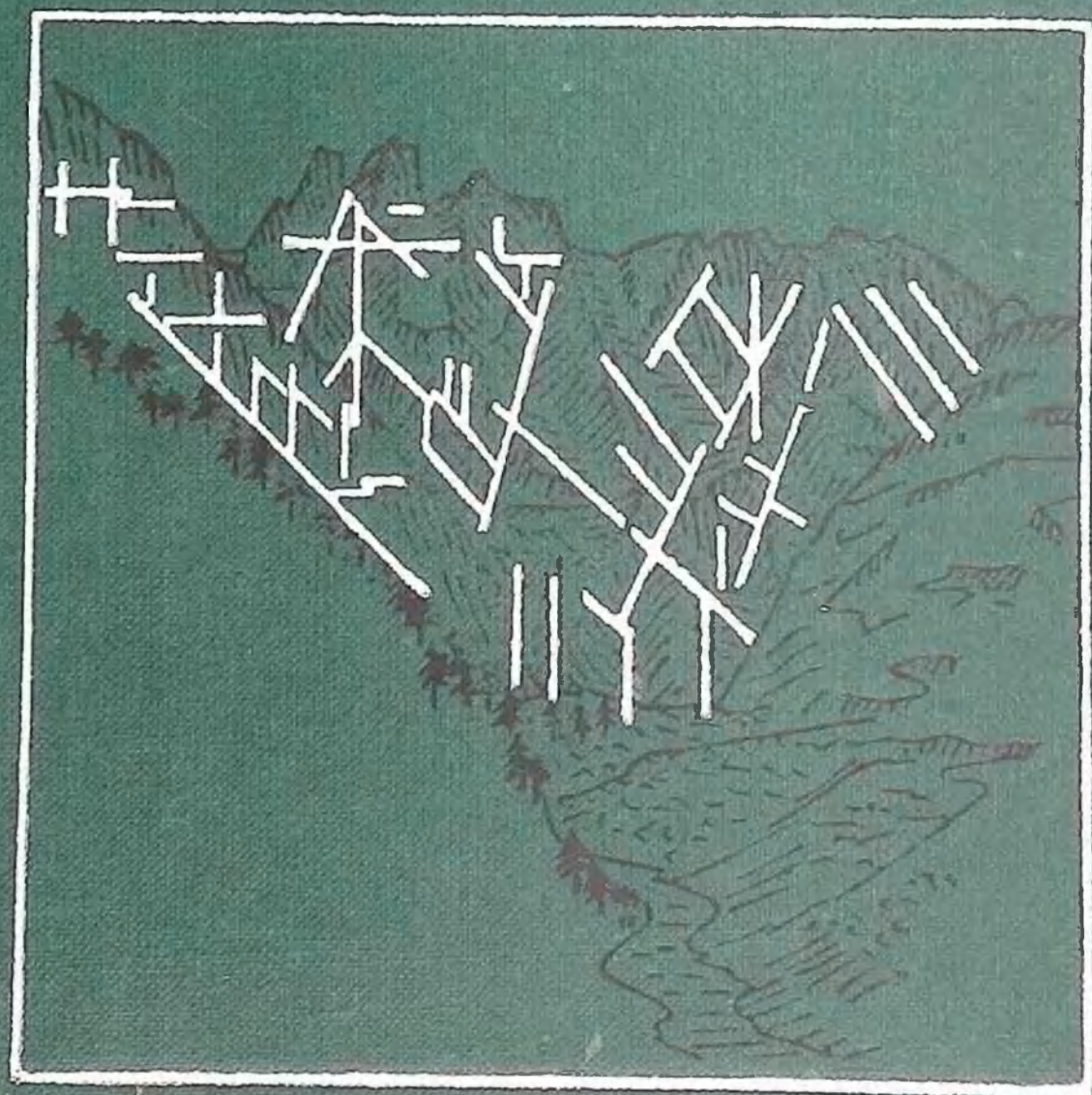


ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ



551.0
Г36

Башенина Н. В., Пиотровский М. В., Симонов Ю. Г.;
Леонтьев О. К., Тальская Н. Н., Рубина Е. А., Аристархова Л. Б.;
Орлова Н. И., Игонина С. А.

Рецензенты:
кафедра геоморфологии Ереванского университета (зав. кафедрой проф.
С. П. Бальян)
и доктор геолого-минералогических наук С. А. Стрелков

**Геоморфологическое картирование. Учеб. пособие для сту-
Г 36 дентов географов и геологов. М., «Высшая школа», 1977.**

375 с. с ил. Библиограф.: с. 369—371.

На об. тит. авт.: Башенина Н. В., Пиотровский М. В., Симонов Ю. Г.
и др.

В книге рассматриваются основные проблемы геоморфологического картирования, методика морфоструктурного анализа и составления карт, легенды карт разных масштабов и образцы карт.

Кроме студентов географов и геологов книга может быть полезна и для специалистов геоморфологов, географов, геологов, особенно геологов-съемщиков.

Г. $\frac{20801-494}{001(01)-77}$ 73—77

551.0

© Издательство «Высшая школа», 1977.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Геоморфологическое картирование в настоящее время бурно развивается. Количество стран, в которых оно проводится, в последние годы увеличилось более чем вдвое. Большой вклад в развитие геоморфологического картирования внесла деятельность Комиссии геоморфологической съемки и картирования при Международном Географическом Союзе, объединившая ученых разных континентов.

В СССР разрабатывается новое и весьма перспективное направление в геоморфологическом картировании — морфоструктурное (или структурно-геоморфологическое). В практику геоморфологических исследований разных масштабов введен так называемый морфоструктурный анализ, который осуществляется разными приемами. Различие методики морфоструктурного анализа обусловлено разнообразием рельефа и неодинаковыми задачами геоморфологической съемки.

В предлагаемой книге рассматриваются основные проблемы геоморфологического картирования, основные приемы морфоструктурного анализа и составления карт, легенды и образцы карт разных масштабов.

Многообразие методики и принципов составления геоморфологических карт и интенсивное развитие геоморфологического картирования в целом обусловили большое разнообразие легенд и карт, раздвигающее наши представления об изображении рельефа на картах, но не снимающее задачу унификации геоморфологического картирования в той мере, в какой это вообще в настоящее время возможно. Многообразие способов решения этой большой и важной проблемы не позволяет осветить их все достаточно подробно, но это и не необходимо в учебном пособии. Поэтому анализ проблем разномасштабного геоморфологического картирования в пособии несколько сужен, а для съемочных масштабов он ограничен преимущественно результатами дальнейшего развития положений легенды Московского университета (Башенина, Леонтьев, Пиотровский, Симонов, 1962) и международной (Климашевский, Башенина, Геллерт, Жоли, Шольц, 1968).

Авторы полагают, что следует различать понятия «картирование» и «картографирование». Первое представляет полевую работу над геоморфологическими картами съемочных масштабов и

последующее составление окончательных оригиналов карт. Второе заключается в камеральном составлении карт мелких и обзорных масштабов.

Большая часть учебного пособия написана Н. В. Башениной, ею же разработаны и главные принципы, определившие направление книги и ее основные положения, а также проведена общая научная редакция глав, написанных другими авторами.

М. В. Пиотровским написана основная — XV глава в четвертой части пособия «Геоморфологическое картирование при поисках полезных ископаемых», совместно с Н. В. Башениной написаны глава IX и раздел «Об основных задачах полевого морфоструктурного анализа для крупно- и среднемасштабного картирования» в главе XII. М. В. Пиотровский является соавтором легенды для карт съемочных масштабов.

Ю. Г. Симонов — автор главы XIV «Применение математических методов в геоморфологическом картировании» в третьей части книги и глав XVI и XX в четвертой.

О. К. Леонтьевым совместно с Н. В. Башениной написан раздел в главе V второй части «Классификация морфоструктур для целей обзорного картографирования»; этими же авторами составлена таблица классификации планетарных морфоструктур. О. К. Леонтьевым совместно с В. П. Мусатовым написана глава XIX в четвертой части. В этой же части глава XVII написана Л. Б. Аристарховой, а глава XVIII — Н. И. Орловой.

Н. Н. Тальской разработаны значки в легенде для карт съемочных масштабов и дополнен раздел вулканических форм. Е. А. Рубина предложила удачную форму построения легенды — расположение значковых и фоновых изображений, позволившую заложить в основу легенды генерализацию. Все это дало возможность создать одну легенду карт для всех съемочных масштабов.

С. А. Игониной совместно с Ю. В. Юнаковской написан седьмой раздел в главе XIV — «О применении ЭВМ для статистической обработки карт рельефа».

Большая техническая работа по исправлению разделов легенды проведена А. В. Мирновой. В. К. Бронникова, М. Г. Михайловская принимали участие в разработке значков.

Пособие состоит из трех частей. В первой части дается краткий обзор геоморфологического картирования в СССР и за рубежом. Во второй части приводятся систематика и классификация элементов рельефа разного порядка как основа для легенд геоморфологических карт обзорных, мелких, средних и крупных масштабов; предлагаются легенды для карт этих масштабов (от 1 : 50 000 до 1 : 100 000 000), детально обосновывается легенда для карт съемочных масштабов. Все это рассматривается на примерах приведенных в книге геоморфологических карт разных масштабов.

В третьей части излагается методика геоморфологического картирования в съемочных масштабах, предполевого морфоструктурного анализа и полевого картирования, применение математических методов в геоморфологическом картировании. Большое вни-

мание уделено изучению космических снимков и дешифрированию аэрофотоснимков.

В четвертой части исследуются специальные геоморфологические карты, которые составляются с целью поисков полезных ископаемых, а также инженерно-геологической оценки территории.

Учебное пособие по кругу вопросов может служить для нескольких курсов и отдельных разделов крупных курсов географических и геологических факультетов: геоморфологическое картирование, методика структурно-геоморфологического (морфоструктурного) анализа, математические методы в геоморфологии, геоморфологическое картирование при поисках полезных ископаемых, геоморфологическое картирование за рубежом и др.

В заключение мы выражаем глубокую благодарность рецензентам книги — доктору географических наук С. А. Стрелкову и сотрудникам кафедры геоморфологии Ереванского университета, заведующему кафедрой проф. С. П. Бальяну за ценные замечания и пожелания, а также сотрудникам лаборатории геоморфологического картирования кафедры геоморфологии географического факультета МГУ В. К. Брошниковой, М. Г. Михайловской, А. В. Мирновой за большую помощь в подготовке рукописи к изданию.

ВВЕДЕНИЕ

Разнообразие принципов разномасштабного геоморфологического картирования обусловлено многими причинами. Одной из них бесспорно является недостаточная разработка геоморфологической классификации. Поскольку геоморфология изучает рельеф во всем сложном многообразии непрерывно изменяющихся его элементов, их систематика и классификация представляют одну из важнейших задач. Геоморфологическая систематика — это классификация элементов рельефа, основанная на их генетическом и масштабном (размерном) соподчинении, т. е. таксономии. Систематика представляет необходимый раздел всякой естественной науки, так как дает синтез всех сведений об объектах изучения, подводит итог теоретическим основам науки.

Основной результат регионального геоморфологического исследования представляет геоморфологическая карта. Легенды карт разных масштабов строятся на основе генетической классификации объектов изучения для каждой ступени систематического ряда. По такому пути идет составление, например, разномасштабных геоботанических карт. Систематика и классификация, следовательно, выражающие существо той или иной естественной науки, преимущественно через карту обеспечивают ей выход в практику (Башенина, 1967, 1976).

Несомненное отставание геоморфологии в этом важном вопросе может быть объяснено новыми путями ее развития за последние годы и быстрым накоплением фактического материала, опережающим теорию. Это объективная причина. Другая заключается в различии взглядов на ряд основных проблем теории геоморфологии, т. е. причина субъективная.

Учитывая и объективные и субъективные причины отсутствия единой классификации элементов рельефа, вряд ли следует отвергать возможность разработки нескольких классификаций по разным принципам.

В книге предложена (хотя и не в качестве единственно возможной) классификация морфоструктур, а также классификация элементов рельефа экзогенного происхождения и на основе этих классификаций — легенды для карт групп близких масштабов. Это наиболее верный путь для создания единой системы легенд геоморфологических карт разных масштабов.

В 1975 и 1976 гг. в МГУ вышли два сборника работ по геоморфологическому картированию.

Задачей первого сборника было подвести итоги пяти лет работы по столь важной теме трех факультетов (географического, геологического и почвенного) и отразить современное состояние картирования в съемочных масштабах в одном из крупнейших геоморфологических коллективов страны.

Второй сборник имел целью осветить разные пути мелкомасштабного картирования как в СССР, так и за рубежом. Сравнение обоих сборников дает представление о том, что разные приемы и пути картирования дают и разное освещение рельефа одной и той же территории. Иными словами, разные легенды и методики приводят к неодинаковому пониманию рельефа, особенно, если исследование ведется без анализа аэрокосмических снимков.

Еще большим окажется разнообразие методик и принципов, если сравнить легенды ведомств, ведущих геоморфологическую съемку, и тем более, если сопоставить с ними легенды и карты зарубежных стран.

Одной из причин большой пестроты геоморфологических карт и легенд к ним является совершенствование методики геоморфологической съемки.

Другая причина заключается в некотором качественном изменении содержания геоморфологии как науки, которое обусловило иные требования к геоморфологическим картам. В самых общих чертах это изменение заключается в том, что положение о рельефе как результате взаимодействия эндогенных и экзогенных факторов, известное еще в прошлом столетии, лишь в последние годы нашло отражение и в геоморфологии, и, соответственно, в геоморфологическом картировании. Огромные достижения геофизики и геотектоники, а также изучение аэрофотоснимков и космических снимков выявили четкую связь крупных и малых черт рельефа Земли с тектоникой и прежде всего с глубинными разломами и разрывными нарушениями. Это также способствовало внедрению в практику геоморфологического картирования морфоструктурного анализа, основанного на выявлении зависимости элементов рельефа разного порядка от тектоники. Постепенно эндогенная генетическая составляющая начала занимать все более заметное место в толковании происхождения рельефа. Это повлияло на начало широкого фронта поисков новых путей в геоморфологическом картировании и привело к составлению геоморфологических карт иного типа.

Разнообразие принципов и способов составления геоморфологических карт не является типичным лишь для современного этапа геоморфологического картирования. Поиски рациональной методики много лет велись разными коллективами: Московским университетом (МГУ), Институтом географии АН СССР (ИГАН), Центральным научно-исследовательским геологоразведочным институтом (ЦНИГРИ), Всесоюзным научно-исследовательским геолого-разведочным институтом (ВНИГРИ); Всесоюзным аэрогео-

логическим трестом (ВАГТ), Всесоюзным геологическим институтом (ВСЕГЕИ), территориальными геологическими управлениями. В настоящее время в целом карты стали богаче по содержанию. Информация, которую можно получить с современных геоморфологических карт, значительно полнее и глубже, чем та, которую давали карты 10—15 лет назад. Однако несмотря на общее совершенствование методики составления карт и их качества, разнообразие принципов легенд и типов карт стало больше, так как современные задачи, стоящие перед геоморфологическим картированием, шире и многообразнее. Вряд ли можно в настоящее время предложить легенду (например, для карт съемочных масштабов), которую все бы могли принять. Различие задач, масштабов и рельефа территории в какой-то мере определяет и различие принципов картирования и представляет некоторое препятствие для полной унификации. Поэтому вновь, хотя и на качественно иной основе, встает задача унификации если не легенд, то принципов разномасштабного геоморфологического картирования. Возможно, что для масштабов съемочных унификация легенд должна пойти как по пути создания региональных легенд, так и легенд, различающихся в зависимости от цели съемки.

В этой книге предложена легенда, разработанная для карт масштабов от 1 : 50 000 до 1 : 1 000 000 в лаборатории геоморфологического картографирования географического факультета МГУ. Она — одна из первых, достаточно полных легенд для геоморфологических карт морфоструктурного направления, хотя авторы и не считают возможным рекомендовать ее в качестве единственной. Они также не претендуют на то, что предложенные ими легенды для геоморфологических карт мелких масштабов являются унифицированными, поскольку и классификация морфоструктур, вероятно, может быть составлена на основе иных принципов. Предлагается один из возможных путей решения сложнейшей проблемы. Как показывает опыт изучения космических снимков на разные территории, объективные критерии для классификации морфоструктур разного порядка и выявления их границ должно (наряду с геофизическим изучением связи морфоструктур с глубиной их заложения) дать дешифрирование космических снимков. Анализ космических снимков станет основным приемом составления обзорных и мелкомасштабных карт, карт структурных форм, ландшафтных и других тематических карт, инженерно-геологических, прогнозно-поисковых и прочих специальных карт, опирающихся на геоморфологические. Закономерности, выявленные анализом снимков, вскрывающие характер морфоструктурной, геоморфологической и географической позиции тех или иных выделов на широком и в дальнейшем — планетарном их фоне, помогут составлению средне- и крупномасштабных карт. Рельеф на картах, составленных с использованием аэрокосмической информации и без нее, отражается по-разному. Концепция развития рельефа Карпат и Урала и роль блоковой тектоники, изложенная Н. В. Башениной (1976), в пособии положена в основу составления карт 2, 5, 6 и 7.

Ч А С Т Ь П Е Р В А Я

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ

Г л а в а I

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ КАРТАХ

Картографический метод к настоящему времени занял необходимое место во всех естественных науках, в том числе и в геоморфологии. Геоморфологическое картирование и картографирование в настоящее время представляют учение о геоморфологических картах, принципах и методике их составления и практическом использовании. Оно превратилось в важнейшую часть геоморфологии, имеющую огромное значение для теории и практики.

Прежде чем перейти к определению геоморфологической карты, изложению принципов и приемов их составления, остановимся на основных положениях геоморфологии, с позиций которых далее рассматривается и в какой-то мере решается проблема геоморфологического картирования.

Предмет и методы геоморфологии

Геоморфология — наука о рельефе. Она изучает рельеф и образующиеся в ходе его формирования коррелятивные ему отложения, рассматривая эти объекты как результат воздействия эндогенных и экзогенных факторов на поверхность раздела между внутренними и внешними оболочками Земли.

Рельеф изучается в развитии и во взаимодействии с другими компонентами природной среды. Современный рельеф земной поверхности представляет результат динамики материала земных оболочек, фиксируемый в момент наблюдения.

Геоморфология — наука, в которой смыкаются геология и география как по существу, так и по методам и методике исследования.

Каждой самостоятельной науке присущи свои методы исследования. Всестороннее, комплексное изучение рельефа земной поверхности во всем многообразии развивающихся элементов рельефа, а также коррелятивных отложений в их связи с геологической и географической обстановкой в целом — основная задача геоморфо-

логии и существо геоморфологического метода исследования природы.

Метод познания — единый, общий для всех наук — метод диалектический. Однако каждой самостоятельной науке присущи и свои методы. Методы отдельных наук представляют конкретные формы диалектического метода познания тех или иных материальных объектов, представляющих предмет данной науки. Методы познания любого материального объекта заключаются в изучении этого объекта в движении, развитии, во всех его природных взаимосвязях.

Всестороннее познание рельефа складывается из ряда частных методов, «набор» которых не случаен, а обусловлен существом науки и задачами, которые перед ней стоят (Башенина, 1967). Чтобы изучить рельеф во всех его природных взаимосвязях, необходимо, независимо от масштаба исследований, осветить следующее.

1. Выявить облик рельефа территории, его форм (и их частей — элементов) как положительных, так и отрицательных, их размеры, распределение в пространстве; особенности вертикального и горизонтального расчленения (т. е. дать морфологические и морфометрические характеристики).

2. Изучить отложения — продукты разрушения рельефа, образующиеся в процессе его формирования (коррелятивные отложения), установить их генетические типы, фации и связи с ними элементов рельефа.

3. Изучить соотношения форм рельефа с геологическим строением, глубинными разломами и разрывными нарушениями, структурными формами, современными и древними, составом горных пород.

4. Выявить новейшие тектонические движения, их типы, интенсивность, направленность и связь с ними элементов рельефа.

5. Изучить географическую обстановку, в которой проявляется деятельность рельефообразующих экзогенных факторов, и определить их значение в рельефообразовании.

6. Исследовать динамику современных (особенно катастрофических) эндогенных и экзогенных процессов и те изменения, которые они производят в рельефе.

7. Выяснить последовательность развития рельефа и коррелятивных отложений во времени.

Каждая из поставленных задач вытекает из содержания геоморфологии и изучается определенным частным методом геоморфологии.

Морфологический метод. Сущность морфологического метода заключается в выявлении внешних признаков различных элементов рельефа, по которым можно определить и его происхождение. Для этого необходимо установить качественные и количественные (размерные) характеристики элементов рельефа, их пространственные соотношения, выявить ступени рельефа, сложные и простые, положительные и отрицательные формы рельефа, а также части форм (гребни, склоны, уступы и др.), их разную морфологию и морфометрию (высоты относительные и абсолютные, крутизну

склонов, глубину, ширину и форму долин и впадин), установить взаимосвязи элементов рельефа для всей территории и характер их сочетаний. Такое изучение элементов рельефа производится различными приемами непосредственно в поле и в камеральных условиях анализом топографических карт, дешифрированием аэрофотоснимков, снимков с орбитальных станций и др.

Морфофациальный метод. При воздействии эндогенных и экзогенных процессов на земную поверхность рельеф непрерывно меняется, создаются различные новые элементы рельефа, разрушаются прежние, в процессе разрушения возникают разнообразные генетические комплексы коррелятивных отложений и аккумулятивные формы рельефа. Изучение соотношений между денудационным рельефом, отложениями, аккумулятивным рельефом, а также детальное и всестороннее изучение самих отложений составляют содержание «морфофациального» метода. Сущность его — в исследовании связей между ними и рельефом, которые устанавливаются анализом вещественного состава отложений, их переноса, вторичных изменений, расположения их генетических типов в зависимости от элементов рельефа; исследованием самих аккумулятивных форм, фациальных условий, стратиграфических соотношений и др. Изучение денудационного и аккумулятивного рельефа и рыхлых отложений в их взаимосвязи — один из важнейших способов изучения возраста рельефа, направления и темпа его формирования.

Морфоструктурный метод. Изучение соотношений между рельефом и геологическим строением, главным образом структурными формами, составляет сущность морфоструктурного метода. Почти всегда крупные элементы рельефа (горные хребты, равнины различного происхождения, межгорные котловины и т. д.) представляют структурные формы, выраженные в рельефе. Во многих горных странах распределение элементов рельефа находится в столь прямой зависимости от тектоники, и прежде всего блоково-разрывной, нередко древней и унаследованной, что его невозможно рассматривать вне общего плана тектонического строения (Алтай, Урал, Карпаты, Северо-Восток СССР, Кавказ, Алданский и Балтийский щиты и др.). Иногда выражению связи рельефа с геологическим строением способствует распределение горных пород в структурных формах. Даже формы рельефа и микрорельефа нередко обусловлены типом структуры и составом горных пород.

Морфонеотектонический метод¹. Тектонические движения по-разному проявляются в рельефе земной поверхности. Иногда, следуя направлению формирования древних структурных форм, они обуславливают унаследованность самых крупных черт рельефа и сохранение их в течение длительного времени (западная половина Прикаспийской синеклизы, большая часть Большеземельской и др.). Иногда знак последующих тектонических движений не

¹ Или морфотектонический, учитывая некоторую условность выделения неотектонического этапа как самостоятельного.

совпадает с древними и образуются инверсионные синеклизы, представляющие равнины и плато (часть плато Колорадо, Центральная Бразилия и др.). Нередко новейшие тектонические движения в областях молодого горообразования достигают большой интенсивности. Это приводит к коренному изменению прежнего рельефа отдельных регионов земной поверхности. При изучении связи рельефа с молодыми тектоническими движениями следует исходить из всей геологической истории той или иной территории, из соотношения молодых движений с древними, из типа, знака и интенсивности молодых и древних движений.

Новейшие тектонические движения, начинающиеся в разное время для разных территорий, могут внести существенные изменения в строение рельефа. Создавая неоструктурные формы, выраженные в рельефе (морфоструктуры), они меняют уклоны, нарушают пути стока, тем самым нарушая и ранее намеченный путь развития рельефа.

Анализ движений земной коры необходим для выявления происхождения рельефа; он позволяет решать важнейшие вопросы геоморфологии, в частности вопрос о возрасте рельефа, проявлении того или иного экзогенного фактора, направлении и интенсивности его работы. С другой стороны, изучение рельефа и коррелятивных отложений в их взаимосвязи позволяет выявить знак, интенсивность и даже продолжительность неотектонических движений.

