература. КС оценены и за рубежом, о чем свидетельствуют две конференции, проведенные в 1984 г. в США и посвященные изучению тектоники и рельефа по КС. Космические снимки сыграли большую роль в качественном изменении содержания геоморфологии на западе, заключающемся в том, что геоморфология, по данным К. Эмблтона, перестала быть лишь «экзогенной». КС помогли понять роль тектоники, в частности и разломов, в формировании рельефа, заложении речных долин и пр.

Виды космической информации становятся все более многообразными, включая снимки во всех диапазонах спектра элескроманнитных волн — видимом и ближнем инфракрасном, тепловом инфракрасном и радиодиапазоне (микроволновом и ультракоротковолновом) [Кравцова, 1980]. Набор многозональных КС дает наиболее полную информацию о рельефе; этому способствует пока необъяснимая «просвечиваемость» или «рентгеноскопичность» КС в некоторых зонах спектра. Неудивительно, что блоки фундамента Западной Сибири «просвечивают» сквозь толщу мезо-кайнозойских осадков. «Шевеление» блоков выражается различиями фототона на поверхности мощного чехла, но это невозможно увидеть ни в поле, ни на топокарте. На снимке одного из спутников «Метеор», по данным Г. В. Махина и Ю. А. Колесникова, видно, что р. Обь течет в грабене огромного протяжения. Грабен врезан в фундамент и по четкости в рельефе сходен с Рейнским, снятом в том же полете и той же аппаратурой. Известно, что нефть, газ и многие другие полезные ископаемые тяготеют к разломам. Но их четко увидели лишь на КС. По мнению Ю. А. Колесникова, если бы раньше знали об этом на примере Обского грабена, то Самотлорское месторождение было бы открыто давно и с меньшей затратой сил, поскольку оно приурочено к пересечению грабена с одним из попереч-

ных разломов. В Тянь-Шане, на Памире, в Передней Азии и других горных территориях на космических снимках видны разломы, глубинные структуры и их соотношение с новейшими морфоструктурами. По данным В. И. Макарова и В. Г. Трифонова, просвечиваемость космического фотоизображения для территории Ферганы и ее горного обрамления подтверждена геофизическими материалами.<sup>4</sup>

Корни крупнейших морфоструктур уходят в мантию. Предполагают, что и «рентгеноскопичность» обусловлена сложной изменчивостью различных физических полей Земли на территориях с разнообразным строением земной коры и верхней мантии.

В. А. Севастьянов (устное сообщение) увидел из космоса, пролетая над Атлантическим океаном, срединно-океанический хребет через толщу воды в 2—3 км. А свет, как известно, в море проникает максимум на глубину 30 м. Таких примеров можно привести много, и возможности для изучения рельефа в их связи с глубинными структурами в настоящее время велики.

Наибольшую информацию дают **фотографические КС**, позволяющие в некоторых зонах заглянуть вглубь и в то же время отражающие малые формы рельефа (овраги, промоины, балки, гривы, ложбины на аллювиальных низменных равнинах, Бэровские бугры), мерзлотный рельеф (термокарстовые озера, аласы), разнообразные полигонально-валиковые образования, формы эолового происхождения (дюны, барханы, бугристые, ячеистые пески, формы горного и равнинного оледенения и пр.). Но пока еще не вся земная поверхность подверглась съемке такого качества и, по данным В. И. Кравцовой, повторных снимков недостаточно. А последние очень важны, поскольку в разные сезоны года и в разное время дня настолько меняются дешифровочные признаки разных геоморфологических объектов, что пока можно говорить лишь о признаках для каждого конкретного снимка на ту или иную территорию. Большое значение имеют и другие виды съемки из космоса [Кравцова, 1985].

**Телевизионные и сканерные** снимки высокого разрешения с американских ресурсных спутников «Ландсат» и советских спутников по программе «Метеор — Природа» характеризуются разрешением на местности около 100 м и более четким выделением мезо- и макроформ рельефа. Много дают снимки в разных спектральных диапазонах. Большую роль в анализе рельефа играет регулярная повторяемость сканерной съемки, дающая возможность их сравнения, выявления некоторых общих дешифровочных признаков, динамики рельефообразования при повторяемости через несколько лет. Очень существенны для анализа рельефа обзорные телевизионные и сканерные снимки спутников «Метеор» и ресурсных. Это снимки высокого уровня генерализации и на них отражаются морфоструктурные планы больших территорий и соответственно блоковоразрывная морфотектоника, разломы и разрывные нарушения разных порядков и глубины. По данным геологов, обобщенных В. И. Кравцовой [1980, 1985], на снимках высокого разрешения (50—100 м) распознаются структуры верхней части осадочного чехла с глубинами до 10 км, при разрешении 200—300 м — структуры глубиной 10—25 км, а при разрешении 500 м — 1,5 км — структуры оснований земной коры и верхней мантии на глубине 40—60 км и более.

**Тепловые инфракрасные** снимки могли бы, по данным В. И. Кравцовой, представлять ценный материал для изучения рельефа, фиксируя, например, разное нагревание склонов в зависимости от экспозиции и увлажнения. Но они отличаются недостаточно высоким тепловым разрешением (0,5—1°C) и недостаточным пространственным (несколько километров — на снимках с метеоспутников, 500 м — со специального «теплового» спутника НСММ, 240 м — с Ландсата-3 и поэтому пока в СССР используются мало). Снимки с Ландсата-4 с разрешением 120 м имеются лишь в Северной Америке.

Снимки в радиодиапазоне имеют низкое разрешение и пока применяются лишь для изучения ледяных покровов Гренландии и Антарктиды по разному микроволновому излучению льдов. По мнению В. И. Кравцовой, в будущем с повышением разрешающей способности таких снимков они смогут применяться шире [Кравцова, 1985]. Благодаря обзору больших территорий, на КС видны сразу крупные черты планов геоморфологического, геологического и ландшафтного строений, дополняющие и объясняющие друг друга. Таким образом, по КС выявляются крупнейшие элементы строения поверхности Земли вплоть до планетарных, которые иначе увидеть нельзя.

Возможности использования КС неодинаковы для разных территорий. Наилучшее качество изображения получено на аридные области, где нет облачного покрова, и поэтому для них обзор больших территорий четкий. При отсутствии облачности рельеф средних и высоких широт из-за большой влажности атмосферы виден менее четко.

Изучение рельефа того или иного региона по аэрофотоснимкам и КС решает проблему «фона» и «ключей», столь важную в геоморфологии [Башенина, 1976, 1977]. Благодаря передаче на КС облика и границ геоморфологических объектов многие из них могут быть точно идентифицированы при сопоставлении космических и аэрофотоснимков разных масштабов. В тех случаях, когда целостное изображение крупных элементов рельефа — морфоструктур — на аэрофотоснимках исчезает, их выделение на космических снимках может разъяснить многие рисунки на аэрофотоснимках как детали этих морфоструктур. Космические мелкомасштабные снимки содержат и крупные черты рельефа, и малые. По ним можно составлять фотогеоморфологические, фототектонические и фотогеологические карты, начиная от съемочных масштабов и переходя к более мелким до масштаба 1 : 15 000 000 включительно.

Идентичность изображений на космических и аэрофотоснимках облегчает задачу генерализации природных рисунков, дает возможность сохранить их индивидуальный облик. Фотоизображение отражает сложное строение природных объектов с наложением различных естественных рисунков. Сравнительное дешифрирование космических и аэрофотоснимков особенно важно для смысловой генерализации, при которой не просто механически упрощаются контуры специальной нагрузки карт на разных уровнях генерализации, а объединяются и обобщаются качественные черты явлений. При анализе космических снимков четко видна жесткая угловатая рисовка рельефа, а также кольцевая, полукольцевая, дуговая.

### **Выявление по КС разломов и разрывных нарушений**

Эта проблема не раз освещалась в геоморфологической и геологической литературе. По КС открыты или существенно уточнены неизвестные ранее зоны трансконтинентальных и региональных разломов, морфоструктурные планы мало исследованных территорий, установлены многие кольцевые и дуговые разломы, ранее не известные, а также блоковое строение фундамента платформ и подвижных поясов. Установлены соотношения пред- и межгорных впадин и горных сооружений. Открыты новые разломы Памира. Это стало возможным лишь по анализу КС самых разных масштабов. В тектонике, геоморфологии, в изучении полезных ископаемых исследование КС знаменует новый этап. Количество новой информации колоссально.

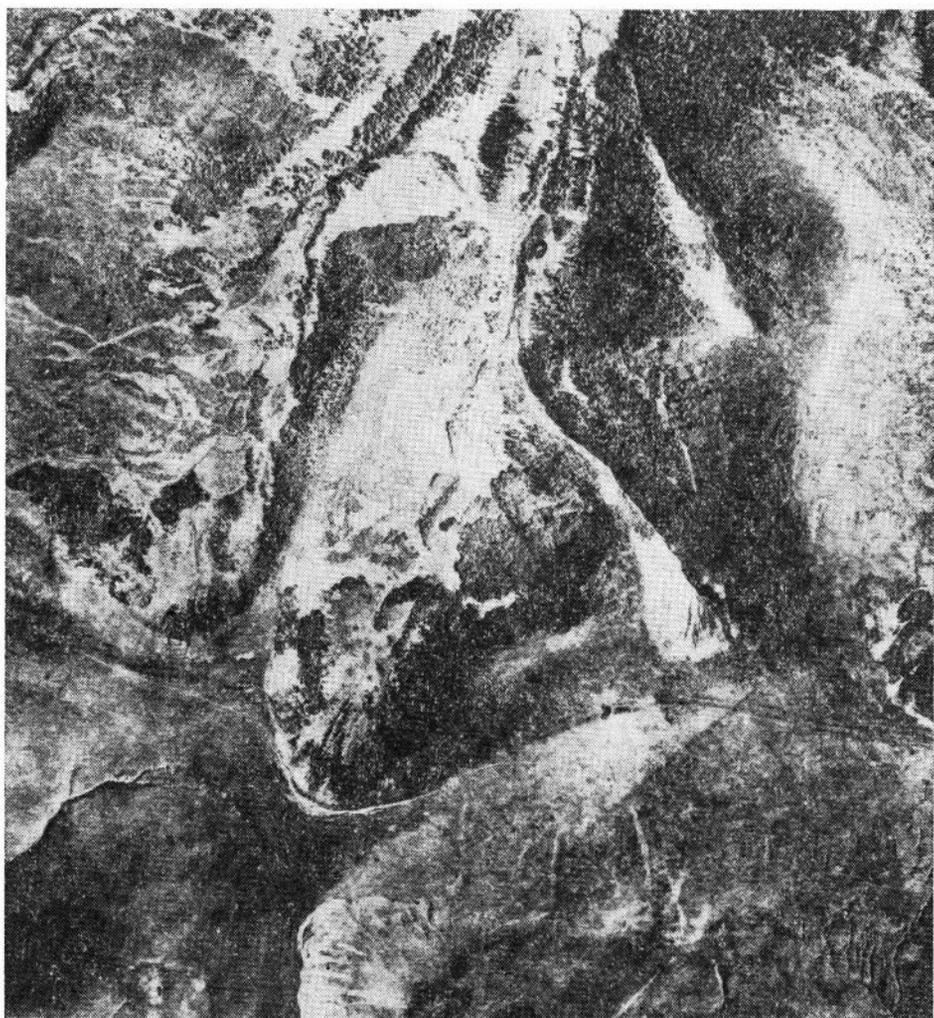
КС открывают уникальные возможности изучения зон глубинных разломов большого протяжения и их систем. Рельеф и ландшафты в этих зонах отличаются от внеразломных участков. Выявление крупных зон глубинных разломов основано на изучении глубины и типов сейсмических

и магматических очагов, но прослеживание разломов и выявление их систем затрудняется неравномерностью их строения по простиранию. В результате связи отдельных участков разломов не всегда очевидны, многие разломы еще не выявлены, особенно разломы (слепые), которые можно обнаружить по совокупности мелких черт рельефа, геологического строения, растительности, минерализации и т. д. Поэтому неполной остается и картина общей системы разломов Земли в целом — так называемая регматическая планетарная решетка разломов, установленная еще Р. Зондером в 1948 г. Она больше изучена на Алданском, Балтийском, Канадском щитах. Для других территорий только с помощью КС можно будет установить наиболее полную картину проявления этой системы разломов на Земле. Ясно, что решетка глубинных разломов, мантийных и коровых разного порядка, сложна в плане и многоэтажна, так как разломы закладываются на разной глубине. Представлена она многими парами перпендикулярных одно- и разнопорядковых разломов, и хотя в целом общепланетарна, не образует правильного планового рисунка на поверхности Земли. Однако КС обзорных масштабов могут лишь отчасти способствовать изучению крупнейших зон сверхглубинных разломов высших порядков, например таких, к которым приурочены живые геосинклинали. Их исследование проводится геофизическими методами, применяемыми вместе с геоморфологическими и геологическими, хотя, к сожалению, многими геологами недооценивается геоморфологический метод изучения разломов. Между тем лишь через рельеф и воду (гидросферу) можно судить о залегании пород, о форме разломов, о их плановом соотношении между собой и о многих других объектах [Башенина, 1976, 1977].

Значение исследования глубинных разломов крайне велико и потому, что они являются первичными структурами Земли, по которым на ее поверхность проникают все известные типы тектонических движений [Хаин, 1963; и др.]. На КС крупные разломы видны непосредственно как реальное явление. Не всегда оставаясь на больших расстояниях неизменными, они, пересекаясь с другими, теряют выраженность в рельефе и прослеживаются далее по нарушениям низших порядков, иногда кулисообразно сдвигаются, а иногда совсем исчезают, как бы отсекаясь поперечными разломами.

К XXVII МГК была составлена космогеологическая карта СССР в масштабе 1 : 2 500 000. При дешифрировании многозональных сканерных КС для этой карты составители выявляли объекты, которые ранее не отражались на общих геологических картах. Общая сеть разломов на территории СССР на этой карте показана в плане. Отчетливо выделяется ортогональная система разломов, а также диагональные разломы — ЗСЗ, ССЗ, ССВ, ВСВ. Резко преобладают шесть направлений. Помимо разломов, на этой карте отражены около 4000 кольцевых и субкольцевых структур различного, пока еще не всегда установленного генезиса. Анализ этой карты и выявление закономерностей размещения структур центрального типа, особенно рудоносных, открывают новые большие возможности для прогнозирования месторождений различного типа, что крайне существенно для малоизученных территорий.

Для составления космофотоструктурной карты Архангельской области нами были отдешифрированы разномасштабные от 1 : 100 000 до 1 : 1 000 000 многозональные и синтезированные КС на территорию северной части Русской платформы [Орлова, Парамонова, 1984]. Выявлено, что структурное дешифрирование и особенно дешифрирование разнопорядковых разломов и разрывных нарушений можно проводить одинаково успешно как для территорий, на которых породы фундамента выходят на поверхность (например, Ветренный пояс), так и на те регионы, где эти породы и структуры перекрываются осадками платформенного чехла. Такая карта существенно облегчит не только съемочные, но и поисковые работы, позволив локализовать участки для их постановки.



*Рис. 5.* Аэрофотоснимок одного из районов Карпат.

Сопоставление аэрофотоснимков с КС очень помогает распознаванию удивительных процессов, происходящих по разломам разного порядка. Так, внизу центральной части (рис. 5) видна поперечная хребту гряды, разделяющая два кара. Конец гряды как бы оборван, и она заканчивается почти отвесным уступом. Перед ним, точно повторяя полукруглую форму уступа, расположена площадка, коренные породы которой раздроблены и слегка прикрыты щебнистым элювием. Он выражен более светлым фототонном на снимке. Менее разрушенные породы окаймляют площадку и на снимке выделяются темной каемкой. Высоты каемки и центральной части площадки, которая сложена теми же породами, что и гряда, одинаковы. Сказанное убеждает, что площадка — это отрезанный от гряды и опрокинутый «ломоть». Разрывное нарушение, по которому это произошло, продолжается далее, прорезая продольную узкую грядку коренных пород, расположенную западнее, и образуя еще далее седловину в борте левого кара (см. рис. 5). Естественно, что отрезанная часть гряды сброшена вниз и опрокинута. Размеры сброшенной ступеньки невелики, но Н. В. Башениной приходилось наблюдать и в поле, и по КС крупные сбросовые ступени. Ступенчатые сбросы известны, но детальных описаний их не приводится. В Прибайкалье, у Приморского хребта, ступень шириной 6 км, образовавшаяся по Обручевскому разлому, хорошо видна и на КС в раз-

ных зонах спектра, и в поле. Расчлененная перпендикулярными зоне разлома разрывными нарушениями низших порядков эта ступень выражена в рельефе одновысотными грядами, а там, где она расчленена и продолжными разрывными нарушениями — невысоким мелкогорьем. Ступень протягивается вдоль западной границы зоны разлома в Приольхонье и далее к северу вдоль Малого моря. Здесь мы имеем дело с отсевшим по разлому крупным блоком, т. е. механизм образования этой структуры иной, чем у ступеньки, описанной выше (это — результат ступенчатого сброса). Исследованиями на «Пайсисе» подтверждено, что и подводный склон этой котловины оз. Байкал (1600 м глубиной) также представляет склон ступенчатого сброса. Некоторые исследователи считают описанную ступень «поверхностью выравнивания».

На КС Армянского вулканического нагорья сквозь разновозрастные лавы выражены на поверхности омоложенные зоны разломов. Одна из них достигает ширины 40 км. Хорошо прослеживаются обе ее границы и совершенно иной рельеф внутри зоны, обусловленный сложным чередованием разрывных нарушений разных направлений. При пересечении с разломом, рассекающим эту зону, она сдвигается.

Исследования рельефа Армении нами проводились и в поле, и по многозональным снимкам масштабов 1 : 1 000 000—1 : 2 500 000, и аэровизуальными наблюдениями. Изучены черно-белые КС в шести зонах спектра на пленках КН-3 и тип 17, полученные с космического корабля «Союз-12». В. К. Бронникова доказано, что на фотографиях, полученных в разных зонах спектра, дешифрируются различные сетки разломов неодинаковых порядка и глубины заложения. На КС Армении в голубой зоне ( $\lambda = 0,47$  мкм), где современный рельеф виден плохо, В. К. Бронникова удалось проследить под многоэтажным разновозрастным лавовым покровом крупные дуговые разломы, которые лишь частично, фрагментами, используются в современном морфоструктурном плане. Это, видимо, неомоложенные разломы фундамента, которые служат границами древних, в основном погребенных блоковых структурных форм [Бронникова, 1978]. Объяснить просвечивание погребенных разломов Армении под лавовыми покровами и, видимо, в низах фундамента пока не удалось.

Многоэтажная и разнопорядковая решетка разломов и разрывных нарушений представляет собой как бы каркас рельефа Земли и определяет весь его «крой». Это отчетливо выражено в горах, где даже малые формы рельефа (кары, трогги, ригели, лавинные ложки, промоины и др.) предопределены разрывными нарушениями [Башенина, 1973]. Хотя и менее четко, но малые формы рельефа равнин являются индикационными признаками разломов и разрывных нарушений. Таковы в Северо-Онежском районе котловины реликтовых ледниковых озер, гряды краевых образований, цепочки озов и камов и пр.

Разнопорядковые разломы представляют и границы морфоструктур.

### **КС и геоморфологическое картографирование**

Выше было сказано, что в настоящее время ни одна геоморфологическая карта не может быть составлена без анализа КС. Карты не может заменить ни одно самое хорошее описание, поэтому результаты анализа КС должны быть воплощены в картах, которые представляют модели современного рельефа.

Для карт обзорных масштабов (от 1 : 4 000 000 до 1 : 15 000 000) КС не являются единственными источниками, но помогают выявлению трансконтинентальных и региональных разломов, границ морфоструктур, отражения морфоструктурных планов и пр. Рассмотрим это на конкретных примерах фрагментов геоморфологических карт разных масштабов. На космофотомозаике Франции прослеживаются основные разломы всех крупных морфоструктур, а на юге четко выражена в виде гигантского

конуса выноса равнина Предпиренейского прогиба. Этот конус представляет собой систему многочисленных мелких конусов, очертания которых становятся более отчетливыми ближе в Пиренеям. Северо-западнее расположена низменная аккумулятивная равнина Ланд, приуроченная к опущенному блоку и имеющая форму треугольника, сквозь аккумулятивный покров которой просвечивает разлом, ограничивающий равнину с юга. Два близмеридиональных разлома ограничивают с запада Центрально-Французский массив. Главный их них просматривается сквозь рыхлые отложения на равнине Ланд и предпиренейских конусов выноса. Он сдвигается к востоку при пересечении с разломом, ограничивающим блок Центрально-Французского массива с севера. Видны субширотные и диагональные разломы, разделяющие массив на блоки низшего порядка, выраженные в рельефе. К одному из них приурочены молодые излияния базальтов. Разломом северо-западного направления отделены Севенны, ограничены складчатые горы Юры с отчетливо выраженным продольным рисунком гряд и долин. Прекрасно дешифрируется низменная равнина Парижского бассейна, окруженная ступенями денудационных равнин с несколькими рядами куэст, в плане образующих полукольцевой рисунок.

Как видно на фотомозаике, единого Армориканского массива в настоящее время нет; его раздробленные блоки (Нормандия, Бретань, Гатин) образуют плоскогорья со складчато-блоковой структурой и разделяются более низкой равниной. На фотомозаике прослеживается и широтное направление размытых древних складок Бретани («апалачский» рельеф).

На северо-востоке четко виден Рейнский грабен и менее выразительно грабен Соны-Роны, который резко суживается к югу от г. Лиона. Видны и узкие грабены на севере Центрально-Французского массива, приуроченность озер к разлому, ограничивающему массив с севера.

На КС Центральной Европы со спутника «Метеор» (рис. 6) видно, что крупные и малые морфоструктуры выкроены по разломам разного направления и порядка. Богемский массив окружен двойным «кольцом» разломов, из которых внутреннее отделяет массив от гор — Чешская Шумава, Рудные горы, Судеты на северо-востоке и Чешско-Моравские возвышенности на юго-востоке, а другое ограничивает эти горы с внешней стороны. Общий решетчатый план, обусловленный диагональными разломами северо-западных и северо-восточных направлений, хорошо выражен на КС и в конфигурации самого массива, и на плоскогорье в его центре. Массив расчленен долинами-грабенами, выполненными кайнозойскими отложениями значительной мощности (сотни метров). Богемский массив имеет в плане форму закругленного ромба.

Крупные разломы ограничивают Альпы и Карпаты, отделяя южную дугу Карпат от Нижнедунайской низменной равнины и гор Балканского полуострова; плоскогорье Карст в Истрии от Динарских гор, а далее на запад-северо-запад на этот разлом «наложен» грабен оз. Балатон. Параллельный крупный разлом того же направления отделяет Судеты от Чешско-Моравских возвышенностей и протягивается вдоль Западных Карпат на Русскую равнину. Еще южнее разлом того же порядка, параллельный описанным, протягивается вдоль Балканских гор до Адриатического моря, а на севере восточная «дуга» Альп ограничена разломом, параллельным перечисленным. На пересечении разломов разного направления выдвинулся к югу блок Высоких Татр; внутри Карпатской дуги видны разломные ограничения грабена Альфельд и др.; по разломам низшего порядка прослеживается раздробление на блоки Карпат, Альп, Аппенин.

Отчетливо видно, что все крупные озера Итальянских Предальп — Гарда, Изео, Комо, Лаго Маджора — приурочены к разломам почти меридионального направления (см. рис. 6). Пересекаясь в Альпах с многочисленными разломами разных порядков и направлений, эти разломы

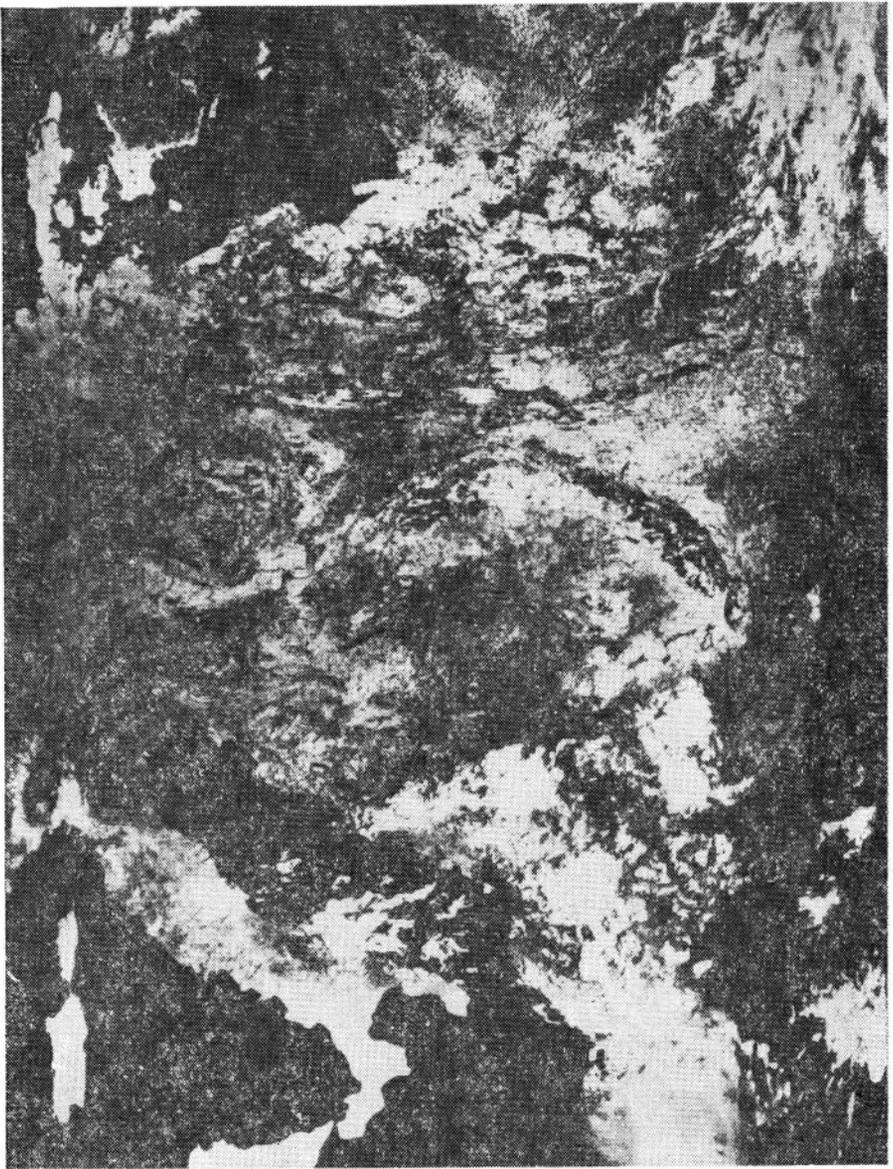


Рис. 6. Телевизионный снимок территории Центральной Европы со спутника «Метеор-25».

обуславливают сложное мозаичное блоковое строение, выраженное в рельефе. На КС по рельефу отличается блоково-сводчатая структура Альп и Карпат от блоковой структуры платформенных гор герцинской Европы.

Анализ КС Франции и Европы при составлении геоморфологической карты мира м-ба 1 : 15 000 000 позволил уточнить морфоструктурный план и рисовку морфоструктур (рис. 7). Это относится и к другим территориям, на которые были использованы КС для составления геоморфологической карты мира. На рис. 8 отдельные КС Иранского нагорья и окаймляющих его эпигеосинклинальных поясов помогли уточнить как общий морфоструктурный план, так и внутреннюю структуру горного пояса Загрос.

На основе дешифрирования КС была составлена геоморфологическая карта центральной части Бразильского щита в масштабе снимка

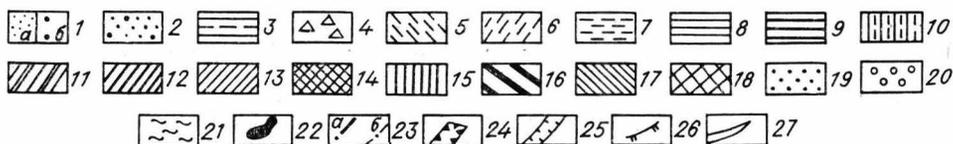
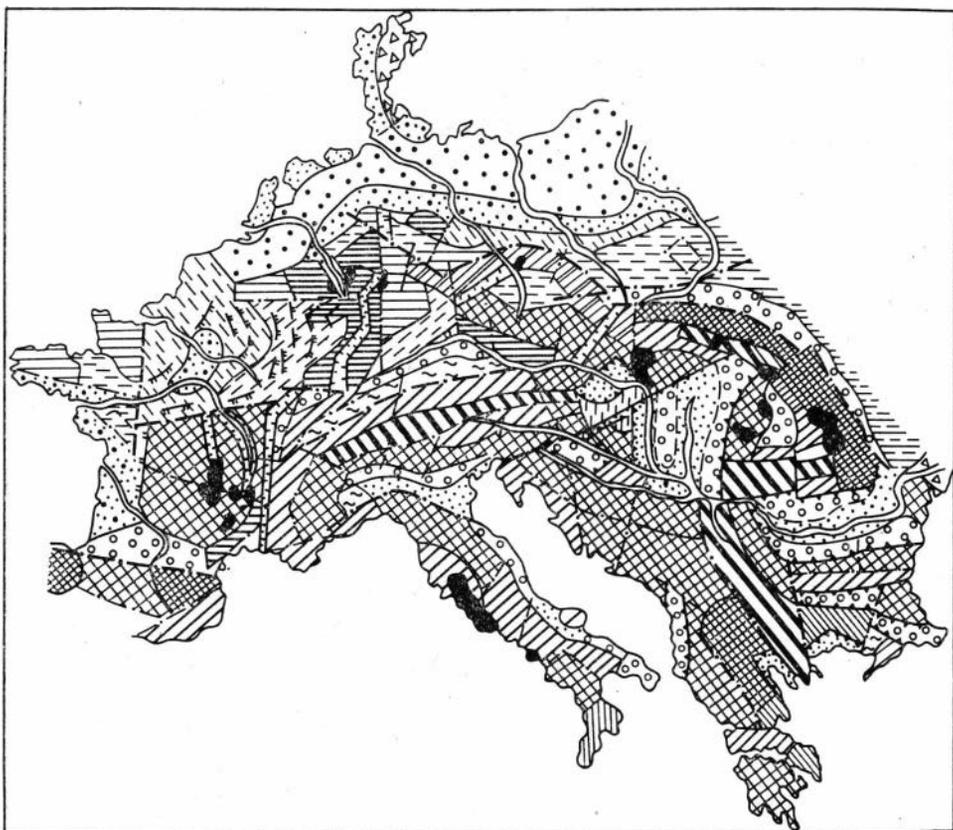


Рис. 7. Карта морфоструктур Центральной Европы, м-б 1 : 15 000 000 (Н. В. Башенкина).

1—8 — равнины: 1 — аккумулятивные платформенных прогибов на глубокозалегающем коренном основании (а — ниже, б — выше уровня моря), 2 — аккумулятивно-денудационные на неглубокозалегающем коренном основании, 3 — денудационные на слабодислоцированных пластах, 4 — первичные наклонные морские, 5 — на моноклинально залегающих пластах, 6 — на моноклинальных и локально дислоцированных пластах, 7 — со складчатой, 8 — с блоковой структурами; 9—11 — горы: 9 — хребты и массивы блоковые с невыраженной в рельефе древней структурой, 10 — хребты, массивы и мелкогогорья выдвинутых горстов с ядрами древнего фундамента, 11 — хребты и массивы складчато-блоковые со слабо выраженной древней структурой; 12—22 — эпигеосинклинальные орогенические пояса: 12—14 — альпийские (12 — хребты и массивы блоково-складчатые, 13 — хребты и массивы сводово-складчато-блоковые, 14 — хребты и массивы сводово-складчато-блоково-надвиговые); 15—18 — возрожденные (15 — хребты и массивы сводово-складчато-блоковые, 16 — хребты и массивы сводово-блоково-надвиговые, 17 — хребты нагорий, наследующих срединные массивы, 18 — плоскогорья, раздробленные дифференцированными блоковыми движениями); 19—22 — горы и равнины краевых и межгорных впадин (19 — аккумулятивные равнины, 20 — аккумулятивно-денудационные и денудационные равнины, 21 — хребты и гряды складчатые и моноклинальные, 22 — вулканические хребты и массивы); 23 — глубинные разломы (а — границы зон, б — разломы, обуславливающие блоковое строение морфоструктур); 24—27 — малые морфоструктуры и отдельные формы рельефа: 24 — впадины-грабены, 25 — рифтовые впадины, 26 — куэсты, 27 — долины крупных рек (1—8 — материковые платформы).

1 : 8 000 000 (рис. 9). Основная информация о геоморфологических границах, разломах разного порядка, связи особенностей строения рельефа с разломами, отдельных крупных формах рельефа была получена лишь при дешифрировании КС, так как на эту территорию нет хорошей гипсометрической карты.

Целью анализа КС как дополнительных источников для составления карты Советского Союза являлось уточнение границ геоморфологических объектов и морфоструктурных планов различных территорий. Иногда анализ КС позволял передать на этой карте генезис и в некоторых случаях

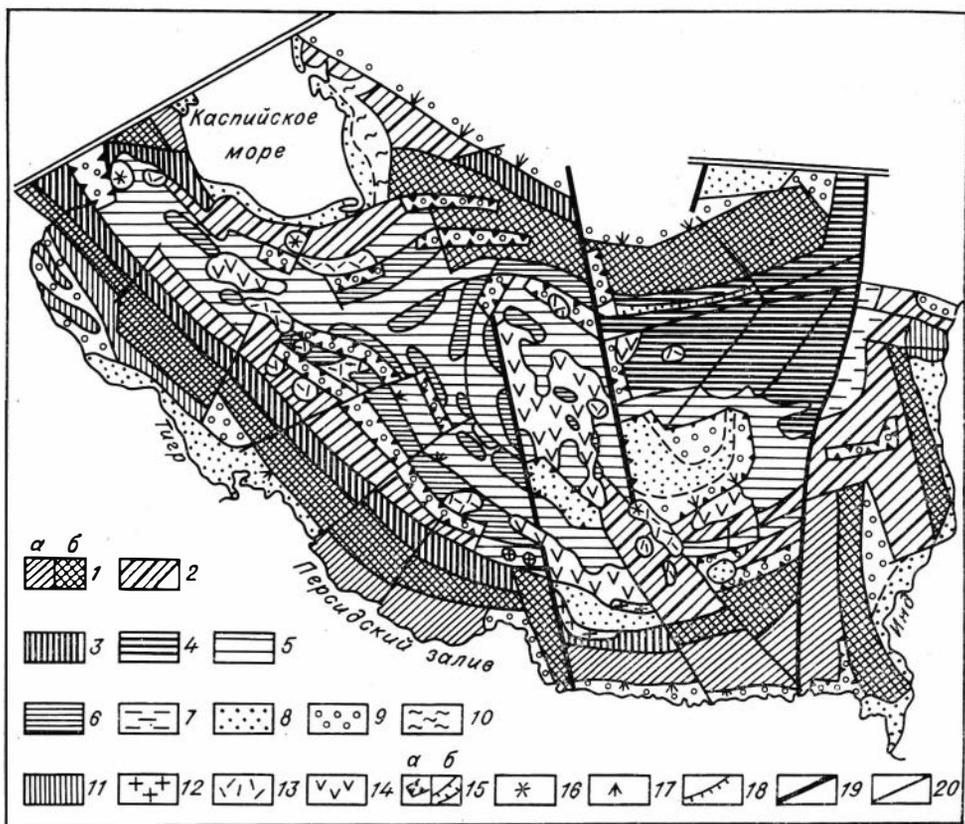


Рис. 8. Фрагмент геоморфологической карты мира, м-б 1 : 15 000 000 (Иранские нагорье) (Н. В. Башенна).

1—11 — морфоструктуры подвижных поясов: 1—3 — эпигеосинклинальные хребты и массивы: 1 — блоково-складчатые низкие (а), средневысотные и высокие (б), 2 — сводово-складчато-блоковые, блоково-моноклиальные, 3 — складчато-блоково-надвиговые; 4—7 — возрожденные хребты и массивы сводово-складчато-блоковые (а), нагорья, наследующие срединные массивы, блоковые (б) хребты нагорий — сложные горы (6), плоскогорья, раздробленные дифференцированными блоковыми движениями (7); 8—10 — равнины: 8 — аккумулятивные, 9 — аккумулятивно-денудационные, 10 — денудационные; 11 — хребты и гряды складчатые; 12—14 — тектономагматические морфоструктуры: 12 — горст-интрузивные массивы и хребты, 13 — тектоновулканические хребты и массивы, 14 — вулканические нагорья и плоскогорья; 15—18 — формы рельефа: 15 — впадины (а — грабены, б — рифтовые долины), 16 — вулканы, 17 — конусы выноса, 18 — тектонические уступы; 19 — зоны планетарных сверхглубинных разломов; 20 — глубинные разломы.