Морфогеографический метод. Связь рельефа с процессами, происходящими во внешних оболочках Земли, изучается морфогеографическим методом. Распространение экзогенных процессов на земной поверхности подчинено закону географической зональности, который нарушается и осложняется горным рельефом и его распределением на поверхности Земли. Одни экзогенные процессы присущи только определенным географическим зонам, другие, имеющие всеобщее распространение, проявляются в различных зонах неодинаково. Исследование связи рельефа с географической обстановкой заключается во всестороннем анализе рельефа и современных рельефообразующих процессов и других компонентов ландшафта и их изменений за период формирования современного рельефа. Для такого изучения широко используются разнообразные приемы и данные смежных наук — климатологии, геохимии, геоботаники, почвоведения, биогеографии и др.

Морфодинамический метод. Он заключается в изучении динамики современных (особенно катастрофических) эндогенных и экзогенных процессов и тех изменений, которые они производят в рельефе. Исследуя их, мы можем судить и о тех изменениях в рельефе, которые происходили прежде.

В полевых условиях, на стационарах мы можем анализировать современные процессы в момент их интенсивного проявления: сейсмические процессы, образование сейсмических рвов, вулканов и продуктов вулканических извержений, «живых» трещин, тектонических обвалов, катастрофических паводков, песчаных бурь, обвалов, осыпей, лавин, ливневого стока, воздействие на берег штор-

мовых волн, цунами, селей, оползней, тектонооползней, деятельности человека и др.

Преобразование рельефа, обусловленное катастрофическими процессами, зависит от всей их специфики, определяемой интенсивностью и знаком современных тектонических движений, геологической структурой, литологией, климатом и длительностью формирования рельефа.

Среди стационарных полевых исследований большое значение приобретают те, которые дают возможность получить количественные характеристики процессов за определенные периоды и прогнозировать катастрофические процессы на основании изучения их повторяемости.

Палеогеоморфологический метод. Рельеф любой территории развивается на том месте, где до него формировался какой-то другой. Развитие современного рельефа следует восстанавливать с момента, когда началось преобразование исходного рельефа. Возраст и этапы развития рельефа изучаются палеоморфологическим методом, суть которого заключается в анализе древнего (в том числе и погребенного) исходного рельефа, древних уровней денудации, террас, рельефообразующих процессов прошлого, стадий развития рельефа на фоне изменений всей географической обстановки, коррелятных отложений по этапам (стадиям) развития. Палеоморфологический метод тесно связан с методом морфофациальным. Выявляя коррелятные отложения по этапам развития рельефа и определяя их возраст, условия седиментации и направление развития рельефа, мы получаем данные, позволяющие судить и о геологическом возрасте рельефа, и о ландшафтах прошлого, в условиях которых происходило его формирование. Палеогеоморфологический метод по существу дает синтез всех сведений о рельефе. Некоторые ученые считают, что задача палеогеоморфологии — изучение погребенного рельефа (Герасимов и др., 1971). Вряд ли можно с этим согласиться. Это означало бы, что мы исключаем из понятия «геоморфология» учение о развитии рельефа. Ни один материальный природный объект нельзя изучать без восстановления пути его формирования.

Указанные методы геоморфологического исследования обычно применяются одновременно и тесно переплетаются друг с другом. Изучая формы рельефа, мы одновременно изучаем их связь с геологическим строением, с новейшими движениями. Исследуя соотношения между рельефом и коррелятными рыхлыми отложениями и сами рыхлые отложения, мы анализируем и палеогеографическую обстановку, в которой формировались эти отложения и соответствующие им элементы рельефа, а также возраст отложений и форм. Каждый из этих методов имеет право на известную самостоятельность, так как может решать какую-либо частную задачу. Так, морфодинамическим методом изучаются геоморфологические явления, связанные, например, с «живой» тектоникой и сейсмикой, с образованием лавин, наледей, вспучиванием грунтов, с динамикой береговой зоны моря и др. Это очень важно для оценки

территории под все виды строительства. Часто для технических целей необходимо описание общего характера рельефа (уклоны, высоты, пересеченность, протяженность тех или иных форм). В таком случае исследование проводится методом морфологическим. Каждый частный метод всегда содержит элемент синтеза.

Большое значение, как указывалось, в геоморфологии (как и в любой естественной науке) приобретает картографический метод. При составлении геоморфологических карт он используется для привязки геоморфологических наблюдений к карте путем опознавания объектов или геодезическими измерениями. Метод позволяет устанавливать закономерности в размещении элементов рельефа в пространстве в их взаимосвязи с распространением других компонентов геологического строения и ландшафта и производить морфометрический анализ — измерение площадей, углов наклона, объемов элементов рельефа (Салищев, 1971).

Применение аэрофотоснимков и фотограмметрических измерений по ним, а также изучение снимков с орбитальных станций увеличивают возможности картографического метода.

Приемы геоморфологического исследования

Перечисленные методы определяются содержанием геоморфологии. Следовательно, частные методы геоморфологии объективны; количество их детерминировано. Их совокупность представляет единый метод познания рельефа — *геоморфологический*.

Приемы исследования представляют технику получения фактических данных, а *метод* — процесс осмысливания, процесс анализа и синтеза этих данных. Приемы, совокупность которых образует методику, могут быть общими для ряда специальных естественных наук (изучение аэрофотоматериалов, математические приемы, изучение космических снимков, аналитическое изучение вещественного состава коррелятных отложений, пыльцы и спор и др.), но методы у каждой науки свои.

Приемов и методик существует много. Выбор их определяется задачей исследования и, следовательно, методом. Методы определяют путь исследования, а путь осуществляется совокупностью приемов — методикой. В табл. 1 сделана попытка наметить путь исследования каждым из частных методов геоморфологии.

Геоморфологические карты и их типы

Геоморфологические карты любого масштаба должны отображать реально существующие элементы рельефа, причем именно те, которые позволяет выделить данный масштаб. Элементы рельефа следует показывать на карте по различиям их внешнего облика, генезиса и возраста. Первые два аспекта этой геоморфологической «триады» обязательны для карт всех масштабов. Облик

Методы геоморфологического исследования (составила Н. В. Башенина)¹

№ п/п	Методы исследования	Содержание методов — путь исследования ²
I	Метод изучения форм рельефа — <i>морфологический</i> (включает и морфометрический)	1. Изучение внешнего облика элементов рельефа 2. Изучение размеров элементов рельефа 3. Анализ расположения элементов рельефа в пространстве, взаимосвязи одних форм (и элементов форм) с другими 4. Исследование крутизны склонов 5. Изучение линейных элементов рельефа, установление закономерностей в их размещении 6. Анализ плановых рисунков речной и ложковой сети 7. Изучение типа расчленения (тектонического или эрозионного)
II	Метод изучения соотношений между рельефом и рыхлыми отложениями — <i>морфофациальный</i>	1. Анализ вещественного состава коррелятных отложений: их литологии, механического и минералогического состава и др. всеми известными приемами; установление мощности отложений 2. Геохимическое изучение отложений 3. Изучение остатков флоры и фауны, пыльцы и спор растений; диагностика генезиса и возраста отложений 4. Фациальный анализ коррелятных отложений 5. Изучение коррелятных связей генетических типов рыхлого покрова с элементами рельефа, установление нарушения этой связи 6. Изучение аккумулятивного рельефа как на пути переноса, так и в областях аккумуляции 7. Анализ изменений рыхлых отложений (выветривание и почвообразование), их физических свойств 8. Выявление полезных ископаемых, содержащихся в коррелятных отложениях 9. Выводы о причинах различий литологии, мощностей и генетических типов отложений (тектоника, климат, знак и интенсивность тектонических движений, изменения их во времени и др.) 10. Изменение отложений по пути их переноса, локальные и региональные изменения сноса и типов отложений 11. Выявление закономерностей направления и типа развития рельефа
III	Метод изучения соотношения между рельефом и геологическим строением — <i>морфоструктурный</i>	1. Анализ глубинных разломов и разрывных нарушений по геоморфологическим, геофизическим и геологическим признакам, их направлений, связи с ними элементов рельефа разного порядка 2. Выявление выражения в рельефе структурных форм разных порядков, связи элементов рельефа

¹ По материалам Н. В. Башениной и С. С. Воскресенского.² С непременным анализом аэрокосмических снимков.

№ п/п	Методы исследования	Содержание методов — путь исследования
		со структурными формами (прямые, обращенные и т. д.); выявление морфоструктур разных порядков, элементов морфоструктур разных порядков 3. Изучение соотношения различных элементов рельефа с горными породами и выявление роли литологии в рельефе
IV	Метод изучения связи между рельефом и новейшими движениями (в их тесной взаимосвязи с древним тектогенезом, определившим должный структурный план) — <i>морфонеотектонический</i>	1. Анализ соотношений новейших и современных движений со структурными формами; количественная оценка современных движений 2. Выяснение типов, знаков и скоростей новейших движений в их связи с прежними, их роли в рельефообразовании, связи с глубинными разломами и разрывными нарушениями, инверсионного или унаследованного пути развития морфоструктур 3. Анализ вертикальных перемещений, обусловленных молодой тектоникой, анализ блоковой тектоники и соотношений подвижности разных блоков 4. Анализ преобразования морфоструктур движениями земной коры, их расчленения и деформации (денудационных поверхностей, морских, озерных и речных террас и др.)
V	Метод изучения связи между рельефом и географической средой — <i>морфогеографический</i>	1. Изучение зональных особенностей денудации и аккумуляции 2. Исследование связи почвенного и растительного покрова с рельефом, отложениями, современными экзогенными рельефообразующими процессами (эрозией, склоновыми процессами, развешиванием и т. д.) 3. Анализ связи рельефа с другими компонентами ландшафта 4. Установление соотношений между структурными формами и их моделировкой, а также степени моделировки морфоструктур 5. Установление величины денудационного среза, его количественные оценки
VI	Метод изучения современных экзогенных рельефообразующих процессов — <i>морфодинамический</i>	1. Анализ вновь возникающих форм рельефа — сейсмообвалов, сейсмооползней, свежих трещин, тектонических обвалов и пр. 2. Исследование современных экзогенных процессов — паводков, селей, песчаных бурь, обвалов, осыпей, лавин, ливней, паледей, конжелифлюкции, процессов сноса и накопления и т. д. (в момент их интенсивного проявления) 3. Анализ преобразований рельефа современными процессами и деятельностью человека 4. Возможная оценка и прогноз проявления катастрофических процессов

№ п/п	Методы исследования	Содержание методов — путь исследования
VII	Метод изучения этапов развития рельефа — <i>палеогеоморфологический</i> — важнейший в геоморфологическом анализе, завершающий все методы, основывающийся на комплексе исследований всеми другими методами	1. Восстановление стадий (этапов) развития рельефа, анализ коррелятных отложений на фоне меняющейся тектонической и географической обстановки по этапам развития рельефа и пр. 2. Анализ рельефообразующих процессов прошлого в их сопоставлении с современными — эндогенных и экзогенных 3. Изучение древнего рельефа: а) погребенного рельефа; б) исходного рельефа и древних уровней денудации (при наличии таковых) 4. Установление направленности развития рельефа и коррелятных отложений (унаследованность, обратимость, инверсия, новообразование)

рельефа, его пластика непременно должны быть отражены на карте. Другими словами, карту следует составлять так, чтобы было ясно, какой именно элемент рельефа имеет тот или иной генезис. Понятие генезиса для геоморфологических карт основано на известном положении о происхождении рельефа в результате воздействия на поверхность Земли двух групп факторов — эндогенных и экзогенных. Вряд ли целесообразно ограничиваться отображением разнообразных элементов рельефа только по различиям экзогенного рельефообразования.

Возраст не всегда удастся установить точно, во всяком случае для рельефа денудационного. Аккумулятивный рельеф должен быть изображен на карте по различиям возраста. Это позволяет комплексная методика изучения рельефа с использованием ряда известных лабораторных анализов.

Содержание карт, которое благодаря общему уровню современной геоморфологии может быть весьма информативным, требует наглядных и рациональных способов изображения.

Понятие о геоморфологических картах, их классификация разработаны недостаточно четко, хотя этим занимаются многие исследователи. Наиболее общепризнано подразделение карт по масштабам на несколько групп: 1) карты детальных съемочных масштабов — 1 : 5000—1 : 10 000; 2) карты крупных масштабов — 1 : 25 000—1 : 50 000, реже 1 : 100 000; 3) карты средних съемочных масштабов 1 : 200 000—1 : 1 000 000; 4) карты мелких масштабов — 1 : 1 500 000, 1 : 2 500 000, 1 : 5 000 000; 5) карты обзорных масштабов, к которым относятся карты Мира и материков.

По типам карт наиболее принято в геоморфологии следующее деление: 1) *общие геоморфологические карты*, претендующие на изображение рельефа согласно геоморфологической «триаде» — геоморфологии, генезису, возрасту, с учетом как эндогенных, так и экзогенных факторов рельефообразования; 2) *частные карты*, отра-

жающие рельеф, созданный каким-либо одним рельефообразующим современным экзогенным фактором (поток текущей воды, деятельностью моря в береговой зоне, льда или снега и т. п.); 3) *специальные или специализированные карты*, которые составляются для решения конкретной задачи, поставленной практикой. поисков россыпей разного генезиса и типа, рудных месторождений, купольных структур, перспективных на нефть, газ, соль; для инженерно-геологической или сельскохозяйственной оценки территории и т. д. Как правило, общие геоморфологические карты также дают ответ на вопросы практики, однако этого не всегда достаточно. Специальные задачи требуют и специальной дополнительной нагрузки, при этом нередко за счет сокращения общей. Специальные карты могут быть как общими, так и частными. Примерами специальных частных карт могут быть карты выявления лавинной опасности, селевой и др. (Акифьева и др., 1975).

Общие, частные и специальные геоморфологические карты могут быть *аналитическими и синтетическими* (Спирidonov, 1952). Характер карты определяется ее масштабом (карты мелких и обзорных масштабов чаще могут быть синтетическими), задачей, стоящей перед составителями, выбором направления, концепции, положенной в основу картирования.

Наконец карты разделяются на *вспомогательные и итоговые*. В качестве итоговых для большей полноты освещения рельефа чаще составляются две или несколько карт в одном масштабе: например, аналитическая геоморфологическая и синтетическая карта структурных форм и др. Итоговые карты можно составлять в разных масштабах. Например, аналитическая геоморфологическая карта — крупного или среднего масштаба, на ней показывают элементы рельефа (или морфоструктур), выделенные по генезису, морфологии и возрасту, синтетическая — более мелкомасштабная — карта типов рельефа на морфоструктурной основе, геоморфологических районов и др.

Геоморфологические карты съемочных масштабов являются непосредственным результатом морфоструктурного анализа, проводимого как в предполевой период, так и при полевой съемке, составляются на точной основе по топографическим картам, аэрофотоснимкам и полевым данным. Основными объектами картирования на этих картах являются элементы форм рельефа (или морфоструктур) и малые формы рельефа (Башенина и др., 1962, 1975) как экзогенного, так и эндогенного происхождения.

Обзорные геоморфологические карты мелких масштабов представляют результат крупных научных обобщений и позволяют выявить закономерности происхождения и развития рельефа земной поверхности больших территорий, а карта обзорных масштабов, т. е. карта Мира и континентов, — планетарные закономерности происхождения рельефа Земли в целом. Эти карты имеют огромное научное, практическое и, следовательно, учебное значение.

В результате решения какой-либо частной задачи геоморфологии, особенно прикладной, может быть составлена и частная гео-

морфологическая карта: путей лавин, растущих наледей, карта современной динамики морского берега и др.

Общая геоморфологическая карта составляется лишь в результате изучения рельефа всеми методами, т. е. во всех его природных взаимосвязях. Выделяемые на карте элементы рельефа различаются по генезису и возрасту. Лишь в результате всестороннего анализа рельефа территории намечается картина развития рельефа и коррелятных отложений на фоне меняющейся обстановки (тектонического режима, климата и других ее компонентов). Чтобы правильно наметить картину развития рельефа и отразить ее на геоморфологической карте, необходимо как можно более достоверно определить возраст рельефа.

Возраст рельефа

Под возрастом рельефа территории следует понимать основной период рельефообразования, т. е. тот отрезок времени, в течение которого сформировался рельеф в его современном виде. Возраст отдельных элементов рельефа определяется геологическим временем их формирования.

Существует несколько понятий возраста рельефа.

1. *Абсолютный возраст*. Он выявляется путем точных определений, позволяющих установить, сколько тысяч или миллионов лет назад сформирована та или иная форма рельефа. Методика таких определений возраста недостаточно разработана, так как мало изучено изменение радиоактивных элементов в осадочных образованиях в процессе переноса, выветривания, пересотложения. Более достоверны данные о возрасте коренных пород, слагающих ту или иную форму рельефа, но возраст коренных пород и рельефа редко совпадает, так как рельеф поверхности коренных пород, разрушаясь, непрерывно изменяется.

2. *Геологический возраст рельефа*. Определяется в основном тремя способами (Марков, 1948).

Первый — способ определения возраста по коррелятным отложениям, главным образом по находкам в отложениях фауны, растительных остатков и (менее надежно) пыльцы и спор растений. Если, например, в отложениях какой-либо речной террасы установлена флора миоцена, то соответственно и террасу следует считать миоценовой.

Второй — способ фациальных переходов. Среди рыхлых отложений нередко так называемые «немые» толщи, особенно в горах, не содержащие ни флоры, ни фауны, ни пыльцы. Возраст отложений, а следовательно, и рельефа устанавливается по сходству их с датированными отложениями других районов. Сходство устанавливается по литологическому и механическому составу, степени обработки материала и другим фациальным признакам.

Третий — способ фиксированного рельефа. Фиксированным рельефом К. К. Марков называет такие участки рельефа, которые

сохранили неизменным свой древний облик. Подобные участки рельефа фиксируются или корой выветривания, или другими отложениями, которые предохраняют их от изменений. Зная возраст фиксирующих отложений, можно судить и о возрасте рельефа. Возраст коры выветривания может быть установлен, если в ней сохранились остатки наземной флоры или если она перекрыта осадками, которые тем или иным способом датированы. Этот способ позволяет определить возраст лишь весьма ограниченных выровненных участков рельефа. Изменение тектонических или климатических условий, которое может вызвать усиление сноса, приведет к размыву отложений, а затем к откапыванию и размыву некогда фиксированного ими рельефа.

3. *Морфологический, или относительный, возраст* (понятие введено В. М. Дэвисом в 1899 г.). Определяется по соотношениям одних форм с другими, различиям их облика. Различаются формы юные, молодые, зрелые (разработанные), старые, дряхлые. Понятия «юный» и «зрелый» знаменуют собой этапы, т. е. стадии формирующегося рельефа. Они особенно необходимы в тех случаях, когда невозможно точно определить абсолютный или геологический возраст рельефа. Нередко определение геологического и относительного возраста совпадает. Однако следует учитывать, что точных критериев для определения форм юных, зрелых и старых не существует. Поэтому, говоря о юных или зрелых формах рельефа, нужно исходить из всего комплекса природных условий, в которых формируется изучаемый рельеф.

О геоморфологической съемке

Определение морфологии, генезиса и возраста элементов рельефа для различных территорий позволяет наметить региональные геоморфологические классификации, на основании которых составляются легенды для геоморфологических карт этих территорий. Поскольку элементы рельефа и отложения разных территорий различны по внешнему и внутреннему строению, происхождению, возрасту и истории развития, то чем точнее и объективнее передан рельеф на карте, тем больше ее практическая ценность.

Геоморфологические карты представляют необходимый результат геоморфологических исследований и должны стать квинтэссенцией геоморфологии как науки. Научное значение и качество карт любых масштабов должно определяться уровнем геоморфологических знаний — и не только о территории, для которой составляются карты, но и об основных проблемах теории геоморфологии. Геоморфологическая карта имеет большое практическое значение как основной и наглядный документ геоморфологической характеристики любой территории. Самое хорошее описание рельефа не может заменить карту.

Геоморфологическое картирование в съемочных масштабах может осуществляться и как самостоятельная задача, и в комплексе со съемкой геологической (Башенина и др., 1962).

Вполне обоснованно ставится вопрос о преимуществе групповой, или ускоренной, съемки перед полистной, кондиционность которой еще недавно определялась количеством точек (Еремин и др., 1970). В основу групповой съемки положено обязательное предварительное геологическое и геоморфологическое дешифрирование аэрофотоснимков и снимков из космоса, анализ топокарт главным образом для выявления глубинных разломов и разрывных нарушений, аэровизуальные наблюдения и т. п. Полистная съемка часто проводилась без использования аэрофотоснимков. Весь комплекс исследований при групповой съемке помогает обоснованно выбрать участки для детальных полевых работ, т. е. «ключи». Сочетание рациональной методики предполевых исследований и ключевой съемки даст возможность ускорить полевую съемку и охватить ею значительно большие территории, не удорожая стоимости работ в целом. Благодаря этому, а также указанному комплексу предполевых исследований, групповая съемка позволяет оценивать рельеф каждого небольшого региона с позиций широкого фона, анализировать исследуемый регион как часть целого, вскрывать общие главные закономерности геологического и геоморфологического развития больших территорий. Границы территорий, подлежащих съемке, — природные границы, геоморфологические или геологические. Групповая съемка позволяет не разрезать целостные элементы рельефа или структуры рамкой листа. Прежняя полистная «кондиционная» съемка нередко приводила к затруднениям при сравнении даже смежных листов.

Естественно, что и составление геоморфологических карт — части обязательного комплекса карт при геологической съемке — не могло не измениться. В разных организациях стала разрабатываться методика групповой (ускоренной) геоморфологической съемки, в основу которой легли разнообразные приемы морфоструктурного анализа. Особое значение в связи с этим приобрела задача согласованного картирования. Она заключается в том, что каждая карта комплекса карт, обязательного при геологической и геоморфологической съемке, должна быть согласована со всеми остальными настолько, насколько позволяет различие картографируемого объекта — коренных пород, разных по возрасту и литологическому составу, структурных элементов, элементов рельефа, четвертичных отложений и др. Как показывает изучение аэрофотоснимков и космических снимков, эти природные объекты развиваются нередко в одних и тех же пространственных границах. Такими границами чаще всего являются глубинные разломы и разрывные нарушения.

Групповая комплексная геологическая съемка¹ и анализ космических снимков позволяют установить единство природных границ. Однако решение такой задачи пока еще находится в начале пути.

¹ Групповая съемка предполагает съемку в пределах группы листов.

РАЗВИТИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ В СССР

Картирование в съемочных масштабах

Геоморфологическое картирование в СССР планомерно стало развиваться с начала пятидесятых годов. До этого геоморфологические карты составлялись лишь эпизодически и большей частью не в результате полевой геоморфологической съемки.

В задачу настоящей работы не входит анализ всей истории геоморфологического картирования. Остановимся подробно лишь на работах, сыгравших существенную роль в развитии направлений, по которым шло составление геоморфологических карт. Обзор принципов картирования дан в ряде работ А. И. Спиридонова (1952, 1975), в трудах совещаний по геоморфологическому картированию (1963—1965), Д. В. Борисевичем, геоморфологами Башкирского филиала АН СССР и др.

На необходимость планомерного геоморфологического картирования в СССР впервые было указано в 1929 г. К. К. Марковым, который сформулировал основные принципы составления геоморфологических карт. По мнению К. К. Маркова, карты должны отражать облик форм рельефа, их происхождение и возраст. Указанные принципы были положены им в основу геоморфологической карты северо-западной части Ленинградской области. В последующих работах К. К. Марков развил эти положения. В 1940 г. он изложил основные принципы методики составления геоморфологических карт, которые в известной мере определили историко-морфогенетическое направление в картировании.

В 30-х годах А. А. Борзов неоднократно подчеркивал необходимость включения геоморфологических карт в набор карт, составляющихся при геологической съемке. Под его руководством в поле была составлена геоморфологическая карта Подмосковья. В основу легенды карты положены историко-морфогенетические принципы. По предложению А. А. Борзова, на карте цветным фоном изображены типы рельефа, выделенные на основе генезиса и геоморфологических особенностей, значками показаны отдельные формы рельефа, а штриховкой — относительный возраст типов рельефа и степень их последующей переработки. На карте нашли отражение границы площадей разной интенсивности поверхностного стока в реки, которые имели большое практическое значение для гидрологических изысканий при строительстве канала Москва — Волга.

В 1937 г. З. А. Сваричевская опубликовала первую унифицированную легенду для геоморфологических карт масштабов от 1:50 000 до 1:500 000. Развивая принципы К. К. Маркова, З. А. Сваричевская стремилась отразить в легенде и на составленных ею картах морфографию, генезис и возраст рельефа. Соответственно этому для каждой из трех характеристик рельефа были предложены отдельные способы изображения. Морфографическая характеристика была передана морфографическими типами релье-

фа, показанными черной штриховкой разного рисунка. На штриховку накладывалась цветная фоновая закрашка генетических выделов, которые определялись преимущественно типом экзогенных рельефообразующих процессов (работой рек, озер, моря, ледников, ледниковыми водами, ветром, вулканами, денудацией¹, карстовыми и биогенными процессами). Отдельные формы рельефа были показаны значками.

Считая, что морфографические особенности определяются совокупностью морфологических и генетических черт, З. А. Сваричевская в качестве морфографических типов выделяет почти те же, перечисленные выше, категории. Дополнительно в морфологических типах фигурирует денудационно-тектонический рельеф, озерный и морской объединены в один, вулканический отсутствует. Возраст рельефа дан геологическими индексами.

Если для района геоморфологической съемки отсутствует геологическая карта, то, по мнению автора, в легенде следует указывать литологический состав пород.

Легенда З. А. Сваричевской была первым опытом создания унифицированной системы условных изображений.

В 1947 г. была издана первая цветная карта геоморфологических районов СССР, составленная под руководством К. К. Маркова в масштабе 1 : 10 000 000. Это был первый опыт в СССР картографического изображения больших территорий. В основу карты положены два принципа: морфогенетический и территориальный, или районный. Первый принцип основан на выделении типологических черт рельефа, закономерно сходных (но не тождественных) между собой и повторяющихся в разных территориях. Применение этого принципа позволяет установить закономерности в распределении сходных группировок форм рельефа удаленных друг от друга территорий. Второй принцип позволяет наряду с повторяющимися чертами рельефа показать и то особенное, что присуще именно этому району, а не какому-либо другому, т. е. региональную специфику рельефа. Генетические различия рельефа изображены на карте цветной штриховкой, причем неодинаковая интенсивность цвета штриховок передает гипсометрическое разнообразие рельефа. Генезис рельефа понимается как результат «борьбы двух сил»: эндогенных и экзогенных.

Эта карта сыграла большую положительную роль в формировании отечественного геоморфологического картирования.

Работы А. А. Борзова, К. К. Маркова и З. А. Сваричевской — первая крупная веха в формировании историко-морфогенетического направления в составлении карт разных масштабов.

Большой интерес в свое время вызвала геоморфологическая карта гор Казахстана, опубликованная в 1945 г. Институтом географии АН СССР (Г. А. Авсюк, М. С. Калецкая и др.). Типы рельефа, показанные на карте, выделены авторами по соотноше-

¹ Понимается З. А. Сваричевской в узком значении — только как плоскостной смыл.

нию интенсивности тектонических и экзогенных процессов, тектонические формы — по преобладанию роли в рельефе новейших вертикальных движений или унаследованных черт тектонического развития. Типы рельефа изображены фоновой закрашкой, формы — значками. В легенде дана классификация форм рельефа по ведущему рельефообразующему фактору — экзогенному или эндогенному (структурные формы). Впервые на карте наряду с другими формами экзогенного происхождения показаны склоны. Карта предусматривает показ происхождения рельефа и его морфологии, т. е. отражает *морфогенетическое направление*.

Следует отметить вышедшую в 1946 г. работу И. П. Герасимова, посвященную геоморфологической интерпретации геологического строения СССР. В этой работе показана ведущая роль тектонического фактора для изучения крупных форм рельефа и для составления геоморфологических карт мелких масштабов.

В 1948 г. вышли две цветные геоморфологические карты Урала, обе под редакцией Я. С. Эдельштейна. В основу первой положен так называемый исторический принцип, т. е. авторы считали главным передать возраст рельефа. Различной фоновой закрашкой показаны поверхности выравнивания разного возраста. Отдельные формы, как и на других картах, изображены значками. Так как авторы карты не стремились передать и морфологию, горы на карте исчезли, рельеф на ней воспринимается плоским. Кроме того, лишь немногие исследователи Урала могли согласиться с представлением об Уральской горной стране как о почти концентрически расположенной «лестнице» разновозрастных поверхностей выравнивания. При этом самая древняя из них — верхняя (?) — датировалась палеозоем, хотя именно верхняя «поверхность» там, по данным Н. В. Башенной и И. И. Краснова, самая молодая.

Вторая карта Южного Урала была составлена Н. В. Башенной (1948) на историко-морфогенетическом принципе, но главный способ изображения — фоновая окраска также применялся для показа возрастных различий. Гипсометрия (или пластика) рельефа передана соответствующим подбором тонов раскраски. Карта схематичная, отличается многословной и недостаточно четкой легендой, хотя она и передавала морфологические, возрастные и генетические характеристики и позволяла в общих чертах судить об истории формирования современного рельефа Южного Урала и перестройке речной сети.

К началу 50-х годов в геоморфологическом картографировании остро назрел вопрос о сравнимости геоморфологических карт, особенно крупномасштабных, которые начали чаще составлять в поле и, главным образом, в геологических учреждениях. Это было вызвано усилением роли геоморфологической съемки при поисках разнообразных полезных ископаемых, при изысканиях под разного вида строительства и для инженерно-геологических целей.

В 1950 г. Д. В. Борнсевиц составил вторую «универсальную» легенду, пригодную, по мнению автора, для карт всех масштабов и для любой территории. В основу составления легенды им поло-

жена идея В. Пенка о том, что рельеф представляет собой комбинацию поверхностей и склонов разной крутизны и разного генезиса, которая отражает направление развития рельефа (Пенк, 1924).

Для изображения сочетаний поверхностей и склонов в легенде даны 62 знака. Поскольку в пределах земной поверхности склоны разного генезиса могут сочетаться с генетически неодинаковыми поверхностями в самых разнообразных вариантах, то, комбинируя указанные 62 знака, можно получить несколько тысяч форм рельефа. Д. В. Борисевич в легенде большое место отводит знакам, изображающим поверхности и склоны тектонического и структурного происхождения. Знаки тектонических форм, выраженные в современном рельефе (активных), даны красным цветом, все остальные — черным, т. е. цветовая закрашка в какой-то степени используется для показа возрастных различий рельефа. Генезис отражен разной рисовкой знаков. Небезынтересна попытка автора отразить в рисовке знаков и генезис, и морфологию. Например, для всех уступов и склонов денудационного происхождения предусматриваются знаки, напоминающие уступ; для аккумулятивных форм предложены контурные знаки с теневым утолщением. Формы рельефа, которые по условиям масштаба не могут быть выражены на карте, Д. В. Борисевич предлагает показывать ареалами, в пределах которых они располагаются в шахматном порядке, вне масштаба.

Следовательно, легенда Д. В. Борисевича является историко-морфогенетической, отражающей «триаду» в целом. Она была первой в мире серьезной попыткой дать единую легенду для геоморфологических карт. Однако легенда не была воспринята в качестве «руководства к действию». Причина кроется в том, что она объективно трудна для выполнения в ней карт. Нужно уметь хорошо рисовать, чтобы передать рельеф сложной рисовкой знаков, при которой не там проведенное утолщение исказит передачу генезиса и облика формы. Кроме того, задуманная Д. В. Борисевичем как единая для всех масштабов легенда на самом деле могла быть использована только для карт крупных и средних масштабов, так как передать сочетание поверхностей и склонов в масштабе, например, 1 : 1 500 000 (не говоря уже о более мелком) возможно лишь для очень немногих территорий.

Сама идея отражения на карте рельефа путем комбинаций сочетаний «поверхностей» и склонов, передающих тот или иной характер взаимодействия эндогенных и экзогенных факторов, нуждается в некотором уточнении. Известно, что более 80% земной поверхности занято склонами, что все равнины представляют систему склонов, в различной степени пологих. Другими словами, «поверхности» — также склоны, за исключением участков столовых равнин, плато и равнин аккумулятивных, испытывающих прогибание. Это затрудняет их разделение, так как реальную границу между поверхностями и склонами в рельефе равнин найти иногда невозможно. Во многих высокогорных районах поверхностей нет, а есть крутые склоны и узкие гребневые линии. Изображение на

карте мелких масштабов поверхностей и склонов приводит к упрощенному показу склонов долин и искажению рельефа. Это впервые было отмечено А. И. Спиридоновым (1952). В легенде также не был использован наилучший способ изображения — фоновая закрашка. Позже Д. В. Борисевич предложил фоновой закрашкой изображать возраст рельефа.

Все перечисленные геоморфологические карты и легенды к ним отражали постепенное развитие советской геоморфологии как науки о рельефе, который представляет результат одновременного воздействия на земную поверхность эндогенных и экзогенных факторов. Эти идеи нашли отражение в крупных теоретических работах А. А. Борзова, И. П. Герасимова, К. К. Маркова, Я. С. Эдельштейна. Одновременно формировалось и другое направление в советской геоморфологии. Возможно, что возникновению его способствовали запросы практики, направленные на решение конкретных задач прикладного характера. Наметила отчетливая тенденция рассматривать геоморфологию как науку о «малых формах». Следствием такой тенденции были преувеличение роли экзогенных факторов рельефообразования и недооценка значения факторов тектонических. «Экзогенное направление» сказалось и в геоморфологическом картировании.

В 1952 г. вышло в СССР первое руководство по геоморфологическому картированию, составленное А. И. Спиридоновым. В руководстве дан краткий обзор развития геоморфологического картирования в СССР и за рубежом, приведена классификация геоморфологических карт в зависимости от их содержания, назначения и масштабов, разобраны на конкретных примерах способы изображения на геоморфологических картах и картах геоморфологических районов, предложен проект унифицированной легенды для карт разных масштабов. Отсылая интересующихся к этой полезной работе, остановимся лишь на краткой характеристике проекта легенды и на общей оценке некоторых положений книги с точки зрения современной геоморфологии.

В основу легенды А. И. Спиридонова положено представление о рельефе как о совокупности элементарных поверхностей, которые объединяются в два класса: класс экзогенных форм и класс эндогенных форм. Каждый класс состоит из нескольких генетических групп поверхностей. Экзогенный — из девяти: гравитационная, речная, озерная, морская, ледниковая и мерзлотная, эоловая, карстовая, биогенная. Эндогенный класс включает две группы: вулканическую и тектоническую. В каждую группу входит несколько генетических типов поверхностей, принцип выделения которых не представляется четким. Так, делювиальная группа разделяется на солифлюкционный, оплывной и делювиальный типы; речная — на грязеполюктовый, временных водотоков, речные и ледниково-речные; вулканическая — на вулканическую и грязе-вулканическую (природа тех и других явлений совершенно различна); тектоническая не разделяется вообще. Каждый генетический тип поверхности разделяется на два подтипа — поверхности денудации и аккумуляции.

Поверхности тектонические представлены одним подтипом — поверхностью разрыва, в качестве которой автор приводит «уступы и ступени». Изображение поверхностей на карте предполагается цветом. Подбор цветов не предусматривает передачу облика рельефа. На картах, составленных в этой легенде, горный рельеф не отличается от равнинного. Не предусмотрен и показ возраста рельефа. Таким образом, автор легенды отходит от уже сложившегося представления о том, что на геоморфологических картах необходимо отражать облик рельефа, его происхождение и, по мере возможности, возраст. «Триада» исчезает, остается изображение генезиса элементов рельефа, морфология которых неясна и неконкретна (генезис без рельефа).

В отношении показа тектонических факторов рельефообразования эта легенда до известной степени представляет шаг назад по сравнению с легендой Д. В. Борисевича.

Со времени появления в печати этой легенды в геоморфологическом картировании стало развиваться направление, получившее название генетического. В приведенной легенде в полной мере нашло отражение представление о геоморфологии как о науке «о малых формах», созданных экзогенными процессами.

Легенда А. И. Спиридонова могла найти применение только для геоморфологических карт крупных масштабов. Об этом свидетельствует примерный перечень элементарных поверхностей в легенде: склоны, уступы разного происхождения, поверхности террас, бугры, овраги, моренные холмы и др.

К настоящему времени основное содержание книги А. И. Спиридонова устарело в связи с дальнейшим развитием геоморфологического картирования, успешными поисками новых способов изображения, формированием в связи с этим иных представлений о типах, значении и содержании геоморфологических карт. Вышедшая в 1975 г. новая книга не избежала недостатков книги 1952 года издания.

Однако многие вопросы, рассмотренные в книге, не потеряли своего значения и представляют интерес и в настоящее время. Таково, например, положение о необходимости детальных морфометрических характеристик рельефа, сопровождающихся количественными показателями. Развивая и дополняя взгляды П. И. Кудленка (1935), А. И. Спиридонов подробно останавливается на классификации и приемах составления карт углов наклона, глубины и густоты расчленения, энергии рельефа, подчеркивая их прикладное значение. Как известно, объективные и точные морфометрические показатели дают возможность судить о происхождении элементов рельефа, о генетической связи некоторых из них со структурными формами, о знаке современных и новейших тектонических движений и т. п. Такие данные способствуют выявлению определенного типа полезных ископаемых, обусловленных купольными структурами или разрывной тектоникой. В настоящее время при помощи разнообразных морфометрических приемов создаются интересные карты. Кроме того, как уже указывалось, в книге А. И. Спиридо-

нова большое место уделено классификации геоморфологических карт и обзору способов изображения. Это была первая единая и очень полезная сводка.

Дальнейшему развитию геоморфологического картирования в СССР способствовали включение геоморфологических карт в состав обязательных отчетных документов при государственной геологической съемке и качественное изменение советской геоморфологии. Изменение было связано со становлением обширного комплекса взаимосвязанных геолого-географических наук о Земле. Современная советская геоморфология изучает как крупные черты рельефа Земли, так и обусловленные ими «малые» формы. Рельеф Земли рассматривается как результат динамики ее вещества как во внутренних оболочках планеты, так и на ее поверхности (Башенникова и др., 1962; Башенникова, 1967).

Изучение формирования малых форм в зависимости от развития крупных определило и новые задачи геоморфологического картирования: установление связи между объектами, которые показываются на картах разных масштабов, и, соответственно, между легендами к таким картам. Внедрение геоморфологических карт во многие геологические учреждения остро поставило вопрос о сравнимости геоморфологических карт и об унификации легенд. На повестку дня в результате неоднократного обсуждения большого количества карт разных районов СССР в качестве первостепенных были выдвинуты следующие вопросы:

1. Основное содержание геоморфологических карт.
2. Объекты геоморфологического картирования в разных масштабах, соотношение карт крупных и мелких масштабов.
3. Основные способы изображения.
4. Возможность унификации легенд и, следовательно, сравнения карт одного масштаба для разных территорий и карт разных масштабов для одной и той же территории.

Для решения указанных задач проведена большая работа, но однозначного решения их пока нет.

Недостаточно способствовало решению указанных выше задач как геоморфологическое картирование, входившее в состав комплексной геологической съемки, так и геоморфологическое картирование, проводившееся как самостоятельный вид работы. В этом нашло отражение отсутствие необходимых кадров, а также существование в геоморфологии разных школ. Ряд совещаний по геоморфологическому картированию, проведенных в последние годы Институтом географии АН СССР, Географическим обществом, Геоморфологической комиссией при Отделении наук о Земле и Министерством геологии, показал, что основные направления в геоморфологическом картировании те же. Выявилась и тенденция к сближению многих взглядов.

Несходство некоторых направлений основано иногда на терминологической недоговоренности. Так, генетическое направление неожиданно стало резко противопоставляться морфогенетическому, сторонники которого якобы считают необходимым на картах лю-

бого масштаба, вплоть до самого крупного, давать лишь обобщенную характеристику рельефа, выделяя типы рельефа.

По существу же сторонники морфогенетического направления предусматривают показ на картах вполне определенных элементов рельефа, тех, которые могут быть изображены в масштабе карты. Карты должны давать четкое представление не только о происхождении этих элементов, но и об их облике, размерах, форме и др.

Очевидно, что если на карте передаются генетические различия рельефа территории, то это должны быть различия реальных и конкретных элементов рельефа, тех, которые по условиям масштаба можно выделить на карте. Если ограничиться показом только генетических различий и изображать, например, поверхность делювиального сноса, поверхность ледниковой аккумуляции, поверхность карстовой аккумуляции (1), поверхность врезания (?) и т. п., то на таких картах реальный рельеф исчезнет и геоморфологическая карта перестанет быть документальным и наглядным изображением реального рельефа, приобретет условный характер, практическое использование ее станет затруднительным, информативность крайне малой.

Соединение в общем неодинаковых принципиальных установок А. И. Спиридонова и Д. В. Борисевича, поддержанное Г. С. Ганешиным, В. В. Ермоловым и С. И. Эпштейном, твердо укрепились под названием «генетического» и «аналитического» направления, которое почему-то противопоставляется «морфогенетическому» или историко-морфогенетическому. Однако для карт детальных, крупных и средних масштабов до 1 : 1 000 000 включительно, последнее направление также аналитическое, так как на картах переданы те элементы рельефа, которые по условиям масштаба могут быть изображены по различиям их облика, размеров (высот и др.), происхождения и возраста (Башенина, Леонтьев, Плотровский, Симонов, 1962, и т. д.).

В последнее время часть сторонников генетического направления в основу картирования положила «морфохроногенетические» (по терминологии автора) представления Д. В. Борисевича, который подчеркивает необходимость отражения на геоморфологических картах облика, генезиса и возраста рельефа (1964). Однако существенным разногласием является различие в представлении о том, какие элементы рельефа выделяются на геоморфологических картах. Не отрицая в настоящее время необходимости их всесторонней характеристики, последователи «генетического» или «морфохроногенетического» направления считают, что рельеф должен быть разложен на составные части, которыми для карт масштабов от детальных до обзорных являются все те же «генетически однородные», либо «элементарные» поверхности, либо «границы рельефа», разделяющиеся в горных странах его «ребрами» (Борисевич, 1965).

По представлениям сторонников изображения на картах генетически однородных поверхностей, такой принцип облегчает возможность создания одной легенды для карт всех масштабов, так как границы можно показывать на картах любого масштаба. Разни-

да лишь в том, что на мелкомасштабных картах контур той или иной генетически однородной поверхности будет соответствовать большей площади на местности и тем большей, чем меньше масштаб карты. Однако чем более крупные грани рельефа изображаются на карте, тем, естественно, они являются все более сложными генетически и морфологическими. Что касается самого понятия «генетически однородная поверхность», то, как видно из определений Д. В. Борисевича, С. В. Эпштейна, А. И. Спиридонова, в терминологически близкие понятия вкладывается разный смысл.

А. И. Спиридонов (1958) пишет, что эти поверхности «могут занимать самую различную площадь... и представлять как формы рельефа, так и группировки форм». Однако если речь идет о группировках форм, вряд ли можно представить эти элементы рельефа как поверхности генетически однородные. Группировки форм, как известно, образуют типы рельефа (Шукин, 1946).

С. В. Эпштейн (1965) дает еще более широкую трактовку этого понятия, считая, что оно базируется на выделении «наиболее простых и однородных участков земной поверхности, которые сформировались в основном под воздействием одного ведущего процесса или единого комплекса процессов, проявляющихся в определенный этап при неизменных физико-географических условиях и неотектоническом режиме». Критикуя как самый термин, так и его определение, И. П. Герасимов (1965) пишет, что формулировка не является достаточно точной и понятие «тип рельефа» может претендовать на такую же. Действительно, сопоставляя эту формулировку с определениями типа рельефа, имеющимися в литературе (Шукин, 1946, Башенина, 1959, и др.), вряд ли можно увидеть существенные различия.

У В. В. Ермолова представление о формах рельефа индивидуально. Допуская, что холм, гора, котловина — это отдельные формы рельефа, автор пишет, что под формой рельефа следует понимать геометрические очертания рельефа (выпуклые, вогнутые, конусообразные, с изгибами и без изгибов). Форма рельефа, таким образом, утрачивает генетическую сущность и становится чисто геометрическим понятием. Однако это понятие имеет право на существование только для карт особого типа.

В 1956 г. группой сотрудников географического факультета МГУ была предложена в качестве возможно унифицированной легенда для геоморфологических карт масштабов 1 : 25 000 — 1 : 50 000. Было решено положить эту легенду в основу крупномасштабного геоморфологического картирования в СССР. Авторы легенды исходили из того, что основной задачей геоморфологического картирования является объективное отражение на карте реальных элементов рельефа (и коррелятивных им рыхлых отложений), различных по внешнему и внутреннему строению, происхождению, возрасту и истории развития. Основные объекты картирования — мезоформы рельефа и их части (склоны), а также микроформы. Поэтому легенда строилась на основе генетической классификации форм рельефа, частей форм и микроформ. Формы рельефа и их

элементы (части) объединены¹ в генетические группы по ведущему фактору. Четыре группы включают формы эндогенного генезиса и двенадцать — экзогенного (1962):

Формы, обусловленные преимущественно эндогенными факторами

I — формы, обусловленные молодыми тектоническими движениями; II — структурные формы и отпрепарированные элементы структур; III — вулканические; IV — грязевулканические (помещены в этот раздел условно).

Формы преимущественно экзогенные

I — флювиальные (образованные поверхностными текущими водами); II — гравитационные; III — ледниковые; IV — водно-ледниковые; V — морозпо-соли-флюкционные и мерзлотные; VI — формы, образованные совокупным действием нивальных, солифлюкционных и гравитационных процессов; VII — морские и озерные; VIII — формы, образованные совокупным действием эоловых, флювиальных и гравитационных процессов (в условиях аридного климата); IX — эоловые; X — карстовые и суффозионные; XI — биогенные; XII — формы, образованные деятельностью человека (техногенные).

Каждая генетическая группа форм (флювиальная, ледниковая и др.) объединяла формы такого происхождения, встречающиеся на земной поверхности. Группа форм, таким образом, была некартируемой категорией.

Несколько особое положение занимали группы форм, образованные совокупным действием нескольких процессов в условиях нивального (чаще высокогорного) и аридного климата. В этих группах нельзя выделить «в чистом виде» формы (или части форм), образованные в результате деятельности какого-либо одного экзогенного агента. Например, в высокогорном рельефе осыпи имеют сложное конжелифлюкционно-гравитационное происхождение; в мелкосопочнике понижения обусловлены совокупным действием смыва, эрозии временных водотоков и частично дефляции, а склоны — совокупным действием смыва, гравитации и в какой-то степени ветра.

Внутри генетических групп формы рельефа, части форм и микроформы подразделялись в зависимости от специфических особенностей той или иной генетической группы: структурные формы — в зависимости от типа структуры (складчатой, глыбовой и др.), вулканические — в зависимости от характера излияний (трещинного или центрального типа) и т. п. Генетические группы форм экзогенного происхождения также подразделялись в соответствии с характером проявления экзогенного агента. Например, формы флювиальные делились в зависимости от того, созданы они русловым или нерусловым стоком; карстовые формы в соответствии с тем, созданы ли они поверхностным выщелачиванием или растворяющей деятельностью подземных вод и т. д.

Для каждого подразделения генетической группы в легенде дан конкретный перечень форм и частей форм рельефа.

¹ Такое объединение форм и частей форм, хотя и менее полное, чем приведенное в этой легенде, известно в геоморфологии и геологии и принципиально новым не было.

Для некоторых генетических групп разделение проводилось по признаку выработанности или аккумулятивного происхождения тех или иных форм. В перечне конкретных форм, который дан для каждой генетической группы, формы (или части форм) аккумулятивные отделяются от денудационных (склоны смыва от склонов делювиального накопления и др.). Однако вследствие сложного переплетения процессов аккумуляции и денудации во времени и пространстве подобное подразделение форм рельефа и их частей не всегда возможно.

В специальной таблице в легенде были предусмотрены обозначения для литологии и генетических типов коррелятных отложений, так как при съемке открытых и полужакрытых районов составлять раздельно геоморфологическую карту и карту рыхлых отложений нецелесообразно, поскольку многие контуры неизбежно повторяли бы друг друга.

Одновременное составление двух карт необходимо, если в силу определенной целенаправленности работ к ним предъявляются более широкие требования и если съемка идет в закрытых районах, где мощная толща рыхлых отложений сложно построена.

Все сказанное о содержании крупномасштабных карт приложимо и к геоморфологическим картам средних съемочных масштабов (Башенина и др., 1962).

На карте должны были одновременно найти отражение следующие системы условных обозначений: 1) фоновая окраска форм рельефа и частей форм: цвета и оттенки по генезису, густота тона при издании достигалась нанесением типографской сетки по возрасту; 2) красные знаки для показа молодых тектонических движений и обусловленных ими форм и вулканических форм; 3) черные знаки отпрепарированных элементов древних структур, структурных форм рельефа и псевдовулканических форм; 4) значки различного цвета, изображающие мелкие формы рельефа или отдельные элементы форм экзогенного происхождения; 5) темно-серые штриховые обозначения для изображения литологического состава различных генетических типов рыхлых отложений.

Из сочетаний изображений разновозрастных и различных по происхождению и внешнему облику форм рельефа, а также штриховых и значковых обозначений по крупномасштабной карте читались современные рельефообразующие процессы, направление их действия и история развития рельефа территории.