предположить возраст крупных морфоструктур, например наложение молодой рифтогенной активизации на разные планетарные морфоструктуры, расположение Уральского хребта в зоне Урало-Оманского разлома [Буш и др., 1980].

На основе изучения сканерных многозональных космических снимков со спутника «Метеор-30» и др. был существенно дополнен авторский макет карты СССР м-ба 1 : 4 000 000 на Забайкалье и др. (рис. 10). По снимкам отдешифрованы зоны глубинных разломов разного порядка и простираения. Уточнена на северо-востоке граница Байкальской рифтовой зоны по зоне глубинного разлома, что подтверждается и распространением аномальной мантии. Этот разлом — сложно построенная зона сочленения разновозрастных и генетически неодинаковых орогенных складчато-блоковых поясов. Северная часть зоны была известна давно под названием Темулякитского «шва»; южную выделили сотрудники ТИГА АН СССР, а также М. В. Пиотровский. Она хорошо видна на КС и уточнена по прямолинейным отрезкам рек Олекмы, Нюкжи, Тунгура, Амура и др. Как видно на рис. 9, по ней резко меняются и морфоструктурный план большой территории, и простираение хребтов и впадин поясов Бай-



Рис. 9. Фрагмент геоморфологической карты, составленный с использованием многозональных космических снимков со спутника «Метеор-28» (В. К. Бронникова).

1—12 — материковые платформы: 1, 2 — равнины аккумулятивные платформенных прогибов на глубоко залегающем коренном основании, аллювиальные (1) и на близко залегающем коренном основании, аллювиальные, аллювиально-озерные (2), 3—9 — денудационные на слабо дислоцированных пластах (3), плато (4), столовые горы (5), равнины на моноклинально залегающих пластах (6), щитов (7), плоскогорьев щитов (8), равнины складчато-блоковые (9); 10 — плоскогорья складчато-блоковые; 11 — трапные плато и плоскогорья; 12 — хребты и массивы с новообразованной блоковой структурой додешифрирующиеся, выраженные в рельефе и служащие границами морфоструктур (13), выраженные в рельефе и определяющие блоковое строение морфоструктур (14); 15—17 — формы рельефа: 15 — гребни (а) и вершинные поверхности (б), 16 — уступы денудационные (а — в коренных породах, б — в рыхлых породах); 17 — конусы выноса.

кембрийского фундамента; 13, 14 — глубинные разломы, четко дешифрирующиеся, выраженные в рельефе и служащие границами морфоструктур (13), выраженные в рельефе и определяющие блоковое строение морфоструктур (14); 15—17 — формы рельефа: 15 — гребни (а) и вершинные поверхности (б), 16 — уступы денудационные (а — в коренных породах, б — в рыхлых породах); 17 — конусы выноса.

кальского, Алдано-Станового, Тукурингра-Джагдинского, Забайкальского.

Дешифрирование КС для карт съемочных масштабов можно определить, исходя из трехступенчатого принципа, принятого в современном геоморфологическом картографировании: 1) освещение «фона» в масштабах мельче основного; 2) картографирование территории в основном масштабе; 3) предельно детального изучения «ключей» в масштабах крупнее основного. Для среднемасштабного картографирования КС позволяют провести геоморфологический анализ на широком региональном фоне и с помощью генерализации. Авторами именно так составлены геоморфологические карты Карпат в м-бах 1 : 500 000, 1 : 1 000 000 и 1 : 2 500 000 [Башенина и др., 1977].

При изучении КС Армении Н. В. Башенина и В. К. Бронникова установили, что по изображению в оранжево-красной зоне ( $\lambda = 0,66$  мкм) наиболее отчетливо опознаются границы морфоструктур, т. е. структурных форм, выраженных в современном рельефе, особенности которых подчеркиваются характером расчленения, растительностью и увлажнением. Поэтому для составления карты морфоструктур Армении В. К. Бронниковой использовались как наиболее информативные именно эти снимки [Бронникова, 1978].

Большой интерес представляют КС, полученные с космического корабля «Союз-12» в 1976 г. (эксперимент «Радуга»). Там был установлен созданный специально для изучения природных ресурсов и контроля окружающей среды из космоса многозональный фотоаппарат МКФ-6. Получены снимки в шести зонах спектра. Многозональные снимки использовались для решения различных задач, в том числе и геоморфологических [Башенина и др., 1982]. Исследовались вулканогенные образования Охотско-Чукотского пояса и других районов, перспективных для поиска полезных ископаемых; изучался рельеф морских мелководий и прибрежных шельфов, оценка лавинной и селевой опасности на трассе БАМ и др. По результатам работ, проведенных на географическом факультете МГУ в 1982 г., был издан атлас «Дешифрирование многозональных аэрокосмических снимков, методика и результаты». Нами была предложена методика

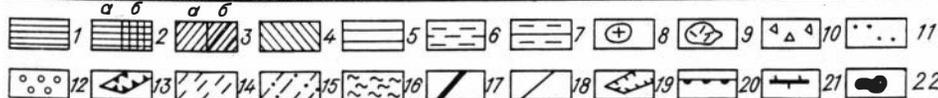


Рис. 10. Фрагмент геоморфологической карты СССР (Н. В. Башенна, Н. Н. Тальская).

1-16 — подвижные пояса: 1-3 — рифтогенной активизации эпиплатформенной (1 — массивы и хребты блоковые на байкалидах, средневысотные, 2 — массивы и хребты сводово-блоковые и блоковые на архендах низкие (а) и средневысотные (б); 3 — эпиорогенной, хребты складчато-блоковые на мезозоидах (а — низкие, б — средневысотные); 4 — возрожденные горы, хребты и массивы сводово-блоковые, блоковые на палеозоидах; 5-9 — морфоструктуры общие для всех подвижных поясов: 5 — массивы сводово-горстовые, 6 — плоскогорья, раздробленные дифференцированными блоковыми движениями, 7 — гряды и мелкогорья блоковые, тектонические ступени, 8 — горст-интрузивные массивы, 9 — вулканические нагорья и плоскогорья; 10-16 — предгорные и межгорные впадины: 11-13 — аккумулятивные равнины (10 — ледниковые и водно-ледниковые, 11 — аллювиально-озерные, 12 — аллювиально-пролювиальные, 13 — аккумулятивно-денудационные днища грабен); 14-16 — денудационные равнины (14 — на слабо наклонных и моноклинальных пластах, 15 — на полого-складчатых пластах, 16 — со складчато-блоковой структурой); 17, 18 — зоны разломов омоложенные, выраженные в рельефе (17 — определяющие формирование региональных морфоструктур, их смещение, основные черты морфоструктурного плана, 18 — определяющие блоковое строение морфоструктур); 19 — границы рифтовых впадин; 20 — тектонические уступы; 21 — гребни хребтов; 22 — озера, водохранилища, заливы.

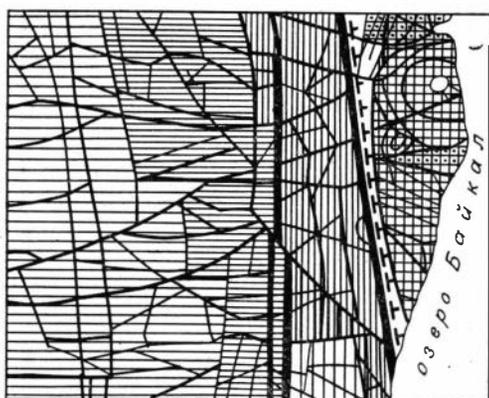


Рис. 11. Фрагмент карты блоковых неоструктурных форм (Н. В. Башенна, В. А. Волков).

1-3 — Приморский максимально поднятый (северо-западное плечо Байкальского рифта): 1 — сложно дифференцированный, образованный гранитоидами (высота 1220-1370 м), 2 — сильно раздробленный, сложенный гранитоидами (высота 950-1130 м), 3 — монолитный, сложенный известняками и доломитами (высота 1060 м), 4-6 — Ольхонский относительно опущенный: 4 — монолитный (горст-интрузивные массивы), сложенный основными и ультраосновными интрузивами (высота 900-960 м), 5 — сильно раздробленный, образованный мраморами и сланцами ольхонской серии (высота 750-860 м), 6 — сложная, ступенчатая впадина-грабен, образованная мраморами

и сланцами ольхонской серии (высота 740 м); 7-10 — Баяндайский приподнятый (юго-западная окраина Сибирской платформы с отголосками рифтогенеза): 7 — дифференцированно поднятый, сложенный конгломератами и песчаниками (высота 840-1040 м), 8 — сильно раздробленный, образованный известняками (высота 890-970 м), 9 — разломы и разрывные нарушения, 10 — ступенчатый сброс.

морфоструктурного дешифрирования многозональных снимков и составлены карты в м-бе 1 : 500 000 по территории Южного Предбайкалья. Работа проводилась в три этапа: предварительное дешифрирование снимков, полевые, в том числе и аэровизуальные работы, камеральное дешифрирование и составление карт. Анализ разломов и разрывных нарушений, выделенных по многозональным КС, в сочетании с топографической и геологической картами дал материал для составления карты блоковых неоструктурных форм (рис. 11). Они подразделены на четыре порядка с учетом разломной тектоники, сейсмичности, направленности неотектонических движений, характера расчленения, литологии коренных пород и высот рельефа. Карта блоковых неоструктурных форм — это особый тип геоморфологической карты и в то же время основа для ее составления.

Начат переход к автоматизированному дешифрированию — созданию алгоритмов, производящих классификацию объектов съемки по соотношению яркости их изображения на снимках в различных зонах спектра. Автоматизированные приемы обработки космической информации применяются зарубежными исследователями США, Канады. В СССР также стали применяться автоматизированные методы обработки и математическое моделирование космической информации в основном при металлогенических исследованиях, реконструкции новейших полей тектонических напряжений и т. д. [Гоникберг, 1983; и др.].

\* \* \*

В целом использование КС трудно переоценить. КС рельефа отличаются большой обзорностью, естественной генерализацией и объективностью изображения. Большая обзорность позволяет выявить морфологические и структурные особенности рельефа на отдельных участках и взаимное расположение морфоструктур разного ранга, а также проследить закономерности размещения их в пространстве.

На КС, имеющих различный масштаб и разрешающую способность, изображение компонентов природной среды оказывается генерализованным в различной степени: выделены планетарный, глобальный, региональный, локальный, а для аэрофотоснимков детальный уровни генерализации. В процессе естественной генерализации мелкие детали, характерные для морфоструктур разных рангов, становятся не различимы, но их совокупность создает обобщенный фоторисунок, дающий новое качество. Сказанное подтверждает, что изучение рельефа, ландшафта и геологического строения любой территории без анализа КС уже недопустимо как для теоретических, так и для практических целей. Если ранее считалось, что для проникновения в глубь Земли есть лишь один «волшебный глаз» (геофизические методы), то вторым таким «глазом», бесспорно, являются многозональные космические снимки разных типов и масштабов. В их анализе заключается ускорение процессов познания в науках о Земле.

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ АЭРОФОТОСЪЕМОК И КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО РЕЛЬЕФА**

Фотоизображения, позволяющие получать при дешифрировании стереомодели местности, дают наиболее полную информацию о рельефе в сравнении с любыми другими моделями земной поверхности того же масштаба. Такие фотоматериалы имеют ряд преимуществ перед одиночными фотоснимками или изображениями, полученными при телевизионной, радиолокационной и других видах съемки. Во-первых, они дают однозначную информацию о рельефе, во-вторых, до определенной степени уменьшают диапазон возможной интерпретации изменений плотности

фототона. Позволяют исключить изменения яркости, зависящие от ориентировки поверхности, от прочих, не прибегая к анализу топографических и ряда других специальных карт. Использование стереомодели обеспечивает непрерывное наблюдение структуры поверхности, а фотограмметрических приборов позволяет получить любые морфометрические параметры рельефа. Аэрофотоснимки при составлении общих геоморфологических карт обеспечивают детальное с высокой точностью отображение структуры поверхности с одновременной расшифровкой причин, обусловивших ее, и в то же время позволяют воспринимать рельеф как единое целое.

При геоморфологических исследованиях получаемые данные могут быть разделены на два типа: непосредственно наблюдаемые (данные о морфологии конкретных элементов рельефа поверхности, однозначно опознаваемые следы процессов на поверхности, изменения структуры поверхности, однозначно предопределенные изменением условий поверхности, распределением выходов геологических тел, и т. д.) и данные интерпретации совокупностей показателей первого типа. Дешифрирование как однозначное узнавание позволяет получить большую часть данных первого типа. Для этого необходимо выработать привычку скрупулезно работать с очень детальной моделью местности, а также знать характер проявления тех или иных объектов, явлений в структуре поверхности. Трудно отказаться и от интерпретации их, поскольку такие данные редко могут быть получены по топографическим и другим картам, получение же их при контактных исследованиях дорого и очень времяемко. И хотя интерпретация чаще всего неоднозначна, некоторые из получаемых по данным дешифрирования моделей условий поверхности, типов взаимодействия сред, обусловивших экзоскульптуру и экзопластику поверхности раздела, часто хорошо согласуются с моделями обстановок, реконструируемых на основе данных палеонтологических, минералогических и других исследований.

Наиболее эффективны результаты интерпретации аэрофотоизображений поверхностей речной аккумуляции. При дешифрировании аллювиальных отложений важнейшим признаком является рисунок, образованный следами русел. Независимо от компонентов фотоизображения этот генетический признак полей развития аллювиальных отложений довольно определен и опознание их не вызывает затруднений. «Следы периодических перестроек меандр сохраняются на дне долины в виде рукавов, протоков и сухих ложбин» [Экспериментальная геоморфология..., 1969, с. 30]. На поверхностях низких террас, нетеррасированных днищ межгорных котловин, выстланных аллювием (кроме сухих ложбин) относительное положение прежних русел и их плановые параметры демаскируются растительностью, которая меняется с изменением гранулометрического состава аллювиальных отложений, гидрогеологических условий. Рисунок может иметь вид меандр, сочетания меандр с веерным фуркирующим рисунком и т. д.

Оценка изменений стока во времени основывается на сравнительном анализе параметров следов излучин рек, образовавшихся на разных этапах развития долин [Экспериментальная геоморфология..., 1969; Волков, 1962, 1967; Антощенко-Оленев, 1977, 1982; и др.]. Выделяя участки с разными рисунками и оценивая относительную последовательность их возникновения, составляется возрастной ряд изменений плановых параметров русел реки. Для большинства водотоков характерен рисунок типа меандр. Меандры разных по мощности потоков отличаются размерами и формой (меняются радиусы кривизны излучин, длины стрелок прогиба, шаг меандр и т. д.). В случае перегруженности наносами поток фуркирует, ширина и количество образующихся рукавов непостоянны, что усложняет расшифровку изменений стока. Известные зависимости между разными плановыми параметрами русел и расходом воды позволяют коли-

чественно оценивать эти расходы относительно современного на разных этапах истории водотока, зафиксированных во временном ряде рисунков. Из-за фрагментарности следов древних русел наиболее часто используют при сравнении радиуса кривизны излучин, зависимость которых ( $r_c, r_g$ ) от руслоформирующих расходов ( $Q_c, Q_g$ ) показывается выражением  $Q_g = Q_c \cdot (r_g/r_c)^2$  [Экспериментальная геоморфология..., 1969, с. 94—95]. Кроме того, для остальных изменений стока могут быть использованы следующие соотношения:

1) между радиусом кривизны излучины ( $r$ ) и шириной ( $b$ ) русла  $r = kb$ ;

2) между радиусом кривизны и шагом излучины ( $L$ ) —  $r = 0,39L$  («...длина шага развития меандры изменяется сравнительно немного» [Экспериментальная геоморфология..., 1969, с. 39] для излучин разных стадий);

3) между радиусом кривизны и шириной пояса ( $B$ ) меандрирования —  $r = A \cdot B$ , где  $A$  — коэффициент.

Кроме упоминавшихся выше фрагментов участков рисунка фуркирующих русел, помехой при анализе изменений стока могут стать следы излучины на разных стадиях эволюции. При росте меандры низкая почти постоянного изгиба дуга стремится увеличиться в высоту с уменьшением радиуса изгиба, простая излучина развивается в сложную. Сложные излучины являются отклонением от нормальной формы неопределенностью радиусов и длин [Games C. Price, 1974], но меандрирующий узор может быть проанализирован в простых излучинах. Эти параметры могут быть измерены и статистически обработаны. Для более достоверных выводов об изменениях стока необходимо учитывать, что при разном составе размываемых грунтов, транспортируемых наносов параметры русел могут меняться, т. е. перед анализом необходимо районировать долину на зоны по типу субстрата. Скорость изменения ширины русла с изменением расхода уменьшается тогда, когда возрастает содержание ила — глины в береговом материале [Knighton A. David, 1974]. Последнее показывает, что при одинаковом стоке может меняться значение  $k$  в отношении  $r = kb$ . Наименьшая интенсивность деформации плановых очертаний меандр у русел с высокими берегами, сложными крупным аллювием [Экспериментальная геоморфология..., 1969].

Рисунок следов русел, кроме указаний на изменения объемов стока, содержит информацию и о режиме стока. Сочетание крупных меандр с большим числом спрямленных излучин свидетельствует о неравномерности стока (увеличении мощности половодий, паводков). При росте объема стока, но без нарушения его равномерности рисунок образуется сочетанием крупных излучин. При закреплении склонов водосборных бассейнов растительностью, что сопровождается уменьшением наносов в потоке, увеличивается шаг меандр и радиус кривизны излучин, уменьшается стрела прогиба излучин.

Изменение руслоформирующих расходов и режима стока может быть обусловлено разными причинами: изменениями общей увлажненности климата, соотношения поверхностного и подземного стоков и др. Выяснение их требует дополнительных данных, которые иногда также содержатся в фотоизображении поверхности.

**Оценка изменений климата по реликтовым полигональным грунтам.** При дешифрировании средне- и крупномасштабных аэрофотоматериалов степных и лесостепных районов на пологих склонах и разновременных участках днищ межгорных котловин, субгоризонтальных поверхностях в долинах, на междуречьях можно довольно часто наблюдать сети темных линий (Читинская и Иркутская области, Красноярский край, Бурятия, север Казахстана и др.). Это сети грунтовых жил, псевдоморфоз по повторно-жильным льдам, разбивающие массивы грунтов на полигоны. Все они находятся на стадии деградации. Наблюдения над полигонами

(с изменениями их сторон, оценкой степени правильности многоугольников, сравнением четкости и ширины линий и т. д.) могут дать сведения об однородности грунтов, в которых они развиты, об относительной величине температурного градиента, при котором происходило образование морозобойных трещин, а также позволяют разделить разновозрастные покровные отложения (рыхлые покровные образования). Так, сочетания полигональных грунтов с синхронными следами излучин, указывающими на увеличение стока, дают возможность предположить, что оно связано с изменением соотношения объемов подземного и поверхностного стока в пользу последнего. И для доказательств связи изменений общей увлажненности климата нужны другие факты.

Расстояния ( $X$ ) между морозобойными трещинами зависят от физико-механических и тепловых свойств мерзлых грунтов ( $\sigma$  — сопротивление сдвигу,  $G$  — модуль деформации,  $\alpha$  — коэффициент температурного расширения — сжатия), температурного градиента ( $g$ ):  $X = \frac{2\sigma}{\alpha G g}$  [Романовский, Шапошникова, 1971]. Расстояния между трещинами (при равных значениях температурного градиента) в песках существенно больше, чем в суглинках, они мало меняются при изменении водонасыщенности песка. В суглинках расстояние между трещинами уменьшается при понижении их водонасыщенности. Даже при относительно малых градиентах, при которых в песках не формируются трещины, в суглинках морозобойные трещины могут развиваться. Располагая некоторым количеством данных о покровном комплексе отложений, дешифруя полигональные грунты, оценивая их параметры, можно получить интересные данные о природных условиях исследуемого района в прошлом.

Чем меньше температурный градиент, тем больше расстояние между трещинами. Наблюдая на грунтах одинакового состава полигональные сети с разным средним размером ячеек, можно предположить, что крупноячеистые сети образовались в менее континентальных условиях с относительно мягкими зимами, чем мелкоячеистые [Антощенко-Оленев, 1976]. В однородных грунтах морозобойные трещины образуют системы равносторонних полигонов, ориентировка которых зависит от наклона поверхности и ориентировки ограничивающих элементарную поверхность элементов. Неоднородность грунтов в пределах единой поверхности приводит к возникновению полигонов разных размеров с неровными границами. Разная степень сохранности полигональных рисунков позволяет ориентировать степень денудированности поверхности после формирования полигонального рельефа.

Во всех случаях при анализе стереомоделей местности одиночных снимков предполагается тщательность. Например, для того чтобы морфология конусов выносов, делювиальных, делювиально-пролювиальных шлейфов могла быть использована для оценки относительной крупности обломочного материала, слагающего их, склоны, под которыми они развиты, должны иметь равную длину, высоту, а временные водотоки — примерно равные по площади и близкие по форме водосборы. При соблюдении этих условий можно сказать, что более выпуклые и более крутосклонные конусы сложены более грубым материалом. Пологие конусы сложены более тонким материалом. В районах с разным количеством атмосферных осадков и их ходом крутизна конусов, сложенных одинаковым материалом, может быть разной. Нужно, кроме того, учитывать возможное влияние водопроницаемости субстрата, на поверхности которого разгружается временный водоток. На более водопроницаемом ложе конусы круче.

При определении состава отложений конусов выносов, шлейфов, покровных рыхлых образований на склонах следует обращать внимание на форму оврагов, логов, промоин, врезавшихся в них. На глинах овраги неглубокие с равномерным уклоном, плавным округлым поперечным

профилем и глубоко врезанными вершинами [Аэрометоды..., 1971, с. 247]. Если они выработаны в песках, гравийных отложениях, то имеют остроугольный поперечный профиль, небольшую длину и крутой профиль тальвежной линии. Овраги, прорезающие лессы, песчано-глинистые отложения, характеризуются малыми уклонами тальвегов, плоскими днищами.

При картировании конструктивного рельефа аэрофотоматериалы всегда используются эффективно, если генетические формы своеобразны, когда возможно их однозначное узнавание без привлечения данных, которые фотоизображение не может содержать. Например, при картировании горно-долинного ледникового рельефа могут однозначно опознаваться морены напора. Когда эти формы присутствуют, однозначно интерпретируется и холмисто-западинный рельеф, наблюдаемый выше морен напора как рельеф абляционной морены. При дешифровании холмисто-западинного рельефа вне комплекса форм, однозначно связываемых с ледниками, лучше ему не давать генетической интерпретации.

Проллювиальные шлейфы хорошо будто бы демаскируются веерами русел, эрозионных борозд, комбинациями микроконусов выносов, исчезающими на внешнем крае макроконусов, но все эти признаки могут нести эрозионные наклонные скульптурные поверхности. Даже при дешифровании вулканических лавовых, шлаколавовых конусов могут быть ошибки из-за случайного морфологического сходства деструкционных форм рельефа с конструктивными. Работая в Забайкалье, мы за вулканический конус приняли крупный останец порфиробластических гранитов. Такая ошибка могла быть исключена, если бы был выполнен контроль. В данном случае необходимо проанализировать распределение группировок деревьев в лесном покрове. В тайге на скальном и полускальном основании линейные группировки деревьев трассируют сгущение трещин. При контрольном дешифровании установлено, что системы трещин как в пределах «вулкана», так и на гранитоидах смежного междуречья одинаковы. Подобное могло быть только в случае деструктивного рельефа, поскольку новое конструктивное вулканогенное образование было бы со своими, свойственными ему, системами трещин.

Необходимо всегда использовать те или иные приемы контроля. Особенно в тех случаях, когда в результате дешифрования стремятся выявить тектонические деформации поверхности, проявления разрывных нарушений в пределах золотых массивов, аллювиально-озерных равнин. Здесь два аспекта. Первый — соотношение скоростей трансформации поверхности в результате экзогенных и эндогенных процессов. Экзогенная трансформация поверхностей золотых массивов, аллювиальных и аллювиально-пролювиальных равнин, а в некоторых случаях и аллювиально-озерных обычно гораздо выше скоростей эндогенной трансформации. Поэтому эндогенные трансформации устанавливаются по косвенным признакам и всегда с какой-то долей вероятности. Наиболее достоверные из них приурочены к участкам поверхности, где экзогенная трансформация по какому-то причинам ослаблена. Так, на предгорных пролювиальных шлейфах у северо-восточного склона хр. Западный Тарбагатай можно наблюдать форберги, сложенные неогеновыми и плейстоценовыми отложениями, на участках, где нет активного формирования конусов выноса. В районах развития золотых массивов достоверно установить проявления тектонических деформаций при дешифрировании практически невозможно. Второй аспект — вероятность обусловленности прямолинейных форм рельефа конструктивных равнин новейшей тектоникой. Особенно это относится к долинам рек на аллювиальных, аллювиально-озерных и других типах равнин. Если любая фракция выстилающих ложе отложений легко может трансформироваться протекающими по равнине реками, то едва ли проявившийся в рыхлом покрове тектонический разрыв даст рыхлый материал, который был бы предпочтительней для размыва. Труд-

но даже предположить, что в рыхлом покрове препарируются реками тектонические разрывы и их зоны.

При выделении линеаментов (как тектонических нарушений) надо иметь в виду, что даже опознание поверхностных объектов, которые в определенных случаях демаскируют тектонические разрывы, еще не гарантирует достоверности выделения тектонического разрыва. Какие индикаторы имеются в виду? Прямолинейные цепочки выходов подземных вод прямолинейные участки речных долин, такие изменения в строении долин, как появление озеровидных расширений, внутренних дельт, каньонообразных врезов, чередование участков с многорукавным и единым руслом и т. д. Например, выходы подземных вод могут быть обусловлены выклиниванием поверхностного тела пролювиальных отложений, лежащих на водоупоре и сформированных под горным склоном, имеющим примерно равную длину на очень протяженном участке. По фотоизображению активных эоловых массивов могут быть выделены линеаменты, которые выражены в смене рисунков распределения типов форм эолового рельефа, обусловленных распределением тормозящих воздушный поток преград, иногда удаленных на десятки километров от эолового массива.

Аэрофотоматериалы, на которых можно распознать генетические микроформы и мелкие мезоформы деструкционного рельефа, являются превосходным источником информации об условиях моделирования поверхности. При изучении деструкционного рельефа дешифрование, пожалуй, единственный практически реализуемый способ познания скульптуры поверхности как целого, характеризуемого не усредненными морфологическими параметрами, а любым числом частных параметров, получаемых для любой точки поверхности. Благодаря разной устойчивости горных пород выветриванию, на выходах некоторых из них после смены условий моделировки поверхности долгое время сохраняются реликтовые экзоскульптуры. Так, например, довольно четко устанавливаются границы пояса древних гольцов в современном таежном поясе гор Западного Забайкалья по реликтовым формам рельефа на выходах интрузивных пород [Антощенко-Оленев, 1975, с. 9—10]. Это ряд мезоформ: нагорные денудационные террасы, ложбины «выпахивания» [Нагорья..., 1974]. Эти плоскостонные неглубокие долины первого-второго порядков с продольным профилем, близким по крутизне расчленяемым склонам, нельзя было называть ложбинами выпаживания, так как более вероятно, что они образовались за счет расширения дна неглубоких эрозионных врезов, склоны которых развивались как морозные забои. Реликтовые формы выработаны в коренном субстрате, а не в маломощном покровном комплексе. Скульптура, вырабатываемая в рыхлом чехле, довольно быстро разрушается с изменением элементов климата и типов склоновых процессов, заменяясь новой.

При работе со стереомоделью, близкой по детальности структуры поверхности к реальному рельефу, иногда возникают неожиданные вопросы. Становится видным, что определения некоторых понятий, которыми до этого пользовались, недостаточно точны и т. д. Например, что считать долиной? А что считать долиной и водоразделом первого порядка? Работая с топографической картой, мы не стояли перед выбором начала отсчета. Уменьшался ее масштаб и уменьшалось число линий тальвегов и водоразделов, менялось и количество порядков. Детальность рельефа стереомодели местности при масштабе фотоизображений 1 : 25 000—1 : 17 000 выше детальности модели рельефа на топографической карте, даже масштаба 1 : 10 000. Поэтому особенно нужны приемы исследования и способы описания рельефа. Каким образом документировать данные о рельефе, чтобы избежать потерь информации и добиться передачи данных в удобном для восприятия виде? На основе дешифрования выгодно составлять карты генетически однородных поверхностей. Это позволяет достигать высокой точности отображения структуры поверхности с расшифров-

кой причин, ее обусловивших. Комбинации разновидностей сопряженных генетически однородных поверхностей и образовавшихся при их сопряжении структурных линий при умелом графическом изображении дают и неплохой обобщенный образ структуры поверхности.

Время аэрофотосъемок для нужд геоморфологического картирования определяется тем, что стереомодель должна быть как можно ближе по структуре поверхности к реальному рельефу. При прочих равных условиях детальность стереомодели будет зависеть от того, как много на местности контрастных точек, пятен, по которым четко устанавливаются смещения за рельеф. Чем больше возможностей наблюдать смещения за рельеф, тем детальнее стереомодель. Обычно такие условия возникают при установлении наиболее пестрых аспектов местности. В степях, сухих степях, полупустынях и пустынях это время максимального развития растительного покрова, что происходит примерно через месяц — полтора после средней суточной температуры  $+10^{\circ}\text{C}$ . При исследовании рельефа таежных районов выгодны снимки такого масштаба, при котором еще можно видеть своеобразие формы крон деревьев в плане (точки разной формы). Можно использовать снимки, на которых наиболее детально передаются различия в цвете (плотности фототона) группировок деревьев разной породы. Кроме АФС, для таежных районов полезно иметь комплект радиолокационных снимков, позволяющих анализировать характер микро- и мезонеровностей склонов.

В тех случаях, когда мы обращаемся к одиночному снимку, стереопаре с малым разрешением, полученной при съемке с больших высот, пестрые изображения невыгодны. Особенно тогда, когда распознавание объектов поверхности не может быть сделано уверенно. Это касается анализа космических снимков, на которых пятна одной плотности фототона могут соответствовать растительным группировкам внутри одной и той же растительной зоны (высотного пояса гор), участкам с разной организацией элементов поверхности в комбинации и т. д. В тайге Сибири, где днища долин заняты луговыми, болотно-луговыми, кустарничковыми растительными сообществами, для анализа эрозионной сети, определения густоты расчленения можно использовать зимние средне- и мелкомасштабные космические фото- и телевизионные снимки (1 : 1 000 000 — 1 : 2 500 000). Эти изображения дают более полное представление о рисунке эрозионной сети, чем даже карты масштаба 1 : 300 000.

В районах сухой степи на равнинах для этой цели можно использовать снимки весеннего аспекта; в районах пахотного земледелия — фотоматериалы, снятые после проведения пахоты на большей части территории. Анализируя космические снимки, можно получить информацию и о характере сопряжения элементарных поверхностей, резкостей перегибов поверхности. Для этого сравниваются градиенты плотности фототона между светлыми и темными пятнами на снимках (летних — для зоны лесов, ранневесенних — для степей, когда аспект местности монотонен и изменения плотности фототона больше обусловлены различной освещенностью). Если при анализе мелкомасштабных фото- и телевизионных изображений использовать хотя бы того же масштаба топографические карты, карты растительности, то оценки морфологии поверхности становятся намного полнее. Характер сопряжения элементарных поверхностей можно оценивать в баллах, принимая ту же систему оценок, которую предложил А. В. Хабаков при оценках окатанности обломков. В каких-то случаях становится возможным оценивать не только резкость сопряжения, но и кривизну (степень и знак кривизны) сопрягающихся частей поверхности. Достоверность оценок гораздо ниже, чем это достигается при анализе рельефа на стереомодели местности.

Таким образом, аэрофотосъемки (стерео) дают возможность очень тщательно проанализировать морфологию рельефа, практически не прибегая к полевым исследованиям. Дешифрование позволяет решить и

часть вопросов, касающихся происхождения и истории наблюдаемого рельефа. Может быть сделана вероятностная оценка относительной последовательности возникновения тех или иных структур поверхности, выяснены причины, обусловившие образование разных структур поверхности в одно и то же время. Полевые исследования могут быть ограничены только участками, где по данным камерального анализа стереомодели (и других типов моделей местности) можно найти факты, свидетельствующие более однозначно о происхождении рельефа, его возрасте и т. д.

Дешифрование предполагает у дешифровщиков не только определенных знаний, опыта, но и ряд природных свойств, часть из которых можно выработать тренировками, а другие, к сожалению, не приобретаемы. Знание предмета — это не только четкое представление о морфологии дешифруемых объектов, о типах экзогенных процессов и явлений, но и знание взаимоотношений между различными компонентами ландшафта, которые могут находить отображение на фотоматериалах, а также свойств и возможностей фотоматериалов и фотоаппаратуры.

### **ИНДИКАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГИДРОСЕТИ И СЛЕДЫ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПО АЭРОФОТО- И КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ**

В этом разделе речь пойдет об использовании космических, в основном телевизионных, снимков системы «Метеор» мелкого и среднего масштаба, а также аэрофотоснимков при изучении рельефа на примере Восточного Саяна и других районов Сибири.

Космические снимки существенно дополняют информацию, получаемую с аэрофотоснимков, обладая большей обзорностью и высокой естественной генерализацией воспроизводимых ими оптических, геометрических и текстурных свойств природных образований или их отдельных компонентов. Дешифрирование космоснимков имеет ту же последовательность, что и дешифрирование аэрофотоснимков. Оно включает в себя выделение объектов на снимке, привязку их к топокарте и интерпретацию. Вместе с тем в силу весьма значительных стереоскопических ограничений в сравнении с аэрофотоснимками при изучении рельефа большее значение приобретает индикационное дешифрирование, т. е. распознавание его особенностей по прямым и косвенным показателям. При изучении свойств рельефа определенного ранга с одновременным дешифрированием разномасштабного материала дистанционной съемки необходимо учитывать, что индикатор (показатель) меняется от масштаба к масштабу. Кроме того, интерпретация космических снимков в отличие от аэрофотоснимков, может быть не однозначной. Это связано с тем, что не до конца выявлена природа генерализации, т. е. не хватает знаний о факторах формирования фототонных и других особенностей космоснимков: например, не изучены оптическая и геометрическая генерализация [Космическая фотосъемка..., 1975], недостаточно исследована связь теплового поля с рельефом [Дучков, Миляева, 1972].

Несмотря на указанные трудности работы с космическими снимками, особенно с телевизионными, изучение рельефа больших территорий с их использованием, несомненно, имеет смысл. Интерпретация, т. е. объяснение структуры изучаемого природного объекта, производится по прямым и косвенным показателям.

В географии при изучении природных комплексов с использованием аэрофото- и космических снимков проводится ландшафтное дешифрирование. При этом ландшафт понимается как целостное природное образование, каждый компонент которого (рельеф, гидросеть, почва, растительность и др.), изменяясь, влечет почти всегда за собой изменение ландшафта

в целом [Виноградова, 1964]. В связи с этим при раскрытии структуры изучаемого природного комплекса выбирается один из видимых на снимке компонент и исследуются его особенности. При использовании космических снимков в геоморфологии применяется аналогичный прием, т. е. за основу также принимается свойство целостности изучаемого природного объекта. На космических снимках получают отображение более высокие ранги природных комплексов (до ранга геоморфологических формаций), одним из индикаторов их структуры может быть речная сеть.

При изучении индикационных особенностей речной сети различаются прямые и косвенные индикаторы. Прямыми их них будут рисунок или конфигурация гидросети, густота водотоков, в то время как различная генерализация порядков водотоков или характер их отображения на снимках представляют собой косвенные индикаторы.

Что касается прямого индикатора, которым является рисунок речной сети, то в этом отношении интересна восточная часть Восточного Саяна и прилегающая к нему территория, где на телевизионных снимках (ТВ) водотоки имеют полукольцевой, дугообразный и S-образный рисунок в плане. Это характерно для р. Хамсары в Тоджинской котловине, рек южнее оз. Байкал, для р. Уды в ее верхнем течении и других рек. Такой рисунок водотоков, вероятно, следует увязывать с особенностями древних тектонических структур Алтае-Саянской области и Прибайкалья, имеющими дугообразный характер. Кроме того, образование такого рисунка водотоков может быть обусловлено наличием реликтов кольцевых структур, поскольку концы дуг или полукольца иногда «срезаются» линеаментами, являющимися контурами разломов. Участки с таким рисунком рек на рассматриваемой территории характеризуются сходным геологическим строением, в них распространены интрузивы гранитоидов различного возраста или вулканические массивы. С наличием именно этих образований связывается генезис большого числа описанных в литературе кольцевых структур различных областей Земли [Космическая фотосъемка..., 1975]. S-образный рисунок речной сети в пределах Окинского плато (восточная часть Восточного Саяна), вероятно, оконтуривает сдвиговую структуру, аналогичную Забайкальским [Шульц, 1976].

Еще одним индикатором структуры (характера взаимосвязи компонентов) природного комплекса могут быть непосредственно отображенные на аэрофото- и космических снимках следы деятельности экзогенных процессов. При этом экзогенные процессы рассматриваются как часть единого процесса рельефообразования, как результат взаимодействия всех природных и антропогенных факторов. Такое рассмотрение экзогенных процессов требует ландшафтного подхода изучения природных комплексов, т. е. такого подхода, при котором изучаемое природное образование представляется целостным и позволяет применять индикационное дешифрирование.

Следы деятельности экзогенных процессов в качестве индикатора направленности развития рельефа изучались в пределах Тувинских котловин. Отображение характера следов экзогенных процессов менялось от масштаба к масштабу. Например, на мелкомасштабных ТВ снимках системы «Метеор» отчетливо устанавливается по разному фототону и текстуре снимка соотношение площадей, занятых аккумулятивными и денудационными равнинами. Причем денудационные равнины, как показал анализ геоморфологических профилей, представляет собой как структурный, так и аструктурный ярусы рельефа. По окраинам котловин развиты участки мелкогогорья. Разногенетические равнины чередуются в плане плавно, с незначительными перепадами высот, переходя друг в друга. Такое строение днища котловин свидетельствует о том, что рельеф их представляет собой единую поверхность выравнивания — полигенетическую. Существование ее требует близкого к равновесному соотношения экзо-и эндогенных рельефообразующих сил.

На космических снимках более крупного масштаба хорошо просматриваются следы деятельности временных и постоянных водотоков в виде конусов выноса и внутренних дельт, а также соотношение временной и постоянной гидросети. Внутренние дельты свидетельствуют об увеличенной мощности рыхлого материала вследствие снижения и рассеивания скорости потока из-за резкого уменьшения уклонов русел рек при выходе их из гор на равнину. Например, дельта, образованная системой рукавов р. Барлык, в Хемчикской котловине имеет мощность рыхлых отложений, достигающую 100, а местами и 200 м, т. е. она в 2—3 раза превышает среднюю мощность рыхлых отложений. Близкая по величине мощность дельтовых накоплений отмечена и для юга Улугхемской котловины.

По характеру соотношения постоянной и временной гидросети можно сделать вывод о том, что временные водотоки преобладают в пределах рассматриваемых котловин, а следовательно, работа, производимая ими, составляет незначительную часть в экзогенных процессах. Этот вывод подтверждается и незначительными мощностями аллювиальных отложений.

По аэрофотоснимкам могут быть изучены следы деятельности не только процессов, указанных выше, но и таких, как оползни, дефляция, перевывание [Миляева, 1982]. Например, в центральной части Кызыльской котловины мощность эоловых образований настолько мала, что на снимках сквозь тонкий их плащ просматриваются коренные породы.

При изучении интенсивности экзогенной составляющей рельефообразования учитывалось, что она зависит от климата и от степени устойчивости скальных пород к денудации. В рассматриваемых котловинах наиболее устойчивыми, но имеющими незначительное распространение представляются метаморфические и вулканогенные, а отчасти и вулканогенно-осадочные породы нижнего и верхнего кембрия и девона. Наименее устойчивыми, но широко развитыми по площади являются осадочные породы ордовика, силура, девона и юры. Сочетание этих пород с неблагоприятным, засушливым климатом теплого периода года ведет к накоплению незначительных мощностей рыхлых отложений. Наиболее распространенная мощность рыхлых образований колеблется в пределах 50—80 м.

Таким образом, при помощи рассмотренного индикатора можно устанавливать различную интенсивность экзогенных процессов, а с учетом литологии пород и климата «выходить» на эндогенную составляющую рельефообразования.

В качестве косвенного индикатора, как уже ранее сказано, выбраны степень генерализации водотоков и характер отображения речной сети на космических снимках мелкого масштаба.

Проведенные исследования по сравнению детальности отображения гидросети на высотных аэрофотоснимках масштаба 1 : 140 000, космических снимках масштаба 1 : 1,5 млн с орбитальной станции «Салют» и топокартах масштаба 1 : 300 000 показали, что на аэрофотоснимках отчетливое отображение получают водотоки начиная с первого порядка по Р. Хортоу (т. е. такие, в которые не впадает ни один другой водоток; водоток второго порядка образован слиянием двух водотоков первого и т. д.). На космических снимках получают отображение почти все реки третьего и вся без исключения гидросеть начиная с четвертого порядков. В то же время на более мелкомасштабных ТВ снимках системы «Метеор» можно увидеть иногда водотоки третьего порядка, что противоречит существованию генерализации отображения рек, поскольку следовало бы ожидать отображения на этих снимках более крупных рек начиная с более высокого, пятого, порядка.

Географы считают, что «...водная сеть любой территории является продуктом взаимодействия всех факторов формирующих ландшафт и... в зависимости от конкретных условий развития ландшафта должно изменяться и его гидрологическое звено» [Маккаев, 1955, с. 31]. Взяв за

основу такое положение при выявлении причины различной степени генерализации порядковости гидросети на ТВ снимках, мы провели сравнение территорий Сибири, развивающихся в разных геолого-географических условиях, т. е. в разных широтных зонах, с неодинаковой вертикальной расчлененностью, количеством осадков, определяющим модуль стока, различной устойчивостью пород, дренируемых реками. Были выбраны территории западной части Тувы, бассейна р. Абакан на Алтае, бассейна р. Тубы в Южно-Минусинской котловине, верхней части бассейнов рек Кизира и Казыра в Восточном Саяне, Васюганского плато и Сибирских Увалов в Западно-Сибирской низменности, участка бассейна р. Ангары и плато Путорана в Среднесибирском плоскогорье.

В результате такого сравнения выяснилось, что одинаковая порядковость отображенных на космоснимках водотоков имеет место в разных участках. Например, третий порядок рек просматривается в пределах и Васюганского плато, и плато Путорана, совершенно различных по геолого-географическим параметрам. В одном случае — это темнохвойная тайга, в другом — горная тундра с редколесьем из лиственницы. Вертикальная расчлененность рельефа Васюганья не превышает 20—40 м, тогда как в пределах плато Путорана она достигает 500—600 м. Модуль стока на нем в 2,5 раза больше, чем на Васюганье. Размываемые реками породы также различны: глинистые палеогеновые отложения и триасовые лавы и трапзы. Имеет место и обратная картина, когда участки с близкими параметрами характеризуются на космоснимках отображением различной порядковости рек. Это относится к бассейну р. Тубы в Южно-Минусинской котловине (седьмой порядок) и рекам западной части Тувы (пятый порядок).

«Аномалии» в отображении гидросети могут объясняться как характером направленности развития рельефа (его динамическим состоянием), так и особенностями условий формирования гидросети. В некоторых случаях сходный эффект отображения водотоков на ТВ снимках достигается одинаковой неотектонической составляющей рельефообразования. Плато Путорана и Васюганское находятся в стадии неотектонического поднятия, которое обуславливает интенсивное глубинное врезание рек. Кроме того, четкость отображения рек довольно низкого порядка на Васюганье усиливается еще и унаследованностью современной гидросети от палеорек [Миляева, 1979]. «Аномалия» в отображении, характерная для Южно-Минусинской котловины, в пределах которой просматривается лишь седьмой порядок рек, обусловлена пониженной водностью территории (модуль стока равен 2—4) в сочетании с особенностями размываемых пород, таких как карстующиеся известняки и рыхлые лессовидные суглинки. С ними связано развитие подземной эрозии, которая сильно уменьшает объем водности, видимой на ТВ снимках.

Сходную степень генерализации порядков рек (пятый порядок) имеют территории западной части Тувинской котловины и меридиональный отрезок р. Ангары. Эти участки различны по всем геолого-географическим особенностям. В одном случае — это зона тайги, в пределах которой выпадает до 300—400 мм/год осадков, в другом — горная безлесная степь с минимальным количеством 100—200 мм годовых осадков. Размываемые реками породы также различны: в Туве распространены сланцы и песчаники, а в бассейне Ангары — осадочные породы, интродуцированные трапзами. Отмеченные различия обеспечивают разную экзогенную составляющую рельефообразования, которая зависит от соотношения тепла и влаги для этих сильно удаленных друг от друга территорий. Можно предположить, что одинаковая генерализация порядков рек обеспечивается неодинаковым значением и неотектонической составляющей рельефообразования для рассматриваемых участков. Из анализа геоморфологического строения Тувинских котловин [Миляева, 1982] выяснилось, что территория их развивается

в условиях, когда соотношение экзо- и эндогенных сил равновесное. Для участка р. Ангара такого анализа не проводилось.

Для двух участков горной тундры, в пределах которых на ТВ снимках просматриваются реки четвертого порядка (верховья р. Кизир и бассейн верховьев р. Абакан), характерны сходные геолого-географические условия: реки размывают протерозойские терригенно-карбонатные породы. Похожи и орографическая и климатическая обстановки: абсолютные высоты урезов рек и междуречий почти совпадают. Количество осадков также почти одинаковое — в одном случае 700, в другом — 800 мм/год. Возможно, что одинаковая генерализация порядков рек отображает сходство неотектонической обстановки. Проведенными исследованиями направленности развития рельефа Восточного Саяна выявлено, что участок верховий р. Кизир находится в стадии интенсивного восходящего развития. Можно предполагать аналогичное развитие рельефа и в бассейне верховьев р. Абакан.

Таким образом, различная генерализация порядков рек на ТВ снимках может быть индикатором особенностей развития рельефа при условии рассмотрения его как целостного природного образования.

Другим косвенным индикатором структуры природного комплекса является различная четкость отображения речной сети на ТВ снимках. В одних случаях это отчетливое отображение участков крупных рек (высокого порядка), в других — слабое до совершенно невидимого на этих же снимках довольно значительных участков русел рек. Четкое отображение на серии ТВ снимков разного спектра длин волн и разного времени года имеют отрезки р. Иртыш в районе г. Павлодара, Обь-Бия у г. Бийска, Ангара — в ее широтном течении, Чулым или более мелких рек, таких как Бурла, Кулунда, Барнаулка. Такое явление, вероятно, можно объяснить связью этих участков рек с глубинными структурами. Например, упомянутый отрезок Иртыша совпадает с расширением русла и «подчеркивается» разрывным нарушением, которое установлено по сочленению разнохарактерных геофизических полей и по различию глубин залегания фундамента по гравимагнитным данным [Проводников, 1975]. Кроме того, возможно, что этот участок Иртыша отражает субмеридиональную зону растяжения в фундаменте, прослеживающуюся от Гнидукуша через Памир, Тянь-Шань, западную оконечность (тоже расширенную) оз. Балхаш и предположительно продолжающуюся через р. Бол. Юган к Обской Губе [Макаров, Соловьева, 1976].

Особенности отображения речной сети изучались и для Восточного Саяна в целом (по ТВ снимкам мелкого и среднего разрешения системы «Метеор»). На этих снимках речная сеть Восточного Саяна имеет либо четкое отображение, либо расплывчатое или слабое. Четкое отображение на снимках всех времен года и в разных диапазонах длин волн получают верхние части большинства бассейнов рек. Расплывчатое отображение характерно для верхней части бассейна р. Оки, где на летних и особенно на осенних (до конца октября) снимках отмечается круг устойчиво темного цвета, а слабое до невидимого имеют бассейны рек Маны и Бирюсы.

При выяснении причин различного отображения гидросети на ТВ снимках необходимо учитывать условие контрастности фона и реки. Гидрологи считают, что «по изображениям со спутника «Метеор» реки видны только в особо благоприятных условиях, когда контрастность их по отношению к окружающему фону повышена. Такие ситуации характерны для весны, когда реки еще покрыты льдом или в противоположных случаях — растаявшие реки на фоне снега...» [Калинин и др., 1977, с. 98]. Естественно, что контрастность фона и реки — необходимое условие четкого отображения гидросети, но все же, по-видимому, недостаточное.

В пределах Восточного Саяна для четко видимой части гидросети характерен ортогональный, решетчатый рисунок за счет коленообразных изгибов разной величины русел крупных рек и впадения притоков под

прямым углом. Направление осей решетки северо-западное и северо-восточное, что совпадает с орографическим планом этой территории, а также с тектонической решеткой. Такое совпадение может свидетельствовать об унаследованном характере современной гидросети, заложенной по тектонически ослабленным зонам. Но в то же время (и это главное) наибольшую отчетливость в отображении на ТВ снимках получают отдельные участки рек или реки в пределах рельефа, динамическое состояние которого определяется как относительно активное, когда рельеф находится в стадии восходящего развития. К такому выводу приводит исследование природы границы между площадью, внутри которой реки получают четкое отображение, и остальной территорией горной страны. Обычно на ТВ снимках четко обозначена граница между лесом и безлесным пространством. Интересующая нас граница не совпадает с нею, она проходит внутри лесной зоны и даже внутри одного типа растительности — пихтово-кедровых, кедрово-еловых лесов. Если принять, что исследуемая граница связана с изменением высотной поясности, то даже беглое рассмотрение планового распределения высот также приводит к выводу о том, что она не связана с этой поясностью. Что касается геологических границ, то и они совпадают с изучаемой границей лишь частично. С другой стороны, площадь четкого отображения гидросети на ТВ снимках совпадает с распространением рельефа, который отличается активным динамическим состоянием, т. е. находится в стадии восходящего развития. Это подтверждается рядом геоморфологических признаков, главными из которых являются: большое вертикальное расчленение рельефа (относительные и абсолютные высоты соотносятся как 1 : 2), большая в основном крутизна склонов независимо от слагающих их пород, в долинах — преобладание цокольных террас и врезание русла, отрицательный баланс рыхлого материала [Миляева, 1978].

Слабое отображение гидросети на ТВ снимках или невидимые ее участки, как показали исследования, часто связаны с влиянием антропогенных нагрузок на природную среду.

Таким образом, опыт изучения рельефа с использованием индикационного дешифрирования ТВ и других космических снимков дает возможность говорить об еще одном приеме выявления характерных особенностей развития его в пределах значительных территорий. Этому приему уделяется неоправданно мало внимания по сравнению, например, с исследованием линеаментов и кольцевых структур. Думается, что изучение характера гидросети по разномасштабным космоснимкам при условии рассмотрения ее как составной части целостного природного образования таит в себе большие возможности расшифровки структуры изучаемого объекта.

---

## Г л а в а V. ПАЛЕОГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### ПАЛЕОГЕОМОРФОЛОГИЯ И СОВРЕМЕННЫЙ РЕЛЬЕФ. ОСНОВНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Многочисленные классики русской географии и геологии И. Д. Черский, И. В. Мушкетов, А. П. Павлов, А. П. Карпинский, А. А. Борзов, Д. А. Анучин, В. А. Обручев и др. развивали мысли о предопределенности современного рельефа той или иной территории ее геологическим прошлым. И. П. Герасимов [1970, с. 12] указал, что тру-

дами этих ученых и их учеников установлена разновозрастность главных элементов современного рельефа, что заставляет «... обращаться к разработке геоморфологических методов анализа рельефа Земли в минувшие геологические эпохи, к изучению сохранившихся древних реликтовых форм и реконструкции некогда существовавшего, но впоследствии уничтоженного денудацией или погребенного под более молодыми отложениями рельефа».

Я. С. Эдельштейн [1947, с. 35] писал: «Вид и ход развития современного рельефа нередко определяется в немалой степени морфологией изучаемой страны в геоморфологическом прошлом». Раздел геоморфологии, изучающий древний рельеф (палеорельеф), его морфографию, генезис, возраст, историю и закономерности развития, им назван палеоморфологией, что соответствует впервые примененному Д. Н. Соболевым [1938] и позже утвердившемуся наименованию палеогеоморфология [Марков, 1951; Леонов, 1956; Зеккель, 1958; и др.].

Наиболее ярко показана связь рельефа с геологической структурой Г. И. Худяковым [1977, с. 11] путем введения понятия о геоморфологическом пространстве. Он писал: «Геолого-геоморфологическая конформная система — это неразрывная совокупность геологического тела, его строения, состава и внешней формы. По существу, любая форма рельефа независимо от размера, возраста и происхождения конформна своей геологической основе».

Дискуссия о содержании геоморфологии, организованная Московским филиалом Географического общества в 1962 г., показала, что понимание палеогеоморфологии и ее соотношения с другими науками оказалось весьма противоречивым [Лиленберг, Орлянкин, 1963]. Большинство геоморфологов склоняется к мнению о том, что современный рельеф является объектом изучения геоморфологии, а рельеф древних геологических эпох — палеогеоморфологии. Но в целях правильного объяснения строения, происхождения и развития современного рельефа геоморфология вынуждена обращаться к анализу элементов древнего рельефа.

Несмотря на различия взглядов на палеогеоморфологию вплоть до отрицания необходимости ее самостоятельного существования, геоморфологические и палеогеоморфологические исследования в последние десятилетия все интенсивнее проникают в геолого-разведочное дело. Изучается не только сам рельеф и история, но и условия формирования и влияния его на распределение тех или иных полезных ископаемых, особенно россыпных и гипергенных, на инженерно-геологические и гидрогеологические свойства коренных и вновь накапливаемых пород.

Учитывая быстрое и плодотворное развитие палеогеоморфологических исследований в нашей стране Президиум АН СССР и Министерство геологии СССР в 1967 г. создали VI пленум Геоморфологической комиссии, специально посвященный проблемам палеогеоморфологии, который редакционная коллегия сборника «Проблемы палеогеоморфологии» [1970] по характеру тематики доложенных и обсуждавшихся докладов [Вопросы..., 1966], широте представительства и числу участников по праву назвала первым Всесоюзным палеогеоморфологическим совещанием.

В решении пленума отмечено, что «в ходе совещания достаточно определено выявились содержание палеогеоморфологии как науки, изучающей рельеф земной поверхности минувших геологических эпох, его морфологию, генезис, закономерности развития. Объектами изучения палеогеоморфологии должны являться: 1) погребенный рельеф; 2) экспонированный рельеф (элементы древнего рельефа); 3) реконструируемый рельеф».

Погребенный рельеф — палеорельеф, покрытый геологически более молодой покровной толщей осадочных или изверженных пород, который представляет собой контактную поверхность стратигра-

фического перерыва или размыва. В этом значении каждая поверхность наслоения является погребенным рельефом определенного отрезка времени. Погребенный рельеф, как и современный, может быть эрозионно-денудационным и аккумулятивным. Вскрытый эрозионно-денудационными процессами погребенный рельеф именуется *откопанностью*. Под воздействием эрозионно-денудационных процессов он претерпевает определенные изменения и поэтому не вполне отвечает исходному погребенному рельефу.

Изучение погребенного рельефа имеет большое значение при поисковых работах на различные полезные ископаемые. Так, в пределах Западно-Сибирской равнины с погребенными прибрежно-морскими и дельтовыми равнинами кампан-маастрихтского морского бассейна связаны крупнейшие залежи бурожелезняковых руд Бакcharского месторождения; с погребенным предгорным прогибом вдоль северного фаса Восточного Саяна и Кузнецкого Алатау — Канско-Ачинский буроугольный бассейн; с погребенными карстовыми воронками на юге Сибирской платформы — залежи бокситов и глинистого сырья. В Западной Сибири, например в Березовском районе, установлены и нефтяные залежи, выклинивающиеся в направлении возвышенных участков палеозойского фундамента Западно-Сибирской плиты.

*Экспонированным рельефом* называется древний рельеф, оставшийся не погребенным в течение своей истории и вошедший в состав современного рельефа. Как правило, он в значительной степени изменен современными рельефообразующими процессами и мало отвечает исходному древнему рельефу. Поэтому некоторые геоморфологи считают его современным, а не древним. Степень консервации такого рельефа различна и выявляется в ходе обычного геоморфологического изучения территории. При этом палеогеоморфологические исследования непосредственно сливаются с геоморфологическими, т. е. с изучением современных элементов рельефа. Обычно экспонированные части современного рельефа представлены его положительными формами, в значительной части фиксированными корами химического выветривания (*фиксированный рельеф*). Типичные формы экспонированного рельефа широко распространены, например, в пределах Салаирского и Енисейского краев, Казахского мелкосопочника с неотектоническими поднятиями сравнительно небольшой амплитуды.

Выявление экспонированного рельефа имеет важное значение при оценке перспектив на ряд полезных ископаемых. Породы, слагающие экспонированные участки рельефа, пережив пенеplanation и химическое выветривание, могли стать источниками глинистого сырья или устойчивых минералов, образующих россыпные месторождения. Так, северо-восточный участок Кольвань-Томской возвышенности в палеогеновом периоде служил источником тяжелых минералов Туганской прибрежно-морской россыпи [Янковский, 1958; Евдокимов, 1965; и др.] Как показала практика поисковых работ в Якутии, четко выраженные в современном рельефе экспонированные Оленекское и Мунское поднятия с их кимберлитовыми трубками являлись поставщиками алмазов в юрские россыпи, формировавшиеся в ближайших прибрежно-морских зонах [Плотникова и др., 1970].

Ныне уничтоженный рельеф, восстанавливаемый по коррелятным ему осадкам и фрагментам отдельных морфоструктур, носит название «*реконтруктурного*». Это уже не существующий объект, воссозданный исследователем, и представление о нем в значительной степени субъективно. Палеогеоморфологические реконструкции осуществляются непосредственным изучением откопанного или экспонированного древнего рельефа — поверхностей выравнивания, останцовых возвышенностей, а также посредством палеотектонических, структурно-фациальных и формационных исследований. При этом исследователи при палеогеоморфо-

логических реконструкциях обычно исходят из положений об унаследованности развития структурного плана и крупных морфоструктур, отражения их в тектоно-седиментационных комплексах и геологических формациях, мощностях, гранулометрическом и минеральном составех коррелятных отложений. Чаще всего реконструировать рельеф приходится в тектонически активных горных областях при поисках полезных ископаемых. Например, палеорекострукции рельефа широко применяются при прослеживании и корреляции угольных пластов в Кузбассе, в Улугхемском бассейне Тувы и фосфоритов в Хубсугульском бассейне Монголии.

Формирование рельефа — процесс исторический, часто уходящий в далекое геологическое прошлое; каждый последующий рельеф формируется из исходного. Познание типов современного рельефа происходит через их историю, запечатленную в элементарных формах и коррелятных осадках. Коррелятивные осадки несут в себе большую палеогеоморфологическую информацию как о местах развития денудационных процессов, так и о местах аккумуляции, поэтому их всестороннее изучение при палеогеоморфологических и геоморфологических исследованиях весьма необходимо.

В палеогеоморфологии используется множество методов исследований. Для изучения погребенного рельефа применяются горные выработки, бурение скважин и геофизические методы. Экспонированный рельеф исследуется обычными геоморфологическими и геологическими методами. Более сложной является реконструкция уничтоженного рельефа. При этом широко используются данные литологического и фациального анализов коррелятивных осадков, учитываются морфоструктурные черты соседних районов и сведения о геологической структуре. Перечисление методов изучения палеорельефа с указанием применимости и результативности их в определенных условиях с большей полнотой сделано А. П. Рождественским и др. [1970], поэтому здесь нет необходимости их характеризовать. Среди методов преобладают геологические и геоморфологические, но известную долю занимают также палеонтологические, геохимические и геофизические. Палеогеоморфологический анализ, исходя из принципов этапности («цикличности») развития рельефа, позволяет, сравнивая современные и бывшие рельефообразующие процессы и условия осадконакопления, широко использовать метод актуализма. Палеогеоморфология дает возможность раскрыть внутреннее содержание внешней поверхности геологической структуры и объяснить ее геоморфологические особенности. В связи с этим Г. И. Худяковым [1977] предложено понятие о геоморфоструктуре как геоморфотектоническом образовании, где поверхностная форма тектонической структуры и ее геологическое содержание неразрывно связаны в конформную систему.

Поскольку большинство геоморфологов признает объектом палеогеоморфологических исследований рельеф прошлых геологических эпох, закономерно возникает вопрос, с какого же времени следует его рассматривать. На этот счет существуют различные точки зрения.

И. П. Герасимов и Ю. А. Мещеряков [1964, 1967], учитывая, что рельеф современной поверхности Земли и настоящее распределение на ней суши и морей возникли в главных чертах в течение мезозойской и кайнозойской эр, ввели понятие о геоморфологическом этапе развития Земли. Более древние события, не получившие прямого отражения в современном рельефе, ими относятся к геологической истории.

З. А. Сварчевская и Ю. П. Селиверстов [1970], не противопоставляя палеогеоморфологию и геоморфологию друг другу, рассматривают их как часть и общее. На примере Казахского мелкосопочника и Западно-Сибирской равнины ими выделены крупные геологические и геоморфологические циклы в развитии рельефа. Геоморфологическому этапу у

них соответствует альпийский мегацикл продолжительностью около 170 млн лет, в течение которого образовались особенности рельефа, запечатленные ныне в виде разновозрастных реликтов различной морфологии и генезиса. По их мнению более древний рельеф практически на земной поверхности отсутствует, он либо полностью уничтожен, либо погребен и изучается геологами и геоморфологами обычными геологическими методами.

Подобные взгляды на геоморфологическую историю получили отражение и в книге «История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока» [1964—1979]. Основываясь на этой работе, В. В. Вдовин [1976 а, б, 1979] пришел к выводу, что морфоструктурный план территории Сибири и Дальнего Востока возник под воздействием многократной тектонической активизации, выразившейся в смене этапов широкого регионального выравнивания этапами горообразования. В результате в каждый этап возникал существенно новый рельеф, который в процессе своего развития изменялся под воздействием эндо- и экзогенных процессов и затем отдельными фрагментами включался в состав более молодого рельефа. Этапы с однотипными геоморфологическими событиями не являлись всеобщими, они имели место лишь в пределах регионов, относительно однородных по тектоническому строению и направленности тектонических движений.

В современном рельефе Сибири и Дальнего Востока наиболее древним элементом является фиксированный корой выветривания откопанный (отрепарированный) и экспонированный поздне триасовый пенеПЛен в пределах Алданского и Анабарского щитов Сибирской платформы, который сильно деформирован тектоническими процессами [Плотникова и др., 1970]. В ископаемом состоянии поздне триасовый пенеПЛен с развитой по палеозойским породам корой химического выветривания или с коррелятными ему осадками широко распространен в тектонических впадинах Сибирского Приуралья, на юге Западно-Сибирской равнины, среди Казахского мелкосопочника и в Кузнецкой, Чулымо-Енисейской и Тувинской котловинах.

Поскольку геоморфологи признают, что современный рельеф Земли имеет различное и разновременное происхождение, возникает необходимость восстановить историю формирования его отдельных частей. Так, Салаирский кряж, несмотря на наличие антропогенного лессовидного покрова, сохранил черты денудационного холмогорья, возникшего в процессе мел-палеогеновой пенеПЛенизации юрского горного рельефа. Для перманентно прогибавшейся территории Западно-Сибирской равнины характерны аккумулятивные формы рельефа, отражающие их стратиграфическую последовательность формирования в течение функционирования мезозойско-кайнозойского прогиба, аккумуляировавшего мощный чехол рыхлых осадков на поверхности доюрского пенеПлена.

Какова же роль палеогеоморфологических исследований в познании современного рельефа? Выше, на примерах работ классиков геоморфологии, мы показали, что палеорельеф оказывает то или иное влияние на современную земную поверхность. Так, значительные площади древнего экспонированного денудационного рельефа платформенных структур Восточной и Западной Сибири, Дальнего Востока служат геологической основой, на которой сформировались современные Среднесибирское плоскогорье, равнины Сибирского Приуралья, Казахского мелкосопочника, Салаирского и Енисейского кряжей, Кольвань-Томской возвышенности, Амуро-Зейского плато, Зейско-Буреинской равнины. Значительные участки экспонированного мел-палеогенового денудационного рельефа формируют Чулышманское плоскогорье и плато Удокан на Алтае, плоские гряды гор Бырранга на Таймыре. Несмотря на то, что некоторые участки денудационного рельефа Салаира, Кольвань-Томской возвышенности, Кузнецкой и Минусинской котловин, Зейско-Буреинской

равнины закрыты маломощным чехлом золотых и делювиально-пролювиальных, преимущественно лессовидных покровов, они в современном рельефе сохраняют черты денудационных приподнятых предгорных равнин. Недаром некоторые исследователи Алтае-Саянской горной области [Вдовин, 1973; Золотарев, 1976; Зятькова, 1977] выделяют зону переходного рельефа между горными и равнинно-платформенными областями. Выделение этой зоны имеет не только теоретическое, но и большое практическое значение, так как в ней формировались гипергенные и россыпные месторождения устойчивых минералов, углей, глинистого сырья, бокситов, а в прилегающих к ней седиментационных бассейнах — осадочные месторождения железа.

Территория Сибири и Дальнего Востока может быть грубо разделена на равнинную, горную и переходную зону с преобладанием рельефов соответственно погребенного аккумулятивного, реконструированного и экспонированного. Вполне естественно, что под воздействием современного рельефообразования в указанных зонах произошли изменения древнего рельефа. Но основной облик, присущий каждой морфоструктурной зоне, прослеживается через весь геоморфологический этап, и только лишь в Тихоокеанском складчато-вулканическом поясе, где современные рельефообразующие процессы весьма активны, геоморфологический этап начался значительно позже — в начале кайнозойского периода.

Из вышеизложенного видно, что палеогеоморфологи, несмотря на то, что они изучают рельеф древних эпох, в основном имеют дело с формами рельефа, находящимися на современной поверхности Земли, т. е. с экспонированным рельефом, даже если он и погребен под маломощным покровом молодых осадков. Следовательно, задачи палеогеоморфологии во многом близки задачам геоморфологии: выделение и районирование генетических типов рельефа, их морфологическое описание, установление возраста, оценка влияния формирования геоморфологических ландшафтов и на системы природопользования (поиски полезных ископаемых, хозяйственная деятельность).

Специфическими задачами палеогеоморфологии являются: изучение погребенного рельефа преимущественно геологическими методами с применением горных выработок, бурения, геофизической аппаратуры и с учетом актуалистических принципов, а также реконструируемого рельефа, восстанавливаемого сравнительно субъективно по совокупности геологических и геоморфологических данных сопряженных регионов и коррелятных осадков.

Все это дает основание рассматривать палеогеоморфологию в качестве раздела геоморфологии, так как они имеют близкие, а иногда и общие задачи и объекты исследования, подобно тому, как история развития рельефа является разделом, занимающимся динамикой преобразований исходных его форм. Поэтому палеогеоморфологические исследования должны быть обязательной частью изучения современного рельефа. Они дают ответ на вопросы установления времени заложения новейших структур и выявления связей унаследованного развития, а также позволяют анализировать характер их движений. В современном рельефе отражены содержание и эволюция геоморфологических процессов прошлого.

## **РОЛЬ ПАЛЕОГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПОЗНАНИИ СОВРЕМЕННОГО РЕЛЬЕФА**

Палеогеоморфологические исследования включают, как правило, изучение погребенного экспонированного и реконструированного рельефов [Проблемы палеогеоморфологии, 1970]. Сложность таких исследований заключается прежде всего в необходимости сравнения между собой разнообразного по значимости и достоверности геоморфологи-

ческого материала. При этом рассматриваются определенные модели развития рельефа, значительная часть которых основывается как на более или менее общепринятых представлениях, так и на личном опыте исследователя. Таким образом, элемент субъективизма в палеогеоморфологических построениях на данной стадии развития этого направления геоморфологической науки неизбежен.

Как горный, так и равнинный рельефы сохраняют в своем облике следы от древних эпох развития в виде фрагментов уплощенного выровненного рельефа на вершинных поверхностях междуречий, останцово-сопочных форм, вулканоструктур, погребенных (рыхлыми отложениями или лавами) речных долин и впадин и др. Эти следы являются своеобразной «памятью» рельефа, которая может быть стерта последующей эволюцией рельефа или, наоборот, сохранена в трансформированном виде. Таким образом, к первой группе относятся формы (или комплексы форм) рельефа, которые существуют в настоящее время и которые можно обнаружить визуально либо при изучении горными выработками. Вторая группа комплексов форм может быть условно реконструируема только по косвенным признакам (методом изучения коррелятных отложений; восстановлением расчетным путем уклонов поверхности, продольных и поперечных профилей междуречий и долин; «надстройкой» толщи пород, уничтоженных процессами эрозии и денудации и т. п.). Реконструкция исчезнувшего к настоящему времени рельефа представляет наиболее сложную проблему палеогеоморфологии. Обычно изучение этих комплексов форм рельефа ведется одновременно; одним из главных вопросов в этом случае является происхождение рельефа.

Проблеме палеорельефа посвящены сотни работ. Широкому обсуждению подверглись эти вопросы в 1967 г. на одном из пленумов Геоморфологической комиссии АН СССР в г. Уфе. Работы И. П. Герасимова, А. П. Рождественского, В. И. Галицкого, Ю. Ф. Чемекова, Ю. А. Мещерякова, З. А. Сваричевской, Ю. П. Селиверстова, А. П. Сигова, И. С. Рожкова, Г. Ф. Лунгерсгаузена, Н. В. Думитрашко, С. П. Бальяна, И. Н. Сафронова, С. К. Горелова, А. М. Короткого, Г. И. Худякова и очень многих других исследователей заложили основу палеогеоморфологического анализа равнинных и горных стран.

**Проблема «исходного рельефа» гор или равнин — ключевая в палеогеоморфологических реконструкциях. Очень часто, и далеко не всегда оправданно, ее сводят к определению морфологии, возраста и морфометрии древних поверхностей выравнивания, предопределяя тем самым единственное направление в эволюции горного рельефа: от холмистой денудационной равнины к горным сооружениям.**

Существование в прошлом на месте некоторых горных областей холмисто-денудационных равнин, называемых денудационными поверхностями выравнивания, доказано многочисленными фактами. К ним относятся прежде всего синхронные поверхности выравнивания и расположенные на последних аллювиальные и озерные осадки, уверенно датированные по комплексу флористических, фаунистических, минералогических и иных признаков (Среднесибирское плоскогорье, районы Южного Забайкалья, Урало-Тобольское плато и др.). Древние поверхности выравнивания имели разнообразный облик, реконструкция которого представляет сложную проблему. Однако большинство исследователей полагают, что контрастность рельефа на поверхности выравнивания в заключительную стадию ее развития не превышала 250—450 м. Изучение этой проблемы показало, что поверхности выравнивания формировались в разные климатические и тектонические эпохи как в платформенных, так и в орогенных областях. Для решения проблемы реконструкции исходного рельефа выделение поверхности выравнивания — одно из наиболее простых решений. Поверхность выравнивания в этом случае может служить геоморфологическим репером, позволяющим вести расчеты интенсивности деформаций

земной поверхности, т. е. решать добрую половину палеогеоморфологических задач.

Работ, посвященных поверхностям выравнивания, очень много (более 1600). Задача изучения поверхностей выравнивания не может быть решена без знания истории рельефа междуречий и долин. Положение, когда ставится альтернатива: либо была древняя поверхность выравнивания до появления, например, горных сооружений, либо ее не было, представляется нам неверным. Причина заключается в неоднозначном понимании термина «выравнивание рельефа». Поэтому правильнее было бы говорить об «исходной поверхности» или «палеоповерхности». При палеореконструкциях в горных странах вопрос об облике рельефа исходной поверхности обычно не рассматривается. Исследователи часто молчаливо постулируют, что горному рельефу предшествовало образование поверхности выравнивания. Очевидно, что облик и генезис последней мог быть различным: сглаженные низкогорья, мелкосопочник, холмогорья, денудационная равнина или слабо расчлененное плоскогорье. Детальное изучение горного рельефа привело в ряде случаев к отказу от представлений обязательного существования на его месте в прошлом холмистой денудационной равнины [Антощенко-Оленев, 1968; Симонов, 1972; Денисов, 1975; Никонова, 1975; Кравчук, 1975; Ананьев, 1976; и др.]. Для реконструкции исходного рельефа в горных областях стал необходимым количественный учет его литоморфных элементов [Золотарев, 1970], который, как оказалось, может существенно изменить оценку роли тектонических движений в формировании горного рельефа. Колебания высот в пределах разнообразных «поверхностей выравнивания», как оказалось достигают многих сотен метров. Это позволило предположить, что горные страны могут обладать тенденцией к перманентному развитию [Симонов, 1972], видоизменяя свой облик и контрастность рельефа. Механизмы преобразования одних гор в другие подробно рассматривались в 1979 г. на XVI пленуме Геоморфологической комиссии АН СССР в Иркутске.