Легенда и руководство в свое время вызвали заметный интерес¹.

Однако с позиций современной геоморфологии многое в легенде неудовлетворительно. Основные ее недочеты: 1) недостаточное отражение тектоники в рельефе, 2) бедный набор генетических ти-

¹ Доклад о легенде (с демонстрацией карт) на XIX Конгрессе МГС в Стокгольме явился причиной создания при МГС вначале подкомиссии геоморфологического картирования, а в 1968 г. самостоятельной Комиссии геоморфологической съемки и картирования.

пов склонов, 3) не предусмотрено отражение склонов по крутизне. Поэтому в настоящее время вряд ли целесообразно пользоваться этой легендой. Однако ряд положений легенды нашел отражение в разработках последних лет.

Мелкомасштабные геоморфологические карты

Появление мелкомасштабных карт в печати началось с конца пятидесятых годов. В 1959 г. вышла карта Советской Арктики (Стрелков, Загорская, 1959). На этой интересной и хорошо выполненной карте показаны генетически однородные поверхности, которые в соответствии с мелким масштабом занимали большие территории; каждая из них представляет сочетание сложных форм рельефа. Если заменить «поверхности» (ничего не меняя по существу) на типы рельефа, то этот термин будет значительно больше соответствовать истинному богатому содержанию карты. Однако карта не полностью соответствует и морфогенетическому направлению потому, что представление о реальном рельефе несколько искажает условный и в известной мере утрированный показ склонов долин. Последнее может вызвать неверные представления о роли склонов, например, в ледниковом рельефе.

В эти же годы было составлено и издано еще несколько карт по территории СССР. Среди них геоморфологическая карта СССР (ИГАН СССР и МГУ) под редакцией И. П. Герасимова (1959). На карте показаны типы рельефа и более сложные группировки форм рельефа — группы типов. Критическая оценка этой карте дана Г. С. Ганешным и Ю. Ф. Селиверстовым (1963) и в целом с ней можно согласиться. Несмотря на внешнюю выразительность, т. е. на хорошее отражение гипсометрии, пластики рельефа, удачный подбор цветов для раскраски типов рельефа гор и равнин, информативность карты недостаточна. Типы рельефа (и группы типов) выделены только по морфологическим различиям и высотным градиентам (низкие горы, высокие и т. п.), а генезис — в зависимости от экзогенного фактора. Это обеднило показ горного рельефа, поскольку основные различия рельефа гор обусловлены тектоникой. На карте фигурируют, например, горы высокие с ледниковой обработкой, среднегорье с аридно-денудационной обработкой и т. д. Такая характеристика является весьма общей и несущественной.

Лучше отражены аккумулятивные равнины, так как в таком масштабе, действительно, важнее всего разделять их по типу аккумуляции. Структурные отличия, которые определяют основное разнообразие рельефа гор и денудационных равнин, даны в легенде отдельно и показаны тонкой штриховкой, которая вычитывается лишь при детальном рассмотрении контуров. Она воспринимается как дополнительное обозначение, как нагрузка второго и даже третьего плана, поскольку более четко видны цветные знаки отдельных форм рельефа, лёссовых покровов и т. д., и ничего не добавляет к скудной характеристике рельефа гор. В настоящее вре-

мя эту карту можно рекомендовать лишь для изучения общих черт рельефа аккумулятивных равнин.

Во ВСЕГЕИ под редакцией И. И. Краснова (1959) вышла карта Сибирской платформы. Карта также морфогенетическая и содержит богатую информацию о рельефе. По выразительности и подбору красок ее можно поставить на первое место среди изданных мелкомасштабных карт. Недостатком является большая сложность легенды, построенной в виде таблицы с многократным «перехлестыванием» разнообразных накладывающихся друг на друга условных обозначений.

К этому времени относится и геоморфологическая карта СССР, составленная ВСЕГЕИ. На карте также показаны типы (или группы типов) рельефа, но их выделение проводится на основании «зависимости рельефа от геолого-структурных условий и неотектоники» (Ганешин и Селиверстов, 1963). Только аккумулятивные равнины разделяются в соответствии с различиями типа аккумуляции. Удачный подбор красок четко отражает пластику рельефа. Этому способствует и разделение рельефа гор и денудационных равнин на более дробные категории в зависимости от направленности и интенсивности неотектонических движений. Карта более информативна, чем карта ИГ АН СССР — МГУ, поэтому и к настоящему времени она является менее устаревшей. Если рассматривать ее с позиций геоморфологии семидесятых годов, можно отметить, что устарело представление авторов о ведущей роли складчатой структуры в формировании рельефа, недостаточно отражена роль разрывной тектоники в рельефообразовании, слишком многословна легенда, что такие характеристики, как «холмисто-увалистые», «плоско-волнистые», не дают представления об истинной морфологии.

Обе описанные карты отражают морфогенетическое направление, только одна (ВСЕГЕИ) более полно, другая — менее. Интересно отметить, что авторы карты ВСЕГЕИ писали: «Учитывая очень мелкий масштаб карты, пришлось отказаться от изображения генетически однородных поверхностей и признать за основной объект картирования, показываемый цветом, морфогенетические... типы». Далее: «в мелком масштабе практически невозможно показать отдельные поверхности водоразделов и склонов». В дальнейшем авторы отказались от этого справедливого тезиса.

В 1969 г. вышла геоморфологическая карта европейской части СССР, составленная М. В. Карандеевой, О. К. Леонтьевым и С. В. Лютцау. Однако составлялась она в конце пятидесятых — начале шестидесятых годов, поэтому ее можно считать почти ровесницей карт, описанных выше. На карте показаны типы рельефа. По принципам, положенным в основу их выделения, а также по способу изображения она довольно близка карте ИГ АН СССР — МГУ, хотя отличается несколько более удачно подобранными цветами для раскраски типов рельефа равнин. Карта содержит те же минусы и главный из них — недостаточное отражение структурных и тектонических особенностей, а также пластики рельефа (лед-

никовый рельеф Кольского полуострова не отличается от ледникового рельефа равнин).

В 1973 г. под редакцией И. П. Варламова вышла геоморфологическая карта Западно-Сибирской равнины, на которой рельеф представлен серией разновозрастных поверхностей выравнивания — геоморфологических уровней, образованных при ведущей роли неотектонических «циклических» движений. Поверхности — ярусы трех порядков, включая и террасы. Уровни, разные по возрасту, показаны цветным фоном. Генезис поверхностей передается по ведущему экзогенному процессу и по направлению процесса (денудация или аккумуляция) и показан штриховкой. Морфология отражена значковым фоном. Показаны знаками и отдельные формы, палеогеоморфологические и неотектонические элементы (древние (?) разломы, сбросы, разрывные нарушения, древние долины разного возраста и др.). Карта интересна, хотя и спорна. Карта отражает, правда несколько своеобразно, историко-морфогенетическое направление. Она ближе к современным требованиям геоморфологического картирования, чем другие. Подводя итог сказанному об основных картах мелкого масштаба, можно отметить, что в настоящее время нет такой карты территории СССР, которая была бы вполне удовлетворительной с позиции современной геоморфологии.

В целом приходится констатировать, что полного сближения концепций в геоморфологическом картировании еще не произошло, хотя *историко-морфогенетическое* направление, главные принципы которого были сформулированы К. К. Марковым еще в 1929 г., завоевало ведущее место в стране. Для районов, где развиты многоярусные поверхности выравнивания, возраст которых четко определен, или хорошо датированные террасы больших рек, вероятно, может развиваться и *историко-генетическое* направление — разновидность первого.

Как в нашей стране, так и в зарубежной литературе еще в прошлом столетии возникло представление о том, что положительные и отрицательные неровности земной поверхности, т. е. элементы ее рельефа, неодинаковы по своим размерам. Эти представления мы находим в трудах Э. Зюсса, Пасарге, А. Пенка, П. Н. Карпинского, С. В. Никитина, В. М. Дэвиса, В. Пенка и др. В 1946 г. И. С. Щукин высказал мысль о том, что основой для легенд обзорных геоморфологических карт больших территорий должна являться генетическая классификация типов рельефа и групп типов, так как формы рельефа в столь мелких масштабах показывать нельзя, а можно изобразить только «пространства, занятые определенными сочетаниями форм» (Щукин, 1946). В этой работе впервые четко было сформулировано положение о том, что *объекты геоморфологического картирования различны для карт крупных и мелких обзорных масштабов*. В дальнейшем это положение проходит красной нитью в ряде работ.

Поскольку на картах разных масштабов нельзя показывать одни и те же элементы рельефа, то элементы рельефа разного размера, порядка должны быть сведены в определенную систему.

В этой системе мелкие элементы рельефа группируются в крупные и более сложные по происхождению. Чем крупнее масштаб карты, тем меньше по размеру и тем проще по происхождению те элементы рельефа, которые этот масштаб позволяет изобразить. Следовательно, не может быть одной легенды для разномасштабных геоморфологических карт. Взяв за основу это положение, ряд лет Междуведомственная геоморфологическая комиссия работала над систематикой и классификацией элементов рельефа. К сожалению, работа была закончена лишь в первом приближении. Составленная таблица частью была использована Н. В. Башенной (1967), но обе эти классификации к настоящему времени устарели.

Глава III

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ ЗА РУБЕЖОМ

Обзоры геоморфологического картирования за рубежом появлялись в советской литературе, поэтому в предлагаемой книге остановимся лишь на основных школах, которые исторически сложились в разных странах и существуют в настоящее время.

Геоморфологическое картирование в ряде стран является одной из основных проблем геоморфологии, и геоморфологическая карта рассматривается как документ, в концентрированном виде отражающий теоретический уровень и направление развития науки. Многими признано, что геоморфологическое картирование — один из наиболее эффективных приемов исследования рельефа в практических целях. Именно поэтому геоморфологическое картирование за последние десятилетия интенсивно развивается в европейских странах. Исторически сложившиеся в них научные традиции создают предпосылки для формирования национальных школ. Поскольку территории европейских стран имеют сравнительно ограниченные размеры, на первый план выдвигается проблема крупномасштабного геоморфологического картирования. Мелкомасштабное картирование в зарубежных странах развивается мало. Наиболее полно легенды обзорных карт и классификация элементов рельефа, на основе которой они строятся, отражены в ряде работ Дэвиса, Майера, Буша, Энгельна, Мартина, Аннахейма, Махачека и др. Однако не каждая из этих работ сопровождалась картой.

На заре формирования геоморфологического картирования карты были односторонними и не давали полной характеристики рельефа. В двадцатые — тридцатые годы стали составляться карты разных количественных показателей рельефа как в крупных, так и в мелких масштабах: углов наклона, густоты и глубины расчленения, энергии рельефа. Материалом для них служили топографические карты. Они получили название морфометрических. Эти карты полезны в качестве материала для составления общих геоморфологических карт, дополняемого данными полевыми исследованиями. Они

составлялись, а нередко составляются и сейчас в ГДР, Австрии, Швеции.

Одновременно получили распространение и карты отдельных форм рельефа: оврагов, распространения вулканических явлений, террас, поверхностей выравнивания, карстовых форм. Такие карты составлялись по топографическим картам без полевой съемки и представляют частные геоморфологические карты, отражающие генезис рельефа, созданного каким-либо одним фактором. Составление их целесообразно при решении частных задач геоморфологического картирования.

Среди мелкомасштабных геоморфологических карт за рубежом известны карта Италии в физико-экономико-географическом атласе Италии (1940), Южной Америки в масштабе 1 : 40 000 000 (Энгельн, 1942), Средней Европы в масштабе 1 : 2 000 000 (Вальдбауэр, 1958), Мексики в масштабе 1 : 3 000 000 (Райз, 1961), Африки в масштабе 1 : 16 000 000 (Кинг, 1962), обеих Америк в масштабе 1 : 60 000 000 и Европы в разных масштабах (Демек, 1965), карта Болгарии в масштабе 1 : 2 500 000 (Геллерт, 1969). Особо следует отметить единственную, составленную за рубежом карту материков в масштабе 1 : 100 000 000 (Печи, 1958).

В основу легенд перечисленных карт, за исключением карт Л. Кинга, положены морфогенетические, морфолого-морфометрические и литолого-структурные принципы. В США и для суши и для рельефа дна океанов составляются, по существу, физиографические карты: рельеф изображен горизонталями и отмывкой. Но рисовка прекрасно отражает облик рельефа и позволяет судить о его генезисе.

Следует обратить внимание на карту Южной Америки (Энгельн, 1942), для своего времени представлявшую крупный шаг в развитии обзорного геоморфологического картирования. Генезис крупных элементов рельефа, нашедших отражение на карте, О. Энгельн трактует как результат воздействия на поверхность Земли эндогенных и экзогенных факторов. Легенда основана на классификации элементов рельефа трех порядков: первый порядок — материки и океаны, второй (для материков) — геосинклинали и платформы, антиклинали и синклинали, горсты и грабены и т. д., т. е. структуры (структурные формы), которые разделяются на два класса — нарушенные и ненарушенные; третий порядок — элементы, образующиеся при воздействии на элементы второго порядка экзогенных факторов. Основное содержание легенды представляют элементы рельефа третьего порядка.

Классификация и легенда О. Энгельна основана на различиях рельефа по генезису (эндогенному и экзогенному) и облику, т. е. карта морфогенетическая.

Своеобразна карта Африки, составленная Л. Кингом (1962). Она представляет картографическое воплощение взглядов автора на рельеф сложного материка. Рельеф Африки Л. Кинг изобразил в виде четырех ярусов денудационных циклических поверхностей выравнивания разного возраста: 1) гондванской и постгондван-

ской — юрской и меловой; 2) африканской — раннекайнозойской; 3) постафриканской — среднекайнозойской и 4) поверхности четвертичной. Кроме того, Л. Кинг выделил и четыре аккумулятивные поверхности — африканскую, постафриканскую, современную и вулканическую.

Дальнейшее развитие геоморфологических исследований в середине и конце пятидесятих годов сопровождалось в западноевропейских и некоторых других странах (например, Японии) составлением преимущественно крупно- и среднемасштабных карт, в которых ощущалась практическая необходимость. Были составлены карты Франции в масштабе 1 : 1 000 000, Бельгии, Нижней Австрии и Парижского бассейна в полумиллионном и близком к нему масштабах. Карта Франции, составленная Мартоном, — морфогенетическая и содержит характеристику форм и элементов форм рельефа и структур на гипсометрической цветной основе с разреженной шкалой высот. Среднемасштабные карты Бельгии, Нижней Австрии и Парижского бассейна составлены на основе историко-генетического подхода к построению легенды и карты. На них цветным фоном (или цветной штриховкой) выделены крупные разновозрастные элементы рельефа — плато, поверхности выравнивания, склоны. Цветными значками нанесены формы рельефа, а также (на карте Парижского бассейна) структурные поверхности и некоторые тектонические элементы. Накопление более полных сведений по рельефу и его истории позволило, как и в Советском Союзе, не только перейти к составлению карт средних масштабов, но и расширило методические приемы геоморфологического картирования.

Если подойти к характеристике геоморфологических карт в разных странах с позиций полноты освещения геоморфологической «триады», можно заметить, что там, где составление геоморфологических карт имеет давние традиции, «триада» освещается достаточно полно, с учетом эндогенного генетического фактора. Однако отдельные элементы «триады» на картах разных стран отображаются неодинаково.

Долгий путь развития прошло составление геоморфологических карт в Чехословакии. Рельеф на картах характеризуется по внешнему облику, происхождению и, где это возможно, по возрасту; принимается во внимание и эндогенная составляющая. Эта хорошая традиция идет еще от Ф. Махачека, т. е. с середины 20-х годов, и поэтому рельеф на картах отражен достаточно многогранно. При составлении геоморфологических карт обязательно используются геологические. Цветовая гамма придает наглядность отражению облика рельефа (Демек, 1966, 1967, 1968 и др., Балатка, 1967).

Геоморфологические карты Чехословакии отражают не только связь рельефа с особенностями структуры и неотектонического режима, но передают и блоковую морфотектонику. Горные массивы с блоковой структурой или равнины впадин-грабен на картах ограничены разломами и разрывными нарушениями.

Карты составляются во всех масштабах — от крупных съемочных до обзорных карт материков (Демек, 1969; Мазур, 1963). Особый интерес представляют карты всей Европы в масштабе 1 : 25 000 000 и Центральной в масштабах 1 : 5 000 000 и 1 : 3 000 000, а также обсах Америк (1 : 60 000 000), ибо карты таких мелких масштабов, как указывалось, за рубежом почти не составляются. В содержании карт отражена «триада». Фоновой окраской передаются генетические различия (Демек, 1965). На примере этих карт Я. Демек разработал вопросы генерализации. При этом он исходил из представления о невозможности изображать на картах разных масштабов один и те же объекты. Так, на всех картах горы различаются в зависимости от структуры, возраста складчатости и высоты, а равнины — по морфологии и основному генетическому фактору. На картах более крупных масштабов полнее раскрываются указанные особенности рельефа. Принцип фоновой закрайки выдерживается на всех картах, хотя количество цветных выделов уменьшается с уменьшением масштаба. Уменьшается и количество знаков, изображающих формы рельефа. На картах Южной и Северной Америк остаются лишь крупнейшие куэсты, вулканы и разломы (по сути — морфоструктуры). Однако это лишь начало работ по генерализации, так как легенды к картам могли бы быть менее индивидуальны, если бы в основу их составления была положена единая геоморфологическая классификация элементов рельефа разного порядка.

Весьма выразительны карты Чехословакии в масштабе 1 : 1 000 000 и Западной Чехословакии в масштабе 1 : 500 000, сопровождающиеся типовыми профилями для каждого типа рельефа. Профили дают наглядную характеристику рельефа — глубину расчленения, энергию рельефа, формы междуречных возвышенностей и др. (Демек, 1963, 1967, 1969 и др., Чудек, 1963).

На карте Западной Чехословакии изображены две группы типов рельефа: 1) эрозионно-денудационный и 2) аккумулятивный. Эрозионно-денудационный рельеф разделяется на пять подгрупп: 1) рельеф на складчато-горстовых герцинских и более ранних структурах; 2) определяющийся свойствами пород; 3) на надвиговых и складчатых мезозойских и третичных структурах; 4) на субгоризонтальных структурах в консолидированных осадочных породах; 5) на структурах субгоризонтальных в несцементированных породах.

В каждой подгруппе выделяются типы рельефа в зависимости от деталей структуры, новейшего тектонического режима и возраста: блоковые горы и куполы с фрагментами высоко поднятого палеогенового пенеплена, тектонические и структурные бассейны с остатками дочетвертичных отложений, карстовые плато и т. д.

Группа типов аккумулятивного рельефа представлена западными равнинами, подножными шлейфами, равнинами лёссовой аккумуляции, эоловыми и песчаными равнинами, аллювиальными конусами, речными террасами и поймами.

Карта Чехословакии в масштабе 1 : 1 000 000 построена по сходной, но генерализованной легенде.

Типы рельефа на картах выделены удачно подобранной фоновой закраской, передающей и пластику рельефа. Знаками разного

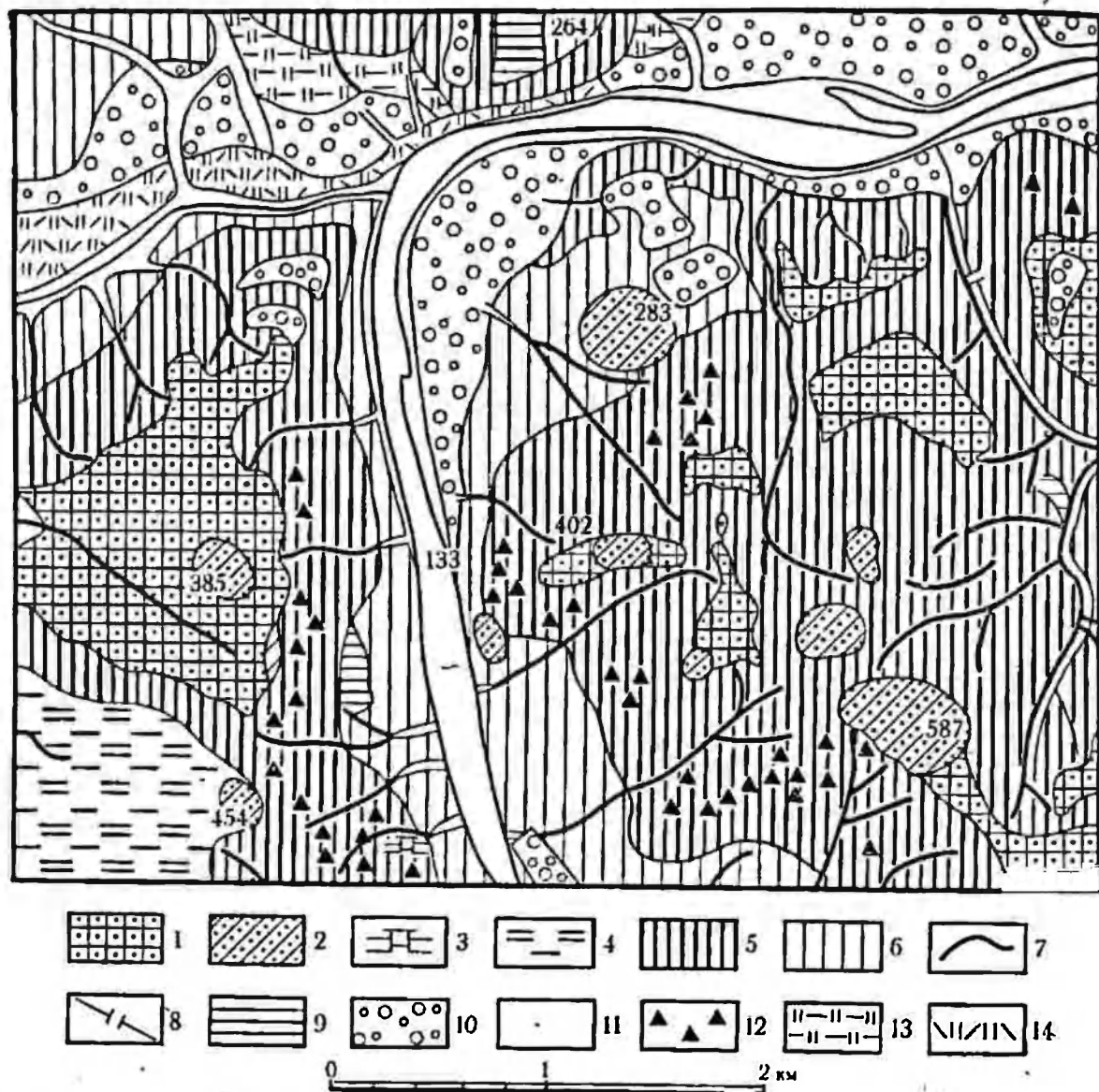


Рис. 1. Фрагмент детальной геоморфологической карты рельефа Чешской возвышенности (В. Крал, 1965):

1 — лавовые плато; 2 — склоны (эскарпы) лакколитов и вулканических конусов; 3 — мононадноки и стенки вулканов; 4 — нижний уровень денудационного плато (N); 5 — крутые склоны долин; 6 — склоны долин и денудационные склоны; 7 — русла V-образных рытин; 8 — ступень днищ долин; 9 — эрозионные террасы; 10 — аккумулятивные террасы; 11 — днище долин с комплексом нерасчлененных террас и пойм; 12 — флювиогляциальные террасы; 13 — лессовое плато; 14 — отвалы террасированные

цвета показаны формы рельефа тектонического, структурного и экзогенного происхождения.

Крупномасштабные карты ЧССР в отношении передачи облика рельефа менее пластичны.

Серия карт, дополняющих друг друга и выполненных в черно-белых штриховках в масштабах 1 : 200 000 и 1 : 100 000, составлена Э. Мазуром (1963): 1) гипсометрическая, 2) энергии рельефа,

3) густоты эрозионной сети, 4) крутизны склонов, 5) структурных элементов, 6) геоморфологических свойств пород (выделяются породы разной стойкости и разного состава), 7) фактического материала, 8) типологическая, 9) общая геоморфологическая карта и 10) более крупномасштабные геоморфологические карты разных районов. Комплекс этих карт дает полное впечатление о рельефе. Характерна также продуманная генерализация объектов картирования при переходе от крупных масштабов к более мелким.

Чешские и словацкие геоморфологи считают, что генезис рельефа можно передать только цветным фоном. В случае использования черно-белого варианта (рис. 1) необходима серия карт.