Поэтому равноправным направлением эволюции горного рельефа является: от горных областей к горным областям, а в условиях преобразования равнинного рельефа — от равнин к равнинам.

Примером может служить реконструкция древнего рельефа Восточного Забайкалья (табл. 1). Данные, полученные при анализе палеогеоморфо-

Таблица 1

Палеогеоморфологическая реконструкция горного рельефа Восточного Забайкалья (восточнее 111° в. д.) (составлена Г. С. Ананьевым, по данным Н. А. Логачева и др. [1974])

Время	Характер рельефа	Площадь, занятая равнинным рельефом, % от общей
Плейстоцен	Высокие альпийские и массивные нагорья и плато. Среднегорья и высокие плато. Низкогорья и невысокие денудационные плато. Низменные денудационные равнины	10
Плиоцен	Высокие альпийские и массивные нагорья и плато. Среднегорья и высокие плато. Низкогорья и невысокие денудационные плато. Денудационно-аккумулятивные равнины. Вулканический рельеф	5
Миоцен	Низкогорья и невысокие денудационные плато. Низменные денудационные равнины. Денудационно-аккумулятивные равнины. Вулканический рельеф	70—75
Олигоцен	Низкогорья и невысокие денудационные плато. Низменные денудационные равнины	60
Эоцен	Тот же	40
Поздний мел — палеоцен	Среднегорья и средневысотные плато. Низменные денудационные равнины	40

Палеогеоморфологические реконструкции палеогенового и неогенового рельефов в горных областях юга Дальнего Востока (по картам Е. Б. Бельтенева и В. Г. Варнавского [1977])

Время	Регион			
	Джугджур	Ям-Алинь	Нижнее Приамурье	Сихотэ-Алинь
Неоген	Низкие горы	Низкие горы, возвышенные равнины, плато, нагорья	Возвышенные равнины, плато, нагорья; вулканы центрального и трещинного типов. Равнины во впадинах	Низкие горы. Плато, возвышенные равнины, нагорья, на севере — вулканы трещинного типа
Палеоген	Высокие и средние горы	Высокие и низкие горы. Низменные равнины в межгорных впадинах	Низкие горы. Равнины низменные в межгорных впадинах	Высокие и низкие горы. Вулканы центрального типа

логических карт, составленных на разные эпохи развития, показывают, что во все эпохи кайнозоя в Восточном Забайкалье существовали как равнинный, так и горный рельефы. Горный рельеф был представлен низкогорьями, но иногда и среднегорьями. Его площадь занимала от 60 (поздний мел — эоцен) до 30% (миоцен) от общей площади Восточного Забайкалья. Равнины были представлены денудационно-аккумулятивными, денудационными и аккумулятивными типами. На Агинской «плите» рельеф имел облик останцово-сопочной равнины. Поэтому для предположения о существовании на территории всего Забайкалья пенеплена или холмистой денудационной равнины оснований нет. Дифференциация на хребты и впадины, возникшая в меловую эпоху, продолжала развиваться и в кайнозое. Размах высот при этом достигал 500—700 м (местами до 1000 м), т. е. можно говорить не о выравнивании рельефа, а лишь о приобретении им сглаженных форм при достаточной контрастности. Следовательно, исходным рельефом для современного были не только холмисто-увалистые денудационные равнины, но и низкие горы, мелкосопочник, плато и плоскогорья.

Близкими особенностями обладал исходный рельеф и на Дальнем Востоке (табл. 2). Здесь на протяжении кайнозоя, наряду с денудационными и аккумулятивными равнинами, существовал низко- и среднегорный, местами вулканический рельеф. Следовательно, и в горных областях юга Дальнего Востока СССР не повсеместно существовала холмисто-увалистая равнина, т. е. поверхность выравнивания. Размах рельефа в палеогене достигал 800—1200, в неогене — 600—800 м.

Таким образом, исходный рельеф в горных странах представлял собой значительно более сложное образование, по смысловому объему далеко выходящее за пределы термина «поверхность выравнивания». Помимо того, что рельеф мог обладать контрастностью, измеряемой многими сотнями метров, раннекайнозойский рельеф многих горных стран изначально был дифференцирован на плоскогорья, возвышенные равнины, плато, хребты, массивы и впадины, что определяло полибазисность для процессов эрозии и денудации.

Изучение ключевой проблемы палеогеоморфологии горных областей включает много частных (хотя и важных) проблем, к которым относятся: а) развитие и сохранность элементов древнего рельефа (вершинные поверхности междуречий, склоны, речные долины); б) отражение особенностей рельефа в строении коррелятивных ему осадков; в) отражение особенностей древнего рельефа в морфоструктуре.

Реконструкция рельефа дна морей и океанов базируется главным образом на исследованиях осадочного чехла, накопившегося на месте древних морей. Проблема таких реконструкций включает необходимость решения следующих задач: а) соответствие типов и состава осадков определенным интервалам глубин; б) определение полноты разреза осадочных пород; в) определение тенденций в осадконакоплении (чаще всего от периферии котловины к ее центру); г) выявление причин увеличения или уменьшения мощностей отложений; д) реконструкция мощностей первичных (неуплотненных) осадков.

В значительной мере решение этих задач зависит от палеореконструкций суши, прилегающей к морям и океанам. Поэтому в палеогеоморфологическом анализе приходится часто использовать геологические, геофизические, геохимические, геоботанические и другие методы.

**Проблема сохранности древнего рельефа** включает в себя изучение как экспонированных, так и погребенных форм. Если погребенные (рыхлыми отложениями или вулканическими лавами) формы находятся в фиксированном состоянии и почти изолированы от деятельности экзогенных процессов, то экспонированные, сохраняя какие-то общие черты, близкие к исходным (например, денудационные останцы), постоянно изменяют детали своего строения. Кроме того, многие из форм рельефа, возникшие в далеком прошлом, своим обликом сходны с возникшими на сотни тысяч лет позже. Примерами могут служить соотношения денудационных останцов разного возраста на вершинных поверхностях междуречий, террас и террасоувалов, педиментов и террасоувалов и др. Геоморфологу приходится сталкиваться в этих случаях с явлениями конвергенции рельефа, что сильно осложняет решение вопроса о сохранности древнего рельефа [Ананьев, 1976]. Использование метода коррелятных отложений в этих случаях мало помогает, поскольку в разрезах осадков далеко не всегда содержатся сведения о характере рельефа. Например, в разрезах предгорных равнин часто встречаются толщи галечников разной мощности. При этом иногда небольшие горизонты галечников (30—50 м) заключены в песчаные или щебнисто-песчаные илистые осадки. Такие горизонты плохо сопоставляются между собой в серии разрезов и свидетельствуют о разрушении эрозией уступа, сложенного коренными породами. Кроме того, существование песчано-илистых осадков в разрезах предгорий либо во впадинах внутри горных областей также не является однозначным критерием низкой или высокой контрастности рельефа. Примером могут служить распределение и гранулометрия донных осадков оз. Байкал, обрамленного хребтами высотой 1500—2500 м. Здесь на сравнительно небольшом (2—7 км) удалении от берега полностью исчезают не только щебнисто-крупногалечные или валунистые, но и мелкогалечные отложения. Преобладают же мелко- и тонкозернистые осадки.

При корреляции более мелких форм рельефа и синхронных им осадков выявляется еще больше различий [Короткий, 1983].

Косвенными признаками сохранности в рельефе горных областей древних форм являются оценки скоростей денудации и аккумуляции, получаемые при наблюдениях за современными экзогенными рельефообразующими процессами в разных ландшафтно-климатических условиях. В последнее время информация о количественных оценках процессов выветривания, склоновых и флювиальных процессов резко возросла. Появились оценки устойчивости горных пород разного состава в различных ландшафтно-климатических условиях [Ананьев, 1975, 1976]. Все это позволило перейти к более достоверным оценкам величины денудационного среза поверхности, а следовательно, сохранности древнего рельефа.

Погребенный (фиксированный) рельеф сохраняется либо в пределах речных долин и впадин, либо под покровами осадков или лав на междуречьях. Встречаются в отдельных случаях и другие сочетания условий. Палеогеоморфологические реконструкции при этом имеют определенный

путь последовательного изучения. Во-первых, устанавливается факт существования погребенного рельефа. Это достигается обычно в результате проведения горных работ (бурение, шурфовка и т. п.) или геофизических исследований (ВЭЗ, микросейсмические работы). Во-вторых, устанавливаются пространственные особенности строения погребенного рельефа. Это достигается построением специальных карт. В-третьих, определяют генезис и возраст погребенного рельефа. На каждой из этих стадий изучения используется специальный набор способов и приемов, позволяющих решать поставленные задачи. Однако наиболее сложной проблемой является определение возраста и генезиса погребенного рельефа.

Проблема определения возраста погребенных форм решается в настоящее время главным образом на основе определения возраста перекрывающих их пород. Однако, например, при определении возраста рельефа дна долины, скрытого мощной толщей аллювиальных осадков, не всегда можно уверенно сказать, что он адекватен возрасту базальных горизонтов аллювия. Это объясняется тем, что заполнение долины аккумулятивной толщей происходит лишь на последней стадии эрозионного процесса, углубляющего или расширяющего дно долины. Перед этапом аккумуляции рельеф дна долины неизвестно сколько времени подвергался различным преобразованиям и приобрел свои черты во всяком случае не на последнем этапе развития. Это подтверждается специальными определениями абсолютного возраста аллювия, лежащего глубоко в трещинах и на поверхности плотика. Они соответственно оказались равными  $37\ 000 \pm 5\ 000$  и  $24\ 000 \pm 4\ 000$  лет назад [Ананьев, Смирнова, 1981]. Таким образом, даже для сравнительно молодой долины отмечается разница в возрастах рельефа ее дна и базального аллювия в 10—12 тыс. лет.

Характерным примером сложности реконструкции рельефа речных долин является проблема определения местоположения древней эрозионной сети, не связанной (или почти не связанной) своими очертаниями с конфигурацией ныне существующих долин. Фрагменты таких древних долин прослеживаются на междуречьях в виде цепочек водораздельных седловин разной ширины. Последние обычно оконтуриваются при геоморфологическом картировании как сплошные долины. К этой проблеме примыкает и проблема вершинных перехватов в верхних звеньях речной сети. Сложность палеогеоморфологических реконструкций состоит здесь, прежде всего, в определениях эрозионного происхождения водораздельных седловин. Прямым доказательством может служить обнаружение хорошо окатанной гальки (III, IV класс) на склонах или дне седловин. Даже наличие округленных (II класс) обломков еще не подтверждает эрозионный генезис седловин, поскольку до такой степени обломки окатываются при перемещениях в толще склоновых отложений.

Более часто седловины закладываются вдоль зон повышенной тектонической трещиноватости, разломов и формируются процессами выветривания, склоновыми и эоловыми. В Забайкалье, например, верхние звенья эрозионной сети постепенно переходят в мари, курумы, морозно-мерзлотные цирки с каменными глетчерами на их днище [Лукашов, 1963].

В низко- и среднегорных странах не так часто можно наблюдать начальные стадии образования седловин. Обычно вдоль гребня хребта тянется цепочка сопков-останцов, разделенных седловинами глубиной 80—200 м, в распределении которых намечается некоторая закономерность: расстояние между смежными седловинами в половине случаев колеблется от 250 до 600 м и в 30% — от 700 до 1400 м. Основные причины подобной расчлененности гребней хребтов: первичная форма вершинной поверхности, состав коренных пород, тектоническая раздробленность и обводненность горных пород, крутизна склонов, форма и интенсивность процессов деструкции и аккумуляции, развитых на седловинах [Ананьев, 1976].

Та часть проблемы, которая касается вершинных перехватов в эрозионной сети, основывается на весьма спорном предположении, что аналогом «агрессивных верхних звеньев речной сети» (иначе говоря, аналогом распространения регрессивной эрозии рек вплоть до линии водораздела) можно считать врезание вершин оврагов. Однако перехваты такого вида не имеют никакого отношения к перехватам водотоков в горных странах, где на поверхность выходят скальные породы. Если исключить из анализа «агрессивности» литоморфный фактор, то надо учесть следующие обстоятельства. Во-первых, наибольшей интенсивности процессы регрессивной эрозии достигают в средней и нижней частях долины, резко снижаясь к истокам. Во-вторых, междуречье представляет собой единый морфоструктурный элемент, тектонические движения которого одинаково сказываются на эрозионном развитии рек по обе стороны от водораздела. Положение междуречных пространств в крупных и средних по величине речных бассейнах, как правило, определяется размещением активных тектонических структур. Только перестройка этих структур может вызвать появление благоприятных условий для перестройки формы междуречий. В-третьих, мощность рыхлых отложений в русле реки по направлению к истокам уменьшается, что препятствует и глубинному врезанию русла. В-четвертых, концентрированный объем стока падает в том же направлении, что и мощность рыхлых отложений, что приводит к аналогичному эффекту. Поскольку линейная эрозия поверхности может происходить только в том случае, если существует поток, а для образования последнего необходима некоторая минимальная площадь водосбора, то в истоках горной реки всегда будет существовать (и в действительности существует) пояс отсутствия линейной эрозии. В Карпатах его ширина колеблется от 150 до 500 м, а на Верхнеколымском нагорье — от 200 до 700 м. Развитие рельефа в пределах такого пояса происходит под действием элювиальных, склоновых, эоловых и биогенных процессов. Их деятельность может привести к выравниванию рельефа на междуречной седловине, но не к перехвату долины в соседнем речном бассейне.

Максимальные скорости отступления скалистых стен в результате камнепадов в различных ландшафтных зонах колеблются от 1,5 до 5 мм/год. Следовательно, снижение поверхности водосборной воронки, имеющей менее крутые склоны, в результате деятельности менее динамичных, чем камнепады, склоновых процессов будет протекать заметно медленнее (порядка 0,3 мм/год). При таких скоростях для смещения линии водораздела на расстояние в 1 км потребуется время не менее чем в 1—2 млн лет. В действительности же в истоках долин часто наблюдаются сравнительно молодые перехваты, что заставляет предполагать деятельность каких-то иных факторов.

В Забайкалье, на Среднесибирском плоскогорье, Верхнеколымском нагорье и на Урале нам неоднократно приходилось отмечать участки концентрации обломочного материала в истоках небольших речных долин. Последние обычно располагались по обе стороны достаточно глубоких (50—100 м) и широких водораздельных седловин, примыкая непосредственно к их краю. Мощность чехла обломочного суглинисто-щебнистого материала, по данным бурения, составляла 8—15 м. Причина накопления рыхлых отложений кроется в соотношении баланса поступления материала со склонов и водности рек. Если при усилении аккумуляции в среднем и нижнем течении реки образуются шлейфы у подножья склонов, оттесняющие русло к тому борту долины, с которого материал поступает менее интенсивно, то на водораздельных седловинах дно последних оказывается буквально заваленным обломочным материалом. Для таких участков характерны резкое заболачивание поверхности и беспорядочное направление стока в периоды дождей или снеготаяния. В этой ситуации достаточно появляясь даже небольшой эрозионной рытвины по морозобойной трещине или иному разрыву дернины, чтобы по ней начался сток

в направлении уклона дна рывины с последующим развитием перехвата нижней части ближайшего бокового притока. К аналогичному эффекту приводят крупные сплавы со склонов в истоках реки и образование конусов выноса в нижних частях боковых притоков. Поэтому часто встречающиеся локальные перехваты боковых притоков в самом верхнем звене речной сети нельзя связывать только с регрессивным врезанием русла. Им обязательно предшествует кратковременная, но достаточно мощная аккумуляция рыхлых отложений. В этих условиях неустойчивость междуречий будет, естественно, весьма относительной.

Из сказанного следует, что общим и непосредственным условием речных перехватов является сокращение ширины междуречья, происшедшее в результате общего выравнивания территории при активном участии аккумуляции или аккумуляции, не связанной с эпохой денудационного выравнивания, например, при изменении климатических условий. Процесс аккумуляции может включать в себя заполнение речных долин и части междуречных пространств рыхлыми осадками морского, речного, озерного, склонового, ледникового, эолового и вулканического происхождения, а также накопление льда в отрицательных формах рельефа или разрастание олиготрофных болот и повышение в связи с этим абсолютных отметок междуречий. Причинами аккумуляции здесь являются не только тектонические движения, поэтому моменту вершинного перехвата всегда должен предшествовать этап аккумуляции обломочного материала.

Реконструкция древних долин по водораздельным седловинам оказывается сложной в первую очередь из-за конвергентности разнородных образований.

Одним из видов палеогеоморфологических реконструкций является реконструкция вулканических образований. Объектом исследования здесь служат древние вулканы и вулканотектонические структуры [Методы..., 1979]. В современном рельефе их фрагменты сохраняются в виде кольцевых морфоструктур (дугообразная форма междуречий, долин), останцовых низкогорных массивов, разрушенных кальдер.

Вулканооструктуры включают в себя как купольные, так и депрессионные образования. Их реконструкция позволяет определять, с одной стороны, тип вулканической деятельности, а с другой — расшифровывать морфоструктурный план территории.

А. Е. Святловский [1982], кроме того, предполагает, что морфоструктура лавовых покровов платоизлияний отражает как первичную форму и структуру поверхности подлавого рельефа, так и последующие вулканотектонические и неотектонические процессы платформенных областей. Наиболее важные вопросы, по мнению А. Е. Святловского [1982], здесь следующие: 1) как выглядел и какими процессами был сформирован рельеф области до начала вулканизма; 2) какие формы приобрел рельеф после вулканической деятельности; 3) какие изменения произошли в вулканическом рельефе в результате денудации.

Проблемы изучения погребенного лавами рельефа те же, что и рассмотренные выше. Однако в вулканических областях одновременно мог существовать невулканический рельеф — своеобразные «нупатаки», обойденные лавовыми потоками. Поэтому решение палеогеоморфологических проблем в вулканогенных поясах усложняется по сравнению с иными областями. В частности, труднее решаемой становится проблема возраста вулканического и невулканического рельефов.

Отдельной проблемой представляется формирование «откопанного» рельефа. Такой рельеф обнаруживается при уничтожении денудацией покровов рыхлых осадков, скальных осадочных пород или лав, перекрывающих формы древнего рельефа. Суть проблемы состоит в том, что одновременно с «откапыванием» на фиксированный осадками (лавами и др.) рельеф начинают действовать процессы денудации, преобразуя его. Сте-

пень этого преобразования зависит от длительности вторичного экспонирования и остается обычно неизученной. Так обстоит дело, например, с «докембрийским пенепленом» на севере Алданского нагорья, который экспонируется в настоящее время из-под кембрийских пород.

Особый вид палеогеоморфологических реконструкций — определение генетических типов древних экзогенных рельефообразующих процессов. К ним относятся элювиальные, склоновые, флювиальные, эоловые, гляциальные, прибрежно-морские и другие процессы. Реконструкция их проводится главным образом по изучению разрезов рыхлых коррелятных отложений. При этом используются литолого-минералогический, геохимический, рентгеноструктурный, отчасти спорово-пыльцевой и некоторые другие виды анализов рыхлых осадков. Методологической основой реконструкций в данном случае является принцип актуализма, когда современные (позднеголоценовые) осадки принимаются за эталон разрезов. В дальнейшем их черты служат основными признаками (критериями) для определения более древних образований. Главная проблема палеогеоморфологических реконструкций состоит здесь, во-первых, в том, что такой способ во многом исключает возможность предположения о существовании в прошлом процессов, в настоящее время не известных или имевших совершенно иной механизм действия; во-вторых, недостаточная изученность механизмов действующих ныне процессов часто не позволяет однозначно относить отложения к определенному генетическому типу. Например, проблематичным является разделение в разрезах флювиогляциальных и флювиальных, а также гляциальных и селевых осадков и др.

---

## Глава VI. ИЗУЧЕНИЕ ТЕКТОНИКИ

### ТЕКТОНИКА КАК ФАКТОР РАЗРУШЕНИЯ РЕЛЬЕФА

Основным и, казалось бы, бесспорным в геоморфологии является представление о том, что рельеф земной поверхности — результат взаимодействия тектоники и экзогенных процессов. При этом тектоника рассматривается как фактор, созидающий, обуславливающий все крупные, основные черты рельефа, которые разрушаются экзогенными процессами.

Созидающая роль последних также не отрицается. Известно, что аккумуляция, т. е. перенос и отложение продуктов разрушения рельефа, формирует рельеф и осадочную земную кору. Однако в целом за большой отрезок времени в формировании рельефа преобладает тектоника. Роль в рельефообразовании экзогенных факторов в целом меньше, чем эндогенных. В истории рельефа Земли, особенно в рифее — фанерозое, могли быть периоды, когда роль тектоники была то меньше, то больше. Такие изменения происходили неодновременно для всех континентов и для всех их крупных регионов, что отражало асинхронность тектонической активизации планеты.

При рассмотрении роли тектоники в формировании рельефа Земли упускается из вида, что она не представляет лишь созидающий характер. Тектоника не только способствует разрушению рельефа, активизируя процессы денудации, но и непосредственно его разрушает. Это разрушение может быть локальным и даже глобальным.

Особенно ярко это проявляется в орогенных зонах и обусловлено разломами и разрывными нарушениями разного порядка. Как известно,



Рис. 12. Речная сеть и разломы одного из хребтов Советских Карпат (рис. А. А. Трещова).

разломы разных порядков различаются глубиной заложения, размерами, геологическим строением, новейшей и современной тектонической активностью, характером ее проявления и пр. Они определяют и определяли в истории Земли многие тектонические процессы, в том числе и блоковую тектонику, соответственно, блоковую или складчато-блоковую структуру рельефа, т. е. новейшую и современную морфотектонику. Она формирует как крупнейшие, так и малые черты рельефа.

Наиболее резким планетарным ее выражением является рифтогенез, обуславливающий в местах наиболее длительного и активного проявления расколы континентов. Рифтовая долина Красного моря отделила Аравию от Африки, а Персидского залива — от Азии; в процессе рифтогенеза раздроблена Канадская Арктика. Не рассматривая проблему рифтогенеза, поскольку эта особая тема, ограничимся этими примерами для иллюстрации большой разрушающей роли тектоники в планетарном масштабе.

Известно, что на Венере нет эрозии и никаких водных процессов, поскольку это немыслимо при венерианской температуре в несколько сот градусов. Однако доказано, что там есть огромные кратеры, причем неметеоритного происхождения, высокие горные цепи (до 12 км относительной высоты), широкие зоны разломов, сходные с рифтовыми впадинами Земли. Рельеф резко контрастный, но все это горизонтальное и вертикальное расчленение, первозданное, не переработанное экзогенными процессами, созданное только тектоникой.

Если эта тектоника живая (а, судя по данным о Венере, это именно так), то многое ли могли изменить денудация и аккумуляция в крупных чертах рельефа Земли? По существу, это скорее, «отделка».

В зонах разломов проявляется как созидаящая, так и разрушающая деятельность тектонических факторов, которая по масштабу проявления зависит от порядка разломов. Известно, что крупные речные долины заложены по разломам фундамента, что в горах даже промоины приурочены к разрывным нарушениям (чем нередко обусловлено параллельное расчленение склонов), что не только крупные, но и мелкие излучины часто обусловлены разломами и разрывными нарушениями (рис. 12). Водотоки разного порядка, в том числе и крупные реки, как известно, представляют собой немаловажный экзогенный фактор и в горах, и на равнинах. Врезаясь и вырабатывая террасы, систему склонов, крупные и малые реки сильно меняют рельеф. Немалую зависимость имеют реки и от климата, однако первоначально почти всегда тектоника. Как пример можно привести долину р. Иркут. Она спокойно течет в пределах Иркутского «амфитеатра», в Тункинской впадине, где образует широкие низкие террасы, «живую» пойму с рукавами и старицами, наполненными водой. В месте пересечения юго-западной оконечности Тункинских гольцов река образует резкую петлю длиной не менее 20 км. В ее пределах



Рис. 13. «Грабен-ящик» в верховьях р. Адырсу (рис. В. К. Бронниковой).

а — лед; б — коренные породы; в — моренные валы; г — осыпь; д — ступень в коренных породах; е — границы грабена; ж — разрывные нарушения, определяющие ступень; з — разрывные нарушения.

нет ни поймы, ни террас; она течет по коренным породам, ее русло стиснуто крутыми, иногда почти отвесными скалистыми стенами. Подобные излучины большого и меньшего размера встречаются почти во всех подвижных поясах. Все такие излучины приурочены к разломам. Огромная «петля» р. Саскачиван в Великих равнинах Канады отражает разломы фундамента [Ozogaу, 1972].

Речь шла о долинах как крупных, так и малых рек, о логах и промоинах, predeterminedных тектоникой. Однако многие долины непосредственно созданы тектоникой и лишь местами используются эрозией. Таков, например, линейный грабен, отделяющий Итальянские Предальпы от Альп и лишь частично используемый р. Аддой; таковы же некоторые долины Балканского полуострова, Бол. Кавказа, Кордильер, Анд, Тянь-Шаня и др.

В горных странах ни в одном хребте ни крупные, ни мелкие долины или лога в привершинной части гор, преобразованные в трюги, лавинные и лавинно-водные «лотки», не созданы только льдом, водой или снегом и водой. Ни один обвал, ни одна осыпь не представляют собой чисто экзогенных образований. Все они predeterminedлены расколами по разрывным нарушениям и являются продуктами отколотых и отсевших по крутым склонам блоков породы (рис. 13).

Педименты, нередко расположенные на горных склонах на разной высоте, представляют собой тектонопедименты. В качестве примера можно привести долину одной из крупных рек Бол. Кавказа — р. Баксан, которая в верхнем течении приурочена к зоне Пшекиш-Тырныаузского разлома, отделяющего главный Кавказский хребет от Бокового. На протяжении первых 60 км р. Баксан еще не освоила эту долину, не приспособила ее для себя так, чтобы долину можно было назвать «речной». Об этом свидетельствуют многие признаки: невыработанный профиль, разная ширина долины, течение реки то по наносам, то по коренным породам,

разное количество террас, главным образом коренных, которые невозможно увязать между собой, резкие изгибы долины, ниже которых изменяются высота и количество террас, разная мощность рыхлого материала в террасах (вплоть до полного его отсутствия). Об этом же свидетельствует и разница в высоте бортов, сложенных породами фундамента: правый борт (Главный Кавказский хребет) поднят выше более чем на 1000 м. Все сказанное характерно для тектонических долин, следующих по живому разлому [Башенина и др., 1974].

В горах подвижных поясов, где активна новейшая тектоника и где тектонические движения были активны и в голоцене, происходят интенсивное дифференцированное сводово-блоковое поднятие, образование долин по разломам и разрывным нарушениям, относительное опускание — отставание на пересечениях разломов и образование локальных грабенов, грабенов — ящиков. Грабены-ящички могут чередоваться с узкой долиной, где текут бурные реки, а могут представлять собой верховья долин. Географические исследования в долинах подобных притоков на Бол. Кавказе, проведенные Б. Л. Берри, показали, что такие грабены — ящички (или грабены-ловушки, как их называют при поисках россыпных месторождений) образуются на пересечении разрывных нарушений. Эти нарушения хорошо выражены в рельефе и четко подсекаются электроразведкой, поскольку они обводнены; к ним приурочены минеральные источники. По данным Я. Демека, такие наложенные грабены — ящички доказаны бурением в крупном Моравском грабене в Чехословакии. Выдвигание массивов и вершин выдвинутых горстов также происходит на пересечении разломов с преобладанием положительных движений и вызывает их раскалывание, растрескивание, отставание при поднятии массивов и хребтов, а также крупных массивов и долин, расположенных на разной высоте; раскалывание и отседание отдельных блоков по сколам, которые иногда приводят к образованию клиновидных горстов, при перекосе вследствие неравномерного поднятия надвигающихся друг на друга, образуя чешуйчатые горсты; раскалывание хребтов и массивов зияющими трещинами почти до основания и т. п. Тектоника при столь интенсивном ее проявлении представляет собой как созидающий, так и разрушающий факторы; горы не только воздвигаются, но и расчленяются тектоникой; ею же разрушаются массивы, хребты, склоны. В образовании долин нередко преобладает не врезание реки, а поднятие бортов; долины как бы «отштампованы» тектоникой, а реки, которые потекли в них, еще не успели даже приспособиться к этим долинам.

Эрозия, склоновые процессы, лед и снег действуют весьма активно, преобразуя рельеф, но весь его «крой» (до деталей) создан тектоникой, а экзогенным факторам остается только приспособляться к нему, причем экзогенезис соответствует вертикальной поясности. Все это в целом определяет четкие рамки проявления экзогенных факторов. В то же время тектоника сильно ускоряет и облегчает их работу; локализация и концентрация ее, таким образом, строго детерминирована. В горных странах, благодаря активному проявлению всех процессов, наблюдаются удивительная картина «живого», наглядного взаимодействия тектоники и экзогенных факторов и четкая зависимость последних от типа и интенсивности тектоники. Даже так называемые «ригели» в троговых долинах привершинной части Ивановского белка на Рудном Алтае, в Тункинских гольцах, на Бол. Кавказе, хребтах Прибайкалья или крупных карах Карпат, как это удалось наблюдать авторам, представляют собой небольшие и разные по размерам и даже в одном троговые блоковые ступеньки, сложенные коренными породами. Они обусловлены разрывной тектоникой. Этим и объясняется их разное количество даже в соседних долинах. Например, в смежных Апшинецких карах-трогах на Полонине Свидовец в Советских Карпатах мы фиксируем семь ступенек в западном каре и три — в восточном. Все это прекрасно видно и на аэроснимках. «Ригели»

не созданы льдом, не были им подпружены — лед их лишь подработал.

На примере Карпат можно хорошо проследить блоково-разрывную тектонику разного порядка, предопределившую направление и пути денудации и, соответственно, своеобразный рельеф.

Усложнение сводово-блокового поднятия Карпат увеличивалось по мере дифференциации блоковой структуры и образования новых разрывных нарушений все более поверхностного заложения. Этот процесс продолжается и сейчас. Все крупные и мелкие ступени рельефа обусловлены разрывными нарушениями разного порядка. Таковы отдельные блоковые ступени, расположенные на разных высотах в поперечных долинах и ошибочно принимаемые за высокие террасы, а также водосборные воронки, седловины, оползни, изгибы долин, мелкие боковые террасы, ряды мелких наклонных, нередко кулисообразных ступенек на склонах и, как указывалось, ригели в блоково-ледниковых нишах,

Блоковый характер рельефа Карпат подчеркивает долинная сеть. К продольным карпатским разломам приурочены главные реки Днестр, Тиса. Их крупные притоки следуют поперечным разломам. Притоки низших порядков вырисовывают сложную сетку, соответствующую сетке разрывов и трещин. Частые под резкими углами повороты русла указывают на неравномерность поднятий отдельных блоков, тем более, что местами реки текут по коренным породам, а местами — по аллювию.

Как в Советских, так и в Западных Карпатах выражены и мелкие живые, еще непереработанные денудацией трещины, представленные крутосклонными прямолинейными рвами нескольких десятков метров длиной и метра три глубиной, нередко протягивающиеся почти вдоль склона. Такие трещины прекрасно выражены и в сводовой части наиболее высокого и быстро поднимающегося блока в чешских флишевых Карпатах. Вся «макушка» блока прорезана трещинами глубиной до 20 м. Трещины, по данным Я. Демека, расположены в плане в виде сетки, по которой можно пройти всю верхнюю часть блока. Я. Демек объясняет образование трещин тем, что верхняя часть этого свода-блока поднимается быстрее.

Еще пример. Интрузивный массив Коктау, входящий в состав Калбо-Нарымской структурно-фациальной зоны Восточного Казахстана, сложен крупнозернистыми гранитами пермского возраста. В рельефе массив Коктау выражен отчетливо. Максимальная высота достигает 1448 м. Он окаймляется сложной кольцевой системой линейных грабен, возвышаясь над ними на 300—400 м. Эта же система грабен отделяет Коктау от отрогов Калбинского хребта — гряды Кызылкаин (1495 м), сложенный, как и грабены, метаморфизованными осадочными породами среднедевонского возраста. Эти три сложные морфоструктуры обусловлены дифференцированными вертикальными движениями по разломам. Массив Коктау расчленен радиальными разрывными нарушениями, по которым заложена радиальная речная сеть. В легко разрушающихся гранитах ею выработаны крутосклонные ущелья. По выходе в грабены речки образовали конусы выноса. В пяти котловинах, врезанных, как видно на рис. 14, в граниты, расположены Себинские озера. Котловины озер замкнуты с трех сторон, открываясь к юго-востоку в грабен, отделяющий массив от гряды Кызылкаин. Они имеют удлиненную форму и крутые склоны; длина их от 2 до 3, ширина от 0,5 до 1 км. Котловины разделены узкими, большей частью островершинными, иногда уплощенными грядами. На вершинных поверхностях имеются многочисленные углубления, заполненные водой.

В нижней части склонов, иногда ниже уровня воды, выходят родники, питающие озера и приуроченные к разрывным нарушениям. Из озер вытекают небольшие речки, подпруженные мощным подгорным шлейфом, который образован р. Себинкой и опускается с гряды Кызылкаин в грабен, разделяющий массив Коктау и грядку. Там, где шлейф сочленяется

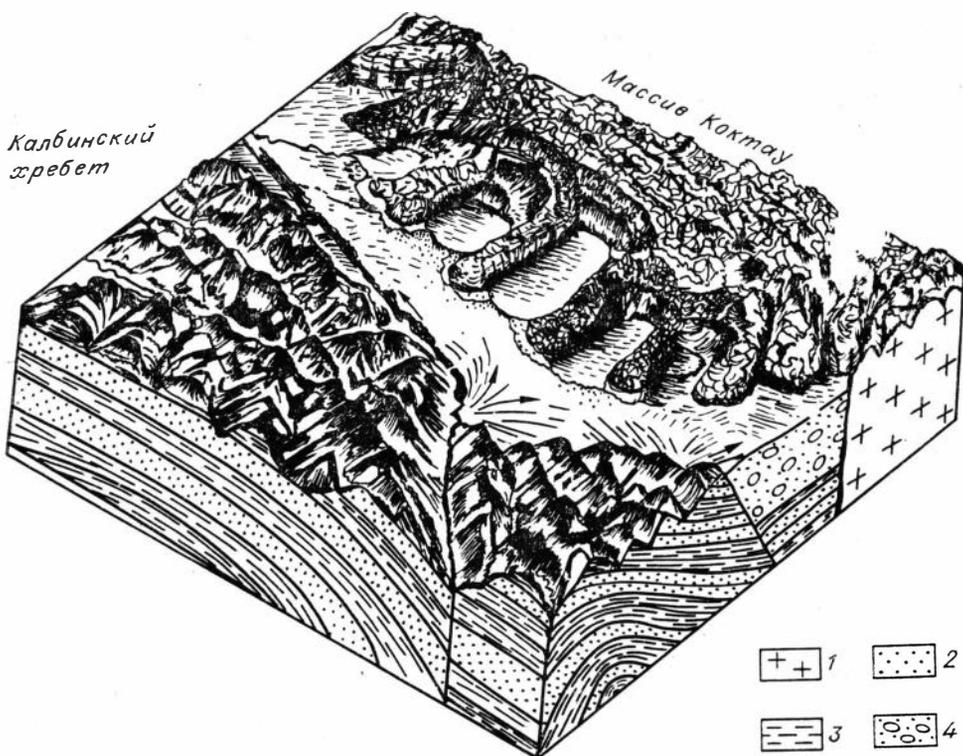


Рис. 14. Себинские озера (рис. А. А. Трещова).  
1 — граниты; 2 — песчаники; 3 — глинистые сланцы; 4 — аллювий.

с выносами речек, мощность речных и склоновых отложений увеличивается.

Из сказанного можно представить следующую историю образования Себинских озер. Они приурочены к радиальным нарушениям, пересекающим массив Коктау. Сначала по ним сформировались пять небольших речных долин. Одновременно происходило и подпруживание стока из этих долин выносами р. Себинки, мелких логов, расчленяющих гряду Кызылкаин, и ее склоновыми отложениями. Подпруженные речки расширяли свои долины в легко разрушающихся крупнозернистых гранитах. Склоновые отложения здесь очень незначительны, смыты дождевыми и тальными водами и вынесены речками. Долины расширялись, а шлейфы, спускаясь с гряды Кызылкаин, препятствовали стоку, вызывая подпруживание. В результате образовались озера. Сток затруднен и сейчас; на рис. 14 видно, что из озер вытекают небольшие речки. Итак, Себинские озера — это озера подпрудные. Образование озерных котловин обусловлено следующими факторами: 1) наличием трех блоковых морфо-структур (массива Коктау, гряды Кызылкаин, системы грабенов, разделяющих на этом участке массив и гряду); 2) расчленением массива Коктау радиальными трещинами, послужившими началом формирования радиальной речной сети; 3) отсутствием современного прогибания в грабене, разделяющем гряду и массив, что обусловило накопление и сохранение подгорного шлейфа, подпрудившего сток с массива Коктау; 4) податливостью к разрушению крупнозернистых гранитов, слагающих массив, чему способствовала и трещиноватость гранитов.

Интересные данные приводятся индийскими учеными о том, что современная восточная часть долины р. Брахмапутры тектонически детерминирована и обусловлена рельефом фундамента. В местах поднятых или опущенных блоков фундамента меняется ширина долины, количество террас и пр.

Все сказанное, хотя и основано на региональных примерах, можно распространить на все континенты и подтвердить вывод о созидательной и разрушающей роли тектоники в рельефообразовании. В заключение можно привести образное сравнение М. В. Пиотровского. Если шахтер отбивает твердую породу кайлом и увозит ее на тачке — скорость разрушения породы одна. Если же породу взрывают и уже готовую вывозят — скорость другая и больше там, где порода подготовлена взрывом. Таково же и значение тектоники в подготовке деятельности экзогенных процессов.

---

## Глава VII. СТАЦИОНАРНЫЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПОЗНАНИИ СОВРЕМЕННОГО РЕЛЬЕФА

Решение одной из важнейших задач, касающихся преобразования природной среды, изучения современных экзогенных процессов, рационального их использования, предполагает активное вмешательство в ход естественных процессов. В связи с этим на повестку дня поставлены вопросы, связанные с предсказанием направленности процессов, изменением их интенсивности, управлением ими.

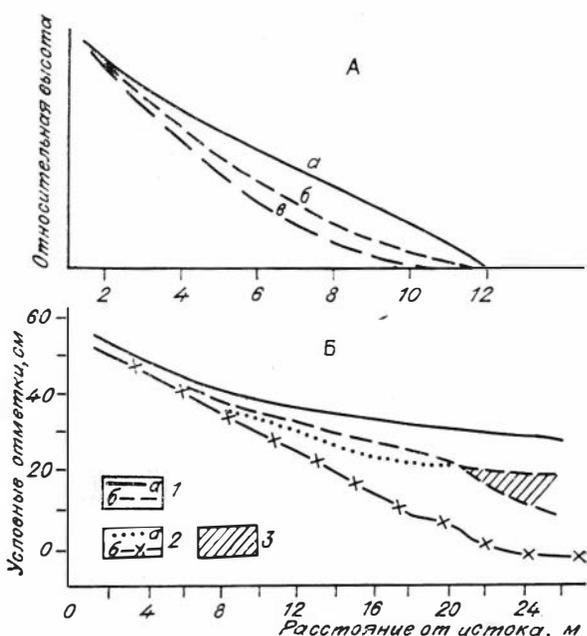
Разработка этих проблем тесно связана с использованием и более широким применением экспериментальных и стационарных методов исследования. Еще в 60-е годы профессор МГУ Н. И. Маккавеев писал, что в дальнейшем эксперименту предстоит большое будущее в связи с тем, что в географических науках по мере их дальнейшего развития все шире будут использоваться методы, позволяющие глубже проникнуть в механизм природных процессов, обоснованно решать вопросы, возникающие при проектировании различных мероприятий по освоению природных ресурсов, прогнозировать те изменения, которые вызывает деятельность человека.

В отечественной геоморфологии временем рождения лабораторного эксперимента следует считать конец 40-х — начало 50-х годов. Методу лабораторного моделирования геоморфологических процессов предшествовали опыты, поставленные М. А. Великановым с целью изучения русловых процессов. Последовавшие за ними эксперименты Д. А. Арманда [1950], касавшиеся изучения эрозионного рельефа, и ряд его статей, посвященных оценке возможностей применения экспериментального метода в геоморфологии, способствовали его популяризации. В это же время были начаты опыты Н. В. Разумихиным [1959] с целью изучения особенностей процессов россыпеобразования. С момента организации на географическом факультете МГУ лаборатории экспериментальной геоморфологии (1953 г.) моделирование становится неотъемлемым элементом геоморфологических исследований.

Лабораторный эксперимент предполагает уменьшение масштаба изучаемого объекта. Основным условием моделирования является требование, согласно которому результаты могут быть использованы при изучении аналогичных природных процессов в том случае, если соблюдаются принципы подобия. Последние определяют адекватность процессов на модели и в натуре, качественная аналогия которых обеспечивает матема-

Рис. 15. Продольные профили рек.

А — хордовый тип (а—в — тальвеги, соответствующие отдельным этапам формирования продольного профиля); Б — цикловой тип: 1 — уровень воды (а) и тальвег (б) до понижения базиса; 2 — тальвег после первого (а) и второго (б) понижения базиса; 3 — дельта, сформированная после первого понижения базиса.



тическое описание моделируемого процесса и возможность переноса получаемых зависимостей на природные объекты.

В практике моделирования флювиального рельефа соблюдение принципов подобия определяется спецификой воспроизводимых на моделях процессов. В целом был выработан ряд приемов [Маккавеев и др., 1961; Маккавеев, Хмелева, 1981], обеспечивающих адекватность процессов на модели и в натуре.

Ниже приводятся некоторые результаты экспериментальных исследований, выполненных в лаборатории экспериментальной геоморфологии МГУ. В зависимости от цели исследования они подразделяются на пять групп.

**Исследования элементов речной долины и русла.** Они касались изучения механизма формирования продольного профиля реки и террас в результате изменения базиса эрозии, колебания стока воды и количества наносов. Результаты исследований свидетельствуют [Маккавеев и др., 1961] о том, что формирующиеся под влиянием указанных факторов террасы можно разделить на два типа: I — хордовые (рис. 15, А), возникающие в случае поднятия территории, дренируемой потоком, и изменения стока воды; II — цикловые (см. рис. 15, Б), образующиеся при понижении базиса эрозии. В последнем случае относительные высоты террас уменьшаются к верховью, т. е. их «веер» открыт вниз по течению реки. У террас хордового типа максимальные относительные высоты уменьшаются как вниз, так и вверх по течению. В процессе формирования террас было отмечено запаздывание врезания потока по его длине по сравнению с действием причин, которые его вызывают. Такое запаздывание (гистерезис) отмечается чаще при формировании террас в связи с колебаниями базиса эрозии. Подтверждено положение Н. И. Маккавеева [1955] о различной направленности эрозионно-аккумулятивных процессов в зависимости от уклона освобождающейся при регрессии бассейна территории. Если она имеет уклон поверхности меньший, чем уклон реки в ее нижнем течении, то врезания не происходит и, наоборот, возможна аккумуляция, которая будет постепенно распространяться вверх по реке. Если уклон равен или больше такового осушающейся территории, то преобразование ее потоком осуществляется по классической схеме. Интересные результаты получены при изучении на моделях влияния водохранилища на особенности проявления эрозионно-аккумулятивных процессов на участках реки, к нему прилегающих. В этом случае выше зоны выклинивания подпора вверх по реке постепенно распространяется аккумуляция, изменяется рисунок русла. Ниже плотины отмечается глубинная эрозия, волна которой смещается на определенное расстояние вниз по течению. На таком

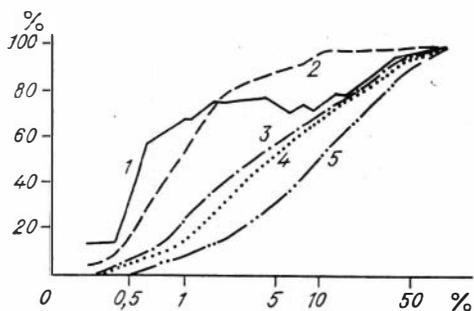


Рис. 16. Изменение размеров оврага в течение опыта.

1 — максимальная глубина; 2 — длина главного оврага; 3 — длина, 4 — площадь и 5 — объем овражной системы.

местно на реках при строительстве плотин, создание которых можно расценивать как своеобразный эксперимент в природе, вызывающий (в силу большого масштаба) реакцию современных рельефообразующих процессов на значительных участках территории.

Большое внимание в экспериментальных исследованиях уделяется изучению влияния руслового процесса, в первую очередь формированию свободных и врезанных меандр. Как известно, эти макроэлементы русла в практике геоморфологических исследований используются в качестве диагностических признаков направленности проявления тектоники на участках долин, где они распространены. Экспериментами установлено [Экспериментальная геоморфология, 1969], что существует связь их параметров с гидрологическими характеристиками потока и степенью устойчивости русла. Проследжены соотношения скоростей смещения свободных излучин вверх и вниз по течению и связь их с эрозионно-аккумулятивными процессами. Установлено возрастное различие этих двух типов меандр. Свободные меандры отражают современную направленность развития флювиальных форм рельефа. Процесс образования врезанных меандр значительно длительнее по времени в силу их более медленного смещения.

**Исследование развития оврагов.** В опытах, поставленных на дождевальной установке [Косов, Никольская, 1984], прослежены основные этапы развития отдельных параметров оврага (рис. 16). Вначале, в течение очень короткого времени, развивается интенсивная глубинная эрозия, вследствие чего происходит быстрое развитие оврага в длину и глубину, а другие параметры изменяются медленнее. На последнем этапе в овраге формируется выработанный продольный профиль, по длине которого прослеживается закономерное соотношение между площадью овражного водосбора и расходом воды, скоростью течения и уклоном продольного профиля, образующегося в овраге водотока. По полученным зависимостям и по форме продольного профиля на конечной стадии развития оврага можно определять потенциал овражности той или иной территории и прогнозировать ширину пояса невыявленной линейной эрозии.

**Исследование склоновых процессов.** Они посвящены особенностям развития солифлюкции, курумов и делювиального смыва и проводились на различных установках. Первые два процесса моделировались в специально сконструированной низкотемпературной камере. Установлено [Экспериментальная геоморфология, 1978], что при крутизне склона до  $20^\circ$  солифлюкционные потоки достигали скорости 25 мм/год. При повторении циклов промерзания — протаивания происходило постепенное смещение частиц свинца, включенных в толщу этого потока, из нижних горизонтов в верхние. Скорость смещения этих частиц в солифлюкционном потоке зависела не только от их веса, но и от формы.

При изучении процессов курумообразования [Хмелева, Шевченко, 1980; Шевченко, 1981] выявлялись особенности смещения обломков, слагающих поверхность курумов, в зависимости от крутизны склонов и мощности мелкоземистого горизонта, подстилающего верхний крупнооб-

ломочный горизонт. Установлено, что под действием периодической смены промерзания — оттаивания частицы, слагающие курум, перемещаются не только вниз по склону, но и в стороны. При малой крутизне склонов за счет такого перемещения наблюдается растаскивание обломков курума в стороны. С увеличением крутизны склона преобладает смещение обломков по его падению. С увеличением мощности мелкоземистого слоя скорость смещения обломков возрастает. Если обломки располагались на жестком фундаменте (поверхности скалы), также происходило смещение обломков даже при малых уклонах склона.

Выводы, полученные экспериментальным путем, в частности о роли уклонов в механизме смещения обломков, подтверждаются результатами проводимых многолетних наблюдений на стационарных площадках, где ведутся исследования в одном из районов Южной Якутии. Так, установлено, что скорости смещения обломков в курумах, локально перекрывающих поверхность выравнивания (уклон  $6-8^\circ$ ), на порядок меньше по сравнению с таковыми, сформированными на склонах долин крутизной  $20-30^\circ$ . Результаты экспериментов в лаборатории и стационарных исследований с применением метода повторных фототеодолитных съемок позволили выявить детали механизма движения обломков курумов. Так, было установлено, что на крутых склонах движение обломков происходило за счет опрокидывания их через нижнюю по падению склона грань. На пологих склонах смещение наблюдалось как вниз по склону, так и частично вверх, что сказывалось на итоговой скорости обломков.

Делювиальному смыву принадлежит ведущая роль в преобразовании современного рельефа в условиях нормального и повышенного увлажнения. На дождевальной установке изучалась роль этого процесса в перемещении обломочного материала с водосборных поверхностей в гидросеть. Поступающий в водотоки таким путем обломочный материал является источником формирования аллювия, а в случае денудации рудопроявлений — россыпей тяжелых минералов. На моделях воспроизводились два варианта. В первом велись наблюдения за смещением крупных обломков, включенных в склоновые отложения. Установлено [Экспериментальная геоморфология, 1969], что обломки диаметром до нескольких десятков сантиметров смещаются под действием аблювиального эффекта. Потеря ими устойчивости в результате размыва окружающего грунта является импульсом их медленного смещения вниз по склону. Длина пути обломков зависит от крутизны склона и мощности слоя размываемого грунта.

Во втором случае механизм делювиального смыва исследовался при помощи траекторий смещения мелких частиц разной плотности, расположенных на поверхности склона [Хмелева, Ивочкина, 1973]. Установлено, что на выровненном склоне плоскостной смыв происходит медленнее. Частицы в этом случае двигаются под влиянием эскалационного эффекта, а траектории их пути ориентированы строго по падению склона (рис. 17, а). При размыве склона, осложненного микроформами размыва (см. рис. 17, б), процесс смыва шел более интенсивно. Здесь траектории частиц зави-

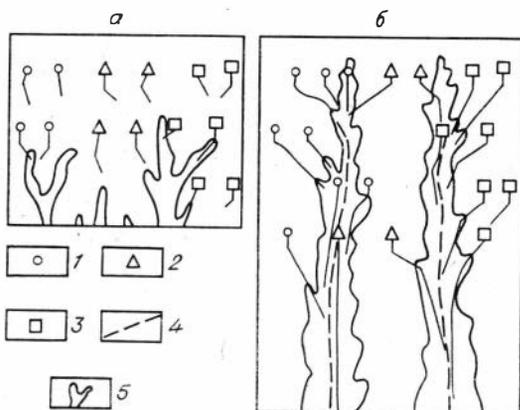


Рис. 17. Траектории смещения частиц под влиянием делювиального смыва [Хмелева, Ивочкина, 1973] (а — склон простой формы, б — осложненный микроформами.)

1 — крупные обломки породы; 2 — частицы тяжелых минералов в форме пласта; 3 — то же, в форме кубов; 4 — тальвег водотока; 5 — днища мелких водотоков на склоне.

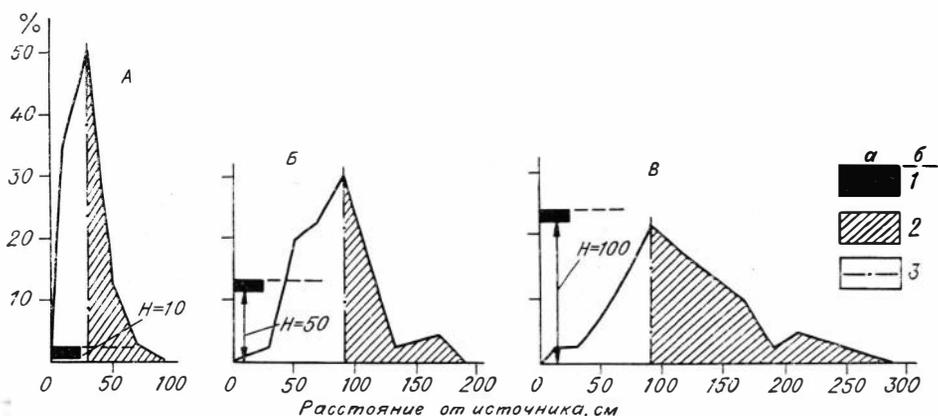


Рис. 18. Изменение запасов полезного компонента (ПК) в россыпи в зависимости от размыва промежуточного источника разной мощности [Ивочкина, 1986].

А—В — графики запасов полезного компонента при размыве промежуточного источника мощностью соответственно 10, 50 и 100 м (в пересчете на натурную россыпь). 1 — промежуточный источник (■) и палеоуровень (б); 2 — запасы полезного компонента в зоне спада; 3 — положение на графике максимума запасов ПК.

сели от местных базисов эрозии, которыми являлись мелкие линейные формы размыва. Скорость перестройки первичной поверхности склона влияла на скорость стягивания тяжелых частиц в гидросеть. Возможность исследования на моделях склоновых процессов с разной крутизной и формой склонов методом анализа рисунка траекторий перемещения мелких частиц большой плотности позволяет решать также некоторые задачи, касающиеся проблемы коренной источник — россыпь.

**Формирование аллювиальных россыпей при различной глубине вреза долины.** В серии опытов исследовалось влияние положения (высоты) металлоносного слоя в промежуточном «коллекторе» при перемыве его водотоком на формирование аллювиальной россыпи [Ивочкина, 1986]. Величина вреза потока при размыве коллектора, расположенного в верховье долины, изменялась по опытам от 10 до 100 м (в пересчете на натуру). Установлено, что с возрастанием глубины вреза увеличивается длина россыпи и изменяется форма кривых графиков линейных запасов (рис. 18). Так, симметричная кривая с крутыми углами в зонах нарастания и спада богатства и четко выраженной вершиной максимума накопления полезного компонента (ПК) является признаком ближнего сноса. Асимметричные кривые с более пологим углом нарастания и крутым углом спада свидетельствуют о перемыве небольшой по мощности толщи отложений. Большая часть запасов ПК такой россыпи находится на участке выше зоны максимума накопления. При перемыве толщи значительной мощности форма кривой накопления металла имеет крутой угол нарастания и пологий угол спада со сглаженной вершиной максимума и наличием нескольких пиков в хвостовой части россыпи. Основная часть запасов ПК этой россыпи приурочена к участку, расположенному ниже по течению от местоположения максимума аккумуляции металла. Результаты экспериментальных исследований, посвященных рассматриваемому вопросу, сопоставлялись с особенностями распределения ПК в натуральных россыпях одного из районов Якутии и явились теоретической основой разработанного метода генетического анализа россыпей по данным разведочной документации с целью прогноза их коренных источников.

**Роль эндогенного фактора в формировании рельефа изучалась на нескольких примерах.** Первый из них касался выявления генезиса одной из локальных структур европейского Севера. Купол структуры был срезан абразией, а для пластов, слагающих ее крылья, характерно убывание мощности в сторону подошвы свода. Такое распределение мощностей дава-

ло повод считать структуру обращенной. На модели рост структуры происходил при одновременном осадконакоплении; свод ее при этом находился в сфере действия приливной волны. Продукты абразии отлагались на склонах структуры, образуя слои, мощность которых убывала в сторону основания свода. Таким образом, установлено, что для конседиментационной структуры, формирующейся в условиях мелководья, убывание мощности слоев к ее основанию не является признаком обращенности.

Второй случай — механизм образования продольного профиля реки, дренирующей крыло структуры, или односторонне поднимающегося блока [Экспериментальная геоморфология, 1978]. Отличительная особенность таких профилей — вогнутость и большая врезанность среднего или верхнего участков течения. Врезанность продольного профиля на участке течения, захваченном глубинной эрозией, определяется темпом или прерывистостью поднятия. При относительно быстрых поднятиях врез ограничивается участком нижнего течения, при более медленных деформации продольного профиля распространяются выше по течению. В результате формируется серия террас врезания. Их число и относительные высоты зависят от темпов поднятия. При медленном росте структуры наблюдается меньшее число уступов террас, а относительные превышения и площади их больше, чем в случае быстрого поднятия.

Многолетняя практика применения экспериментального метода в геоморфологии доказала возможность изучения механизма современных экзогенных процессов в их взаимодействии с эндогенными и оценки роли отдельных факторов в них. Результаты, получаемые с помощью лабораторного эксперимента, могут успешно применяться наряду с другими методами при изучении процессов рельефообразования и решении задач, связанных с прогнозом тех или иных явлений.

## СТАЦИОНАРНЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Экзогенные процессы представляют собой обширную группу факторов, действующих на поверхности Земли в зоне взаимодействия трех сред: суши, воды, атмосферы. Их планетарное развитие, тесная связь с современными ландшафтно-климатическими условиями и геологической структурой, меняющаяся динамика обуславливают широкий диапазон теоретических и прикладных проблем в географии, геологии и геоморфологии. Наиболее актуальные из них — проблемы, связанные с развитием так называемых катастрофических процессов.

Ныне протекающие экзогенные процессы прямо или косвенно влияют на ландшафтную сферу Земли и через нее — на условия жизни, экологию и хозяйственную деятельность человека. Отсюда понятна важность исследований современного экзогенного морфогенеза в практических целях [Борсук и др., 1977].

Уровень знаний о современных экзогенных процессах основывается на достижениях исследования их механизма, формы проявления, интенсивности и хода развития в различных геологической, геоморфологической и ландшафтно-климатической обстановках.

Изучение экзогенных процессов проводится как в СССР, так и за рубежом на разных уровнях исследования. Все они, однако, включают три главных направления: 1) исследование процессов в природных условиях; 2) исследование процессов в природных условиях в сочетании с экспериментами; 3) экспериментальные исследования и моделирование процессов.

Для долгосрочного слежения за природными процессами организуются стационары с площадками наблюдений, режимными исследованиями

перемещения обломочного материала, направления и объема стока, изменений форм и микроформ рельефа.

Программы наблюдений и их методика заметно различаются на разных стационарах. Различаются и цели, преследуемые программами наблюдений. Единых программ, охватывающих ряд стационаров, практически не существует, хотя предпринимаются попытки упорядочить систему методов и способов наблюдений [Методическое руководство..., 1977]. Все это представляет комплекс научных и организационных проблем, препятствующих оценке деятельности экзогенных процессов в разных регионах Земли. Между тем изучение процессов в стационарных условиях крайне важно, поскольку они представляют собой фон, на котором отчетливо видны различные катастрофические явления. В частности, одна из проблем — определение границы интенсивности или формы процессов, за которой (пороговым значением) начинаются катастрофические явления.

Стационарные исследования экзогенных процессов проводятся в СССР, ЧССР, ПНР, ВНР, ГДР, СРР, а также во Франции, в ФРГ, США Канаде, Англии, Австрии, Японии, Пуэрто-Рико, Финляндии, Швеции, Норвегии, Италии, Испании, Израиле, некоторых африканских странах. Об этом можно судить по публикациям, отраженным в «Реферативном журнале» [Ананьев, 1982].

В Советском Союзе наиболее известны результаты наблюдений, проводимых на стационарах Института географии АН СССР (Москва), Института географии Сибири и Дальнего Востока (Иркутск), МГПИ (Москва), Московского, Львовского, Казанского, Тбилисского университетов, станции Мингео РСФСР.

Нами использованы только опубликованные методические результаты исследований процессов, протекающих в естественных природных условиях, и не рассматриваются эксперименты и моделируемые процессы. Последние нужно анализировать отдельно, поскольку возникает необходимость анализа степени адекватности природных процессов и экспериментов. Особую сложность при этом представляет оценка фактора времени в развитии процесса.

Деятельность и механизм экзогенных процессов изучаются на стационарах представителями разных отраслей естествознания — географами, геологами, геоморфологами, физиками, химиками, почвоведомы. Наибольшего эффекта они достигают при комплексировании исследований. В зависимости от целей изучения (предупреждение и прогноз селей, паводков, пыльных бурь, лавин, заиление водохранилищ и др.) для ускорения работ часто используются редуцированные, а не комплексные программы.

Из публикаций известно, что наблюдения на стационарах ведутся за эрозионными, склоновыми, ледниковыми, эоловыми, карстовыми, криогенными, лавинными, абразионно-аккумулятивными процессами. Кроме того, большое внимание уделяется изучению процессов выветривания скальных и рыхлых горных пород. Интересные данные получены при изучении современных тектонических движений [Бочаров и др., 1984], а также при оценке оседания площади городов [Саапар, Ящук, 1981].

Результаты стационарных наблюдений используются при контроле динамики окружающей среды, оценке настоящей эрозии и денудации, устойчивости берегов водохранилищ и морей, оседания грунта в городах, наступления песчаных гряд на леса и степи, деструкции почв, определении величины и тенденции современных тектонических движений, скорости разрушения отвалов горных выработок и др. Даже этот неполный перечень показывает, что стационарные исследования экзогенных процессов используются в народном хозяйстве очень широко. Поэтому все более необходимым становится создание комплексных единых целевых программ и мер, обеспечивающих развитие стационаров в разных ландшафтно-климатических и геоморфологических зонах, их работу по сходным

## Классификация существующих методов изучения экзогенных процессов в стационарных условиях

Группа	Метод	Способ
Визуальная	Описательный, графический	Текстовые описания, зарисовки, дендрохронологический
Оптико-механическая	Аэрофотосъемочный, геодезический, фотосъемочный, космифотосъемочный	Мензульный, нивелирный, теодолитный, фототеодолитный, лазерный
Механическая	Стоковых площадок, искусственных ограничений поверхности, ловушек, фиксированных предметов	Дождевания, удаления дерна, окраска обломков, окраска поверхности, рам, пленок, подстилок, щитов, реперов (трубки, шпильки, пластинки в грунте)
Индикационная	Гамма-локационный, геохимический	

методикам и в конечном итоге — выдачу рекомендаций и прогноза заинтересованным организациям и ведомствам. В принципе возможно создание службы наподобие системы гидрометеорологических станций и обсерваторий Госкомгидромета в Советском Союзе.

Было бы неправильным представлять работы по изучению экзогенных процессов в стационарных условиях лишь как инженерно-геологические или инженерно-геоморфологические. Широкий диапазон наблюдений позволяет считать их комплексными, инженерно-географическими. В настоящее время такая комплексность пока осуществляется, по-видимому, лишь на стационарах Института географии Сибири и Дальнего Востока АН СССР. На остальных стационарах методика наблюдений весьма разнообразна и часто создается отдельно для каждого из них. В целом, судя по публикациям, преобладают наблюдения: а) визуальное, б) оптико-механическое, в) с помощью механических и технических средств (табл. 3, 4). Поскольку больше всего внимания уделяется склоновым про-

Таблица 4

## Технические средства, используемые для стационарных наблюдений за экзогенными процессами

Тип процесса	Аппаратура, приборы
Выветривание	Геохимическая аппаратура, микроскопы, ловушки обломочного материала
Склоновый, криогенный, лавинный	Теодолит, нивелир, мензула, фототеодолит; рейки, шпильки, рамы, желоба, пленки; маркированные обломки, репера, полосы, трубки; лазерный геодезический; микрометр; аэрофотосъемочная аппаратура; гамма-локатор; измерители силы удара; наклономер; шланговый и магнитометрический реперы, электрический фиксатор смещений, линейка микроинвентаризации; гамма-плотномер; нейтронный влагомер
Эоловый	Аэродинамическая труба (ПАУ-2 Бочарова), пескоуловитель Знаменского и Бочарова, а также Семенова, дефляциограф (КАЗНИГМИ), липкие стекла, металлические сосуды
Ледниковый	Фототеодолит, нивелир, мензула, аэрофотосъемочные аппараты
Эрозионный	Фототеодолит, геодезические приборы, вибрографы, рейки, маркированные обломки, аэрофотосъемочные аппараты, люминоскопы, наборы технических средств на стоковых площадках
Абразионно-аккумулятивный	Фототеодолит, микрометр, маркированные поверхности, обломки (в том числе люминоформные индикаторы), дочерпатели, промерная техника

## Соотношение публикаций, посвященных стационарным наблюдениям за экзогенными процессами, за 1970—1985 гг.

Тип экзогенных процессов	Количество публикаций, %	Страны, где преобладают публикации
Выветривание	3	СССР, США
Эрозионный	25	СССР, Канада, Франция
Склоновый	55	СССР, Канада, Япония
Ледниковый	1,5	СССР, Норвегия
Эоловый	5	СССР
Карстовый	5	СССР
Криогенный	3	СССР, США, Канада
Лавинный	2	СССР, Канада
Абразионно-аккумулятивный	0,5	Австралия, СССР, США

Примечание. Не включены публикации по экспериментальным работам.

цессам (табл. 5), то методика их изучения разработана наиболее полно. Помимо традиционного описания склонов и склоновых отложений здесь используются: а) повторная фототеодолитная съемка поверхности склонов; б) закладка неподвижных реперов и отсчет от них перемещения чехла склоновых отложений; в) нанесение окраски на поверхность склона или расстановка окрашенных обломков с периодическими измерениями их положения; г) подсчет твердого и растворенного стока на специальных площадках; д) установка неподвижных или съемных рам над поверхностью склона, позволяющих фиксировать фотосъемкой смещение обломочного материала или проводить геодезическую микросъемку поверхности; е) установка у основания склона неподвижных щитов, пленок, пластиковых и матерчатых подстилок, служащих ловушками осыпавшегося, смывающегося микроструями воды или оплывающего обломочного материала; ж) введение в толщу склонового материала шпилек, металлических пластинок, гибких трубок, ярко окрашенного мелкозема или искусственного материала для последующего (через год или несколько лет) измерения их изгиба или перемещения в толще грунта. К сожалению, серийно изготовленных технических средств существует мало, и каждая группа исследователей обычно берет труд изготовления приборов на себя. В связи с этим достоверность методики каждый раз определяется заново, и не всегда оценки сопоставимы для разных стационаров. Предпринимаются попытки описать причинные связи и механизм процессов математическим путем. Это сделано, например, для обвально-осыпных, оползневых, эрозионных, эоловых, абразионно-аккумулятивных процессов. Однако в многочисленных формулах отсутствует поправка на фактор времени, введение ее представляет значительную проблему. Достоверность выводов о результатах стационарных исследований экзогенных процессов тесно связана с продолжительностью наблюдений. Чем длиннее ряд наблюдений, тем более обоснованными будут выводы. Однако к настоящему времени большинство стационаров действуют не более 20—30 лет, единичные — 40—50 лет. Поэтому для более долгосрочных прогнозов или рекомендаций привлекаются обрывочные и иногда противоречивые данные о деятельности экзогенных процессов в голоцене и даже в позднем плейстоцене. В особенности это касается прогноза чередования влажных и сухих эпох и связанных с ними изменений экзогенных процессов.

К недостаткам многих методик исследования экзогенных процессов относятся: 1) недостаточная точность техники измерений; 2) невозможность определения репрезентативности наблюдений, выполненных на 1—2 стационарах, для всего региона [Борсук и др., 1977].

Результаты стационарных исследований обычно выражаются в таблично-цифровом, графическом и картографическом видах. Если первые

два вида широко распространены в связи с достаточно разработанной методикой математической обработки результатов наблюдений, то картографирование экзогенных процессов пока представляет слабо изученную проблему. Обычно составляются карты динамики рельефа или процессов. Их масштаб колеблется в зависимости от предмета изучения от 1 : 10 до 1 : 50 000. Отсутствие четких принципов составления подобных планов и карт заставляет исследователя каждый раз вновь возвращаться к вопросам: 1) что именно показывать на планах и картах?; 2) как отразить динамику процессов? Особенно сложной задачей является показ динамики процессов во времени. Встречаются попытки составления серии карт, на которых отражены фазы (стадии) развития одного или двух процессов, но они не создают впечатления непрерывности. Проблему составления карт динамики процессов необходимо продолжать изучать.

Результаты подавляющего числа стационарных исследований экзогенных процессов ограничиваются получением информации: 1) о видах, интенсивности процессов в разных высотных поясах гор, или ландшафтно-климатических зонах равнин и плоскогорий; 2) о тенденциях или полной смене одних экзогенных процессов другими. Почти единичны системные исследования экзогенных процессов на стационарах.

Первой наиболее многочисленной группе результатов посвящены многие сотни публикаций. По этим данным с использованием эпизодических нестационарных наблюдений возможен поиск глобальных закономерностей развития экзогенных процессов. Однако существуют виды экзогенных процессов, механизмы, распространение, интенсивность которых остаются слабо изученными. К их числу относятся капельно-дождевая деструкция, биогенные деструктивно-аккумулятивные процессы (деятельность роющих животных, ветровалы леса — «корневой снос»), аблювиальные процессы, подерновая суффозионная денудация и др.

Из второй группы результатов обращает на себя внимание следующее. Ритмичная смена процессов деструкции аккумуляцией обнаруживается как при долгосрочных наблюдениях, так и при краткосрочных. Это касается ритмично-колебательных движений грунта и его поверхности. Следствием подобной разновидности процессов являются вертикальная и горизонтальная сортировки обломочного материала в толщах аллювия и склоновых отложений. Стационарные исследования склоновых процессов в Забайкалье показали, что распределение денудации и аккумуляции на склонах происходит настолько неравномерно, что на одних и тех же участках в разное время может отмечаться снос или аккумуляция обломочного материала [Титова, 1973].

По данным О. И. Баженовой [1981], даже в течение года плоскостная эрозия изменяется ритмично: снос — накопление обломочного материала. Поскольку подобная тенденция установлена для многих этапов развития геоморфологических процессов, можно думать, что эта закономерность выдерживается на разных временных отрезках и на разных уровнях развития процессов. Тем самым намечается волновой характер смены последних. На фоне крупных волн смены экзогенных процессов существуют ряды малых волн, при интерференции которых возникают этапы усиления интенсивности экзогенных и, возможно, на их фоне — всплески катастрофических процессов.

Изучение субаквальных или прибрежно-морских экзогенных процессов в стационарных условиях проводится достаточно активно. Наиболее часто исследуется динамика пляжей и подводных склонов. Известны попытки изучения абразионных процессов на бенчах с помощью микрометра, скоростей снижения поверхностей коралловых рифов и др.

В морской геоморфологии более, чем в других областях, стационарными исследованиями обнаружено взаимовлияние одного вида процесса на другой (например, соотношения поперечного и продольного потоков наносов с уклонами дна и волновой активностью). Интересные результаты

в полустационарных условиях были получены при изучении развития подводных каньонов [Шепард, Дилл, 1972; Леонтьев, Сафьянов, 1973]. Однако технические сложности при подводных наблюдениях все еще делают такие работы эпизодическими.

Весьма интересны выводы о возможности аномального поведения целых групп процессов на фоне регулярных их проявлений. К этому, например, относится отсутствие процессов углубления речных долин на Кавказе [Хмелева и др., 1970]. В последние годы много исследований посвящается процессам, протекающим на поверхности антропогенного рельефа. Эта группа процессов требует особого внимания. В частности, установлено, что если деятельность человека приводит к уничтожению растительности более чем на 20%, то резко возрастает вероятность проявления катастрофических явлений (сели, овраги, осыпи и пр.).

Заслуживают внимания сведения о смене видов процессов, когда, например, рост оврага прекращается в результате особенностей его саморазвития. Этот вывод находится в некотором противоречии с устоявшимися представлениями о непрекращающемся (без соответствующих мероприятий) развитии оврагов.

Саморазвитие форм рельефа представляет особую проблему, в которой стационарные наблюдения за экзогенными процессами занимают важную часть. Находясь в состоянии динамического равновесия по отношению к окружающим (фоновым) характеристикам рельефа, любая форма последнего развивается непрерывно и в то же время скачкообразно. Отмечается [Бондаренко и др., 1983], что даже в платформенных условиях при высокоточных наблюдениях с помощью лазера удается установить, что не только вертикальные, но и горизонтальные движения грунта имеют неравномерно-колебательный характер. Равновесное состояние нарушается катастрофическими событиями, после чего равновесие иногда восстанавливается. Стационарные наблюдения за экзогенными процессами позволяют определить так называемые «пороговые значения» динамики процессов, за пределами которых они приобретают катастрофический характер.