В Польше геоморфологическое картирование также имеет давнюю историю, основные вехи которой связаны с именами М. Климашевского, Л. Старкеля, Р. Галона и др. В конце 50-х годов и начале 60-х М. Климашевским были разработаны унифицированные (для Польши) легенды геоморфологических карт крупных масштабов. Основной способ показа — цветная закрашка — используется для изображения генетических и морфологических различий рельефа, а оттенки — для возрастных. Возраст горного рельефа дается не на всех картах, что вызвано недостаточным количеством данных о возрасте денудационного рельефа. Интересно отметить близость принципов легенды М. Климашевского и вышеописанной легенды географического факультета Московского университета (1960).

Однако рельеф на картах, составленных по легендам М. Климашевского, более пластичен благодаря показу склопов не только по генетическим различиям, но и по крутизне.

М. Климашевским (1972) разработана «типологическая классификация рельефа», в которой рельеф представлен элементами 12 порядков. В первых порядках выделяются по морфотектоническим данным *системы рельефа* (горы, котловины, горные системы разного возраста складчатости и др.), по морфометрическим — *подсистемы* (горы высокие, низкие и т. д.), по морфоструктурным — *отделы* (горы складчатые, складчато-блоковые и др.), по литологическим — *подотделы*, по морфогенетическим данным (как по экзогенным, так и по эндогенным) — *типы рельефа*, по характеру процесса — *подтипы*, по хронологии — *классы*, по размерам — *роды рельефа*. Далее идут *подроды, виды, урочища, фации*. К последним четырем низшим порядкам по сути относятся формы рельефа сложного происхождения, простого и, наконец, элементарные формы и элементы форм (урочища). Полнота, оригинальность и широта такого решения сложной проблемы геоморфологической систематики и классификации очевидна. В книге «Геоморфология Польши» (1972) под редакцией М. Климашевского рельеф рассматривается в соответствии с перечисленными категориями. На основе этой классификации разработаны и легенды карт разных масштабов.

Легенды и карты, составленные в Кракове, принципиально сходны с легендой М. Климашевского. Так, проект легенд карт Карпато-Балканских стран, предложенный Л. Старкелем в масштабах

1 : 200 000 и 1 : 500 000, в основе морфогенетический, с учетом структуры и тектоники. Выделяются две группы типов рельефа: 1) обусловленные тектоническими движениями с тенденцией к новейшим поднятиям и эрозионно-денудационному расчленению (горы герцинские сбросовые с альпийскими поднятиями, горы герцинские складчатые, горы с палеогеновой складчатостью, с остатками палеогеновой поверхности выравнивания, плато и т. п.); 2) обусловленные тенденцией к новейшим прогибаниям (днища долин и тектонических впадин с аккумуляцией разного возраста и генезиса и др.). Все типы передаются фоновой окраской, а формы рельефа разного происхождения — цветными значками.

Несколько иное направление развивается в Торунь под руководством Р. Галона (1963, 1964 и др.). Карты в масштабе 1 : 500 000 также отражают «триаду», но они изданы в трехцветном штриховом исполнении: реки показаны синими, горизонталы и склоны долин — коричневыми, формы рельефа — черными штриховыми и значковыми изображениями. Такой способ изображения облегчает издание карт, а почти художественная рисовка позволяет хорошо вычитывать рельеф.

Специализированные оценочные геоморфологические карты Польши, составляющиеся для решения той или иной практической задачи, для ускорения издания также составляются в черно-белом исполнении. На этих картах разными штриховыми знаками показаны: 1) участки, использование которых в той или иной отрасли хозяйства не представляет больших экономических трудностей; 2) участки, неблагоприятные для хозяйственного использования; 3) участки, неблагоприятные для транспортного, городского и промышленного строительства.

Геоморфологи Венгрии работают в тесном контакте с геологами. На одну и ту же территорию составляется серия карт (геологическая, тектоническая или структурная, геоморфологическая), дающая разностороннее представление о рельефе и путях его формирования. На геоморфологических картах средних масштабов генетические различия рельефа выделяются преимущественно по экзогенным процессам и передаются цветом. Подбор цветов отражает и пластику рельефа. Возраст денудационного рельефа обозначается индексами, а возраст террас — разными знаками. Неодинаковым соединением в одном знаке черного и зеленого цветов (чем моложе возраст, тем больше зеленого) достигается показ стадий развития и интенсивности рельефообразования. Все это важно для использования карт в практических целях. Тонкими серыми штрихами изображается также литология коренных пород и рыхлых отложений. Карты выполнены прекрасно и дают богатую информацию. Показ стадий развития расширяет возможности «триады». Эндогенная генетическая составляющая вычитывается благодаря использованию геологических карт для составления геоморфологических. Поэтому, несмотря на раскраску по экзогенным процессам, ярко выступает структурная основа рельефа. Так, на картах М. Печни (1969 и др.) масштабов 1 : 300 000, 1 : 1 000 000 четко выражены

почти перпендикулярные Карпатские и Динарские структурные планы и расположенный на их стыке сложный «составной» грабен озера Балатон.

Карты составляются в разных масштабах. Карта материков, составленная М. Печи в масштабе 1 : 100 000 000 (1958), была одной из первых геоморфологических карт Мира. В основу ее легенды положен структурный признак как наиболее важный для столь крупных элементов рельефа. Основных категорий рельефа три: 1) горы — четыре типа, 2) равнины и бассейны разного типа и 3) денудационные ступени (или ступенчатые области). Эти категории рельефа изображены цветным фоном. Знаками даны уступы, в том числе и тектонические, типы берегов и формы экзогенного рельефа. Карта представляет первый зарубежный опыт обобщения черт типологического сходства рельефа материков.

М. Печи составил легенду для детальных карт Венгрии (1965) и ряд карт на ее основе. В настоящее время работы по геоморфологическому картированию в Венгрии расширяются.

В геоморфологическом картировании ГДР особый интерес представляет своеобразное направление, развиваемое Г. Куглером, в составлении крупномасштабных прикладных карт оценки территории для разнообразных инженерных целей, рекреационных, медико-географических и др. Это карты нового типа, они интересны и богаты по содержанию, очень тонки по исполнению и сути и представляют специализированные карты, для которых отражение эндогенной генетической составляющей не всегда обязательно.

Г. Куглер считает, что в первую очередь надо показать на карте различия крутизны склонов, пород и современных процессов, во вторую — общее устройство рельефа, положение, размеры и генезис картируемых элементов и в третью — возраст. Фоновой закраской Г. Куглер показывает на своих картах крутизну склонов (1964, 1965, 1967 и др.). Карты Г. Куглера отражают «триаду», но преобладают в ущерб генезису и возрасту морфология и даже геометрия рельефа. Представления Г. Куглера о геометрии форм сходны с таковыми В. В. Ермолова (см. выше). Легенды в основном словесные, состоят из ряда таблиц, изобилующих взаимными ссылками. Цвета также указываются словесно. Обозначения читатель должен брать из разных таблиц и затем расшифровывать на картах. На некоторых картах цветным фоном показаны рельефообразующие процессы; фон образуют также фигурные сетки, причем рисунок сетки означает характер рельефообразующего процесса; наклон линий сетки — фазы развития рельефа; густота сетки — возраст. Для изображения уклонов применена сложная система перекрещивающихся под разным углом (в соответствии с наклоном) штриховок разного цвета. На некоторых картах цветными фигурными сетками показаны коренные породы, а рыхлые — штриховыми значками. Карты дополняются и сложными таблицами геометрии форм.

Направление, развиваемое И. Геллертом и Э. Шольцем, в известной мере является «инвентаризационным». Оно очень полезно, так как нигде столь полно и последовательно не подводятся итоги

состояния геоморфологического картирования. Трудно переоценить такую работу, как составленный Э. Шольцем первый в мире «Каталог геоморфологических карт в разных странах» (1969, 1970), представляющий полнейшую сводку содержания легенд и способов изображения.

В Румынии издана серия карт под руководством Т. Морару: 1) карта элементов геологического строения; 2) основных морфологических особенностей страны, изображенных цветным фоном (горы, предгорья, плато, равнины и др.); 3) разнообразных рельефообразующих процессов (карст в разных стадиях развития, различные фазы эрозии и др.). Карты имеют прикладное значение и дают наглядное представление об инженерно-геологической характеристике территории.

В «Атласе Румынии» (1960) издана иная серия карт, составленных группой авторов (Л. Г. Каманин, Л. Бадеа и др.), в масштабе 1 : 1 500 000 — геологическая, структурная, геоморфологическая, геоморфологического районирования (масштаб 1 : 3 000 000) и др. Карты передают геологическое строение и рельеф Румынии и, что очень важно, согласованы между собой. На геоморфологической карте показаны типы рельефа (всего 42), объединенные в группы в зависимости от их принадлежности к платформам или геосинклиналям и от структуры. Типы показаны цветным фоном; формы рельефа объединены в генетические группы (эоловые, флювиальные и др.) и показаны цветными значками.

Начали издаваться и среднемасштабные карты: карта Л. Бадеа (1972) на равнинную территорию, составленная по принципам, изложенным выше, карта румынских Карпат (Поп, 1971, и др.). Последняя отражает различие вертикальных движений в горах и на равнинах и в связи с этим разную направленность экзогенных процессов.

В Болгарии в основном составляют среднемасштабные карты (Гъльбов, Вапцаров и др.). Основной объект картирования — поверхности выравнивания разного возраста.

В Югославии наиболее интересной пока осталась карта рельефообразующих процессов, составленная в 1933 г. Цветным фоном на ней выделены районы действия различных факторов рельефообразования и соответственно различных экзогенных форм рельефа. В настоящее время после многолетнего перерыва, во время которого составлялись главным образом частные карты (карстового рельефа и пр.), вновь возник интерес к геоморфологическому картированию (Гамс и др.).

В ФРГ геоморфологическое картирование пока отстает от тридцатых — сороковых годов, когда создавались морфогенетические карты на основе исследований четвертичного покрова и рельефа (Вольштедт и др.). Из современных следует отметить карты Р. Ергенцингера и Г. Янсена в масштабе 1 : 500 000 (1969). Карты достаточно информативны, так как рельеф характеризуется многосторонне. Формы рельефа (озы, карлинги и др.) и их элементы (склоны, стенки трогов и др.) отражены по их генезису. На картах

показаны также линии сбросов, впадины-грабены, горсты и пр. Карты прекрасно выполнены; рельеф читается очень хорошо.

Карты Скандинавских стран составлялись в основном для районов ледниковой аккумуляции. Это объясняется простотой изучения форм ледниковой и водно-ледниковой аккумуляции, поскольку

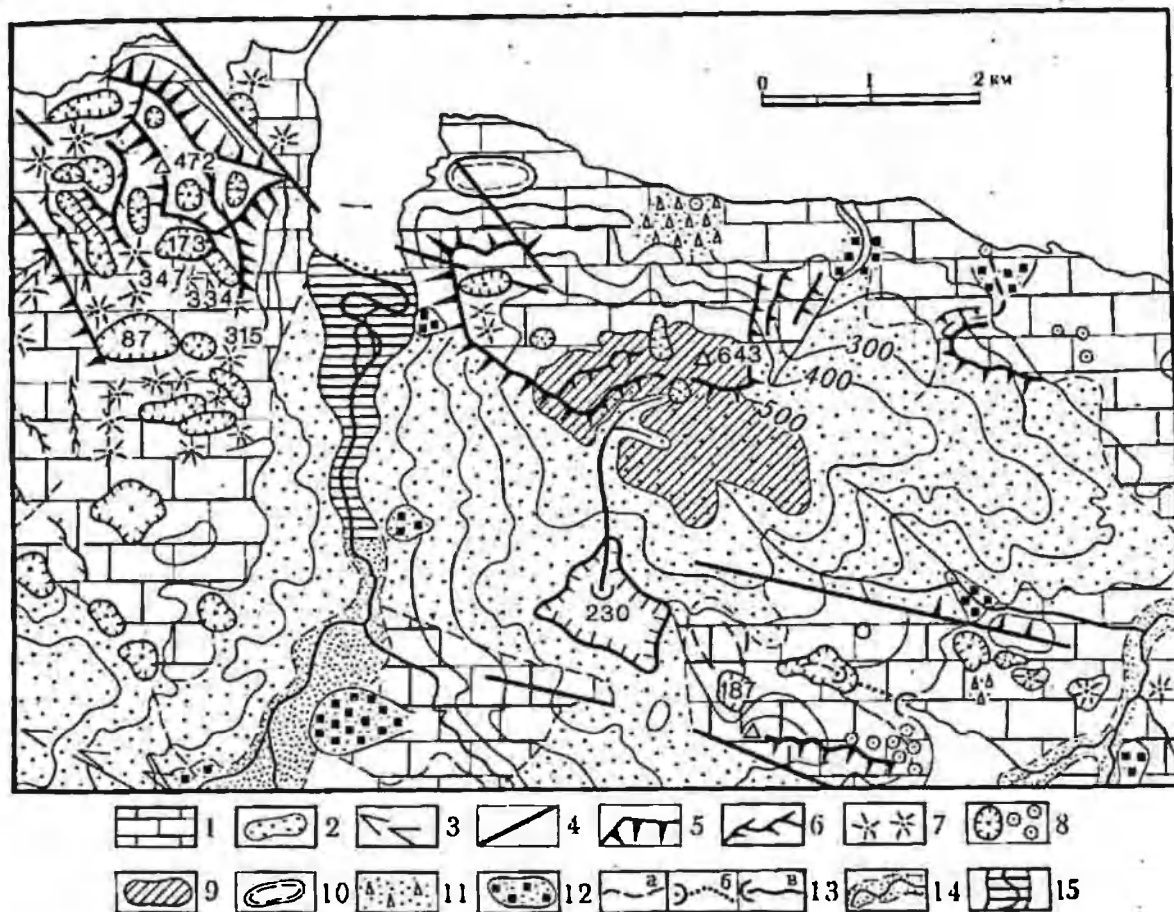


Рис. 2. Геоморфологическая карта одного из районов Испании (по Ж. Хазера, 1968):

1 — ургонские известняки; 2 — велдские аргиллитопесчаники; 3 — антиклиналь; 4 — главные разломы; 5 — большой обрыв; 6 — вырезанный гребень; 7 — остаточные пирамиды; 8 — долины; 9 — вершинная поверхность — 500 м; 10 — поля; 11 — «сахарные головы»; 12 — древние русла; 13 — водотоки: а — временные, б — подземные, в — постоянные; 14 — аллювиальные формации ледниковой эпохи; 15 — то же, фландрские

их генезис и возраст соответствуют генезису и возрасту слагающих их отложений, а также большим интересом ученых северной Европы к проблемам оледенения. На таких картах не было необходимости отражать эндогенную составляющую рельефообразования. В последние годы в Швеции наряду с указанными появились карты денудационного рельефа отдельных районов Балтийского щита, составленные С. Рудбергом с учетом связи рельефа со структурой, трещиноватостью. Они полно отражают облик, генезис и возраст рельефа. Генезис рельефа передается основным способом картографического изображения — фоновой закраской.

В Испании публикуются в основном черно-белые карты, которые часто носят название морфологических, но содержат в зави-

симости от рельефа и структурно-геоморфологическую характеристику (рис. 2). Это преимущественно частные геоморфологические карты, простые по исполнению. Они сопровождаются или профилями, или рисунками (Хазера, 1968), которые в сочетании с описанием дают представление о рельефе (рис. 2, 3). По содержанию карты вполне современны и нередко имеют прикладную направленность.

Геоморфологическое картирование в Бельгии начало развиваться после Второй мировой войны, в связи с необходимостью ре-

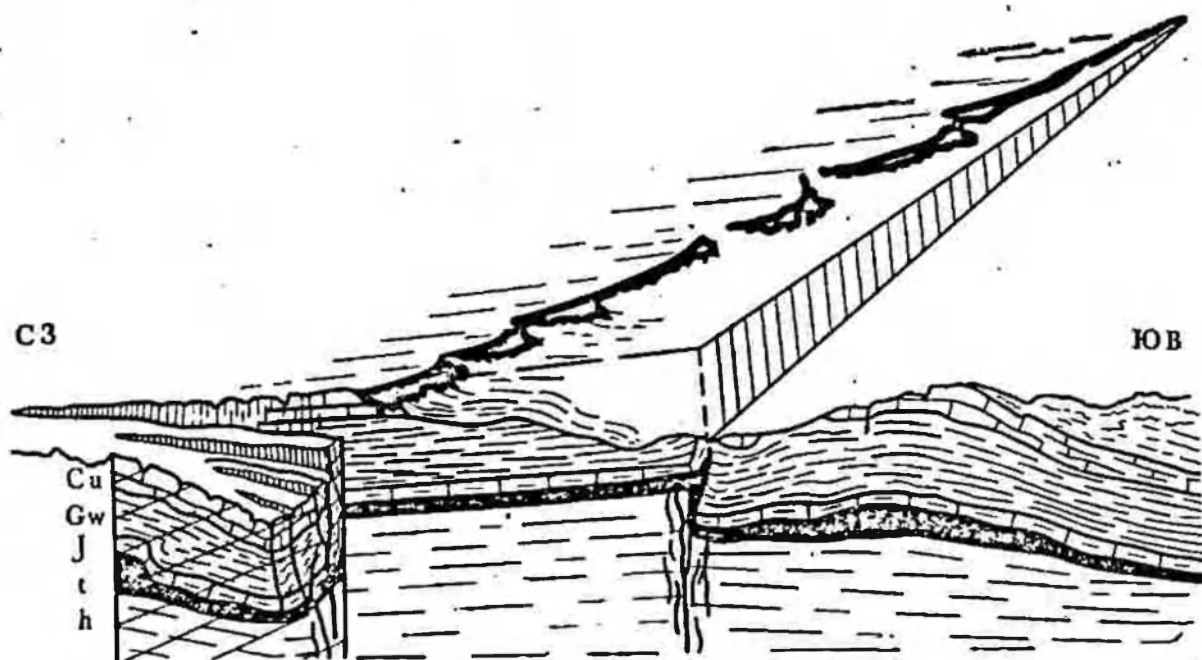


Рис. 3. Профиль блокового рельефа (по Ж. Хазера, 1968)

шения ряда практических задач. Поэтому особое внимание уделяется картированию склонов. Карты составляются Национальным центром геоморфологических исследований. Считается, что карта — это главное средство выражения данных о рельефе и рельефообразующих процессах. Карты Бельгии можно отнести к трем типам: 1) карты, на которых фоновая раскраска используется для изображения склонов разной крутизны, днщ логов и небольших останцов третичной поверхности выравнивания, генезис рельефа показан мелкими цветными значками, возраст — индексами; карты по сути морфометрические; 2) карты, на которых цветом совмещается изображение генезиса (равнин, склонов и др.) и возраста; они дают представление о происхождении рельефа, но сам рельеф мало пластичен (Гюллентопс, 1967); 3) карты, на которых выполнено перспективное изображение рельефа на топографической основе в горизонталях (по способу Райса). На карте одного из районов Африки, например, (рис. 4) ясно видна связь педиментов и останцовых гряд с разрывной тектоникой. Кроме общих геоморфологических карт составляются частные (рельефа дна и донных осадков русла р. Шельды и др.). Все карты крупномасштабные.

В Голландии геоморфологическое картирование занимает существенное место (Баккер, Верстаппен). Особое значение придается

картированию склонов, рыхлого покрова и почв, что обусловлено природными условиями Голландии. Большое значение придается использованию аэрофотоматериалов, а теперь — и космических снимков. Х. Верстаппен считает, что полную информацию о рельефе даст серия карт, на которых можно изобразить морфографию, генезис рельефа, возраст, характеристики субстрата и рыхлый покров почвы.

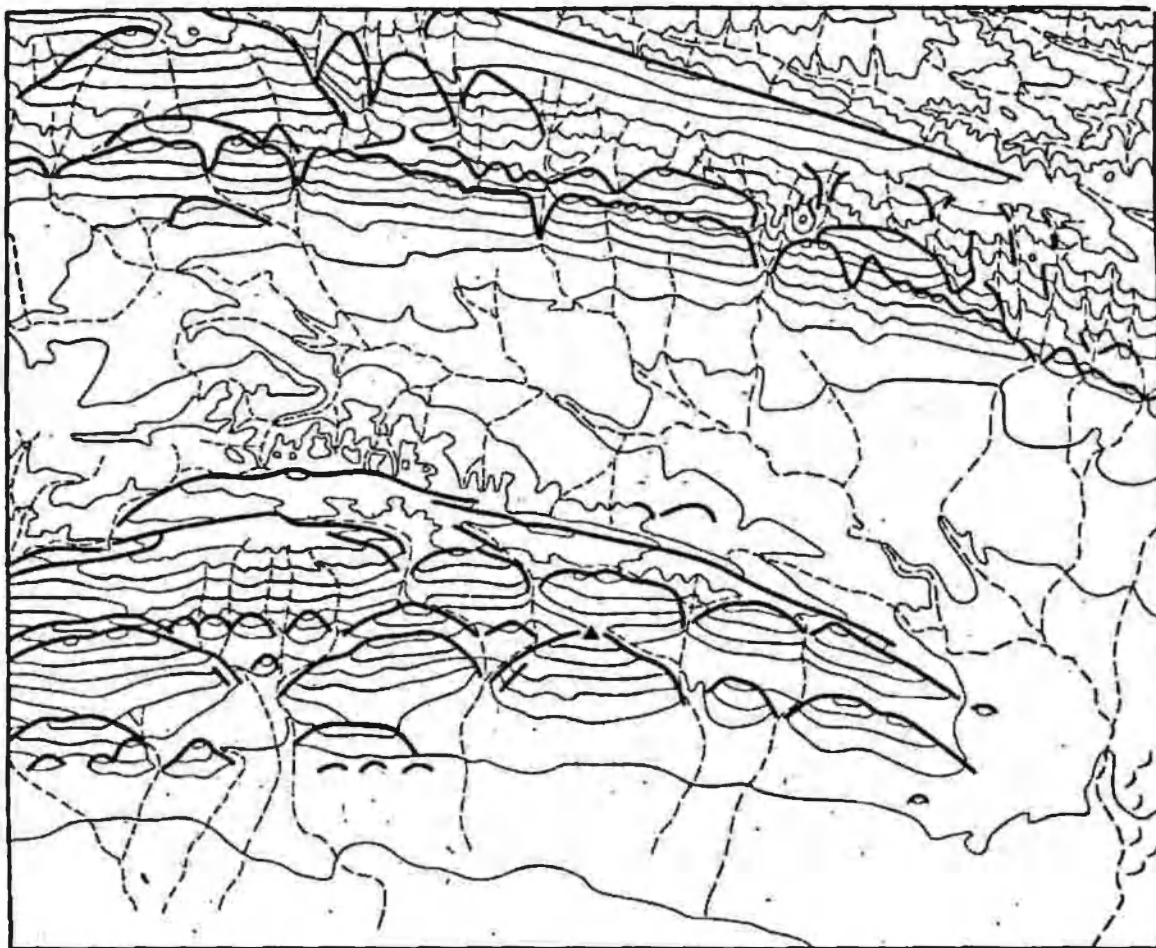


Рис. 4. Педименты одного из районов Африки (по М. А. Лефевр, 1956)

В Японии карты составляются только с прикладными целями. Развитие прикладной геоморфологии в Японии было обусловлено нехваткой продуктов питания после Второй мировой войны. Нужно было изучить современные процессы на затопляемых аккумулятивных равнинах, к которым приурочены рисовые поля, и особенно катастрофические процессы, обусловленные, например, тайфунами. Такое изучение имеет два аспекта: сельскохозяйственное использование и оценку инженерно-геологических условий. Карты составляются на основе классификации рельефа. В последние годы появились интересные работы М. Ойя. Геоморфологические карты М. Ойя представляют результат полевых исследований и работ с аэрофотоснимками; издаются они цветными и отражают морфологию, генезис и динамику современных процессов.

Геоморфологическое картирование во Франции, Канаде, Италии развивается несколькими путями. Больших успехов достигли геоморфологи Франции, чему немало способствовала прекрасная полиграфическая база французской картографии. Влияние французской школы геоморфологического картирования распространилось не только на Западную Европу, но и на ряд стран Африки, Южной Америки; оно же определило и тип карт Канады. По количеству изданных цветных карт на разные территории (Франция, Шпицберген, Африка, Южная Америка и др.) Франция далеко опередила другие страны. Специфика французских карт заключается в том, что большинство из них имеет прикладное значение, но работа проводится без контактов с геологами, и это нашло отражение на картах, где неприменный объект картирования — коренные породы.