Несмотря на усиление внимания к стационарным исследованиям экзогенных процессов [Ивановский, Титова, 1982; Кравчук и др., 1980; и др.], их развитие и в особенности методическая основа и обработка результатов наблюдений разработаны недостаточно. Главное, что в настоящее время требуется решить — это вопрос унификации набора методов и адекватности самих методов наблюдений. Наиболее полно разработана методика оптико-механических наблюдений, поскольку при последних используются серийно выпускаемые промышленностью приборы и сооружения. Довольно четко отработана и используется методика стационарных наблюдений за формированием и прохождением селевых потоков [Методическое руководство, 1971].

В методике обработки результатов стационарных наблюдений широко распространены математические методы, включая обработку на ЭВМ [Clement, Gadbois, 1972; Campbell, 1974; Kirkby, Kirkby, 1974; и др.]. Эмпирическими расчетами, например, установлена связь между магнитудой землетрясений и числом оползней [Omura et al., 1980]:

$$N = \bar{\rho} \sum_{i=5}^7 S_i,$$

где  $N$  — общее число оползней,  $\rho$  — коэффициент;  $S$  — площадь зоны колебаний определенной магнитуды.

В перспективе следует стремиться к автоматизации наблюдений и записи их на непрерывных лентах самописцев.

Картографирование экзогенных геоморфологических процессов требует более широкого обсуждения для выработки сопоставимых условных обозначений и, соответственно, единой методики анализа таких карт.

Карты динамики рельефа, например, по мнению В. А. Войлошникова [1973], должны содержать в своих легендах три группы обозначений: а) топографическую (горизонтали и др.), б) литологическую, в) геоморфологическую. В последнюю входит показ характера и интенсивности эндогенных и экзогенных процессов через особенности рельефа. В. А. Войлошниковым предложен интересный путь перехода от генетической легенды к генетико-динамической и геодинамической. Близкие взгляды высказаны Г. В. Полуниным [1983].

Еще одна нерешенная проблема — учет роли эндогенных процессов при стационарных исследованиях экзогенных процессов. Тесные взаимосвязи и взаимное проникновение не позволяют строго разделять их при исследованиях. Между тем от решения этой проблемы зависит оценка тектонических движений.

Тектонические движения обычно в неявном виде участвуют в развитии экзогенных процессов. Поэтому так важен учет современных тектонических движений, фиксируемых геодезическими наблюдениями. Выявление волн движений разных порядков (от суточных до тысячелетних) вызывает необходимость их оценки и установления связи с экзогенными процессами. Это вполне возможно сделать на созданных в СССР геодинамических полигонах, на которых стало возможным фиксировать не только вертикальные, но и горизонтальные движения земной поверхности [Бочаров и др., 1984].

Получен весьма важный вывод о том, что тектонические движения и величина осадков — примерно равноценные факторы интенсивности эрозионных процессов [Маккавеев и др., 1977].

Весьма актуальной в последние 20 лет стала проблема количественной оценки влияния антропогенного фактора на изменчивость поверхности и интенсивность природных процессов.

Даже перечисление созданных деятельностью человека отдельных форм рельефа и комплексов заняло бы много страниц. При этом их динамичность много выше, чем у сходных природных форм. Человек создал и такие формы рельефа, которые никогда в природе не существовали и которые находятся в диссонансе с морфоструктурными, сейсмическими, ландшафтно-климатическими условиями. Такие формы (дорожные выемки, терриконы, плотины в ущельях и др.) особенно неустойчивы в своем развитии и требуют пристального внимания при стационарных исследованиях.

В городах-мегаполисах появилась избыточная «аккумуляция» в виде культурного слоя (Одесса — 45 м, Москва — 22, Лондон — 25, Париж — 20, по Котлову [1970]), жилых и промышленных сооружений. Она в какой-то мере нарушила природное равновесие территорий и процессов, действовавших, скажем, 1000 лет назад. Кроме того, появились «спровоцированные» человеком процессы, наподобие оседаний грунта над подземными горными выработками, над опустошенными от воды подземными природными полостями и др. Эти процессы нуждаются в изучении и регистрации, так как они наиболее сильно влияют на естественные природные условия [Горшков, 1982]. Известно, что к неожиданным сейсмическим эффектам в рельефообразовании часто приводит заполнение чаш водохранилищ в горных странах.

Изучение природных процессов — одна из важнейших задач географической науки. От знания сути, механизмов, скоростей протекания природных процессов зависят прогнозирование многих, в том числе катастрофических, явлений и выработка мер борьбы с ними. Существование географической зональности определяет необходимость выяснения распределения, типов и интенсивности экзогенных процессов в конкретной ландшафтно-климатической обстановке. В частности, становятся необходимыми выявление зональных, пптразональных и аazonальных типов процессов,

оценка суммарной денудации рельефа, установление причин катастрофических явлений и др. Важной проблемой является возможность экстраполяции полученных данных на другие территории.

---

## Глава VIII. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРИКЛАДНОГО ЗНАЧЕНИЯ

### РЕЛЬЕФ И МЕЛИОРАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЗОНЫ СИБИРИ

Природные условия Сибири во многом предопределили пути рационального освоения ее земельных ресурсов на базе проведения мелиоративных работ большого масштаба. К большому сожалению, изучение ее рельефа сильно отстало от решения практических задач в области проектирования различных гидротехнических сооружений. Исследование рельефа земной поверхности имеет большое научное и практическое значение. Рельеф — основа географического ландшафта и во многом определяет характерные особенности его главных компонентов. Он влияет на формирование климата и на развитие природных процессов. От рельефа во многом зависят важнейшие черты растительности, почвенного покрова и животного мира. Результаты изучения рельефа широко используются при постановке поисковых работ на различные полезные ископаемые, при проведении железных и шоссейных дорог, нефте- и газопроводов, при строительстве гидротехнических сооружений, воздействии промышленных комплексов, планировке городов, при проведении землеустроительных работ и выполнении различных агротехнических мероприятий. В настоящее время новейшие данные о рельефе нашей страны приобретают особое значение в связи с практической реализацией общегосударственной программы ее широкого мелиоративного освоения.

Отметив большое значение морфологических особенностей земной поверхности в решении многих практических задач, можно перейти к рассмотрению тех вопросов, которые отражены в наименовании нашей работы. Их необходимо проанализировать в двух направлениях. С одной стороны, следует осветить некоторые теоретические проблемы мелиорации, а с другой — на базе познания основных закономерностей в формировании современного рельефа Сибири определить пути рационального освоения и охраны ее земельных ресурсов.

#### О теоретических проблемах мелиорации

«Мелиорация — система организационно-хозяйственных и технических мероприятий, направленных на коренное улучшение неблагоприятных природных условий земель, главным образом путем регулирования их водного, воздушного и теплового режима. Теоретической основой мелиорации является изучение В. В. Докучаева о природной зональности» [Краткая географическая энциклопедия, 1960, с. 572]. На протяжении многих лет в энциклопедических изданиях, специальных монографиях и учебных пособиях мы читаем о том, что теоретической основой мелиорации является учение В. В. Докучаева о природной зональности. Между тем хорошо известно, что «в Советском Союзе орографические элементы, нарушающие широтную зональность, занимают более половины территории. На земном шаре зональными можно считать около 24% территории суши» [Зорин, 1984, с. 60]. В чем же причина столь резких расхождений

в научной и практической оценке закона географической зональности? Отклонений от идеальной зональной схемы действительно очень много, так как природа нашей планеты во всех отношениях весьма многогранна. Об этом в свое время писал и сам В. В. Докучаев [1949]. Надо всегда помнить, что широтная зональность — это всеобщий географический закон, а частное далеко не всегда полностью совпадает с общим. Очень часто самобытность природной обстановки двух соседних районов столь различна, что их нельзя отнести к одной зоне, поэтому некоторые исследователи идут по неправильному пути бесконечного дробления географических зон на более мелкие подразделения. Многие географы при комплексном анализе не уделяют должного внимания глубокому познанию рельефа и геологического субстрата, природа которых очень часто вносит существенные поправки и дополнения в наши представления о прямом или косвенном влиянии широтной зональности в оценке мелиоративных условий той или иной территории. Поэтому в каждом конкретном случае научные предпосылки к проведению различных мелиоративных мероприятий должны исходить не только из познания закономерностей широтной зональности, но и в большей степени из детального изучения парадоксальных явлений в истории формирования любого региона и их мелиоративной оценки. Правоту высказанных положений мы можем подтвердить на анализе пространственной изменчивости мелиоративных условий сельскохозяйственной зоны Сибири.

Большой объем мелиоративных, нефте- и газодобывающих работ в центрах Сибири и создание крупных территориально-промышленных комплексов требуют проведения крупномасштабных региональных географических исследований. На пути практической реализации указанных проблем стоят большие трудности, так как формирование физико-географических условий в Сибири проходило в резко различной обстановке по сравнению с развитием географических ландшафтов в Восточной Европе. Достаточно проанализировать любую географическую карту нашей страны, чтобы убедиться в правоте высказанных положений. Все магистральные реки Сибири всегда текли с юга на север навстречу существовавшим ледниковым покровам. На территории Русской равнины наблюдалась обратная картина. Отмеченные палеогеографические отличия на протяжении четвертичного периода в истории развития Земли вместе с особенностями устойчивого переноса атмосферных осадков из зоны Атлантического океана и экватории Средиземного моря во многом предопределили главнейшие черты Сибирской природы. Они больше всего сказались не только на широком распространении многолетней мерзлоты и на развитии ярко выраженных долготных зон, но и на парадоксальных особенностях формирования ее рельефа, почвенного покрова и растительных формаций.

Сельскохозяйственная зона Сибири простирается на 3500 км. На территории Западной Сибири ее ширина колеблется в пределах 450—700 км. Начиная от Урала, она сплошным массивом прослеживается до р. Оби, далее встречается только в виде изолированных лесостепных и степных островов. В центральной части Обь-Иртышского междуречья сельскохозяйственная зона Западной Сибири имеет аномальное строение вследствие ускоренной «трансгрессии» пояса Васюганских болот на юг и одновременного продвижения сухостепных ландшафтов в северном направлении. На ее территории в наше время существуют две резко различные естественно-исторические формации. С одной стороны, это беспредельно большие болотные массивы, которые представляют собой гигантский водоем, вмещающий около половины годового стока р. Оби (200 км<sup>3</sup>), а с другой — Чаны-Абышкан-Сумы-Чебаклинская система высохших и высыхающих озер.

К числу весьма характерных особенностей сельскохозяйственной зоны Западной Сибири следует отнести присутствие на ее территории

развитой сети древних ложбин стока, которые в процессе своего неоднократного зарождения, развития и деградации образовали эрозивно-аккумулятивные формы гривного и увалисто-ложбинного рельефа. Особое внимание мы заостряем на характеристике гривных форм рельефа, так как в их геологическом строении в одних районах участвуют минерализованные третичные образования, в других — одни четвертичные, а на отдельных участках — одновременно и третичные, и четвертичные. Указанные особенности геологического строения и характерные морфологические черты гривного и увалисто-ложбинного рельефа создают особые условия для развития сложных геохимических процессов, с которыми связаны явления вторичного засоления почв и грунтовых вод. Процессы засоления по профилю грива — межгривное понижение могут протекать в зависимости от общей морфологии грив, литологического состава лежащих их осадков и характера минерализации.

Современный рельеф сельскохозяйственной зоны Западной Сибири обусловлен эрозивно-аккумулятивной деятельностью современных рек и палеорек. В позднечетвертичное время (а в ряде случаев и в более раннее) долины Енисея, Оби, Иртыша, Ишима и Тобола были неоднократно связаны между собой ложбинами временного стока. Весьма развитая сеть древних ложбин и долин стока отчетливо прослеживается в пределах всех южных областей Тобол-Ишимского, Ишим-Иртышского, Обь-Иртышского и Обь-Енисейского водоразделов. Наиболее мощные из них наблюдаются в районах приенисейской части Западно-Сибирской равнины. По мере движения с востока на запад общее количество древних ложбин и долин стока постепенно нарастает за счет появления менее значительных долинообразных понижений. На территории Обь-Иртышского водораздела и Ишимской степи отмечаются весьма значительные озеровидные расширения древних ложбин. К их территории во многих местах приурочены современные периодически проточные и бессточные озера. Трудно переоценить значение планового расположения древних ложбин стока в практической реализации большого плана мелиоративных работ. Они представляют собой естественные каналы и могут быть широко использованы как при составлении областных проектов орошения и осушения, так и при разработке общегосударственной системы территориального перераспределения водных ресурсов.

Наличие ложбин и долин древнего стока на территории Западной Сибири следует отнести к числу парадоксальных природных явлений. В строении земной поверхности равнинных регионов всего земного шара нигде не отмечена тесная взаимосвязь крупнейших водных артерий с их своеобразной водораздельной системой былых речных долин, о которых мы уже говорили. Это феноменальная геоморфологическая аномалия явилась следствием не только структурных особенностей Западной Сибири, но и периодической сменой климатических условий, которые всегда приводили к повышенной обводненности магистральных рек.

Не менее парадоксальны мелиоративные условия и на территории Восточной Сибири и Забайкалья. Их формирование было предопределено структурными особенностями указанных регионов, площадным развитием многолетней мерзлоты в пределах Алтае-Саянской горной области, плоскогорий Восточной Сибири, нагорий Прибайкалья и Забайкалья и смыканием темнохвойных горных лесов со светлохвойными формациями Сибирской платформы. Немалую роль в формировании мелиоративных условий Восточной Сибири и Забайкалья сыграло также и наличие долготных климатических зон с господством резко континентальных и экстраконтинентальных условий, которые по многим показателям значительно отличаются от континентального климата Западной Сибири.

В присаянской полосе Восточной Сибири лесостепные и степные массивы в основном расположены в бассейнах Кана и Ангары. Забайкальские степи занимают значительную территорию. Они располагаются как в виде

изолированных островов, так и сплошными массивами в западных и в восточных районах Забайкалья.

В геоморфологическом строении сельскохозяйственной зоны Западной Сибири участвуют пластовые, аллювиальные и предгорные равнины. Первые непрерывно прослеживаются от р. Тобол на западе до г. Татарск на востоке. К пластовым равнинам мы относим всю территорию Ишимской степи и правобережные районы Омского Прииртышья. Здесь широко развиты выдержанные горизонты неогеновых континентальных образований. Сверху они перекрыты плащом четвертичных отложений незначительной мощности. Поверхность Ишимской степи представляет собой совершенную равнину, рельеф которой лишь частично осложнен наличием многочисленных озер, блюдцеобразных понижений, древних ложбин стока и в очень редких случаях присутствием характерных форм гривного рельефа (Пресновский район Северо-Казахстанской области). К парадоксальным явлениям в истории естественно-исторического развития Ишимской степи, определяющим ее главнейшие мелиоративные особенности, следует отнести условия почвообразования, которые в большей степени способствовали развитию интразональных, а не зональных почв. Впервые этот весьма важный вывод сделал К. Д. Глинка [1914]. Впоследствии его вывод подтвердил на большом фактическом материале К. П. Горшенин [1927]. Весь почвенный комплекс Ишимской степи представляется пестрым и сложным. В нем настоящие черноземы играют подчиненную роль. Они резко отличаются от типичных черноземов Русской равнины и характеризуются «меньшей мощностью, менее нормальным строением, богатством мало структурных разностей и общей значительной солончатостью» [Глинка, 1914, с. 89]. Эти отличия объясняются слабой дренированностью Ишимской степи, обилием солей в толще подстилающих неогеновых отложений, пестротой химизма грунтовых вод, различной увлажненностью и морфологическими особенностями мезо- и микрорельефа покровных образований. Поэтому орошение Ишимской степи следует проводить с большой осторожностью.

Аллювиальные равнины в пределах сельскохозяйственной зоны Западной Сибири приурочены к центральным районам Обь-Иртышского междуречья. К ним мы относим гривные равнины Барабинской степи и Каргатскую с типичными формами увалисто-ложбинного рельефа. На территории первой развит комплекс почв с преобладанием солонцов, а на второй в основном наблюдается сочетание лугово-черноземных почв, солонцов и солодей. С учетом геологического строения, гидрогеологических условий и морфологических особенностей рельефа осушение и орошение на территории Барабинской степи следует проводить методами двухстороннего регулирования. В пределах же Каргатской равнины осушение надо осуществлять одновременно с выполнением культур технических мелиораций.

Предгорные равнины на территории сельскохозяйственной зоны Западной Сибири наиболее широко развиты в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины, в районах Кузбасса и Чулымо-Енисейской впадины. По последним данным в строении предгорных равнин участвуют не только пролювиально-делювиальные осадки, но и аллювиальные и озерно-болотные отложения. На их территории выявлены различные уступы, перегибы слоев, оползневые ступени, реликтовые формы овражно-балочной сети и значительные эрозионные врезы, выполненные разнофациальными осадками. Кроме того, в целом ряде случаев на предгорных равнинах отмечалась выраженная террасированность, возникшая в процессе нескольких циклов слабых и более сильных поднятий и опусканий.

В периоды относительного покоя в пределах уже сформировавшихся сложно построенных предгорных равнин одновременно существовали области как транзита, так и застоя грунтовых вод, которые сыграли большую роль в развитии процессов засоления различных сельскохозяйственных угодий.

Новые данные о геолого-геоморфологическом строении предгорных равнин весьма существенно изменили ранее сложившиеся представления о возможном проведении на их территории широких мелиоративных работ без постановки специализированных весьма детальных инженерных изысканий и объяснили многие ошибки, допущенные в 30-е годы при строительстве и эксплуатации первой Алейской оросительной системы. Поэтому в настоящее время даже маломасштабное орошение на местном стоке на территории предгорных равнин следует проводить только по утвержденным проектам.

Сельскохозяйственные угодья Восточной Сибири, о которых мы говорили выше, характеризуются наличием специфических мелиоративных условий в связи с длительным сохранением слоя сезонного промерзания. «В первый период льдистый замерзший слой создает водоупор, а во второй период после оттаивания этого слоя и при максимуме позднелетних и осенних дождей происходит сквозное промачивание почв. В результате водно-тепловой профиль почв состоит как бы из трех слоев: первый слой — это корнеобитаемая зона со значительным колебанием в ней в течение года влажности и температуры; второй слой — постоянно холодный с высокой влажностью — приурочен к горизонту длительного сохранения слоя сезонной мерзлоты; наконец, третий, самый глубокий, слой с постоянной низкой влажностью при положительной среднегодовой температуре» [Ерохина, 1966, с. 123].

Вполне естественно, что отмеченные особенности в строении почвенного горизонта лесостепных и степных островов восточной зоны Сибири предопределяют особо важные мелиоративные мероприятия, но до этого должны быть проведены значительные научно-исследовательские работы.

Обращаясь теперь к краткой характеристике мелиоративных условий южной части нечерноземной зоны Сибири и Русской равнины, следует сказать, что они резко различны. Эти различия явились следствием их естественно-исторического развития, которое проходило в европейской части нашей страны в обстановке активного развития покровных оледенений, а в Сибири — в неледниковой области. Земная поверхность полосы смешанных лесов Русской равнины характеризуется ярко выраженным холмистым рельефом, который осложнен наличием заболоченных низин самых разных размеров и очертаний. Особенности рельефа этой территории порождают большую пестроту ее почвенного покрова. В его составе преобладают дерново-подзолистые почвы. Обычно они залегают на моренных отложениях тяжелого механического состава, содержащих большое количество валунов самых различных размеров. Все это осложняет проведение любых мелиоративных мероприятий.

Зона осиново-болотных лесов нечерноземной полосы Сибири непрерывно прослеживается от восточного склона Урала почти до Енисея на расстоянии около 2000 км. Ее средняя ширина достигает 150, а в западных районах Тюменской области возрастает до 200—250 км. Почти на всем этом огромном пространстве в основном развиты древние и молодые аллювиальные равнины палеорек и современных речных артерий. Террасированный рельеф с общим уклоном на север и северо-восток, весьма ограниченное распространение гривных ландшафтов, отсутствие замкнутых озерных систем локальной аккумуляции, широкое развитие лугово-черноземных и серых лесных почв и почти повсеместное присутствие местных органо-минеральных удобрений (сапропель, мергель, торфовианиты, торф и др.) создают исключительно благоприятные условия для успешного проведения мелиоративных работ большого масштаба. Высказанное заключение убедительно подтверждается результатами весьма положительных осушительных работ, проведенных в дореволюционное время и в последние годы.

Сравнительно на ограниченной территории нечерноземной зоны Западной Сибири (Новосибирское Приобье, Томское Притомье, Чулымо-

Енисейская впадина) полоса осиново-березовых лесов приурочена к районам развития предгорных равнин. Их четвертичный покров залегает на третичных, мезозойских и палеозойских отложениях.

Мы остановимся только на рассмотрении некоторых конкретных примеров, раскрывающих самобытность формирования мелиоративных условий сельскохозяйственной зоны Сибири. До настоящего времени они не были в центре особого внимания геоморфологов, геологов, почвоведов, геоботаников, болотоведов, гидрологов, климатологов и мелиораторов, поэтому фактически не освещены в специальных изданиях. Приведенные материалы убедительно свидетельствуют о том, что проектирование и эксплуатация любых мелиоративных мероприятий на территории Сибири не могут быть проведены без детального изучения ее парадоксальных природных явлений. Всегда надо твердо знать, помнить и практически учитывать установленные факты о том, что закон географической зональности в нашей стране проявляется только на меньшей ее половине, районы которой в основном входят в состав сельскохозяйственной зоны Западной и Восточной Сибири.

### **Основные направления мелиоративного освоения сельскохозяйственной зоны Сибири**

Результаты любых научных исследований должны всегда быть предметом практического внедрения в области рационального освоения и охраны природных ресурсов нашей страны. В связи с этим остановимся на рассмотрении проблем, успешное решение которых неразрывно связано с познанием парадоксальных явлений в истории формирования современного рельефа сельскохозяйственной зоны Сибири.

**Обводнение южных равнин Сибири.** Реконструкция главнейших этапов развития палеорек, современных долин и древних ложбин стока, о которой мы говорили выше, открывает большие возможности практической реализации важнейшей проблемы перераспределения водных ресурсов Сибири с целью обводнения ее южных сельскохозяйственных районов. Реставрация палеоландшафтов последних этапов развития современной гидрографической сети весьма рациональна во всех отношениях. Ложбины древнего стока и их озерные расширения должны быть максимально использованы в качестве естественных каналов для межбассейновой переброски. При этом ложе будущих каналов в значительной степени подготовлено самой природой. Весьма нежелательные, порой значительные, изменения гидрологических и гидрогеологических условий, возникающих обычно после сооружения каналов, будут сведены к минимуму. Древние и современные долины, ложбины стока и их озеровидные системы имеют весьма благоприятное географическое расположение для обводнения засушливых районов Сибири. Одновременно с этим их рациональное использование обеспечит и значительную экономию государственных ассигнований на проведение мелиоративных работ большого масштаба.

Высказанные положения позволяют обосновать вполне конкретную научную концепцию, которая должна быть положена в основу решения проблемы перераспределения водных ресурсов Сибири. В ее основе должна лежать идея объединения современных и древних речных долин и ложбин стока в единую наиболее рациональную систему водных артерий. Поэтому все существующие проекты обводнения южных равнин Сибири должны быть тщательно проанализированы сейчас с позиций предлагаемой научной концепции.

**Осушение Западно-Сибирской равнины.** Всем хорошо известно, что Западно-Сибирская равнина представляет собой крупнейший, поистине уникальный, заболоченный регион нашей планеты. Грозные явления ее площадного заболачивания начались 10 тыс. лет тому назад. Сейчас в

этот процесс ежегодно вовлекаются более 10 тыс. га очень ценных лесных и луговых угодий. Общая заболоченная площадь Западно-Сибирской равнины оценивается почти в 1 млн км<sup>2</sup>. Беспредельные болотные массивы равнины, по сути, представляют собой гигантский водоем. Только в пределах территории Обь-Иртышского междуречья верховые, низовые и переходные торфяники содержат в себе 200 км<sup>3</sup> воды, общий объем которой составляет половину годового стока р. Оби.

В свете изложенных фактов совершенно ясно, что преобразование заболоченных ландшафтов Западно-Сибирской равнины следует отнести к мелиоративным мероприятиям общегосударственного значения. Эта задача должна решаться одновременно с практической реализацией общей программы перераспределения водных ресурсов, но в порядке постановки самостоятельного задания.

В настоящее время в районах Барабинской степи основное внимание уделено проектированию и строительству частных гидротехнических объектов в границах того или иного совхоза или колхоза и в значительно меньшей степени выполняются главнейшие работы по срочной реставрации мелиоративной системы И. И. Жилинского, о восстановлении которой за пять — десять последних лет были приняты соответствующие решения на многих весьма ответственных совещаниях.

С 1895 по 1915 г. экспедиция И. И. Жилинского на территории восточной части Барабинской степи проложила 3172 км осушительных каналов и ввела в сельскохозяйственный оборот до миллиона гектаров пашни, сенокосов и пастбищ. К сожалению, за многие годы безнадзорного существования мелиоративная система И. И. Жилинского вышла из строя и осушенные земли подверглись процессам вторичного заболачивания.

По сравнению со всеми областями Сибири граница интенсивного развития болотных массивов в Барабинской степи уже продвинулась на юг на 150 км. В связи с этим основные усилия необходимо сейчас направить на осушение болот и заболоченных земель Барабы. Она должна быть основным объектом осушительных мелиораций Сибири на базе широкого практического использования в качестве естественных каналов древних ложбин стока, которые сейчас закартированы на всей территории.

**Освоение нечерноземной зоны.** Примеры практического освоения нечерноземной зоны Западной Сибири наглядно показали большую эффективность мелиоративных мероприятий по сравнению с однотипными районами европейской части нашей страны. Затраты на осушение больших болотных массивов нередко окупаются за один год их хозяйственного освоения. Поэтому научные основы высокой целесообразности освоения нечерноземной зоны Сибири, о которой мы говорили выше, необходимо широко использовать в обосновании общей программы ее мелиоративного благоустройства в связи с составлением единого плана рационального освоения водных ресурсов восточных регионов СССР.

**Освоение пойменных земель.** Общая площадь пойменных земель на территории Сибири в среднем в 3—5 раз больше, чем в других районах Советского Союза. Только одна обская пойма простирается на 3,5 тыс. км. Это 3 млн га сенокосных лугов и пастбищ, это 2,7 млн га лесов, это поистине необозримая акватория рыбохозяйственных водоемов. Общая площадь пойменных земель Сибири не менее чем в 10 раз превосходит размеры подобных сельскохозяйственных угодий многих других районов нечерноземной зоны нашей страны. Полезная площадь лугов обской и иртышской пойм в среднем составляет 42% от общей территории пойменных земель. По многим отдельно взятым районам фактический объем луговых угодий значительно превосходит вышеуказанные средние цифры. В Кондинском районе Тюменской области на их долю приходится половина поймы, в Сургутском — 77% и в Ханты-Мансийском — 78. Вследствие относительно слабой заселенности размеры многих чистых луговых массивов обской поймы достигают до 1,5—2 тыс. га. В районе Кондинской

впадины, охватывающей бассейн нижнего течения р. Конды, ширина пойменной террасы р. Иртыш достигает 100 км.

Полноводные реки Сибири несут с юга тепло, смягчают местный климат и создают прекрасные условия для роста богатого травостоя. Луга почти ежегодно затапливаются весенними водами и систематически удобряются илом.

Парадоксальность аномально широкого развития поймы в бассейне р. Оби находит свое объяснение в том, что на большей части его территории современные долины Иртыша и Оби унаследованно развивались на протяжении длительной геологической истории и в основном они осваивали только эрозионно-аккумулятивные формы рельефа разновозрастных палеорек, ширина которых в пределах Западно-Сибирской равнины достигала 200—250 км. Только с этих позиций можно объяснить широкое развитие поймы в долинах указанных рек и ее многие природные особенности.

На протяжении многих лет большим препятствием к освоению поймы служили или длительные паводки, или неблагоприятные климатические условия в сезон заготовки кормов. Необходимо сказать о том, что в настоящее время впервые сконструированы и на практике проведены и освоены специальные плавучие заводы по заготовке, упаковке и транспортировке травяной муки в больших количествах и весьма высокого качества. Они позволяют вести заготовку кормов в любые погодные условия. Сейчас начато серийное производство плавучих заводов и недалеко то время, когда сибирская пойма станет поставщиком полезных кормовых концентратов для многих областей страны. Следует сказать и о том, что урожайность пойменных лугов Сибири в среднем достигает 22—23 ц сена с гектара, а при хорошем развитии травостоя — 45 ц. При этом сибирское луговое сено при условии его своевременной заготовки всегда имеет высокие качественные показатели.

**Выделение и освоение зоны склонового земледелия.** Исходя из особенностей строения рельефа, в пределах предгорных равнин Западной и Восточной Сибири необходимо выделить обширную зону склонового земледелия. В районах Ишимской степи, Барабы и Кулунды уклоны пахотных угодий в основном измеряются минутами, а на территории весьма обширных предгорных равнин — градусами.

Природные условия предгорных равнин Сибири и их овражно-балочный рельеф создают оптимальные предпосылки к развитию водной эрозии. Ежегодно с каждого гектара предгорных равнин весной стекает 350—650 м<sup>3</sup> воды. Практика показала, что даже строительство самых простейших гидротехнических сооружений в системе овражно-балочных водосборов вместе с проведением самых несложных агротехнических приемов обработки почв приводит к резкому сокращению водной эрозии и повышению урожайности. Зарегулированные весенние воды могут быть аккумулярованы в ряде искусственных водоемов и эффективно использованы в ряде искусственных водоемов и эффективно использованы как для развития прудового хозяйства, так и для орошения сельскохозяйственных культур. По имеющимся материалам с поливного гектара предгорных равнин можно ежегодно собирать до 45 ц пшеницы или до 450—650 ц силосной массы. Таким образом, природные условия предгорных равнин и морфологические особенности их рельефа дают возможность выдвинуть и обосновать новую для Сибири систему ведения сельскохозяйственного производства путем одновременной организации весьма рентабельного зернового и прудового хозяйства в одних руках. При условии скорейшей реализации выдвинутых положений предгорные равнины Сибири в самое ближайшее время могут стать надежным поставщиком товарной рыбы и зерна.

**Широкое использование местных удобрений.** В районах южных и центральных равнин Сибири к местным видам агрономических руд сле-

дует отнести сапрпель, гипс, пресноводный мел, озерно-болотный мергель, торфовиваниты, торф и некоторые новые виды природных удобрений.

В соответствии с многочисленными решениями о широком использовании местных удобрений поисковые работы на многие из них неоднократно становились, но быстро прекращались из-за отсутствия обоснованных научных данных для проведения целеустремленных исследований. В настоящее время мы можем сделать вполне определенный вывод, что подавляющая часть вышеуказанных местных удобрений приурочена к древним и современным долинам и к их озеровидным расширениям. Они сформировались в процессе длительного унаследованного развития всех звеньев существующей гидрографической сети, и в пространственном расположении промышленных запасов почти всех местных удобрений устанавливаются определенные закономерности. В одних случаях возникновение их месторождений отражает развитие благоприятных палеогеографических условий, а в других — благоприятные воздействия подземных вод на тот или иной вещественный состав третичных и четвертичных отложений.

Указанные закономерности в геоморфологическом строении речных долин Сибири привели не только к развитию аномально широкой поймы, но и к формированию наиболее ценных комбинированных удобрений, в продуктивной толще которых за последние 10 тыс. лет последовательно аккумулировались следующие горизонты (снизу вверх): 1) мергель, 2) сапрпель, 3) торф. Их общая мощность в естественных разрезах колеблется от 3 до 6 м. Они могут добываться открытым способом при помощи экскаваторной техники с одновременным их использованием для удобрения полей.

Весьма ценные комбинированные природные удобрения большей частью формировались на размытой поверхности первой надпойменной террасы Оби и Иртыша, а также их притоков в пределах лесостепной и нечерноземной зон в период аккумуляции аллювиальных осадков поймы. Указанные условия их залегания вполне определяют и необходимые поисковые критерии для постановки разведочных работ.

**Комплексное освоение озерных систем.** Вопросы реставрации древних речных систем южных равнин Сибири имеют прямое отношение к решению проблемы комплексного освоения их пресноводных озер, стоимость разнообразной товарной продукции которых с гектара водной поверхности во много раз превышает доходы любых других сельскохозяйственных угодий.

История зарождения и формирования озерных систем южных равнин Сибири в основном связана с главнейшими этапами закономерного развития палеорек, современных долин и древних ложбин стока, поэтому вопросы их эффективного народнохозяйственного освоения должны решаться совместно с проектированием наиболее рациональной системы водных артерий, о которой мы говорили выше.

На территории только одной Западно-Сибирской равнины насчитывается около 1,5 млн пресноводных озер различных размеров (начиная с небольших западин и кончая «степными морями»). К ним можно смело отнести оз. Чаны. Его акватория достигает 36 000 км<sup>2</sup>. Основная масса озер равнины имеет небольшую глубину, поэтому в летнее время они очень хорошо прогреваются. В результате многие озера Барабы и Ишимской степи по запасам биомассы (до 3800 кг на один гектар) занимают первое место в мире.

Рациональное освоение озерных систем должно проходить на базе всестороннего использования их каскадного расположения в пределах долинообразных понижений ранее существовавшей гидрографической сети с учетом возможного восстановления их былой проточности после практической реализации проблемы обводнения южных равнин Сибири.

Динамика стоимости товарной продукции опытных озер Карасукского района Новосибирской области (по данным стационарной экспедиции Биологического института СО АН СССР)

Год	Стоимость товарной продукции, руб.	Повышение доходов от продажи товарной продукции, число раз	Год	Стоимость товарной продукции, руб.	Повышение доходов от продажи товарной продукции, число раз
1965	До освоения 605		1968	8 875	14
1966	932	1,5	1969	—	—
1967	5163	8	1970	27 572	22,7

До этого в отдельных случаях былую проточность озерных систем можно восстановить также за счет использования вод поверхностного стока и подземных. Генетическая однородность промысловых озер южных равнин Западной Сибири позволяет довольно быстро отработать единую систему их комплексной эксплуатации с последующим внедрением прогрессивных методов воспроизводства товарной рыбы на весьма значительной территории Кулунды, Барабы и Ишимской степи. При этом могут быть широко использованы подземные самоизливающиеся термальные воды с целью ускоренного производства товарной рыбы. Метод подогрева озерных вод прошел практическую проверку в Омской области и дал хорошие результаты.

Пресноводные озера Сибири — это неисчерпаемый резерв для развития рыбного хозяйства и интенсивной эксплуатации сапротеля — основного вида универсальных удобрений и источника получения весьма ценных органоминеральных кормов для сельскохозяйственных животных и птиц. Озера Сибири — это наше будущее в направлении возделывания ценных водных культур. К ним можно отнести, например, известный канадский рис и многие другие, не менее ценные, растения. Многие озера Сибири являются естественными регуляторами вод поверхностного стока и могут служить отправной базой для проведения мелиоративных работ по осушению и обводнению ряда районов Западно-Сибирской равнины. Озера Сибири — это настоящая голубая целина для массового разведения водоплавающей птицы и организации пушиного промысла. Озера Сибири — это характерный элемент ее природного ландшафта, который следует заботливо оберегать и максимально разумно использовать как первоочередной объект комплексного использования. Выказанные положения подтверждаются табл. 6 [Фолитарек, 1976].

**Полезацитная мелиорация южных равнин Западной Сибири и Северного Казахстана.** В последние годы на территории южных равнин Западной Сибири и Северного Казахстана развернулись большие работы по созданию системы полезацитных лесных насаждений с целью ослабления пагубного влияния суховеев, которые приходят в их юго-западные районы из аридных областей Южного Казахстана и Средней Азии. К сожалению, на пути их практической реализации встретились значительные затруднения по причине того, что в пределах малообводненных районов Тобол-Ишимского, Ишим-Иртышского и частично Обь-Иртышского водоразделов на небольшой глубине залегают глинистые, часто минерализованные, отложения третичного возраста. Из-за недостатка влаги молодые посадки нередко гибнут, и приходится неоднократно повторять очень трудоемкие лесопосадочные работы.

В результате анализа последних палеогеографических данных следует рекомендовать принципиально новый подход к решению поставленной задачи. Его основа состоит в том, чтобы провести комплексные мероприятия по преобразованию природных условий степных и лесостепных районов Западной Сибири и Северного Казахстана. Мы предлагаем в один

прием осуществить лесозащитные посадки и выполнение необходимого объема работ по оздоровлению и рациональному освоению пресноводных озер с широким использованием для этой цели реставрированных ложбин древнего стока.