Основная концепция французской школы (Жоли, 1966; Трикар, 1965, и др.) заключается в том, что перед геоморфологической картой ставится цель «качественного, количественного и объяснительного» изображения форм рельефа. Карта должна быть: 1) *морфоструктурной* и поэтому отражать структуру, под которой понимается характер скального субстрата и его влияние на рельеф в зависимости от сопротивляемости пород (т. е. литологии) деформациям (тектонике); 2) *морфогенетической*, т. е. отражать генезис рельефа (по экзогенному фактору); 3) *морфографической* — передавать облик форм рельефа и коррелятивные отложения, образующиеся в процессе морфогенеза; 4) *морфохронологической* — содержать краткую сводку эволюции рельефа; 5) *морфометрической* — содержать основные размеры элементов рельефа, высоты, мощность отложений и крутизну склонов. Цветом на картах выделяются морфоструктурные особенности (по сути — возраст пород), черными штриховыми знаками — литология коренных пород, цветными знаками — экзогенезис; специальной рисовкой знаков показывают крутизну склонов, цифрами — высоты. Закраска элементов рельефа по возрасту пород не повторяет общепринятую геологическую. Подбором цветов и их разной интенсивностью достигается пластичность изображения рельефа. Таким образом, в содержании карт предусмотрена вся «триада», но в способах изображения преобладает геологический компонент.

Легенды к картам непрерывно совершенствуются. В 1970 г. издана легенда для детальных геоморфологических карт (Жоли, Трикар, 1970). Она основана на принципе кодирования и обработки кодовой информации на ЭВМ. Предпосылкой разработки такой легенды была необходимость унификации принципов картирования и способов изображения, а также терминологии. По мнению авторов легенды, код должен заменить не единообразный и не разработанный геоморфологический словарь и установить рамки понятия.

Легенда состоит из двух разделов. В первом дан перечень показателей, по которым объект картирования — «таксон» — изображается на карте, код и графическая таблица. Таблица позволяет

определить таксон по его соотношению со всеми факторами рельефообразования: возрастом коренных пород, их литологией, тектоникой, структурой, различными экзогенными факторами, типами и составом коррелятных отложений. Одна и та же форма рельефа не будет одинаковой по всем перечисленным выше показателям в разной морфогенетической среде. Во втором разделе дан большой набор цветных и значковых обозначений форм рельефа, объединенных в генетические группы, а также таблица цветов для раскраски пород по возрасту, форм и элементов форм по экзогенезису и др. (всего более 500 обозначений). В объяснительной записке дано разъяснение кодовой таблицы и подготовки информации для ЭВМ, которая позволит объективно выбрать нужные обозначения в их действительных сочетаниях. Характеристика таксона таким образом, по мнению авторов, становится менее зависящей от «вкуса» исследователя.

Несомненно, легенда интересна, однако использование основного способа изображения — фона — для показа коренных пород придает картам несколько особый колорит. Выбор показателей, определяющий таксон, все же зависит от вкуса исследователя, поскольку информация, которая закладывается в ЭВМ, в какой-то степени субъективна. Об этом свидетельствуют различия карт французской школы. Если сравним карты Ф. Жоли (1966, 1969 и др.), Девольфа (1970, 1971) и Р. Паскофа (1971), то увидим, что карты Р. Паскофа, составленные на один из районов Южной Америки, передают не только отдельные разломы и трещины, как на других французских картах, но и блоковую тектонику побережья, выраженную в рельефе.

Геоморфологическое картирование Канады достигло больших успехов в последние годы (Сент-Онж, 1967, 1968 и др.), развиваясь преимущественно в рамках Геологической службы страны. Карты отличаются высокой техникой исполнения, интересны по содержанию, но не отражают связи рельефа с геологическим строением и тектоникой, уступая в этом отношении французским. Канадские ученые объясняют это тем, что карты составляются в основном на территории аккумулятивных равнин с мощностью осадочного чехла кайнозойских отложений более 2000 м. Однако Дж. Ф. Озорай (1972), ссылаясь на свои исследования и ряд работ канадских геологов, приводит убедительные данные о роли нескольких взаимно перпендикулярных систем разломов в формировании плана долинной сети внутренних равнин, очертаний озер, депрессий, уступов и т. д. Он связывает это с возобновлением тектонической активности разломов фундамента и их отражением в рельефе осадочного чехла.

Поскольку карты составляются для практических целей — оценки территории под те или иные виды строительства, сельского хозяйства, для урбанистов и т. д., рельеф на картах передается очень точно. Генетические объяснения (в частности, связи рельефа с тектоникой) в легендах недостаточны, хотя при составлении карт используется дешифрирование различных аэрофотоснимков: черно-

белых, цветных и инфракрасных. Аэрофотосъемка осуществляется в поле специально подобранной камерой. Дешифрирование используется и при составлении карты четвертичных отложений. Широко применяется ЭВМ.

С 1970 г. Геологической службой Канады осуществляется единая система сбора, обработки и хранения первичной информации о поверхностных отложениях. Все данные о рельефе этих отложений, погребенном или коренном рельефе, мощностях, составе, влажности и т. д. кодируются (переводом на алгоритмический язык фортран-IV) и записываются на пленку. С пленки они могут быть без дополнительной обработки извлечены машиной и использованы по различным заданным программам для составления таблиц и карт погребенного рельефа, устойчивости грунтов, инженерно-геологических оценок и т. п.

Геоморфологическое картирование в Италии сложилось под влиянием двух школ: французской (передача цветом возраста коренных и рыхлых пород, а форм рельефа знаками) и австрийско-немецкой. Наибольшее число карт составлено для горного и предгорного рельефа. Важно отметить, что работа над картами в поле, особенно в Альпах, позволила итальянским ученым установить, что разломы и разрывные нарушения играют большую роль в формировании рельефа. И это нашло отражение на картах. Так, на фрагменте обзорной карты Италии, составленной в масштабе 1 : 1 500 000 для национального Атласа на Ломбардскую низменность и Предалпы, рельеф изображен так, что в нем проступают основные черты морфоструктурного плана, которые усиливаются еще и красными фигурными линиями, показывающими тектонические уступы. Автор карты Д. Кастильони (1969) стремится к увеличению ее наглядности, поэтому цветные выделения укрупнены, значки просты по рисунку, а цветом и его интенсивностью передается не только возраст пород, но и высотные ступени. Предельная генерализация контуров не смазывает основные черты плана, а усиливает их (это пока редко встречается в геоморфологическом картографировании). Ломано-разветвленные очертания известняково-доломитовых массивов и водораздельных гребней Предалп отчетливо рисуют мозаику блоков. Вариантом карт такого типа является геоморфологическая карта территории Сан-Джорджо, Лугано и Колобраро, составленная М. Паниццей (1968). На ней отражен и возраст; значки, изображающие формы и элементы форм рельефа, показаны тремя цветами в соответствии с тремя возрастными этапами. На геоморфологической карте Уго Сауро (1972) выделены разломы, ограничивающие блоки.

Геоморфологическое картирование в средних и крупных масштабах успешно развивается итальянскими геоморфологами для сугубо практических целей. Подобное точное картирование проводится компанией «Геокарта» во Флоренции (Маркезини, 1964, Даннелли, 1970; Проспект «Геокарты», 1969, и др.), основанной в 1958 г. Ф. Маркезини. Компания ведет разнообразные геологические, геоморфологические, геофизические и геодезические съемки в Аф-

рике, Аравии, Малой Азии, Индонезии, Европе, Северной и Южной Америке. Основные направления — поиски нефти и газа, источников геотермальной энергии, а также гидрогеологические и инженерно-геологические съемки. Работы нередко ведутся в труднодоступных территориях, на которые нет топографических карт. Картирование в основном проводится путем комплексного дешифриро-

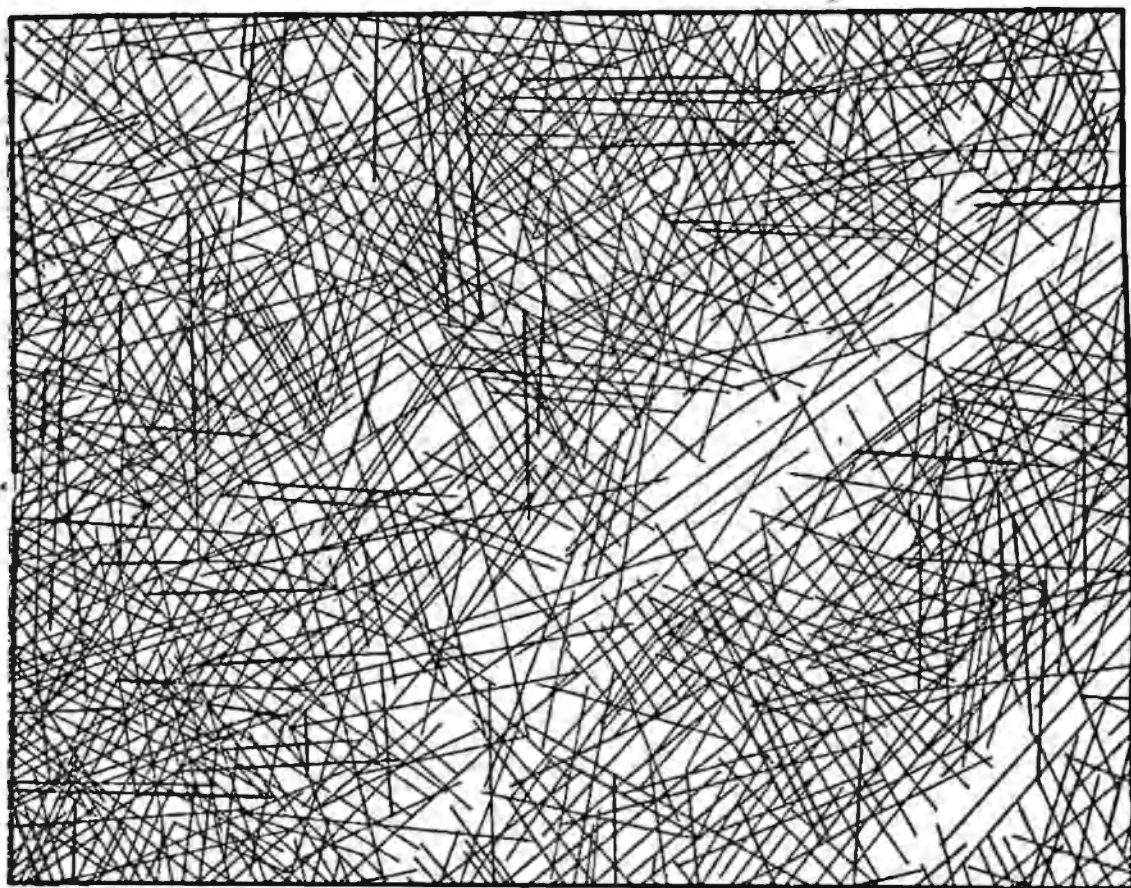


Рис. 5. Полное поле трещин (по П. Даниелли и др., 1968)

вания аэрофотоснимков: черно-белых, инфракрасных и др. По аэрофотоснимкам составляются точные карты «полного поля трещин» (рис. 5), по которым затем составляются карты разрывных нарушений разных простираний, распределения их по структурам и литолого-стратиграфическим комплексам, стратиграфическим единицам, карты густоты трещин и т. д. При этом применяется компьютерная обработка.

Другой основной тип карт — «топоморфические». Они составляются с помощью радиальной аэротриангуляции и прямого стереоскопического дешифрирования аэрофотоснимков, дают портретное, очень наглядное и точное изображение рельефа как бы с птичьего полета, «увиденное глазом геоморфолога», отрисованное на аэрофотоснимках и затем перенесенное на карты. В зависимости от требуемой детальности используются аэрофотоснимки всех видов и масштабов. На таких картах с исключительной полнотой выявля-

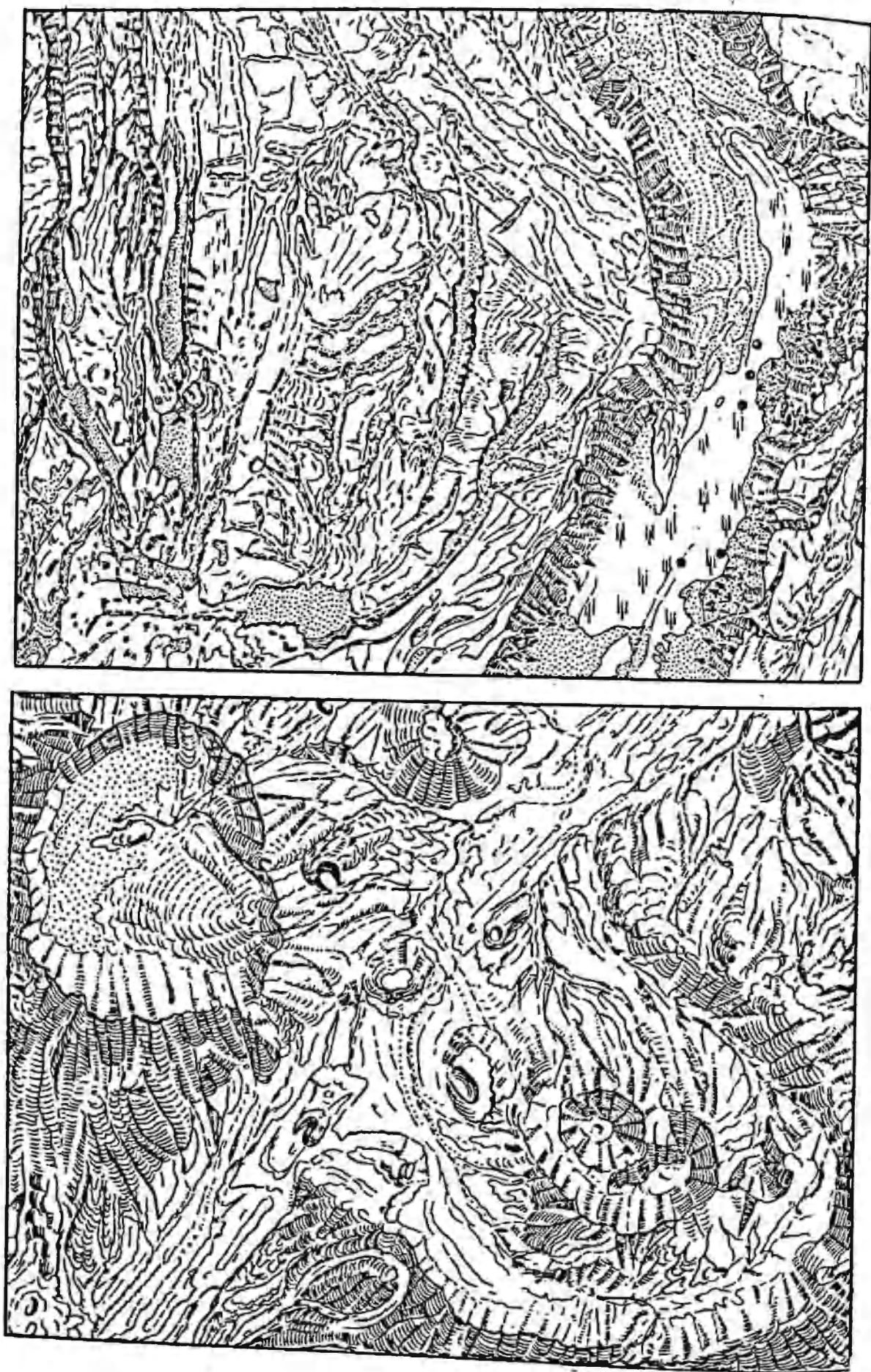


Рис. 6. Фрагменты топографической карты одного из районов Сомали (по П. Даниелли и др., 1968)

ется сложная мозаика блоковой тектоники (рис. 6). Топоморфические карты могут использоваться как основа для различных карт: геологических, геоморфологических, поисковых и т. д. Они дают богатую информацию о рельефе, его связях с геологическим строением и с экзогенными факторами.

В работах «Геокарты» вообще уделяется большое внимание дешифрированию разрывной тектоники, причем для «сортировки» отдешифрированных нарушений применяется автоматическая аппаратура, широко используются снимки из космоса. Эта методика близка к методике морфоструктурного анализа и составления карт на его основе (в разных вариантах) в СССР (см. ниже).

В других странах геоморфологическое картирование развито неодинаково и в ряде стран (США, страны Южной Америки и др.) не проводится или проводится недостаточно (Англия, Индия и др.).

Глава IV

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ

Международная работа по унификации геоморфологического картирования

Большую роль в сближении точек зрения на геоморфологические карты и легенды к ним сыграло в последнее время международное сотрудничество. Итальянские ученые, например, пишут, что геоморфологическое картирование становится подлинно пунктом встречи между тенденциями разных школ, местом для разработки и уточнения концепций и идей, побуждением к углублению науки о поверхности Земли (Пелегрини, Сауро, Тессари, 1972). Эта оценка дана в связи с конкретной и полезной работой, которую выполнила Комиссия по геоморфологической съемке и картированию при МГС: составление под руководством М. Климашевского унифицированной легенды для карт крупных масштабов (Климашевский, Башенина и др., 1968), разработка под научной редакцией Я. Демска (1972) первого в мире международного «Руководства по геоморфологическому картированию» применительно к указанной легенде, создание легенды для международной карты Европы в масштабе 1 : 2 500 000 (1971) и самой карты, составление второго «Руководства» по геоморфологическому картированию в средних масштабах (1976) с цветными картами и др.

В итоге международного сотрудничества в Комиссии количество стран, где проводится геоморфологическое картирование, увеличилось больше чем вдвое.

Легенда для карт детальных масштабов на XXI Конгрессе МГС в Делли была одобрена в качестве первого опыта унификации геоморфологического картирования в странах Мира.

Основные положения легенды следующие. Изображение рельефа дается по его внешнему облику, морфологическим показателям, генезису и возрасту. Формы и элементы форм рельефа (склоны, уступы и пр.) объединены в генетические группы и для каждой группы разработан конкретный перечень форм. Всего 16 групп. Формы эндогенного происхождения объединены в три группы: 1) неотектонические, разделенные на две подгруппы (древние и свежие, активные); 2) формы, обусловленные вулканизмом (деструкционные, аккумулятивные); 3) формы, образованные отложениями горячих источников.

Формы экзогенного происхождения объединены в 13 генетических групп, также разделенных на подгруппы: 4) денудационные (деструкционные и аккумулятивные); 5) флювиальные (формы эрозионные и аккумулятивные); 6) флювиально-денудационные (обусловленные эрозией и денудацией); 7) флювиогляциальные (деструкционные, обусловленные предледниковой и подледниковой эрозией, аккумулятивные, предледниковые, ледниковые); 8) карстовые (созданные растворением, отраженные в нерастворимых породах, образованные растворением и эрозией текущих вод, растворением, морской и озерной абразией), образованные отложением карбоната кальция; 9) суффозионные; 10) ледниковые (деструкционные, аккумулятивные, формы рельефа фирна и ледников); 11) инвальные, мерзлотные и морозные (деструкционные, аккумулятивные); 12) термокарстовые (образованные таянием гидроакколитов и ледяных клиньев, таянием погребенных глыб мертвого льда); 13) эоловые (деструкционные, аккумулятивные); 14) морские и озерные (деструкционные, аккумулятивные); 15) биогенные; 16) антропогенные (деструкционные, насыпные). Всего 353 формы и частей форм рельефа.

Дискуссировался вопрос о том, что изображать цветом — генезис рельефа (Польша и СССР), коренные породы (Франция), крутизну склонов (ГДР), какие должны быть генетические группы, какие принять значки для 353 элементов рельефа и др.

В итоге помимо таблицы из 353 знаков в легенде присутствуют еще четыре таблицы: 1) цветов для обозначения происхождения и относительного возраста элементов рельефа (для 16 групп 11 цветов, более ярких для современных форм и бледных — для древних); 2) цветов и оттенков для раскраски склонов по генезису и крутизне (7 цветов в соответствии с генетическими различиями); в зависимости от крутизны на каждый из семи цветов накладывается пять разных оттенков серого цвета (чем круче, тем темнее); обрывы показываются знаком цвета генезиса склона; 3) штриховых знаков для литологии коренных и рыхлых отложений, индексов возраста. В соответствии с табл. 1 и 2 генетические различия могут передаваться сочетанием фоновой окраски цветных значков и, по мере необходимости, черных штриховых знаков литологии.

В легенде недостаточно отражены тектонические элементы рельефа (морфотектоника), особенно обусловленные глубинными разломами и разрывными нарушениями, элементы, обусловленные про-

цессам, идущим в тропиках. Не очень хорошо смотрится для склонов изображение мелкими точками типа склонового процесса в сочетании со знаками форм и с наложением серого цвета крутизны. Можно найти и другие недостатки, указанные С. С. Воскресенским и А. И. Спиридоновым. Однако в деле унификации геоморфологического картирования в странах Мира издание легенды является первым и очень важным шагом (см. легенду на русском языке — Башенина и др., 1975). Вопрос об унификации не решен окончательно, но намечается сближение принципов геоморфологического картирования между отдельными странами. Так, можно констатировать сходство основных принципиальных установок геоморфологического картирования Франции, ГДР, Канады, в какой-то степени Бельгии, Италии, с одной стороны, и Польши, Чехословакии, СССР — с другой. Ниже мы увидим, что методика «Геокарты» близка по главным приемам методике морфоструктурного анализа, ставшего основой геоморфологического картирования в СССР для съемочных масштабов.

Одновременно были намечены основные принципы составления легенды для карты Европы в масштабе 1 : 500 000, которые нашли отражение в изданных в Брно сборниках (1967). Я. Демек (ЧССР) и И. Геллерт (ГДР) на основании этих разработок составили легенду к карте указанных масштабов. Эти две конкретные работы сыграли решающую роль для преобразования в 1968 г. в Дели подкомиссии в Комиссию геоморфологической съемки и картирования при МГС, председателем которой стал Я. Демек. Изданное коллективное «Руководство по геоморфологическому картированию в детальных масштабах» с цветными картами (1972) применительно к ранее изданной легенде способствовало делу унификации и оказало помощь геоморфологическому картированию в разных странах, особенно в развивающихся.

Одна из цветных карт составлена нами на основании полевой съемки в одной из горных территорий СССР (Башенина, Рубина, Тальская, 1972).

В разработке легенды для геоморфологической карты Европы в масштабе 1 : 2 500 000 (1971), самой карты и второго руководства для геоморфологических карт средних масштабов большое участие принимали советские геоморфологи. Это была сложная работа, так как подход к изучению рельефа в разных странах неодинаков: 1) по принципам, которые берутся за основу при составлении легенды; 2) по геоморфологическим представлениям; 3) методике картирования и 4) научному уровню картирования; 5) по разнообразию масштабов составляемых карт и отсутствию в ряде стран обзорного геоморфологического картографирования.

В легенде для карт масштаба 1 : 2 500 000 выделяются классы рельефа и типы рельефа на морфоструктурной основе. В качестве главных подразделений выделены четыре категории рельефа, отличающиеся по направленности тектонических и неотектонических движений, определивших и направление экзогенных процессов — снос или аккумуляцию: денудационный (деструкционный) рельеф,

вулканический, аккумулятивный (на глубоко залегающем коренном основании), аккумулятивно-денудационный (на близко залегающем коренном основании). В каждой из этих категорий выделяются 9 мегаморфоструктур, которые отличаются между собой по тектоническому развитию — направленности и интенсивности неотектонических движений. К *денудационному рельефу* относятся шесть мегаморфоструктур: 1) щиты относительно стабильные, 2) платформы относительно стабильные, 3) платформы слабо активизированные, 4) орогенические зоны активизированных щитов, 5) эпиплатформенные орогенические зоны, 6) молодые эпигеосинклинальные орогенические зоны. Речь идет не о крупных главных тектонических подразделениях материков, а об их денудационном рельефе (1976).

Вулканический рельеф (кайнозойский вулканизм) приурочен к двум ранее выделенным мегаморфоструктурам — эпиплатформенным активизированным и эпигеосинклинальным орогеническим зонам. Молодой вулканизм как в той, так и в другой мегаморфоструктуре создает сходный рельеф, отличный от их рельефа. Таким образом, вулканизм образует как бы особую мегаморфоструктуру (седьмую).

Аккумулятивный рельеф приурочен к двум мегаморфоструктурам: 8) краевым и межгорным прогибам (в том числе и рифтовым зонам) и 9) платформенным равнинам. Он представлен низменными, погруженными или погружающимися равнинами, расположенными как выше, так и ниже уровня моря.

Денудационно-аккумулятивный рельеф формируется в тех же двух мегаморфоструктурах. Различие заключается в том, что близко залегающее коренное основание влияет на облик аккумулятивного рельефа («насаженные» аккумулятивные равнины; Башенина, 1964, 1967).