В первую очередь комбинированные озерно-лесные полосы надо создать в пределах Ишим-Тобольского междуречья, где система сближенных ложбин древнего стока на всем протяжении Ишимской степи ориентирована перпендикулярно господствующим ветрам. Лучше всего для указанной цели использовать правые притоки Тобола и Вагая (Емец, Суерь, Кизак и др.), которые прослеживаются по древним ложбинам стока далеко в юго-восточном направлении в виде четко выраженной цепочки пресноводных озер. В историческое время в периоды климатической увлажненности многие из них восстанавливали свою былую проточность на значительном расстоянии. В пределах ложбин древнего стока минерализованные третичные отложения в свое время были хорошо промыты, а залегающие в них четвертичные речные отложения имеют благоприятные гидрогеологические условия вследствие наличия в них относительно мощных горизонтов пресных подземных вод.

Отмеченные геолого-гидрогеологические особенности в строении ложбин древнего стока, весьма широко развитых во всех степных и лесостепных районах Западной Сибири и Северного Казахстана, окажут благоприятное влияние на произрастание лесных полос. Они в свою очередь, в самое ближайшее время положительно повлияют на пополнение запасов озерных котловин, так как будут способствовать накоплению и длительному сохранению снега на протяжении зимних и весенних месяцев.

В процессе регулярного пополнения водных запасов озерные системы древних ложбин стока в межгодовые периоды увлажненности восстановят свою былую проточность, а в засушливые годы сохраняют относительную стабильность водного режима. В связи с этим открываются большие возможности не только для развития рентабельного рыбоводства, но и для организации работ по созданию полноценных антропогенных ландшафтов на базе познания главнейших закономерностей формирования природных условий Западно-Сибирской равнины и Северного Казахстана в зоне интенсивного развития сельскохозяйственного производства.

**Использование вод поверхностного стока.** В начале освоения земельных ресурсов южных равнин Сибири была широко распространена практика водоснабжения населенных пунктов за счет использования вод поверхностного стока. В настоящее время она неоправданно забыта, несмотря на то, что высокая эффективность использования поверхностного стока может быть подтверждена соответствующими теоретическими расчетами и материалами многолетней практики. Достаточно указать на то, что благодаря своеобразию геоморфологических особенностей и климатическим условиям на большей части территории южных равнин Сибири в степные реки попадает лишь часть талых вод, непосредственно стекающих с ближайших склонов. Большая часть их расходуется на заполнение межгрядных понижений и многочисленных западин. Низкие температуры воздуха и его большая влажность в весенний период способствуют аккумуляции талых вод в различных понижениях, так как потери на просачивание в это время незначительны.

Вследствие указанных причин основным источником водного питания большей части озер южных равнин Сибири являются атмосферные осадки. В результате проведения специальных исследований установлено, что во всех бессточных понижениях, площадь водосбора которых превышает в 10—12 раз их размеры, неизбежно возникают невысыхаемые водоемы. Таким образом, природные условия лесостепных и степных районов Барабы и Ишимской степи вполне обеспечивают возмож-

ности использования вод поверхностного стока путем строительства соответствующих водохранилищ.

Большое количество значительных западин и обширных понижений создает благоприятные условия для задержания весеннего стока как в специальных водохранилищах, так и в более мелких емкостях путем устройства копаней и прудов. В целях ускорения стока талых вод в копани и улучшения хозяйственной ценности заболоченных займищ их необходимо копать вблизи заболоченных понижений с устройством канавы для сброса поверхностных вод в искусственное водохранилище. Копань должна иметь глубину не менее 2—3 м.

Широкое строительство прудов и копаней, наряду с улучшением водообеспечения колхозов и совхозов, принесет также большую пользу и в области регулирования поверхностного стока, особенно в пределах возвышенных участков. В массовом строительстве копаней на гривах и в межгривных понижениях мы видим осуществление главнейших принципов мелиорации Барабинской степи, основанных на том, что на ее территории борьба с водой должна быть превращена в борьбу за воду.

**Теоретические предпосылки природоохранной картографии.** Из анализа многих региональных атласов можно сделать обоснованный вывод о том, что приведенные в них природоохранные карты (по сравнению со всеми другими картографическими материалами) представлены лишь в форме очень упрощенных схем, на которых обычно закартированы только один или два природоохранного объекта. Большой частью на них оконтурены заповедные районы или зоны водоохраных лесных насаждений. Это вполне естественно, так как природоохранная картография находится в наши дни еще на самом первом этапе своего зарождения и развития.

Основным объектом природоохранной картографии должен стать наиболее сложный внешний слой нашей планеты, в пределах которого активно взаимодействуют лито-, био-, атмо- и гидросфера. Основным регулятором активного взаимодействия указанных элементов географической оболочки Земли, несомненно, является рельеф земной поверхности. Поэтому геоморфологическое районирование любой территории должно лежать в основе теоретического обоснования всех исходных положений природоохранной картографии. Все основные объекты геоморфологического картирования имеют естественные границы, вдоль которых проходят своеобразные контактные зоны. Их морфология, вещественный состав и природные условия всегда отражают общность и различие смежных геоморфологических подразделений. Вследствие этого они имеют более сложное внутреннее строение и особое состояние природной энергетики. Ее разряды способны дать молниеносный ответ на любое антропогенное вмешательство в их относительно стабильную природную систему. Саморазвитие объектов геоморфологического картирования и их контактных зон непрерывно идет под воздействием одновременно внутренних (эндогенных) и внешних (экзогенных) сил в их тесном диалектическом взаимодействии, при непрерывном обмене энергией и веществом.

Мы уже писали, что в геоморфологическом строении сельскохозяйственной зоны Сибири участвуют пластовые, аллювиальные и предгорные равнины. Они определяют основной геоморфологический каркас южных равнин Западной Сибири, который отражает не только строение геологического субстрата современного рельефа, этапы его длительного формирования, его морфологические особенности, но и условия почвообразования в прямой зависимости от смены климатических обстановок на протяжении самого последнего периода естественно-исторического развития нашей планеты.

В качестве примера обоснованности наших выводов в отношении нового подхода к природоохранной картографии мы кратко остановимся на характеристике контактных зон, развитых в области сопряжения пластовых, аллювиальных и предгорных равнин южной части Западной Си-

бири. На их территории широко развиты морфологически и генетически разнотипные, а в геологическом отношении очень сложно построенные формы рельефа, которые таят в себе большую потенциальную опасность развития вторичных явлений засоления почв и грунтовых вод, а также опасных процессов водной и ветровой эрозий. Вполне естественно, что указанные зоны в первую очередь должны найти свое отражение на природоохранных картах любого масштаба и в пределах их развития следует рекомендовать проведение более сложных мелиоративных мероприятий. Совершенно ясно, что на территории пластовых, аллювиальных и предгорных равнин южной части Западной Сибири могут быть закартированы ранговые подразделения более низкого порядка, между которыми также имеются свои контактные зоны. Под влиянием антропогенных воздействий в полосе их развития могут активизироваться нежелательные процессы, которые нарушают природное равновесие. При составлении любых мелиоративных проектов на отмеченные природные явления следует обратить особое внимание и сделать все возможное в отношении выделения и детального изучения контактных зон разного ранга.

Итак, мы осветили весьма сложную парадоксальность природных условий сельскохозяйственной зоны Сибири и с новых теоретических позиций рассмотрели основные направления ее рационального мелиоративного освоения. В основу высказанных положений взяты результаты геолого-геоморфологических исследований, проведенных нами на Западно-Сибирской равнине на протяжении многих лет, и итоги анализа опубликованных материалов по регионам Восточной Сибири, Прибайкалья и Забайкалья. В основу своих выводов мы положили также и результаты изучения специальной литературы по вопросам познания почвенного покрова, климата, характера сельскохозяйственного использования рассмотренной территории и выяснения ее мелиоративных условий. На современном этапе развития науки каждый натуралист может успешно внедрить результаты своих исследований в практические дела только при условии глубокого осмысливания последних достижений в развитии смежных научных дисциплин.

## ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ КАРТИРОВАНИИ

Геологическая съемка и поиски полезных ископаемых ведутся в самых разнообразных условиях поверхности. Поэтому доступность для непосредственного наблюдения различных геологических объектов разная. В некоторых случаях не помогают при опознании границ геологических тел и легкие горные выработки. Например, на Витимском плоскогорье курумы, образованные из глыб интрузивных пород, иногда распространяются на несколько сотен метров за границы выхода питающего их тела. При картировании же границы геологического тела определены по ареалу глыбового материала одного петрографического состава, так как шурфы не выходили из него в другие породы. В то же время по перегибу поверхности, смене микрорельефа можно провести границу которая почти совпадает (или отклоняется гораздо меньше) с истиной. Если учесть, что форма и структура тел, рисунок их границ существенны для понимания строения картируемого участка, то надо использовать для их опознания те критерии, что дает геоморфология.

Геологическое дешифрование аэрофотоснимков гор юга Сибири (особенно таежных районов) основывается главным образом на анализе морфологии рельефа, при котором учитываются морфометрические параметры элементов поверхности (частей форм), характер связей между ними (сети линий тальвегов, водоразделов разных порядков, форма, размеры, ориентировка элементарных поверхностей тех же порядков, типы комби-

наций элементов и т. д.). При этом контрастные различия морфологии (морфометрии) рельефа I и более высоких порядков на участках, сложенных разными породами, наблюдаются редко. Поэтому для опознания их границ важен также анализ микроскульптуры склонов I порядка, которая определяется реакцией пород на физико-химические процессы в одних и тех же климатических условиях, скоростью изменения реакции при изменении условий. А климатические условия в горах юга Сибири изменялись неоднократно, что вело к перемещению границ высотных поясов гор (вверх — вниз). Например, в позднем плейстоцене Западного Забайкалья нижняя граница пояса гольцов временами была ниже современного ее положения на 500—600 м. Это сделало очень контрастными сочетания микро- и мезоформ рельефа на разных группах пород: на одних сохраняются формы, возникшие в условиях гольцового пояса, а на других моделировка поверхности изменилась в соответствии с новыми условиями [Антощенко-Оленев, 1975].

Свойства рельефа отражает в морфологии изменения свойств субстрата, которые происходят при смене выходов горных пород, позволило начать работы по автоматизации дешифрования, ориентируясь на использование приемов морфометрического анализа при выделении геологических объектов по структуре поверхности Земли [Летягин, Резанов, 1972; Антощенко-Оленев, 1978, 1981; Антощенко-Оленев и др., 1983; и др.]. Значит, постановка геоморфологических исследований была необходима в интересах геологического картирования. Неоднородности субстрата влияют на морфометрические характеристики деструктивных рельефов низких порядков (I—IV до VI, по Р. Хортону). Уклоны поверхности меняются при переходе границы смежных тел, отличающихся денудационной устойчивостью. Густота эрозионной сети низких порядков разная на разном субстрате. Глубина расчленения зависит от эрозионной и денудационной устойчивости выходов геологических тел. В зависимости от степени изотропности геологических тел по эрозионной и денудационной устойчивости, размеров выходов тел они проявляют себя в рельефе разными комбинациями элементарных поверхностей.

Хотя этот набор характеристик рельефа во многих случаях позволяет устанавливать границы неоднородностей геологической среды в срезе поверхности, их формальный перебор часто не дает должного результата. Это происходит тогда, когда не учитываются при анализе изменения условий (разные расстояния до базисов эрозии, неодинаковые градиенты изменения высот и т. д.). Но если опытный дешифровщик все эти условия без особых усилий учитывает и выбирает границу, обусловленную различиями субстрата, то при обработке данных о рельефе на ЭВМ предусмотреть все случаи возможных изменений условий поверхности нельзя. Значит, при геологическом дешифрировании с помощью ЭВМ серьезную проблему составляет определение набора формальных признаков, позволяющих среди множества границ, выявляемых на фотоизображении и модели рельефа, отображать геологические. Один из таких приемов выбора геологических границ при анализе моделей деструктивного рельефа основывается на учете различий элементов трансляционной симметрии разных геологических тел, которые отражаются в структуре поверхности.

Геологические тела или их части близ поверхности образованы в одних случаях статистически однородными плотно упакованными блоками (тела литифицированных, кристаллических пород), в других — разнообразными, рыхло упакованными обломками (рыхлые или слабо связанные осадочные, вулканогенно-осадочные породы), в третьих представляют собой однородные «моноклиты» с водно-коллоидными связями (например, тела глин). Первые чаще анизотропны по устойчивости эрозии, вторые, третьи — изотропы. Параметры одно- или разнотипных блоков в однотипных наборах статистически постоянны в каждом из отдельных тел их частях). Блоки малы относительно тел («бесконечный» слой, «бесконе-

чный» массив). Операции переноса определенных наборов блоков вдоль некоторых поверхностей позволяют воспроизводить модели разных реальных геологических тел. В интрузивных массивах направляющими поверхностями при переносе являются те, что ограничивали и ориентировали движение магмы в разных частях очага. В осадочных телах — поверхности кровли и подошвы слоя, пачки слоев. Говоря о симметрии геологических тел, имеются в виду только различные операции трансляции пространственных структур. Кроме параллельного переноса вдоль кривых направляющих поверхностей, всегда могут проявляться трансляция симметрии подобия, криволинейной. Различия между телами определяются различиями форм и размеров транслируемых структурных элементов, их комбинаций, характером направляющих поверхностей, величиной шага трансляции. Главная характерная особенность экзогенных агентов — случайность их проявления [Scheidegger, 1981]. Но и при случайном месте заложения каждой эрозионной формы ориентировка их подчиняется наклону покатости (если субстрат изотропен и неоднороден по эрозионной устойчивости). Первичных врезов будет столько, сколько сможет образоваться водосборов, обеспечивающих одновременное существование водотоков, способных рыть субстрат данной эрозионной устойчивости. Водосборные бассейны низких порядков на длинном скате образуют ряд эшелонов, ориентированных поперек ската. В каждом водосборном бассейне на однородном изотропном субстрате эрозионная сеть характеризуется билатеральной симметрией, хотя ее выраженность редко бывает идеальной. Нарушения билатеральной симметрии обуславливаются существованием неоднородностей в субстрате, неравными количествами атмосферных осадков, выпадающих одновременно на разных участках территории.

Билатеральная симметрия может полностью разрушаться на анизотропном по устойчивости субстрате. Врезы должны формироваться в невыветрелых породах, поэтому в первую очередь они пройдут по выходам пород с наименьшей эрозионной устойчивостью. Но из-за случайности мест проявления экзогенных процессов заложения «первой борозды» не обязательно происходит на участке с наименее устойчивым размыву основанием. Места заложения последующих однопорядковых долин будут зависеть от местоположения первой, от средней устойчивости размыву геологических тел, выходящих здесь от количества осадков и т. д. Значит, на первых порах эрозионная сеть не всегда отражает план распределения выходов геологических тел с наименьшей устойчивостью размыву. При небольшой устойчивости горнопородных тел и большой энергии водных потоков зависимость рисунка эрозионной сети от распределения выходов геологических тел исчезает, «...податливый материал... целиком воспринимает симметрию формирующей среды» [Шафрановский, 1968, с. 184]. Согласно принципу П. Кюри, «...среда явственно налагает свой отпечаток на формирующийся в ней объект. При этом симметрия среды накладывается на симметрию объекта. В результате часть элементов симметрии последнего внешне исчезает: его форма сохраняет только те элементы собственной симметрии, которые совпали с элементами среды» (там же, с. 61). Однако, если эрозионная сеть характеризуется сильно нарушенной билатеральной симметрией или полным ее отсутствием, то влияние неоднородности субстрата на рисунок сети несомненно. В этом случае анализ расположения элементов сети, выпадающих из системы с билатеральной симметрией, может направляться на выявление границ выходов геологических тел, различающихся параметрами трансляционной симметрии.

Морфоструктура деструктивного рельефа предопределена эрозионной моделировкой. Даже распределение элементов структуры поверхности, не являющихся собственно элементами эрозионной сети, тоже связано с последней. Поэтому при анализе структуры поверхности должны исполь-

зоваться и данные о междуречных пространствах, которые могут отражать проявления симметрии в распределении структурных и вещественных элементов простых и сложных геологических тел. Рассматривая структуру склонов, «опирающихся» на тальвеги низких порядков, можно получить информацию о распределении небольших геологических тел (условие соразмерности элементов рельефа и выходов геологических тел). Однако эта информация может быть получена только тогда, когда различия свойств геологических тел проявлены соответствующими процессами денудации. Так, в структуре склонов при ведущих осыпании и обваливании выражаются тела, достаточно контрастно различающиеся размерами и формой отдельностей.

Можно принципиально различить эрозионную и денудационную устойчивость геологических тел. Первая не требует предварительной экзогенной подготовки субстрата перед его расчленением водным потоком. Вторая предполагает перед смывом или иным видом смещения какой-то части субстрата обязательной предварительной его дезинтеграции. Денудационная (абсолютная) устойчивость одних и тех же пород будет меняться с изменением типа выветривания и со сменой типа ведущего склонового процесса. При делювиальной и дефляционной скульптуре склонов в их структуре могут демаскироваться даже самые мелкие горнопородные тела, различающиеся по скоростям дезинтеграции на минеральные зерна, их части и мелкие агрегаты, которые могут транспортироваться ветром, водой, стекающей по элементарному склону.

Для определения геологических границ при анализе деструктивно-го рельефа необходимо выполнить ряд операций. Сначала уточняются границы водосборов. В пределах водосборов II и более высоких порядков отмечаются участки с нарушенной билатеральной симметрией в рисунке эрозионной сети. После этого рассматриваются операции симметрии трансляции при оценке элементов эрозионной сети на аномальных участках. Кроме этого, анализируются проявления симметрии в распределении разных видов структурных элементов (гребневых линий, точек вершин и западин, седел, вогнутых и выпуклых перегибов скатов и др.) поверхностей междуречий. Например, выделяются простые комбинации элементарных поверхностей (кусков поверхностей). Под простой комбинацией понимается связанная совокупность расположенных в определенном порядке кусков поверхности, состоящая из такого числа их разновидностей, которое позволяет посредством переноса отобразить всю зону комбинаций, отвечающую выходу геологического тела с соответствующими признаками. Простые комбинации элементарных поверхностей могут транслироваться и по криволинейной оси с уменьшением их размеров (подобие), например на выходах пластообразных тел, мощность и ориентировка которых меняются. Потом определяются границы зон простых комбинаций. Отдельной зоне может соответствовать не только выход одного геологического тела, но и несколько смежных горнопородных тел, которые в этих условиях имеют одинаковые свойства и ведут себя как единое тело. Так как тождественность однопорядковых вещественно-структурных элементов геологических тел (блоков разных порядков) и подобие разнопорядковых, образующих тело, только удобное допущение, то однотипные комбинации не столь однотипны в зонах, чтобы их можно было сравнивать. Еще пример. Используя элементы симметрии при описании точек вершин на выходах интрузивных тел, надо сравнивать не расстояния между ними, а среднюю плотность распределения точек вершин (как в случае с атомами в кристаллической решетке, которые колеблются вокруг своих положений [Вейль, 1968]). Достоверность выявляемых элементов симметрии оценивается статистически, как и отклонения установленной симметрии от идеальной на малых выборах. То, что шаги трансляции, ориентировка осей трансляции структурных элементов поверхности на выходах разных геологи-

ческих тел могут существенно отличаться, только способствует определению границ между ними.

Один из видов поисковых работ — площадная геохимическая съемка (рыхлая металлотрическая, биогеохимическая). Интерпретация результатов спектрального анализа проб, отобранных при съемке, во многом зависит от знаний генезиса рыхлого чехла склонов, условий его формирования, обстановок, в которых этот чехол уже существовал. В Сибири [Москвитин, 1940] давно отмечалось существование на склонах аллохтонных покровов. Например, на наветренных склонах долин и водораздельных массивов в Западном Забайкалье часто развит довольно мощный (до нескольких метров) покров золотых и делювиальных (за счет переотложения золотых) пылеватых песков, супесей, которые принимались за делювиальные, образовавшиеся при смыве материала выветривания пород субстрата. Содержание металлов в этих отложениях считалось отражающим количество полезных компонентов в коренном субстрате. Обратили внимание на этот экранизирующий слой только после обнаружения рудопроявлений на участках с фоновым содержанием полезных компонентов в рыхлом чехле. Значит, и здесь сведения о палеоландшафтах, источниках рыхлого материала, образовавшего покров на склонах, вообще о генезисе разных участков земной поверхности весьма существенны.

Еще пример. В условиях центральных и южных районов Бурятии, Читинской области обычны сухие долины (до 20—30 км), расчленяющие горные склоны. Эти долины выполнены мощными (от 10 до 70 м) делювиальными, аллювиально-пролювиальными плохо сортированными отложениями. Из-за того, что, кроме материала, поступающего за счет дезинтеграции пород междуречий, заметная доля приходится на принесенный ветром и переотложенный при смыве, из-за того, что транспортировка обломочного материала временными потоками ведет больше к перемешиванию материала, а вынос из этих долин невелик, рассчитывать на концентрацию рудных минералов, которая могла бы стать рентабельной для добычи, нельзя. Поэтому цели, которых можно достичь при шлиховой съемке в таких условиях, близки валунным поискам (не выявить концентрацию полезных компонентов, а установить участки, где эти компоненты могут быть выявлены в коренном залегании). Эти два примера должны показать насколько существенно иметь хорошие геоморфологические карты, чтобы обоснованно организовать поисковые работы. Для увеличения значения геоморфологической карты при организации геолого-съёмочных и поисковых работ было бы полезно легенду карты делать так, чтобы она несла двойную информацию: 1) классифицировала бы картировочные единицы, сообщала бы сведения о структуре поверхности, о причинах образования такой структуры, о рыхлом чехле и типе (ведущем в каждом случае) склономоделирующих процессов и др., 2) давала бы оценку условий ведения геохимических и шлиховых поисков для разных элементов рельефа; оценивала бы возможные искажения положения границ геологических тел, привнесенные при картировании, и т. д.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авенариус И. Г. Новые аспекты морфоструктурного анализа активных переходных зон // Основные направления развития геоморфологической теории.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982.— С. 3—5.
- Александров Д. А. Истина и «парадигма» // Наука в Сибири.— 1985.— 14 февр.— С. 7.
- Ананьев Г. С. Денудационная устойчивость горных пород в разных климатических условиях // Геоморфология.— 1975.— № 2.— С. 12—16.
- Ананьев Г. С. Динамическая геоморфология. Формирование вершинных поверхностей.— М.: Изд-во МГУ, 1976.— 172 с.
- Ананьев Г. С. Современное состояние геоморфологической науки за рубежом // Вестн. МГУ. Сер. 5. География.— 1982.— № 4.— С. 29—34.
- Ананьев Г. С., Смирнова Т. И. Особенности развития позднелайтоновых и голоценовых ландшафтов в Северо-Западном Приохотье // Спорново-пыльцевой анализ при геоморфологических исследованиях.— М.: Изд-во МГУ, 1981.— С. 61—66.
- Антощенко-Оленев И. В. К вопросу о характере миоценового рельефа Юго-Западного Забайкалья // Изв. Забайкальского филиала геогр. о-ва СССР.— 1968.— Т. 4, № 1.— С. 98—102.
- Антощенко-Оленев И. В. К методике картирования четвертичных отложений // Материалы по геологии и полезным ископаемым Бурятской АССР.— Улан-Удэ, 1972.— Вып. XX.— С. 132—139.
- Антощенко-Оленев И. В. Кайнозой Дзиддинского района Забайкалья.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975.— 127 с.
- Антощенко-Оленев И. В. Роль мерзлотных деформаций осадочных тектур при реконструкциях палеоклиматических условий и корреляции разрезов четвертичных отложений Забайкалья // Стратиграфия кайнозойских отложений Западного Забайкалья. Улан-Удэ.— 1976.— Вып. 8(16).— С. 109—120.
- Антощенко-Оленев И. В. Некоторые способы дешифрирования кайнозойских отложений (к интерпретации фотоизображений поверхностей речной аккумуляции) // Экспресс-информация ОНТИ ВИАМС. Общая и регион. геология; геол. картирование.— 1977.— Вып. 8.— С. 11—23.
- Антощенко-Оленев И. В. Аэрофотгеологические карты—основа для карт различного геологического содержания // Экспресс-информация ОНТИ ВИАМС. Общая и регион. геология; геол. картирование. 1978.— Вып. 8.— С. 1—13.
- Антощенко-Оленев И. В. Схема автоматизированного анализа АФС с построением схем геологического дешифрирования // Автоматизированные системы обработки изображений (АСОИЗ-81): Тез. докл. I Всесоюзной конференции.— М.: Наука, 1981.
- Антощенко-Оленев И. В. История природных обстановок и тектонических движений в позднем кайнозое Западного Забайкалья.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982.— 156 с.
- Антощенко-Оленев И. В. Рельеф Земли как структура поверхности раздела сред // Геоморфология.— 1983.— № 3.— С. 35—40.
- Антощенко-Оленев И. В. Классификация комплексов пород по дешифрируемости // Сов. геология.— 1984.— № 11.— С. 108—112.
- Антощенко-Оленев И. В., Коростелев В. А., Голда Я. В. Перспективы создания автоматизированной системы дешифрирования АФС // Геоиндикационное моделирование.— Л.: Недра, 1983.— С. 136—142.
- Арманд Д. Л. Изучение геоморфологических процессов экспериментальным методом // Тр. ин-та/Ин-та геогр. АН СССР.— 1950.— Т. 47: Материалы по геоморфол. и палеогеогр. СССР, вып. 4.— С. 5—76.
- Асеев А. А., Благоволит Н. С., Веденская И. Э. и др. Основные принципы построения легенды геоморфологической карты СССР м-ба 1 : 2 500 000 // Геоморфологическое картирование.— М.: Наука, 1978.— С. 23—29.
- Асланикашвили А. Ф. Метакартография. Основные проблемы.— Тбилиси: Мецниереба, 1974.— 125 с.
- Аэрометоды геологических исследований.— Л.: Недра. Ленинг. отд-ние, 1971.— 704 с.
- Базилевич Н. И. Водная миграция и баланс химических веществ в почвах // Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976.— Т. 2.— С. 167—184.

- Баженова О. И.** Закономерности движения рыхлого материала па лесостепных склонах в Назаровской впадине // Географические исследования восточных районов СССР: Тез. докл.— Иркутск, 1981.— С. 13—14.
- Башенина Н. В.** Опыт классификации разломов и разрывных нарушений (по их выражению в рельефе) и обусловленных ими морфоструктур разного порядка // Тектоника Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1973.— С. 14—18.
- Башенина Н. В.** О дешифрировании космических снимков для мелкомасштабного геоморфологического картографирования // Геоморфологическое картографирование в мелких масштабах.— М.: Изд-во МГУ, 1976.— С. 19—26.
- Башенина Н. В.** Дешифрирование космических снимков для геоморфологического картографирования // Геоморфологическое картирование.— М.: Наука, 1977.— С. 202—220.
- Башенина Н. В., Волков В. А., Хуновка А. Г.** Раздел из пяти листов в атласе «Союз 22 исследует землю».— Москва — Берлин: Наука, Академия — Ферлаг, 1982.
- Башенина Н. В., Зорин Л. В., Лесняев О. К.** Методические указания по геоморфологическому картированию и производству геоморфологической съемки в масштабе 1 : 50 000—1 : 25 000.— М.: ЛИИ МГУ, 1959.— 228 с.
- Башенина Н. В., Леонтьев О. К., Пиотровский М. В., Симонов Ю. Г.** Методическое руководство по геоморфологическому картированию и производству геоморфологической съемки в масштабе 1 : 50 000—1 : 25 000.— М.: Изд-во МГУ, 1962.— 202 с.
- Башенина Н. В., Пиотровский М. В., Симонов Ю. Г.** Краткий геоморфологический очерк Приэльбрусья.— М.: Изд-во МГУ, 1974.— 100 с.
- Башенина Н. В., Пиотровский М. В., Симонов Ю. Г. и др.** Геоморфологическое картирование.— М.: Высш. шк., 1977.— 375 с.
- Башенина Н. В., Тальская Н. И.** Анализ космических снимков для составления геоморфологической карты мира масштаба 1 : 15 000 000 // Исследование Земли из космоса.— 1981.— № 6.— С. 5—13.
- Бельтнев Е. Б., Варнаевский В. Г.** Палеогеографические условия развития территории Хабаровского края и Амурской области в палеогеновое и неогеновое время // Вопросы литогенеза юга Дальнего Востока.— М.: Наука, 1977.— С. 17—27.
- Берг Л. С.** Географические зоны Советского Союза.— М.: Географгиз, 1947.— 397 с.
- Берлянт А. М.** Картографический метод исследования.— М.: Изд-во МГУ, 1978.— 255 с.
- Бондаренко В. М., Грашовень Л. В., Кустовский А. Ф., Лумнов Е. Е.** Применение лазерного метода при изучении геодинамической активности тектонических зон.— М., 1983.— Дел. в ВИНТИИ 3.01.83, № 21—83.
- Борсевич Д. В.** Универсальная легенда для геоморфологических карт // Землеведение.— 1950.— № 3.— С. 169—182.
- Борсевич Д. В.** Два типа геоморфологических карт // Изв. АН СССР. Сер. геогр.— 1966.— № 1.— С. 129—131.
- Борсевич Д. В.** Универсальная морфохроногенетическая легенда для геоморфологических карт крупного, среднего и мелкого масштабов и принципы генерализации при переходе к картам более мелкого масштаба // Геогр. сборник ВИНТИИ.— 1969.— № 3.— С. 137—153.
- Борсук О. А., Спасская И. И., Тимофеев Д. А.** Вопросы динамической геоморфологии // Геоморфология.— Т. 5: Вопросы динамической геоморфологии. Итоги науки и техники.— М.: ВИНТИИ, 1977.— 148 с.
- Бочаров Г. В., Гусев Г. С., Имаев В. С., Козьмин Б. М.** Современная тектоническая активность территории Якутской АССР // Современная тектоническая активность территории СССР.— М.: Наука, 1984.— С. 35—49.
- Бронникова В. К.** Изучение рельефа Армении по многозональным космическим снимкам // Применение дистанционных методов при создании тематических карт.— М.: Наука, 1978.— С. 23—36.
- Буш В. А., Козлов В. В., Севастьянов В. И., Коваленок В. В.** Космические исследования Урало-Оманского суперконтинента // Исследования Земли из космоса.— 1980.— № 4.— С. 13—18.
- Вдовин В. В.** Отражение в рельефе структурных форм зоны сочленения Алтае-Саянской горной области с платформенными равнинами Западной и Восточной Сибири // Структурная геоморфология горных стран.— Фрунзе, 1973.— С. 123—124.
- Вдовин В. В.** Основные этапы развития рельефа // История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока.— М.: Наука, 1976а.— 272 с.
- Вдовин В. В.** Основные этапы развития рельефа Сибири и Дальнего Востока // История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1976б.— С. 35—60.
- Вдовин В. В.** Основные этапы развития рельефа. Палеогеоморфологические карты и краткая объяснительная записка // История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979.— С. 32.
- Веденская И. Э.** О морфоклиматической зональности на территории СССР // Изв. АН СССР. Сер. геогр.— 1969.— № 3.— С. 12—20.
- Вейль Герман.** Симметрия: Пер. с англ.— М.: Наука, 1968.— 191 с.

- Виноградова А. И. Общие принципы денифирозания аэроснимков при геолого-географических исследованиях // Комплексное денифрирование аэроснимков.— М.: ИЛ: Наука, 1964.— С. 4—12.
- Войлошников В. А. Карты динамики рельефа и перспективы их использования в топографическом картографировании // Зап. Забайкальского филиала геогр. о-ва СССР.— 1973.— Вып. 98.— С. 90—100.
- Волков П. А. К истории речных долин юга Западно-Сибирской низменности // Тр. ин-та/ИГиГ СО АН СССР.— 1962.— Вып. 27.— С. 37—47.
- Волков П. А. Новое в изучении следов деятельности рек и изменений климата // Методы геоморфологических исследований.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1967.— С. 97—103.
- Вопросы региональной палеогеоморфологии.— Уфа: Изд-во Горно-геол. ин-та, 1966.— 257 с.
- Галицкий В. И. Основы палеогеоморфологии.— Киев: Наук. думка, 1980.— 224 с.
- Ганешин Г. С. Состояние и задачи геоморфологического картирования в Сибири и на Дальнем Востоке // Проблемы прикладной геоморфологии.— М.: Наука, 1976.— С. 7—34.
- Ганешин Г. С. Состояние и задачи геоморфологического картирования в СССР // Геоморфологическое картирование.— М.: Наука, 1978.— С. 5—10.
- Ганешин Г. С. Геоморфологическое картирование и картирование четвертичных отложений при геологосъемочных работах.— М.: Недра, 1979.— 110 с.
- Ганешин Г. С., Соловьев В. В., Чемяков Ю. Ф. Титульная легенда для геоморфологических карт разных масштабов: Приложение к кн. «Методическое руководство по геоморфологическим исследованиям».— ИЛ: Наука. Ленингр., отд-ние, 1972.
- Геоморфологическое картографирование в мелких масштабах.— М.: Изд-во МГУ, 1976.— 206 с.
- Геоморфологическое картографирование/Башенина Н. В., Пиотровский М. В., Симонов Ю. Г. и др.— М.: Высш. шк., 1977.— 376 с.
- Геоморфологическое картирование.— М.: Наука, 1978.— 232 с.
- Герасимов И. П. Палеогеоморфология и ее проблемы // Проблемы палеогеоморфологии.— М.: Наука, 1970а.— С. 11—19.
- Герасимов И. П. Три главных цикла в истории геоморфологического этапа Земли // Геоморфология.— 1970б.— № 4.— С. 1—19.
- Герасимов И. П. Современное состояние и перспективы развития общей теории советской геоморфологии/Геоморфология.— 1983.— № 4.— С. 3—14.
- Герасимов И. П., Мещеряков Ю. А. Геоморфологический этап в развитии Земли // Изв. АН СССР. Сер. геогр.— 1964.— № 6.— С. 3—12.
- Герасимов И. П., Мещеряков Ю. А. Планетарные черты рельефа и геоморфологический этап в развитии Земли // Рельеф Земли (морфоструктура и морфоскульптура).— М.: Наука, 1967.— С. 15—19.
- Глинка К. Д. Почвы // Азиатская Россия.— Сиб., 1914.— Т. II.— С. 75—110.
- Гоникберг В. Е. Использование космических снимков для реконструкции новейшего поля неотектонических напряжений // Исследования Земли из космоса.— М., 1983.— № 6.— С. 39—51.
- Горелов С. К., Худяков Г. И., Золотарев А. Г. Проблемы развития морфоструктурных исследований // Основные проблемы теоретической геоморфологии.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985.— С. 14—21.
- Горшенин К. П. Почвы черноземной полосы Западной Сибири // Изв. Зап.-Сиб. отдела Русского геогр. о-ва.— Омск, 1927.— 42 с.
- Горшков С. Н. Экзодинамические процессы освоенных территорий.— М.: Недра, 1982.— 286 с.
- Дедков А. П., Бабанов Ю. В. Об отражении тектонического и климатического факторов развития рельефа на среднемасштабных геоморфологических картах равнин // Геоморфологическое картирование.— М.: Наука, 1978.— С. 30—33.
- Денисов Е. П. Есть ли на восточном склоне Сихотэ-Алиня поверхности базисного денудационного выравнивания? // Структурно-геоморфологические исследования в Сибири и на Дальнем Востоке.— М.: Наука, 1975.— С. 106—113.
- Джерард А. Дж. Почвы и формы рельефа: Пер. с англ.— ИЛ: Недра. Ленингр. отд-ние, 1984.— 205 с.
- Демек Я. Теория систем и изучение ландшафта.— М.: Прогресс, 1977.— 223 с.
- Докучаев В. В. Учение о зонах природы.— М.: Наука, 1949.— 241 с.
- Дучков А. Д., Милыева Л. С. Аномалия теплового потока в Восточном Саяне // Геология и геофизика.— 1972.— № 7.— С. 108—112.
- Евдокимов Е. И. Некоторые закономерности размещения ильменито-цирконовых россыпей верхнеолдцового возраста в южной части Западно-Сибирской низменности // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Новосибирской области.— Новосибирск: изд. Новосибир. геол. упр., 1965.— С. 47—50.
- Ермолов В. В. Вопросы составления геоморфологических карт при среднемасштабной комплексной геологической съемке северных районов // Тр. ин-та/И. п. и т. геологии Арктики.— 1958.— Т. 83.— С. 5—32.
- Ермолов В. В. Генетически однородные поверхности в геоморфологическом картировании.— Новосибирск: РИО СО АН СССР, 1964.— 41 с.

- Ерохина А. А. Дерно-таежные (мерзлотно-гилесвые) почвы // Генезис и география почв.— М.: Наука, 1966.— С. 120—140.
- Ефремов Ю. К. Опыт морфологической классификации элементов и простых форм рельефа // Вопр. географии.— 1949.— Сб. 11.— С. 109—136.
- Зеккель Я. Д. О палеогеоморфологии // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва.— 1958.— Т. 90, вып. 4.— С. 366—368.
- Золотарев А. Г. Осложняющее влияние литоморфного рельефа при составлении схем деформаций поверхностей выравнивания и возможности его устранения // Поверхности выравнивания.— Иркутск, 1970.— Вып. 2.— С. 93—95.
- Золотарев А. Г. Переходный рельеф между орогенными и равнинно-платформенными областями // Геоморфология.— 1976.— № 2.— С. 26—35.
- Золотарев А. Г. Типы переходного рельефа горных стран // Типы гор и механизмы горообразования.— Иркутск, 1979.— С. 86—90.
- Золотарев А. Г. Природные зоны территории Советского Союза // География и природ. ресурсы.— 1985.— № 3.— С. 3—14.
- Золотарев А. Г., Семенов Н. П. Предорожденные переходные зоны (на примере юга Восточной Сибири) // Основные направления развития геоморфологической теории.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982.— С. 53—55.
- Зорин Л. В. Эволюция глобального рельефа и водообмен.— М.: Наука, 1984.— С. 72.
- Зятыкова Л. К. Структурная геоморфология Алтае-Саянской горной области.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977.— 216 с.
- Ивановский Л. Н., Титова З. А. Итоги изучения современных экзогенных процессов рельефообразования на стационарах Института географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР // География и природ. ресурсы.— 1982.— № 4.— С. 26—33.
- Ивочкина Л. Г. О дальности переноса мелкого и весьма мелкого золота (результаты экспериментальных исследований) // Вестн. МГУ.— 1986.— Вып. 1.— С. 109—116.
- Как работать над терминологией.— М.: Наука, 1968.— 76 с.
- Калинин Г. П., Курилова Ю. В., Колосов П. А. Космические методы в гидрологии.— Л.: Гидрометеоиздат, 1977.— 182 с.
- Карташов И. П. Флювиальные рельефообразующие процессы.— Магадан, 1957.— 22 с.
- Кашменская О. В. О динамической классификации горной геоморфологической системы // Структурная геоморфология горных стран.— М.: Наука, 1975.— С. 68—72.
- Кашменская О. В. О геоморфологической системе // Проблемы геоморфологии и четвертичной геологии Северной Азии.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976.— С. 7—21.
- Кашменская О. В. Теория систем и геоморфология.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980.— 119 с.
- Кашменская О. В., Хворостова З. М. Геоморфологический анализ при поисках россыпей (на примере Эльгинского золотоносного района в верховьях р. Индигирки).— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1965.— 166 с.
- Кашменская О. В., Хворостова З. М. Системный подход к геоморфологии // Основные проблемы теоретической геоморфологии.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985.— С. 35—39.
- Кленов В. И. Статистические закономерности формирования речных долин // Некоторые геоморфологические процессы и их воздействие на ландшафт и его компоненты.— М.: Наука, 1982.— С. 18—22.
- Коржув С. С. Морфотектоника и рельеф земной поверхности.— М.: Наука, 1974.— 258 с.
- Короткий А. М. Палеогеоморфологический анализ рельефа и осадков горных стран (на примере Дальнего Востока).— М.: Наука, 1983.— 245 с.
- Космическая фотосъемка и геологические исследования.— Л.: Недра. Ленингр. отд-ние, 1975.— 416 с.
- Косов Б. Ф., Никольская И. П. Динамика роста оврагов // Эрозионные процессы.— М.: Наука, 1984.— С. 14—28.
- Костенко Н. П. Развитие складчатых и разрывных деформаций в орогенном рельефе.— М.: Недра, 1972.— 520 с.
- Котлов Ф. В. Антропогенные рельефообразующие геологические процессы и явления // Современные процессы рельефообразования.— М.: Наука, 1970.— С. 37—47.
- Кравцова В. И. Материалы космических съемок и их использование в географических исследованиях.— М.: Изд-во МГУ, 1980.— 98 с.
- Кравцова В. И. Космические снимки.— М.: Изд-во МГУ, 1985.— 128 с.
- Кравчук Я. С. Некоторые вопросы генезиса и возраста поверхностей выравнивания Советских Карпат // Вестн. Львов. ун-та. Сер. геогр.— 1975.— Вып. 9.— С. 93—98.
- Кравчук Я. С., Боллох О. И., Ковальчук И. П. и др. Комплексные исследования смыва грунта на эрозионных стационарах // Вестн. Львов. ун-та. Сер. геогр.— 1980.— № 12.— С. 60—69.

- Краткая географическая энциклопедия.— М.: Изд-во Сов. энциклопедия.— Т. 2, 1960.— 572 с.
- Кун Т. Структура научных революций: Пер. с англ.— М.: Прогресс, 1975.— 288 с.
- Ламакин В. В. Динамические фазы речных долин и аллювиальных отложений // Землеведение.— 1948.— Т. 2(42).— С. 65—68.
- Ласточкин А. И. Морфодинамические связи в развитии рельефа континентов и океанического дна // Основные направления развития геоморфологической теории.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982а.— С. 72—75.
- Ласточкин А. И. Методы морского геоморфологического картографирования.— Л.: Недра. Ленингр. отд-ние, 1982б.— 272 с.
- Ласточкин А. И. Предмет и динамическая концепция геоморфологии // Геоморфология.— 1982в.— № 2.— С. 56—63.
- Ласточкин А. И. О начальных понятиях геоморфологии // Геоморфология.— 1983.— № 1.— С. 42—46.
- Ласточкин А. И. Системно-структурная ориентация геоморфологического картографирования // Геоморфология.— 1984.— № 2.— С. 47—57.
- Леонов Г. П. Историческая геология.— М.: Изд-во МГУ, 1956.— 364 с.
- Леонтьев О. К., Сафьянов Г. А. Каньоны под морем.— М.: Мысль, 1973.— 261 с.
- Летягин В. С., Рязанов И. Н. Опыт геологической интерпретации скульптурного рельефа по морфометрическим характеристикам с помощью ЭВМ // Геологическая эффективность геофизических исследований в Забайкалье.— Чита, 1972.— Вып. 1.— С. 84—87.
- Лиленберг Д. А., Орлянкин В. Н. Дискуссия о содержании геоморфологии // Вопр. геогр.— М., 1963.— Сб. 63: Количественные методы в геоморфологии.— С. 168—179.
- Логачев Н. А., Уфимцев Г. Ф., Сизиков А. И. Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока.— М.: Наука, 1974.— 358 с.
- Лоскутов Ю. И., Филатов В. Ф. К вопросу о содержании геоморфологии и объекте ее исследования // Геоморфология.— 1978.— № 1.— С. 72—74.
- Лукашов А. А. Структурное предопределение переметных земляных глетчеров в Забайкалье // Зап. Забайкальского филиала ВГО СССР.— 1963.— Вып. 22.— С. 142—144.
- Лютый А. А. Язык карты.— М.: Знание, 1981.— 48 с.
- Макаров В. И., Соловьева Л. И. Перекрестный структурный план земной коры и проблема проявления ее глубинных элементов на поверхности (на примере Тянь-Шаня и Туранской плиты) // Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология.— М.: Наука, 1976.— Т. 5.— С. 18—41.
- Маккаев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне.— М.: Изд-во АН СССР, 1955.— 347 с.
- Маккаев Н. И., Шкулид Ф. В., Хмелева Н. В., Шевченко Б. Ф. Результаты стационарных исследований эрозионных и склоновых процессов в Абхазии // Вестн. МГУ. Сер. геогр.— 1977.— № 2.— С. 86—92.
- Маккаев Н. И., Хмелева Н. В. Экспериментальная геоморфология // Новейшие методы геоморфологических исследований.— М.: Моск. ФГО СССР, 1981.
- Маккаев Н. И., Хмелева Н. В., Зайтов И. Р., Лебедева Н. В. Экспериментальная геоморфология.— М.: Изд-во МГУ, 1961.— 194 с.
- Марков К. К. Палеогеография (историческое землеведение).— М.: Географгиз, 1951.— 276 с.
- Материалы совещания «Методы изучения режима и прогноза экзогенных геологических процессов»: Тез. докл.— Тбилиси, 1980.— 165 с.
- Методика геоморфологического картирования.— М.: Наука, 1965.— 174 с.
- Методическое руководство по комплексному изучению седей.— М.: Недра, 1971.— 163 с.
- Методы составления палеовулканических карт.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979.— 144 с.
- Миляева Л. С. Формационный анализ рельефа Восточного Саяна // Геоморфологические формации Сибири.— Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1978.— С. 115—126.
- Миляева Л. С. Использование космических телевизионных снимков для выяснения индикационных особенностей гидросети // История развития речных долин и проблемы мелиорации земель. Сибирь и Дальний Восток.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979.— С. 129—134.
- Миляева Л. С. Рельеф Тувинских котловин // Закономерности развития рельефа Северной Азии.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982.— С. 106—115.
- Миляева Л. С. Опыт системно-формационного морфологического исследования с использованием аэрофото- и космических снимков // Основные проблемы теоретической геоморфологии.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985.— С. 103—104.
- Мирнова А. В. О связи поверхностей выравнивания Карпат с блоковой тектоникой // Поверхности выравнивания.— М.: Наука, 1973.— С. 223—226.
- Мордкович В. Г., Шатохина П. Г., Титляева А. А. Степные катены.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985.— 115 с.

- Москвитин А. И. Лёсс и лёссовидные отложения Сибири // Тр. ин-та/Ин-т геол. наук АН СССР.— 1940.— Вып. 14.— 84 с.
- Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока.— М.: Наука, 1974.— 359 с.
- Наумов А. Д. Пенеплены.— Саратов: Изд-во СГУ, 1981.— 408 с.
- Николаев В. А. Геоморфологические формации и пути рационального освоения и охраны земельных ресурсов южных равнин Западной Сибири // Геоморфологические формации Сибири.— Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1978.— С. 8—40.
- Николаев В. А. Геоморфологические системы Сибири // Проблемы системно-формационного подхода к познанию рельефа.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982.— С. 83—108.
- Николаев В. А. Системно-формационная концепция в геоморфологии // Основные проблемы теоретической геоморфологии.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985.— С. 31—35.
- Николаев Н. П. Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР.— М.: Госгеолтехиздат, 1962.— 392 с.
- Николаев Н. П. Карта новейшей тектоники мира // Геоморфология.— 1970.— № 4.— С. 3—17.
- Николаев Н. И., Неймарк А. А., Селиванов В. А. Новейшая тектоника Южной Азии.— М.: Изд-во МГУ, 1984.— 192 с.
- Никонова Р. И. К истории развития рельефа Сахалина в кайнозой // Структурно-геоморфологические исследования в Сибири и на Дальнем Востоке.— М.: Наука, 1975.— С. 119—129.
- Обручев В. А. Основные черты кинетики и пластики неотектоники // Изв. АН СССР. Сер. геол.— 1948.— № 5.— С. 13—23.
- Ожегов С. И. Словарь русского языка.— М.: Сов. энциклопедия, 1973.— 847 с.
- Оллиер К. Тектоника и рельеф.— М.: Недра, 1984.— 459 с.
- Опыт анализа и построения геологических классификаций на основе представлений конечной математики.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1964.— 119 с.
- Орлова Н. И., Парамонова Е. В. Основные черты морфоструктурного плана Северо-Онежского бокситорудного района // Прогнозирование месторождений бокситов.— М.: изд. ВИМС, 1984.
- Основные проблемы теоретической геоморфологии.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985.— 192 с.
- Пенк В. Морфологический анализ: Пер. с нем.— М.: Геогр. лит., 1961.— 359 с.
- Пиотровский М. В. Морфотектоника областей мезокайнозойской платформенной активизации: понятия, закономерности и перспективы исследований // Структурная геоморфология горных стран.— Фрунзе, 1973.— С. 67—68.
- Плотникова М. И., Кардопольцев О. И., Салтыков И. Г. Значение и методы палеогеоморфологических исследований при поисках погребенных россыпей (на примере алмазосных россыпей Западной Якутии) // Проблемы палеогеоморфологии.— М.: Наука, 1970.— С. 279—284.
- Поздняков А. В. Динамическое равновесие в рельефообразовании: Автореф. дис. ... докт. геогр. наук.— Новосибирск, 1986.— 37 с.
- Полищук Л. Б., Проходский С. И. К системе палеогеоморфологической номенклатуры // Основные направления развития геоморфологической теории: (Тез. докл.).— Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1982.— С. 111—113.
- Полунин Г. В. Экзогенные геодинамические процессы гумидной зоны умеренного климата.— М.: Наука, 1983.— 248 с.
- Проблемы геоморфологии. Материалы VI пленума Геоморфологической комиссии АН СССР.— М.: Наука, 1970.— 311 с.
- Проблемы палеогеоморфологии.— М.: Наука, 1970.— 324 с.
- Проблемы системно-формационного подхода к познанию рельефа (основные направления в развитии геоморфологической теории).— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982.— 152 с.
- Проводников Л. Я. Фундамент платформенных областей Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975.— 272 с.
- Проходский С. И. Новые аспекты исследований в геоморфологии // Геоморфология.— 1972.— № 3.— С. 101—104.
- Разумихин Н. В. Поведение в водном потоке алмазов и его основных спутников // Новые методы изучения русловых процессов.— М.: Изд-во МГУ, 1959.
- Разумихин Н. В., Тимашкова З. Н. Экспериментальные данные о закономерностях распределения некоторых тяжелых минералов на различных элементах русла // Закономерности размещения полезных ископаемых.— М.: Изд-во МГУ, 1960.— Т. 4.— С. 224—237.
- Рельеф Сибири и Дальнего Востока.— М.: Наука, 1964—1976.
- Рождественский А. П., Журенко Ю. Е., Зинягина И. К. К вопросу о предмете и методах палеогеоморфологии // Проблемы палеогеоморфологии.— М.: Наука, 1970.— С. 20—26.
- Романовский Н. Н., Шапошникова Е. А. Изучение зонального характера морозобойного растрескивания // Мерзлотные исследования.— М.: Изд-во МГУ, 1971.— Вып. 11.— С. 89—107.

- Руководство по детальному геоморфологическому картированию.— Брно, 1976.— 336 с.
- Саапар Д. А., Ящук С. Д. Об оседании земной поверхности г. Таллина // Изучение современных движений Прибалтики.— Тарту, 1981.— С. 46—52.
- Садыков А. М. Идея рациональной стратиграфии (на примере Центрального Казахстана).— Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1974.— 184 с.
- Салищев К. А. Картоведение.— М.: Изд-во МГУ, 1976.— 438 с.
- Сварчевская З. А. Легенда для геоморфологической карты крупного масштаба.— Л.: Географо-эконом. н.-и. ин-т ЛГУ, 1937.— 23 с.
- Сварчевская З. А., Селиверстов Ю. П. Цикличность рельефообразования как один из критериев палеогеоморфологического анализа // Проблемы палеогеоморфологии.— М.: Наука, 1970.— С. 75—80.
- Святловский А. Е. Морфологическая вулканология.— М.: Недра, 1982.— С. 256.
- Серов Н. К. Диахроническая структура // Процессы и мера времени.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1974.— С. 7—37.
- Симонов Ю. Г. Региональный геоморфологический анализ.— М.: Изд-во МГУ, 1972.— 251 с.
- Симонов Ю. Г. Теория геоморфологии (состояние и тенденция развития) // Вести. МГУ. Сер. геогр.— 1982.— № 4.— С. 22—26.
- Симонов Ю. Г., Спиридонов А. И. Дискуссионные вопросы теории геоморфологии // Вести. МГУ. Сер. геогр.— 1983.— № 4.— С. 62—65.
- Системный анализ рельефа Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985.— 150 с.
- Словарь русского языка в 4-х томах.— М.: Гос. изд-во иностр. и национальн. словарей, 1961.— Т. IV.— 1088 с.
- Словарь синонимов.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1975.— 648 с.
- Соболев Д. Н. К палеогеоморфологии Северо-Украинского бассейна // Зап. н.-и. ин-та геол. гии Харьковского ун-та.— 1938.— Т. VI.
- Советская география. Лабораторный эксперимент.— М.: Мысль, 1960.
- Соколов Н. Н. О геоморфологической терминологии // Географический сборник.— М.: Л.: Изд-во АН СССР, 1958.— Вып. X.— С. 160—164.
- Спиридонов А. И. Геоморфологическое картографирование.— М.: Мысль, 1952.— 187 с.
- Спиридонов А. И. Основы общей методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картирования.— М.: Высш. шк., 1970.— 456 с.
- Спиридонов А. И. Геоморфологическое картографирование.— М.: Недра, 1975.— 184 с.
- Спиридонов А. И. О легендах геоморфологических карт крупных съемочных масштабов // Геоморфологическое картирование.— М.: Наука, 1978.— С. 15—18.
- Спиридонов А. И. Геоморфологическое картографирование.— М.: Недра, 1985.— 184 с.
- Стрелков С. А. О двух принципиальных направлениях в геоморфологическом картировании и о принятии общих геоморфологических карт // Геология и геофизика.— 1960.— № 5.— С. 73—80.
- Табидзе Д. Д. Объемный анализ рельефа и проблема геоморфологической систематики.— Тбилиси: Мецниереба, 1985.— 107 с.
- Тараканов Ю. А. Неровная поверхность океана // Природа.— 1976.— № 1.— С. 106—111.
- Тимофеев Д. А. Элементарные морфологические единицы как объект геоморфологического анализа // Геоморфология.— 1984.— № 1.— С. 19—29.
- Тимофеев Д. А., Уфимцев Г. Ф., Онухов Ф. С. Терминология общей геоморфологии.— М.: Наука, 1977.— 200 с.
- Титова З. А. Роль плоскостного смыва и регрессивной эрозии в рельефообразовании степного Забайкалья // Региональная геоморфология Сибири.— Иркутск, 1973.— С. 3—19.
- Троицкий С. Л. О предмете и основных методах геоморфологии // Методы геоморфологических исследований.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1967.— С. 56—60.
- Тулохонов А. К. Особенности развития морфоструктур сочленения континентальных плит (на примере горного обрамления Сибирской платформы) // Основные направления развития геоморфологической теории.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982а.— С. 145—148.
- Тулохонов А. К. Развитие рельефа периплатформенных областей (на примере орогенного пояса Сибирской платформы) // Проблемы структурно-климатического подхода к познанию рельефа.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982б.— С. 86—95.
- Усов М. А. Элементы геоморфологии и геологии рыхлых отложений.— Томск: изд. Зап.-Сиб. геол. управления, 1934.— 97 с.
- Филатов В. Ф., Лоскутов Ю. И. Генетическая классификация естественных граней рельефа // Геоморфология.— 1980.— № 1.— С. 41—47.
- Философский энциклопедический словарь.— М.: Сов. энциклопедия, 1983.— 944 с.
- Флоренсов Н. А. О рациональных границах геоморфологического анализа и некоторых временных определениях // Геоморфология.— 1971.— № 1.— С. 39—46.

- Флоренсов Н. А.** Геоморфологические формации // Проблемы эндогенного рельефообразования.— М.: Наука, 1976а.— С. 389—420.
- Флоренсов Н. А.** Предмет изучения геоморфологии и палеогеоморфологии // Проблемы эндогенного рельефообразования.— М.: Наука, 1976б.— С. 11—33.
- Флоренсов Н. А.** Существо проблемы и несуществование разногласий // Проблемы эндогенного рельефообразования.— М.: Наука, 1976в.— С. 58—67.
- Флоренсов Н. А.** Очерки структурной геоморфологии.— М.: Наука, 1978.— 238 с.
- Фолитарек С. С.** Некоторые вопросы охраны и преобразования природы // Охрана и преобразование природы лесостепи Западной Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976.— С. 3—70.
- Хаин В. Е.** Глубинные разломы: основные признаки классификации и значение в развитии земной коры // Изв. вузов. Геология и разведка.— 1963.— № 3.— С. 13—30.
- Харвей Д.** Научное объяснение в географии: Сокращ. перевод с англ.— М.: Прогресс, 1974.— 502 с.
- Хворостова З. М.** Геоморфология бассейна верховьев р. Колымы.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1970.— 200 с.
- Хворостова З. М.** Основные аспекты проблемы педимента // Поверхности выравнивания гор Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1971.— С. 27—49.
- Хворостова З. М.** О классификации рельефа при системном подходе в геоморфологическом картировании // Проблемы геоморфологического картирования: Тез. докл. Всесоюз. совещ. по разномасштабному геоморфолог. картированию.— Л., 1975.— С. 18—19.
- Хворостова З. М.** О системном подходе к изучению геоморфологических формаций // Проблемы геоморфологии и четвертичной геологии палеогей Северн. Азии.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976а.— С. 21—31.
- Хворостова З. М.** К определению понятия «геоморфологические формации». Ближайшие задачи их изучения с применением элементов системного подхода // Геоморфологические формации Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976б.— С. 41—70.
- Хворостова З. М.** К определению понятия «геоморфологические формации». Ближайшие задачи их изучения с применением элементов системного подхода // Геоморфологические формации Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1978.— С. 41—70.
- Хворостова З. М.** Новизна и перспективы системного подхода в геоморфологии (в связи с вопросами геоморфологического картирования) // Системный анализ рельефа Сибири.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985.— С. 66—87.
- Хворостова З. М., Милыева Л. С.** О системном подходе к рельефу как элементу природно-территориального комплекса // Проблемы системно-формационного подхода к познанию рельефа.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982.— С. 123—132.
- Хмелева Н. В., Ивочкина Л. Г.** Движение обломков на склонах // Эрозия почв и русловые процессы.— М.: Изд-во МГУ, 1973.— Вып. 3.— С. 156—161.
- Хмелева Н. В., Никулин Ф. В., Шевченко Б. Ф.** Некоторые итоги стационарных исследований эрозионных форм Северо-Западного Кавказа // Эрозия почв и русловые процессы.— М.: Изд-во МГУ, 1970.— Вып. 1.
- Хмелева Н. В., Шевченко Б. Ф.** Об особенностях развития курумов // Изв. АН СССР. Сер. геогр.— 1980.— № 6.— С. 95—102.
- Худяков Г. И.** История развития рельефа // Юг Дальнего Востока.— М.: Наука, 1972.— С. 64—383.
- Худяков Г. И.** Геоморфотектоника юга Дальнего Востока. Вопросы теории.— М.: Наука, 1977.— 256 с.
- Чемеков Ю. Ф.** Проблемы возраста рельефа и методы его определения // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва.— 1968.— Т. 100, № 4.— С. 299—307.
- Чемеков Ю. Ф.** Палеогеоморфология, ее методы и задачи // Проблемы палеогеоморфологии.— М.: Наука, 1970.— С. 33—39.
- Чемеков Ю. Ф., Галицкий В. И.** Погрешный рельеф платформ и методы его изучения.— Л.: Недра. Ленингр. отд-ние, 1974.— 207 с.
- Чемеков Ю. Ф., Ганешин Г. С., Соловьев В. В.** Методическое руководство по геоморфологическим исследованиям.— Л.: Недра. Ленингр. отд-ние, 1972.— 384 с.
- Шатский Н. С.** О структурных связях платформ со складчатыми областями. Сравнительная тектоника древних платформ; статья 3 // Изв. АН СССР. Сер. геол.— 1948.— № 5.— С. 3—15.
- Шафрановский И. И.** Симметрия в природе.— Л.: Недра. Ленингр. отд-ние, 1968.— 184 с.
- Шевченко Б. Ф.** Особенности формирования курумовых и осыпных склонов по данным стационарных и экспериментальных исследований: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук.— М., 1981.— 20 с.
- Шенард Ф., Дилл Р.** Подводные морские каньоны.— Л.: Гидрометеоздат, 1972.— 321 с.
- Шило Н. А.** Основные учения о россыпях.— М.: Наука, 1981.— 381 с.
- Шульц С. С.** Анализ новейшей тектоники Тянь-Шаня.— М.: География, 1948.— 222 с.
- Шульц С. С.** Тектоника земной коры.— Л.: Недра. Ленингр. отд-ние, 1979.— 272 с.
- Шульц С. С. (мл.).** Системы левых и правых сдвигов Евразии на космических сним-

- ках // Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология.— М.: Наука, 1976.— Т. 5.— С. 95—102.
- Эдельштейн Я. С. Введение в геоморфологию.— Л.: Изд-во ИУБУЧ, 1933.— 287 с.
- Эдельштейн Я. С. Основы геоморфологии: 2-е изд.— М.; Л.: Госгеолиздат, 1947.— 400 с.
- Экспериментальная геоморфология.— М.: Изд-во МГУ.— Вып. 2, 1969.— 180 с.
- Экспериментальная геоморфология.— М.: Изд-во МГУ.— Вып. 3, 1978.— 142 с.
- Юдин Э. Г. Развитие // БСЭ.— Т. 21. 1975.— С. 409—410.
- Янковский В. А. Минералы титана из туганских слоев // Вестн. Зап.-Сиб. и Новосиб. геол. управлений.— 1958.— № 3.— С. 51—55.
- Campbell J. Measurements of erosion on badlands surfaces // Z. Geomorf.— 1974.— Vol. 21.— P. 122—137.
- Chorley R. J. Bases for theory in geomorphology // Geomorphology. Present problems and prospects.— Oxford University press, 1978.— P. 1—13.
- Clement P., Gadbois P. Comparison et interprétation des résultats de deux parcelles expérimentales d'érosion 1969—70 (Sherbrooke, Quebec) // Res. Meth. Pleist. Geom.— Guelph.— 1972.— P. 266—274.
- Kirkby A., Kirkby M. Surface wash at the semi-arid break in slope // Z. Geomorf.— 1974.— Vol. 21.— P. 151—176.
- Games C. Price. Evolution of meander loops // Geol. soc. Am. Bul.— 1974.— Vol. 85, N 4.— P. 581—586.
- Knighton A. David. Variation in width-dip charge relation and some implications for hydraulic geometry // Geol. soc. Am. Bul.— 1974.— Vol. 85, N 6.— P. 1065—1070.
- Omura H., Toruka T., Tuzuki K. Предварительное исследование прогнозной оценки площади, подверженной оползням при вероятных сильных землетрясениях // Синсабо.— 1980.— № 4.— P. 9—17.
- Zoray Y. Tectonic control of morphology on the Canadian interior plain // Доклады к XXII МГК в Канаде.— 1972.— Т. 1.
- Scheidegger A. E. The geotectonic stress field and crustal movements // Tectonophysics.— 1981.— Vol. 71, N 1-4.— P. 217.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ( <i>О. В. Кашменская</i> ) . . . . .	3
<b>Глава I. Понятие «современный рельеф» . . . . .</b>	<b>5</b>
Понятия «современность» и «древность» в геоморфологии ( <i>Ю. Г. Симонов</i> ) . . . . .	—
Современный рельеф — основные понятия и классификация ( <i>Ю. И. Лоскутова, В. Ф. Филатов</i> ) . . . . .	9
Что такое современный рельеф? ( <i>И. В. Антощенко-Оленев</i> ) . . . . .	15
<b>Глава II. Системно-формационный подход в геоморфологии . . . . .</b>	<b>16</b>
Системный подход и его значение в геоморфологической теории ( <i>О. В. Кашменская, Э. М. Хворостова</i> ) . . . . .	—
Системно-формационный подход к классификации рельефа Земли ( <i>В. А. Николаев</i> ) . . . . .	22
Исследование особенностей современного морфогенеза ( <i>О. В. Кашменская</i> ) . . . . .	32
<b>Глава III. Геоморфологическое картографирование при исследовании рельефа . . . . .</b>	<b>40</b>
Геоморфологическое картографирование как средство изучения рельефа (к постановке вопроса) ( <i>Э. М. Хворостова</i> ) . . . . .	—
Принципы составления палеогеоморфологических и структурно-геоморфологических карт ( <i>И. П. Костенко</i> ) . . . . .	51
О принципиальных направлениях в геоморфологическом картировании ( <i>И. В. Антощенко-Оленев</i> ) . . . . .	68
<b>Глава IV. Информационное значение дистанционной съемки в геоморфологии . . . . .</b>	<b>75</b>
Возможности получения геоморфологической информации по аэрокосмическим снимкам ( <i>И. В. Башенина, И. И. Орлова</i> ) . . . . .	—
Использование материалов аэрофотосъемок и космических снимков для изучения современного рельефа ( <i>И. В. Антощенко-Оленев</i> ) . . . . .	87
Индикационные особенности гидросети и следы экзогенных процессов по аэрофото- и космическим снимкам ( <i>Л. С. Миляева</i> ) . . . . .	94
<b>Глава V. Палеогеоморфологические исследования . . . . .</b>	<b>99</b>
Палеогеоморфология и современный рельеф. Основные представления ( <i>В. В. Вдовин</i> ) . . . . .	—
Роль палеогеоморфологических исследований в познании современного рельефа ( <i>Г. С. Ананьев</i> ) . . . . .	104
<b>Глава VI. Изучение тектоники . . . . .</b>	<b>112</b>
Тектоника как фактор разрушения рельефа ( <i>И. В. Башенина</i> ) . . . . .	—
<b>Глава VII. Стационарные и экспериментальные исследования . . . . .</b>	<b>118</b>
Некоторые направления экспериментальных исследований в познании современного рельефа ( <i>И. В. Хмелева, Л. Г. Ивочкина</i> ) . . . . .	—
Стационарные методы изучения современных экзогенных процессов ( <i>Г. С. Ананьев</i> ) . . . . .	123
<b>Глава VIII. Некоторые аспекты прикладного значения . . . . .</b>	<b>130</b>
Рельеф и мелiorация сельскохозяйственной зоны Сибири ( <i>В. А. Николаев</i> ) . . . . .	—
Геоморфологические исследования при геологическом картировании ( <i>И. В. Антощенко-Оленев</i> ) . . . . .	142
Список литературы . . . . .	147

Научное издание

**Кашменская Ольга Вадимовна**  
**Николаев Владимир Александрович**  
**Хворостова Зоя Михайловна и др.**

**СОВРЕМЕННЫЙ  
РЕЛЬЕФ.**

**Понятие,  
цели  
и методы  
изучения**

Редактор издательства *А. М. Самсоненко*  
Художественный редактор *М. Ф. Глазырина*  
Художник *Л. Л. Мордохович*  
Технический редактор *Т. Н. Драгун*  
Корректоры *Н. В. Шпицынна, О. Н. Шабалина*

---

ИБ № 34357

Сдано в набор 22.02.88. Подписано к печати 20.12.88. МН-01106. Формат 70×108<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Бумага типографская № 2. Обыкновенная гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л.  
14. Усл. кр.-отт. 14,4. Уч.-изд. л. 15,2. Тираж 1000 экз. Заказ № 62. Цена 3 руб.

---

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука», Сибирское отделение,  
630099 Новосибирск, ул. Советская, 18.  
4-я типография издательства «Наука», 630077 Новосибирск, ул. Станиславского, 25.

**В СИБИРСКОМ ОТДЕЛЕНИИ  
ИЗДАТЕЛЬСТВА «НАУКА»**

**в 1989 г. готовятся к выпуску:**

**Геология и рудопосность Восточного Саяна/**  
И. Л. Добрецов, В. Г. Беличенко, Р. Г. Боос и др. — 20 л.

В монографии, представляющей собой продолжение книги «Геология и метаморфизм Восточного Саяна», изложены новые данные по интрузивному магматизму, глубинному строению, неотектонике, базальтоидному вулканизму и глубинным ксенолитами в них, рассматриваются проблемы редкометалльного оруденения и некоторых нерудных полезных ископаемых. Предполагается выявление новых уровней фосфатности в карбонатно-осадочных толщах Восточного Саяна.

Для петрологов и геологов-поисковиков.

**Геохимические критерии прогнозной оценки оруденения.—**  
20 л.

В сборнике приводятся новейшие данные по разработке геохимических критериев локального прогноза золоторудных редкометалльных и других рудноформационных типов месторождений. Уделено внимание прогнозированию оруденения на глубину и по гипергенным аномалиям. Приведены примеры рудных узлов полей и месторождений СССР и Монголии. Описаны способы обработки и интерпретации геохимических данных.

Для геохимиков, металлогенистов и геологов-поисковиков.

**Ёашик С. А.** Формирование минеральной зональности в корях выветривания. — 15 л.

В монографии разработаны положения нового перспективного направления в учении о гипергенезе — физико-химические основы теории образования кор выветривания. Выводы работы базируются на обогащении, систематизации и анализе мировой сводки по минералогии и строению профилей выветривания, теоретическом моделировании природных процессов на ЭВМ и сопоставлении имитационных моделей с реальными разрезами кор выветривания.

Для геохимиков, петрологов.

**Золотухин В. В.** Многообразие трапнов и исходные магмы. — 20 л.

В монографии рассматриваются многоплановые аспекты природы и состава материнских магм, исходных для всего многообразия пермотриассовых трапнов и сопутствующих им пород. Используются новые химические, петрохимические и геохимические сведения, а также материал по составу породообразующих минералов из ряда разнотипных базитовых дифференцированных интрузий различной магнезиальности, вплоть до пикритовых. Анализируются закономерности эволюции состава эффузивных и интрузивных пород.

Для петрографов и петрологов.

## ВНИМАНИЮ ЗАКАЗЧИКОВ!

Для получения книг почтой заказы просим направлять по адресу: 117192 Москва, Мичуринский проспект, 12, магазин «Книга — почтой» Центральной конторы «Академкнига»; 197345 Ленинград, Петро-заводская ул., 7, магазин «Книга — почтой» Северо-Западной конторы «Академкнига» или в ближайший магазин «Академкнига», имеющий отдел «Книга — почтой».

- 480091 Алма-Ата, ул. Фурманова, 91/97 («Книга — почтой»);
- 370001 Баку, ул. Коммунистическая, 51 («Книга — почтой»);
- 232600 Вильнюс, ул. Университето, 4;
- 690088 Владивосток, Океанский проспект, 140 («Книга — почтой»);
- 320093 Днепропетровск, проспект Гагарина, 24 («Книга — почтой»);
- 734001 Душанбе, проспект Ленина, 95 («Книга — почтой»);
- 375002 Ереван, ул. Туманяна, 31;
- 664033 Иркутск, ул. Лермонтова, 239 («Книга — почтой»);
- 420043 Казань, ул. Достоевского, 53 («Книга — почтой»);
- 252030 Киев, ул. Ленина, 42;
- 252142 Киев, проспект Вернадского, 79;
- 252030 Киев, ул. Пирогова, 2;
- 252030 Киев, ул. Пирогова, 4 («Книга — почтой»);
- 277012 Кишинев, проспект Ленина, 148 («Книга — почтой»);
- 343900 Краматорск Донецкой обл., ул. Марата, 1 («Книга — почтой»);
- 660049 Красноярск, проспект Мира, 84;
- 443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2 («Книга — почтой»);
- 191104 Ленинград, Литейный проспект, 57;
- 199164 Ленинград, Таможенный пер., 2;
- 196034 Ленинград, В/О, 9 линия, 16;
- 194064 Ленинград, Тихорецкий проспект, 4;
- 220012 Минск, Ленинский проспект, 72 («Книга — почтой»);
- 103009 Москва, ул. Горькова, 19а;
- 117312 Москва, ул. Вавилова, 55/7;
- 630076 Новосибирск, Красный проспект, 51;
- 630090 Новосибирск, Морской проспект, 22 («Книга — почтой»);
- 142284 Протвино, Московской обл., ул. Победы, 8;
- 142292 Пущино Московской обл., МР, «В», 1 («Книга — почтой»);
- 620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137 («Книга — почтой»);
- 700000 Ташкент, ул. Ю. Фучика, 1;
- 700029 Ташкент, ул. Ленина, 73;
- 700070 Ташкент, ул. Шота Руставели, 43;
- 700185 Ташкент, ул. Дружбы народов, 6 («Книга — почтой»);
- 634050 Томск, наб. реки Ушайки, 18;
- 634050 Томск, Академический проспект, 5;
- 450059 Уфа, ул. Р. Зорге, 10 («Книга — почтой»);
- 450025 Уфа, ул. Коммунистическая, 49;
- 720000 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42 («Книга — почтой»);
- 310078 Харьков, ул. Чернышевского, 87 («Книга — почтой»).