В пределах мегаморфоструктур выделено более 100 морфоструктур. Для денудационного рельефа они различаются по главным морфологическим и генетическим особенностям, а также структурно-генетическим и литологическим (горные хребты, остаточные, складчато-блоковые, на кристаллических породах слабо активизированных платформ и др.). В вулканическом рельефе морфоструктуры выделяются на основании тех же главных различий: морфологических (горы, равнины, плоскогорья, плато), структурных и литологических (плоскогорья лавовые на гетерогенном цоколе эпиплатформенных активизированных и эпигеосинклинальных орогенических зон). Аккумулятивный и аккумулятивно-денудационный рельеф разделяется по характеру аккумуляции: равнины аллювиальные (или озерные, морские, ледниковые и т. д.) межгорных (краевых, платформенных) прогибов и т. д.

Классы рельефа вначале мыслились как высотные градации и определялись по высоте над уровнем моря. Затем были выделены «морфологические категории рельефа», которые представляют самые крупные орографические подразделения: 1) равнины, 2) холмистые территории, 3) плато, плоскогорья, горные хребты, 4) гор-

ные хребты и массивы, 5) высокие горы. Они различаются глубиной расчленения: 0—30, 30—75, 75—300, 300—600, более 600 м. Такое разделение не представляется удачным, и на наших листах мы сохранили и предложенные нами ранее высотные градации рельефа, дополнив их данными по глубине расчленения.

Опыт составления описанных во II главе мелкомасштабных карт в СССР, а также карты Мира (Башенина, Леонтьев, Заруцкая, 1967) показал, что изображение рельефа без высотных различий не способствует передаче пластики и может даже исказить его гипсометрическую характеристику. Известны ровные плоскогорья 800—900 м высоты, расчлененные двумя-тремя глубокими долинами — до 500—600 м. Наряду с ними встречаются горы высотой 1200—1300 м, четко разделенные на хребты, с той же глубиной расчленения. Показав их в масштабе карты той же высотной ступенью, что и плоскогорья, мы исказим гипсометрию рельефа и основные морфологические отличия его и не получим «портретное» изображение рельефа.

Морфоструктуры в легенде подразделяются и по возрасту (обозначается индексами).

Особый раздел легенды представляют «отдельные» формы рельефа — 157 форм и комплексов форм рельефа субаэральных, прибрежных и морского дна.

Поскольку количество морфоструктур (типов рельефа на морфоструктурной основе) не позволяет каждую закрашивать самостоятельным цветом (тем более, что и «классы» различаются по интенсивности цветного фона, что превышает любые картографические возможности), каждая крупная морфоструктура из девяти, выделенных для рельефа материков, имеет определенный набор цветов и оттенков, выдержанных в одной гамме и отличных от других мегаморфоструктур. Цвета по известной таблице цветов, составленной Д. Жвания (1962), подобраны так, чтобы крупные морфоструктуры четко выделялись на карте (красновато-коричневая гамма для эпигеосинклинальных орогенических зон, оливково-коричневая для эпиплатформенных слабоактивизированных орогенических зон и т. п.). Подбор цветов способствует отражению гипсометрии.

Аккумулятивные и денудационно-аккумулятивные равнины показываются разным цветом в зависимости от характера аккумуляции. Чтобы отличить равнины платформенных прогибов от краевых и межгорных, на последние наносится красный крап.

Структурная основа рельефа (блоковая, складчатая и пр.), на карте отражена фигурными типографскими сетками разного рисунка и того же цвета, что и окраска выше перечисленных крупных элементов рельефа.

Таким образом, количество цветов и оттенков, учитывая и разделение по интенсивности тона в зависимости от высотных ступеней, не превышает 60—65.

Изображение отдельных форм рельефа предусмотрено цветными условными знаками (5—7 цветов). Четко выделяясь на фоно-

вой окраске, разные знаки на контуре одного цвета позволяют видеть и различия денудации.

В легенде, по настоянию советских авторов и при поддержке итальянских, предусмотрены три категории активных глубинных разломов и разрывов нарушений, формирующих основной морфоструктурный план.

Как видно из описания легенды, принципы ее построения и способы изображения близки к существу мелкомасштабного и обзорного картографирования Московского университета (Башенина, Леонтьев, Заруцкая, 1967), Института географии АН СССР (карты физико-географического Атласа Мира, 1964), ранним работам ВСЕГЕИ. В легенде большое место занимают положения советских участников ее составления, и, как увидим ниже, она не случайно в известной степени «вписывается» в предложенную нами классификацию элементов рельефа разного порядка в качестве основы для геоморфологического картографирования в разных масштабах (см. ниже).

Работа по составлению легенд и карты Европы объединила ученых разных стран и способствовала унификации геоморфологического картографирования. Составление детальных геоморфологических карт даже в одной стране может отличаться в зависимости от рельефа территории, цели и масштабов съемки, но если речь идет о такой территории, как вся Европа, при составлении карты столь мелкого масштаба легче достигнуть унификации принципов и способов картографирования. Мелкомасштабные и обзорные карты на большие территории полнее отражают общий уровень геоморфологии как науки, а критерии выделения картируемых единиц более объективны.

Обзорное геоморфологическое картографирование в СССР

Начало обзорному картографированию положила первая в мире геоморфологическая карта Мира Г. Н. Панова (1953). На этой карте впервые был применен способ фоновой закрашки крупных геоморфологических выделов по их структурно-тектоническим особенностям, а экзогенное рельефообразование передано значковым фоном.

Вторая карта составлена В. Е. Хаиным и Е. Е. Милановским в черно-белом исполнении в масштабе 1 : 100 000 000 (1956). Легенда основана на морфогенетическом принципе в самом полном его смысле. На карте в качестве основного картируемого объекта выделены типы и подтипы мегарельефа материков и дна океанов, классификация которых послужила основой для легенды. Классификация разработана с учетом планетарных генетических различий элементов рельефа: истории и пути тектонического развития, направленности неотектонических движений, неодинаковости земной коры и аномалий гравитационного поля Земли.

Классификация включает элементы рельефа разного порядка, поэтому в ней учитывается и их размерность. Морфологические

различия, обусловленные причинами, указанными выше, в тексте обосновываются авторами, но на карте они отражены лишь в той мере, в какой это удалось в черно-белом исполнении.

Позже была опубликована также в черно-белом исполнении геоморфологическая карта материков в том же масштабе (Девдариани, 1958). На ней сделана попытка отразить возраст планетарных элементов рельефа материков.

В 1964 г. вышли цветные геоморфологические карты материков в масштабах 1 : 17 000 000 и 1 : 20 000 000, а также карта Мира в масштабе 1 : 60 000 000, составленные в Институте географии АН СССР под руководством И. П. Герасимова и Ю. А. Мещерякова. Карты дают богатую информацию о рельефе и впервые столь разнообразную. Если учесть, что геоморфологических карт Мира и материков такого масштаба в то время почти не было, то станет очевидной ценность этой работы, до сих пор единственной в мире. Особенно велика информативность этих карт, так как они изданы в комплексе с другими картами природы: геологическими, тектоническими, картами четвертичных отложений, климатическими, картами густоты речной сети, почвенными и др. Важно, что эти карты согласованы по содержанию, хотя это в настоящее время не просто из-за существенных разногласий по многим проблемам происхождения и направленности тектонического развития планетарных элементов рельефа Земли.

Как наиболее крупные подразделения рельефа океанического дна и материков выделены *геотектуры* (равнинные области платформ, горные сооружения складчатых областей и др.), а в них — *морфоструктуры* (аккумулятивные низменные равнины, пластовые равнины, складчато-глыбовые нагорья и т. д.). Нагрузкой второго плана показаны так называемые *морфоскульптуры*, т. е. отдельные формы и комплексы форм аккумулятивного и денудационного рельефа. На каждом материке выделяются аккумулятивные равнины, глыбово-складчатые высокогорья и другие и всюду в легенде добавлено, где это: Рейнского грабена, Альп, Большого Кавказа и т. д. Авторы попытались показать черты и типологического сходства, и регионального различия. Такая попытка интересна, но она утяжеляет и без того сложную легенду, тем более, что способы изображения одних и тех же морфоструктур одинаковы для каждого материка: фоновая окраска закреплена за каждой морфоструктурой, независимо от ее принадлежности к тому или иному матерiku. Различны лишь буквенные индексы, но система индексации сложна, плохо воспринимается и не прибавляет ничего к информации, которую дает карта. Если совмещать на одной карте два таких разных принципа, как районный и типологический, то, видимо, надо искать другие пути или составлять две карты на каждый материк.

Морфоскульптура дается цветными штриховыми и значковыми обозначениями. Для таких масштабов это, вероятно, правильно. Однако слишком дробные подразделения морфоскульптуры и, следовательно, большое количество мелких значков затрудняют их чтение на картах.

Кроме громоздкости легенд, можно отметить также и некоторую расплывчатость формулировок. Чем, например, отличаются «плато» от «пластовых равнин», «денудационные плоскогорья» от «денудационных равнин и плоскогорий?» Легенды к картам таких масштабов требуют четкости в характеристике каждого выдела.

Читаемость карт затрудняется отсутствием на них высотных градаций. Только в легенде можно прочесть «низкие горы», «высокогорья» и т. п., но в цвете эти различия не выделены; пластика рельефа не отражена. Можно и еще найти те или иные недостатки, как и в каждой большой и нелегкой работе, но они не изменяют общую высокую оценку этих карт. Очень удачен термин «морфоструктура», предложенный И. П. Герасимовым еще ранее (1946, 1956). Это понятие широко вошло в геоморфологическое картографирование и в СССР, и (в последние годы) за рубежом. И. П. Герасимов и Ю. А. Мещеряков предложили называть морфоструктурами крупные тектонические формы, выраженные в рельефе. Такое толкование этого понятия делает излишним термин «геотекстура», который не нашел применения. В настоящее время под морфоструктурами понимаются тектонические (структурные) формы, выраженные в рельефе и в той или иной степени моделированные денудацией или аккумуляцией. Морфоструктуры — неперемennyй результат взаимодействия эндогенных и экзогенных факторов на поверхности Земли. Это не обязательно крупные формы; по нашему мнению (Башенна, 1967, Башенна и др., 1974, Леонтьев, 1971, и др.), существуют морфоструктуры разного порядка: от планетарных до таких, как малые рифтовые долины длиной в несколько километров и шириной в 1,5 км.

Термин морфоскульптура не вошел в употребление ни в СССР, ни за рубежом, по-видимому, благодаря весьма разному толкованию понятия «скульптура». Трудно в этом понятии объединить разные по направлению действия процессы денудации и аккумуляции. Терминология в любой науке стареет быстро и новые термины вводить нужно, но они должны иметь вполне однозначное толкование и быть логичными и необходимыми.

В 1963 г. была составлена геоморфологическая карта Мира в масштабе 1 : 40 000 000 в Московском университете Н. В. Башенной, О. К. Леонтьевым и И. П. Заруцкой, изданная в 1966 г. По содержанию и контурам карта мало отличается от карты Института географии масштаба 1 : 60 000 000, поскольку обе, хотя и независимо друг от друга, составлялись с использованием геологических и тектонических карт, изданных в СССР и за рубежом. Она отличается по интерпретации материала, по легенде, способам изображения, по терминологии. На карте различной фоновой окраской показаны типы мегарельефа, различающиеся по главным планетарным генетическим различиям — структурным и тектоническим. По высотным различиям выделены подтипы мегарельефа, отраженные на карте интенсивностью (густотой) качественного фона, выбранного по генезису. Поэтому карта хорошо отражает пластику рельефа, что необходимо для геоморфологических карт любых масшта-

бов. Отличие геоморфологической карты от других карт природы заключается в том, что на ней показан рельеф, и на карте это должно быть видно. Однако рельеф показывается не только по различиям облика. Иначе это будет морфологическая, или орографическая, или гипсометрическая карта в зависимости от способа изображения. Общая карта должна отразить всю «триаду».

Штриховыми и значковыми изображениями на карте показаны типы денудации и аккумуляции; знаками — формы и комплексы форм рельефа; красными линиями — наиболее крупные общепланетарные глубинные разломы.

В целом карта отражает иные представления о направленности развития рельефа Земли, чем карты Института географии. Однако еще не настало время для того, чтобы утверждать, какая концепция истинна.

Что касается терминологии, то понятие «морфоструктура» нам представляется более точно передающим суть явлений, чем «тип мегарельефа». Рассматривая морфоструктуры как элементы рельефа разного порядка, мы считаем, что на обзорных картах должны показываться самые крупные планетарные морфоструктуры, а на картах съемочных масштабов — малые морфоструктуры и их элементы (склоны, гребни и др.). Поскольку типологическое сходство крупных элементов рельефа Земли материков и океанов представляет закономерность доказанную, замена понятия «тип мегарельефа» на «морфоструктура» не помешает ее увидеть на карте. На карте Мира, составленной позже в масштабе 1 : 100 000 000 (Башенна, Леонтьев, Бронникова, 1974), показаны самые крупные морфоструктуры Земли.

Геоморфологическое картирование в СССР в съемочных масштабах

В СССР в настоящее время сосуществуют два основных направления. Одно из них *генетическое*, описанное выше, корни которого уходят к ранним легендам Д. В. Борисевича (1950), А. И. Спиридонова (1952), В. Е. Ермолова (1956), Г. С. Ганешина и С. В. Эпштейна. Другое, наиболее прогрессивное для настоящего времени, новое воплощение историко-морфогенетического — *морфоструктурное*, называемое также и *структурно-геоморфологическим*. Оно развивается в ряде крупнейших коллективов: географический и геологический факультеты МГУ, ВНИГНИ, географический факультет Ереванского университета, сектор географии АН УССР, НИИ зарубежной геологии, во многих экспедициях ВАГТ'а и др. Реже составляются геоморфологические карты *историко-генетического типа*.

Направления имеют существенные различия, хотя границы между ними нечеткие. Это обусловлено накоплением большого количества еще недостаточно обобщенного фактического материала в геоморфологии за последние годы, начавшимся изучением космических снимков, которые не могло не привести к рассмотрению

фактического материала под новым углом зрения и широким обменом опытом в масштабе страны и в международном, приведшим к сближению взглядов и даже к некоторой общности легенд разных авторов, к постановке вновь проблемы унификации. Рассмотрим изменения к лучшему, которые претерпело генетическое направление с 1952 г., когда была опубликована легенда А. И. Спиридонова. Если в 1952 г. и в ряде последующих работ А. И. Спиридонов подчеркивал, что легенда не должна содержать конкретного перечня элементов рельефа, то в новой легенде (1970) им дан такой перечень из 120 наименований. Увеличилось количество генетических групп на одну (стало 13), однако логика выделения в них форм не всегда ясна. Например, конжелифлюкционные бугры попали в группу гравитационных форм, так же как и уступы нагорных террас, курумы, каменные реки и др. Тем не менее легенда представляет шаг вперед по сравнению с прежней и по существу, и по терминологии. Если ранее А. И. Спиридонов подчеркивал решающую роль в формировании малых форм рельефа экзогенных факторов, то теперь он справедливо замечает, что при составлении карты предпочтение должно быть отдано тем факторам, которые активно формируют рельеф. К ним относятся тектонические движения, вулканизм и комплекс экзогенных процессов (Спиридонов, 1970). В легенде даются условные обозначения для тектонически обусловленных элементов, а также для структурно-денудационных. Полностью учтен опыт легенды Московского университета, описанной в главе I «Методического руководства по крупномасштабной геоморфологической съемке» (1962), и в названиях генетических групп, и в отношении отображения на карте литологии коррелятивных отложений, показа возраста рельефа по интенсивности фоновой окраски, которая отводится генетическим различиям элементов рельефа, и разделения некоторых форм рельефа на деятельные и недейательные. Однако в подборе цветов, как и прежде, не ставится задача отражения облика картируемых элементов рельефа.

Несколько изменилась и легенда ВСЕГЕИ. Легенда 1972 г. также основана на изображении «граней» рельефа, но авторы уже меньше подчеркивают их однородность, указывая многофакторную генетическую обусловленность «граней». Понимая под гранями как склоны, так и поверхности, горизонтальные и субгоризонтальные, авторы выделяют пять генетических категорий рельефа — тектонический рельеф, вулканогенный, выработанный (который разделяется на структурно-денудационный и денудационный) и аккумулятивный. Перечень склонов и поверхностей, переданных на карте фоновой окраской, включает 29 типов, при этом 10 типов склонов разделяются по оттенкам в зависимости от трех градаций крутизны и два типа — от двух градаций (всего 53 цвета). Для 13 генетических групп, также повторяющих легенду Московского Университета (1960), и для прочих обозначений (разные уступы, тектонические разрывы, контуры, границы) даны 97 немасштабных значковых обозначений и 17 штриховых для показа возраста. По замыслу авторов эта легенда также предназначена для всех

масштабов. Не считая возможным с этим согласиться, мы отметим, что изданные в масштабе 1 : 200 000 образцы карт, составленные в этой легенде, выразительны; классификация форм и элементов форм рельефа, данная в значковой части легенды, позволяет применять ее при полевой съемке.

Использование А. И. Спиридоновым (1970) и Ю. А. Чемековым (1972) легенды МГУ свидетельствует о некотором сближении взглядов и о возможности унификации принципов картирования.

Вновь вышла универсальная морфохроногенетическая легенда Д. В. Борисевича в черно-белом (1966) и цветном (1968) вариантах. Легенда мало отличается от предложенной в 1950 г., предназначена для масштабов от 1 : 25 000 до 1 : 2 500 000. Принципиальная концепция заключается в том, что все элементы рельефа (как крупные, так и мелкие) можно разложить на сумму поверхностей и склонов разного происхождения. Д. В. Борисевич все поверхности (23, из них три эндогенные: вулканические, грязе-вулканические и сбросовые) разделяет на деструктивные, плоские и волнистые, горизонтальные или полого-наклонные (по сути склоны) и аккумулятивные плоские, волнистые, горизонтальные или пологонаклонные. Каждая имеет свой цвет в зависимости от генезиса. На аккумулятивные поверхности, кроме того, наносятся значки рыхлых отложений. В такие же группы объединяются склоны. Пологие изображаются сочетанием фоновой окраски генезиса поверхности и значков; крутые — только значком. Для аккумулятивных склонов генетическая окраска та же, что и для поверхности того же возраста — сочетается со знаками литологии. Возрастные подразделения показаны штриховками. Элементы геотектонических деформаций — красными линейными знаками, элементы препарировки — черными. Предусмотрены и четыре штриховых изображения для литологии коренных пород. Существенное отличие от прежней легенды Д. В. Борисевича (1950) — предназначение фоновой окраски для передачи не возрастных, а генетических отличий.

Легенда трудна для исполнения (как и в первой, используются теневые утолщения знаков и пр.). Конкретного перечня форм и их элементов не приводится, поэтому вряд ли ее можно использовать при полевой съемке. Отсутствие многих необходимых знаков (например, гребней) делает ее неприменимой для горного рельефа. На образцах карт Северного Кавказа и Урала, составленных по этой легенде, горные хребты исчезли, остались поверхности и склоны. Пластика рельефа не отражена, легенда скорее хроногенетическая.

Штриховые знаки в черно-белом варианте легенды заслуживают внимания и могут быть использованы.

Хроногенетическое направление развивается в Саратовском университете А. А. Корженевским, В. П. Филосовым и др., в Институте географии АН СССР С. К. Гореловым. Горелов предлагает такой путь составления геоморфологических карт для равнинных территорий с хорошо выраженными и датированными поверхностями выравнивания (Приволжская возвышенность и др.). Это частные геоморфологические карты и как таковые они интересны.

Следует подчеркнуть условность названий разных направлений.

Каждая карта, на которой показаны не целостные формы или морфоструктуры, а, независимо от терминологии, «границы» рельефа, или элементы, части форм или морфоструктур, является *аналитической*. Геоморфологические карты съемочных масштабов непременно должны быть аналитическими.

Общая геоморфологическая карта, отражающая элементы рельефа по различиям их облика, генезиса и возраста, представляет карту *историко-морфогенетическую*, независимо от способа изображения для каждого из трех звеньев «триады». Таковыми являются и карты морфоструктурные. От обычных геоморфологических карт они отличаются тем, что в них одинаково учитывается и экзогенная, и эндогенная генетическая составляющие.

Развитие морфоструктурного картирования обусловлено тем, что накопился большой фактический материал по изучению связи рельефа с тектоникой, неотектоникой и вулканизмом и связи малых форм с крупными (Герасимов, 1946, 1959; Ханн, Милановский, 1956; Башенниа, 1964, 1967; Милановский, 1968; Бальян, 1969, и др.). Выросли запросы народного хозяйства, поставившего перед съемщиками задачу поисков месторождений полезных ископаемых. В основе всех морфоструктурных исследований лежит «изучение закономерного соотношения между рельефом, новейшей структурой и глубинным строением» (Якушова, 1970). В ряде работ появились новые приемы морфоструктурного (структурно-геоморфологического) анализа и предложения по составлению карт такого типа, легенды для структурно-геоморфологических специальных карт на разные территории (Ушко, Троцюк и др., 1967), в том числе и на зарубежные, разные по тематике и новые по содержанию серии вспомогательных и итоговых геоморфологических карт, например палеоморфоструктурные карты на равнинные территории по кровле отложений разного возраста и современного рельефа в его связи с неоструктурами (Кузнецов, Ушко, 1967; Полканова, Проничева, 1970; Кузнецов, Якушова, 1970, и др.). Геоморфологическое картирование вступило в качественно новый и, безусловно, прогрессивный этап. Это совпало и с постановкой вопроса об организации так называемой ускоренной, или групповой, съемки как геологической, так соответственно и геоморфологической (Еремин и др., 1971). Групповая съемка (см. главу I) даст возможность заменить съемку полистную съемкой значительно большей территории без увеличения общего срока полевых работ и для средних масштабов площадную съемку — ключевой. Приведенные в книге образцы геологических карт, составленных обычным путем и при групповой съемке, убедительно показывают преимущество второй. Методика групповой съемки, по существу, не отличается от той, которая известна в геоморфологии как структурно-геоморфологическая или морфоструктурный анализ. Геоморфологические (и геологические) карты, составленные с помощью такого анализа, какими бы приемами он ни осуществлялся, значительно выше по информативности. В связи с внедрением групповой геологической

съемки по новому стоит и вопрос о кондиционности и геологических, и геоморфологических карт (рис. 7, 8). Количество точек на лист карты больше не может являться критерием кондиционности.

Существует некоторая терминологическая недоговоренность в названии нового направления в геоморфологическом картографиро-

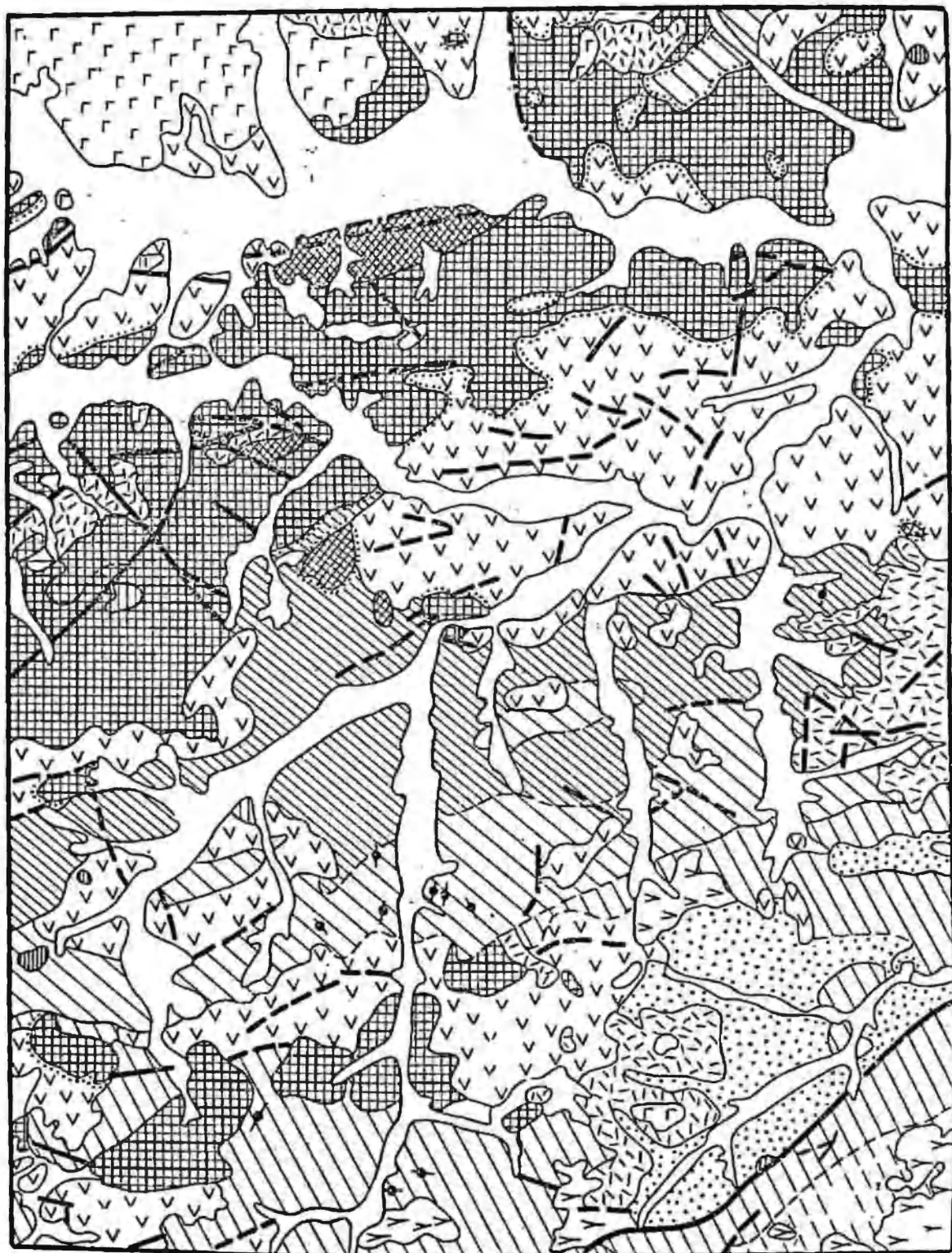


Рис. 7. Геологическая карта, составленная при полистной съемке (В. А. Фарджев)

вании. Мы считаем более правильными термины «морфоструктурное картографирование», «морфоструктурный анализ». Понятие «морфоструктура», т. е. структурная форма, моделированная в той или иной степени экзогенными процессами, хорошо передает известное еще с прошлого столетия положение о том, что рельеф есть резуль-



Рис. 8. Геологическая карта, составленная при групповой съемке. Видны разрывные нарушения, которых нет на рис. 7, большее количество выделов, иная рисовка и большая детализация (В. А. Фараджев)

тат воздействия на земную поверхность эндогенных факторов. Первичный рельеф Земли — это рельеф, созданный тектоникой. Он немедленно вступает во взаимодействие с факторами экзогенными, и задача геоморфологических исследований в любых масштабах, от планетарных до съемочных, — для каждой конкретной территории установить долю экзогенной переработки в изменении тектонического рельефа. Это входит в задачу морфоструктурного анализа. Невсрно поэтому морфоструктурной или структурно-геоморфологической картой называть карту структурных форм, не моделированных экзогенными процессами. Существенная терминологическая недоговоренность заключается и в отождествлении понятий «морфоструктурный» и «структурно-геоморфологический». Эта недоговоренность должна быть преодолена. Понятие «структурно-геоморфологическая карта» как бы подчеркивает разделение геоморфологии на «структурную» и «климатическую». Но геоморфология едина. Термины «морфоструктурная карта», «морфоструктурный анализ» четче передают это положение. Кроме того, морфоструктурное направление в геоморфологическом картировании появилось после того, как в науку широко вошло понятие «морфоструктура».

В ряде работ в последнее время (Сягаев, Якушова, 1970; Ушко, 1967, и др.) с широких позиций намечаются пути морфоструктурного анализа: 1) камеральное изучение геолого-геофизических, геоморфологических, ландшафтных и других материалов, 2) целенаправленное изучение всех данных, включая и морфометрические инструментальные наблюдения, 3) обобщение материалов и составление серии карт, схем и профилей как основания для заключительного документа — карт структурных и морфоструктурных¹.

М. В. Проппчева обосновывает необходимость дешифрирования аэрофотоснимков как одного из приемов, позволяющих сократить полевые работы. Л. К. Зятькова на примере Западно-Сибирской низменной равнины доказывает, что именно дешифрирование позволяет в закрытых районах выявить разрывные нарушения. Л. Б. Аристархова, Л. П. Полканова и Н. Г. Шубина, развивая методику В. П. Философова, приводят в качестве важного методического приема составление по топокартам карт морфоизогипс.

С. К. Горелов дает наметки классификации морфоструктур для платформенных равнин. Работы сопровождаются фрагментами структурно-геоморфологических карт (по сути карт структурных или неоструктурных форм), особенно интересных для равнин. Указанные пути морфоструктурного анализа (хотя еще без этого удачного термина) в общих чертах описаны в «Методическом руководстве по крупномасштабной геоморфологической съемке» (Башенникова и др., 1962).

Новая методика и иной тип геоморфологических карт потребовали и разработки новых легенд. В этой книге мы предлагаем свою методику и легенду как один из возможных путей решения проблемы (см. ниже).

¹ Употребляем терминологию, принятую нами.

Оригинальный путь морфоструктурного анализа для таких сложных территорий, как Армянское вулканическое нагорье, предложен С. П. Бальяном (1969). В пределах вулканического нагорья как древние, так и новейшие структурные формы погребены под молодыми (N_2-Q) эффузивами и пирокластическими породами, озерно-вулканогенными и в какой-то степени — водно-ледниковыми. С. П. Бальян исследовал указанные фации отложений по их литологии, мощности и возрасту. Вулканический рельеф он изучал в сравнении с рельефом хребтов, сложенных породами палеозоя. Сравнительное исследование (метод аналогий по С. П. Бальяну) позволило определить как рельеф фундамента Армянского нагорья, так и установить погребенные под чехлом неоген-четвертичных отложений омоложенные разломы и разрывные нарушения, которые обуславливают многие черты рельефа фундамента, ступенчатость крупных щитовых массивов, таких как Арагац, скачкообразные изменения мощности отложений, излияния молодых (голоценовых и др.) лав. Такие нарушения было бы затруднительно установить даже при детальной съемке, но это вполне возможно при сопоставлении одних участков с другими, где сходные формы рельефа выведены на поверхность тектоникой и эрозией.

С. П. Бальян учитывает все взаимосвязанные морфоструктурные, морфологические и геологические признаки (наличие флексур, вторичной «гофрировки» пластичного чехла и др.), которые не всегда встречаясь вместе, в комплексе отражают «идентичный процесс обновления под чехлом разрывных структур» (Бальян, 1969). По данным С. П. Бальяна, сравнительный анализ, по сути представляющий совокупность частных методов геоморфологии, позволяет решить применительно к Армянскому нагорью следующие проблемы: 1) выявить основные черты морфологии погребенного под эффузивами рельефа, в том числе и рельефа, который существовал перед каждым этапом излияния лав; 2) проследить генетические и геометрические особенности погребенных структурных элементов; 3) установить структурно-фациальные признаки в осадочном чехле погребенных гетерогенных морфоструктур и выявить тип, темп и продолжительность новейших движений этих морфоструктур; 4) выявить взаимоотношения форм, типов и параметров «деформационно-открытых» структур в складчатых и складчато-блоковых областях со «скрытыми» структурами вулканических районов; 5) выявить зависимость современного положения денудационных поверхностей от погребенных под лавами и от коррелятных осадочных фаций; 6) решить ряд практических задач, определить структурно-геоморфологические критерии поисков полезных ископаемых (россыпей, воды и др.). С. П. Бальян (1969) наиболее полно сформулировал главные черты морфоструктурного анализа, которые используются в настоящее время не только для изучения вулканических территорий. В комплексе с анализом космических снимков и геофизических данных такие исследования могут быть широко применены вообще для разнообразных закрытых территорий.

Ч А С Т Ь В Т О Р А Я

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ, ЛЕГЕНДЫ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ В РАЗНЫХ МАСШТАБАХ

Глава V

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЛЬЕФА КАК ОСНОВА ДЛЯ РАЗНОМАСШТАБНОГО ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

Предпосылки и обоснование геоморфологической классификации

«Во всякой самостоятельной науке общая классификация изучаемых предметов является обычно центральной теоретической проблемой» (Герасимов и Глазовская, 1960). Это положение применимо в настоящее время к геоморфологии и геотектонике, где систематика и классификация еще недостаточно разработаны, хотя эта проблема приобретает все большую актуальность. Ее следует рассматривать как методологическую.

Актуальность этой проблемы в науках о Земле очевидна потому, что они, во-первых, вступили в стадию глобальных обобщений, а, во-вторых, в них происходит и детализация, углубление, появление новых направлений, внедрение новых методик. Возможность глобальных обобщений подкрепляется изучением космической информации. Материалы геофизических исследований вместе с данными геотектоники, геохимии, географии и геоморфологии позволяют рассматривать Землю как единую саморазвивающуюся и саморегулирующуюся систему. Большое значение ротационного фактора в формировании крупных черт рельефа Земли уже не оспаривается. В ряде работ ставится задача изучения влияния космических факторов на развитие системы «Земля».

Исследование взаимосвязи внутренних и внешних оболочек Земли и взаимодействия процессов, свойственных тем и другим и происходящих на поверхности их раздела, т. е. на земной поверхности, положило конец попыткам ограничить науку о рельефе рамками только географических или только геологических наук. Это придает новый аспект проблеме классификации, хотя положение о том, что рельеф — результат взаимодействия двух групп

факторов известно с прошлого века, а по сути высказано еще М. В. Ломоносовым. Тем не менее ведущая роль эндогенных рельефообразующих факторов в формировании рельефа долго оставалась как бы в «тени». Огромный фактический материал, накопленный за два-три последних десятилетия, опроверг представление о геоморфологии как науке об «экзогенном» рельефообразовании. Опровергнутое можно считать и разделением геоморфологии на «структурную» и «климатическую».

Геоморфология — наука единая. Аспекты изучения ее предмета могут быть разными в зависимости от задач исследования. Разделение науки не может обеспечить решение одной из ее центральных проблем: создание классификации, систематики.

Рельеф поверхности Земли, как известно, представлен элементами¹ разного размера, происхождения и возраста, т. е. морфоструктурами разного ранга в совокупности с выработанными и «насаженными» формами экзогенного происхождения. В процессе познания раскрываются закономерности развития взаимосвязанных элементов рельефа. Являясь результатом анализа и синтеза сведений о рельефе, классификация должна отражать уровень наших знаний о нем. Отсутствие классификации — серьезное препятствие для рассмотрения рельефа в его развитии и в сложных природных взаимосвязях, а это тормозит развитие общей теории науки.

Геоморфологическая систематика — это прежде всего классификация морфоструктур, основанная на их генетическом и размером соподчинении, т. е. на таксономии. Большое теоретическое и методологическое значение проблемы систематики и классификации заключается и в том, что все малые элементы в развитии связаны с крупными как *части и целое*. Создание классификации — процесс познавательный, он помогает вскрыть и осознать закономерности развития малых элементов в их связи с крупными.

Практическое значение классификации, как известно, заключается в том, что она является основой составления систем единых легенд карт разных масштабов (Башенна, 1967). Классификация, составленная по реальным таксономическим соотношениям элементов рельефа разного ранга, через легенды и карты дает возможность объективного документального отражения геоморфологических объектов и рационального использования карт. Геоморфологические методы исследований будут применяться в будущем не только в известных ранее прикладных аспектах, но и для решения вопросов о разумном использовании и охране природных ресурсов (Сидоренко, 1970) и природной среды в целом. Однако решение всех этих вопросов невозможно без опоры на геоморфологические карты. Но проблема сравнимости карт, поставленная много лет назад, не решена, и это в значительной мере обусловлено недостаточно разработанной классификацией.

¹ Термин «элемент рельефа» употребляется как понятие свободного пользования независимо от его размеров (материк — промоина).

Попытки создать классификацию элементов рельефа делались, как уже говорилось, неоднократно. Все классификации неполны и не совсем удачны, особенно те, которые построены формально. В таких классификациях объекты выделяются на всех таксономических ступенях по одному признаку, хотя очевидно, что признаки разделения объектов первых порядков существенно отличаются от тех, по которым выделены элементы рельефа низших порядков. Чем меньше порядок, чем крупнее элемент рельефа, тем более тот или иной признак, важный для малых объектов, оказывается несущественным. Чтобы избежать этого, классификация должна быть построена на основе следующих принципов.

1. По сущности объектов, т. е. она должна быть *сущностной*. Объекты, которые выделяются на разных таксономических ступенях, не могут характеризоваться одинаковыми признаками. Для объектов разного порядка признаки различны, потому что их существенные, главные черты неодинаковы. Они изменяются в связи с изменением на разных таксономических ступенях *меры* — единства количества и качества, создающего целостность объектов и явлений.

2. Классификации должны отражать и *качественную*, и *количественную* стороны объектов. Обе они закономерно связаны и могут выступать диагностическими признаками по отношению друг к другу. На данном этапе развития геоморфологии в общей классификации элементов рельефа за ее основу можно взять качественную сторону, не забывая и о количественной, т. е. о размерах (о трехмерности) элементов рельефа, зон глубинных разломов и разрывных нарушений, о величинах скоростей неотектонических и современных движений, скоростей и объемов сноса, величинах денудационного среза (если его возможно определить).

3. Основные классификационные единицы всех порядков должны представлять *целостности*, т. е. объекты, части которых не могут образоваться и развиваться отдельно друг от друга. Отдельно они могут существовать как реликты, если целостность разрушена (например, часть взорвавшегося вулканического конуса). Другими словами, целостность — это сочетание компонентов (элементов рельефа. — Н. Б.) низшего порядка, которое дает новое качество, притом такое, которого ни один компонент сам по себе не дает (Афанасьев, 1966). Таким образом, понятие целостности, применимое к разнопорядковым элементам рельефа, представляет не сумму элементов рельефа низших порядков, а их закономерное сочетание. На разных ступенях таксономической лестницы изменяется тип взаимодействия элементов рельефа и между собой, и с окружающей средой. Рассматривая элементы рельефа всех порядков в их развитии и взаимосвязи, мы можем установить степень динамического равновесия того или иного элемента как целостности, стремление к которому представляет движущую силу развития.

4. Классификация должна отражать причину появления в рельефе того или иного геоморфологического объекта как следст-

вия определенного пути развития, т. е. она должна быть *причинной* или *причинно-следственной*. Если она отражает связь причинной и следственной сторон геоморфологического объекта, то она будет *признаковой*, т. е. основанной на самых существенных, главных признаках объекта (Философская энциклопедия, 1960). В такой классификации все главные, существенные признаки или стороны объектов найдут свое место, хотя и на разных таксономических ступенях. Примером такой классификации может служить классификация морских берегов, составленная О. К. Леонтьевым, в которой на первой ступени берега делятся по преобладающему фактору формирования берега, на второй — по стадии развития берега, на следующих ступенях появляются уже два признака, но именно эти два передают существенные черты берега.

5. Классификация должна быть *историко-генетической*. Всякий элемент рельефа (всякая целостность) образовался в процессе определенного развития, т. е. каждый элемент рельефа любого порядка имеет свой генезис и историю формирования, поэтому при составлении классификации элементов рельефа как целостностей необходимо учитывать историко-генетический принцип.

6. На каждой ступени классификация должна отражать закономерную *связь общего и отдельного*. Например, рельеф Земли как общее существует в четырех отдельных формах: 1) океанические впадины или ложе океана; 2) зона перехода между океанами и материками; 3) материковые платформы; 4) рифтовые зоны океанов и материков (Леонтьев, 1971). Это самые крупные планетарные морфоструктуры. Между ними есть и сходство, и глубокие различия. Они отличаются, например, мощностью и типами земной коры и верхней мантии (Деменицкая, 1967). Но прежде всего это результат определенной направленности тектонического развития за геологическую историю Земли. Многие исследователи эти элементы рельефа, отвечающие структурным формам первого порядка, рассматривают как стадии развития коры и, следовательно, как стадии геологического этапа развития рельефа Земли.

На следующей, второй, ступени представим материковые платформы как общее. Это общее находит выражение в двух отдельных формах: собственно материковые платформы (суша) и маргинальная (краевая) зона материка, включающая шельф, материковый склон и материковое подножие. Их неодинаковое выражение в рельефе обусловлено изменением интенсивности тектогенеза за геологический этап развития Земли.

Переходная зона как общее также существует в двух отдельных формах — современные геосинклинальные зоны и эпигеосинклинальные орогенетические зоны материков, рифтовые зоны — срединно-океанические хребты и зоны материкового эпиплатформенного и эпирогенного рифтогенеза (Милановский, 1975) и т. д. Материковые платформы как общее на третьей сверху ступени классификации выявляются в виде равнин и гор платформ. Равнины платформ на четвертой ступени как общее представлены равнинами аккумулятивными и равнинами денудационными и т. д.

Из сказанного следует, что основу предлагаемой нами классификации представляет выделение целостностей. С этих позиций понятие «генетический тип рельефа», по существу, не имеет четких рамок. Поэтому тип рельефа вряд ли может быть принят как основа классификации реальных элементов рельефа. Типы рельефа — это своего рода «рулонный материал», из которого можно нарезать куски каких угодно форм и размеров. Для крупных элементов рельефа тип рельефа может совпадать с понятием «морфоструктура». Например, аккумулятивная равнина, приуроченная к опущенному блоку (иногда сложному, гетерогенному) с определенным тектоническим режимом, которым определяется рельеф и размеры равнины. Равнина как морфоструктура имеет определенные границы, и, если рассматривать типы рельефа в этих границах для более низших ступеней классификации, различие этих понятий будет лишь терминологическим. Ввиду разночтения понятия тип рельефа лучше использовать термин морфоструктура. Морфоструктуры разного таксономического ранга отражают неодинаковый характер взаимодействия эндогенных и экзогенных факторов на поверхности раздела внутренних и внешних оболочек Земли и «корни» их находятся на разной глубине.

Морфоструктуры как бы организуют экзогенные процессы. Неодинаковый характер взаимодействия эндогенных и экзогенных факторов, обуславливающий морфоструктуры разного порядка, заключается в видимом различии роли тех и других факторов в формировании крупных и малых элементов рельефа. Например, на четвертой сверху ступени классификации равнины, материковых платформ выражены в виде равнин аккумулятивных и равнин денудационных. В основе такого выражения равнин в рельефе Земли лежит направленность главным образом неотектонических движений. «Живые» — в настоящее время существующие аккумулятивные равнины — это области опускания. Денудационные равнины — области устойчивых платформенных поднятий, в которых снос преобладает над накоплением, хотя иногда и незначительно. Знак неотектонических движений предопределяет на этой ступени классификации направленность процессов экзогенных: денудацию или аккумуляцию. Если представить аккумулятивные равнины как общее, увидим, что на пятой сверху ступени равнины выражены в своих отдельных формах в зависимости от типа прогиба и глубины залегания коренного основания (с глубоким залеганием, с близким), которые обуславливают существенные различия в рельефе равнин. Так, близкое залегание неровного коренного основания создает большую пестроту и сложность аккумулятивного рельефа. В более низших порядках равнины, например, на глубоко залегающем основании уже будут различаться в зависимости от характера аккумуляции: ледниковые, ледниково-морские, озерные и др. Тип аккумуляции определяется не только климатическими факторами, хотя они и играют большую роль. В одних и тех же климатических условиях могут сосуществовать аккумуляции морская, аллювиальная, озерная, пролювиальная, пролювиально-

селевая. В известной мере тип аккумуляции обусловлен также и тектоническими условиями. Например, пролювиально-селевая аккумуляция наблюдается только в горах, морские аккумулятивные равнины образуются в результате поднятия прибрежной подводной или опускания подводной части дна моря.

Горы орогенических зон и денудационные равнины на пятой и шестой ступенях классифицируются по различиям структуры, субстрата и литологии. Денудационные равнины на пятой ступени разделяются на равнины на складчатом основании, на горизонтально залегающих пластах (плато) и т. д. Самым существенным для денудационных равнин является то, что благодаря денудации в рельефе выступают структурно-литологические особенности, отличающие одну равнинную морфоструктуру от другой. На шестой ступени денудационные равнины материковых платформ также различаются по еще более тонким различиям структуры и литологии коренных пород, находящих отражение в рельефе, а не по типу денудации. Тип денудации для равнин и гор на этой ступени таксономической «лестницы» еще не является существенным признаком. Следовательно, если исходить из *сущности* объектов, то классифицировать морфоструктуры даже на одной ступени нужно по разным признакам.

Для морфоструктур более низшего порядка (шестого, седьмого) единые признаки тем более не позволят выявить существенное и могут стать тормозом для такого выявления. При составлении геоморфологической карты СССР масштаба 1:4 000 000 (1959 г.), мы пошли, как указывалось выше, по пути выделения элементов рельефа гор и равнин для одной ступени на основании одинаковых признаков. В итоге наряду с ледниковыми и, к примеру, водноледниковыми аккумулятивными равнинами появились «горы высокие с ледниковой обработкой». Такой характеристики недостаточно для отражения главных существенных особенностей их рельефа. Это пример классификации по внешним, несущественным чертам.

Трудно согласиться с Д. Л. Армандом и А. И. Спиридоновым (1975), которые считают, что классификация как рельефа, так и географических объектов должна основываться только на логических законах деления понятий. Защищая формальные (не по существенным признакам) классификации, Д. Л. Арманд подчеркивает неизменность законов логики (но они меняются, так как меняется отражение объективного мира в нашем сознании) и основанные на этом три правила классификации: 1) логический закон деления понятий; 2) в пределах одной ступени должен выдерживаться один классификационный признак; 3) недопустимость пропуска логических ступеней. Но и с этим вряд ли можно согласиться. На какой-то ступени один (или несколько) элемент рельефа предыдущей ступени разделяется на элементы следующей, более низшей ступени, но иногда один (или несколько) из элементов может разделиться только на еще более низшей ступени. Так пропускается одна ступень. Например, одна из морфоструктур второ-

го порядка — «эпигеосинклиальная орогенпческая зона» — четко разделяется на морфоструктуры низшего порядка только на четвертой ступени. На третьей ступени ее можно разделить лишь условно на горы альпийского орогенеза зрелых островных дуг и материков.

Вряд ли стоит ее во что бы то ни стало искусственно делить. Невозможность деления на каждой ступени свидетельствует о неравномерности наших знаний об элементах рельефа всех ступеней в настоящее время.

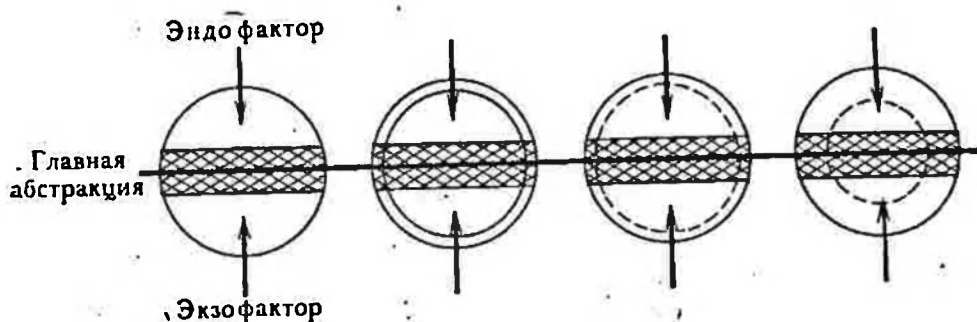


Рис. 9. Взаимодействие эндогенных и экзогенных процессов в морфоструктурах разного порядка (по М. В. Пиотровскому)

Классификация и легенда в известной степени научные абстракции. Научная абстракция — это отвлечение от тех или иных несущественных сторон явлений. Абстракции допустимы и необходимы в познании объективного мира при одном условии — они должны помочь лучше понять объективную действительность. Однако абстракции могут быть разными.

Главные абстракции обобщенно отражают сущность явлений — в данном случае рельефа. Второстепенные, или частные, абстракции могут отражать лишь отдельные стороны явлений формирования рельефа¹. Это можно представить графически (рис. 9). Ядра на графике показывают сущность элементов рельефа разного порядка, которые везде фактически являются результатом взаимодействия эндо- и экзогенных факторов. В этом общая сущность всего рельефа Земли. Поэтому и существенные черты отдельных элементов рельефа разного порядка как частные проявления общей сущности можно объединить «полосой» главных абстракций. Она — главная основа классификации рельефа, поэтому и проходит в пределах всех ядер, представляя элементы классификации для той или иной таксономической ступени (естественно, на рис. 9 дан лишь пример). В пределах главной абстракции как основы классификации, идя от низших ступеней к высшим, мы можем генерализовать морфоструктуры по их существенным чертам вплоть до самых крупных — первого порядка. При этом мы неиз-

¹ Частные они лишь для рельефа. Например, эндогенный фактор для внутренних оболочек Земли является главным, и для изучения этих оболочек соответствующая абстракция идет главной.

бежно как бы все больше освобождаем классификацию от тех конкретных черт, которые несущественны для высших ступеней. Однако содержанием классификации всегда остаются реальные элементы рельефа, поскольку мы нигде не разрушаем их целостности, а учитываем различные проявления взаимодействия эндогенных и экзогенных факторов для элементов рельефа разных порядков.

Можно создать геоморфологические классификации на основе частных (для рельефа) абстракций, т. е. только по эндогенным или только по экзогенным факторам, но для рельефа это уже будут абстракции искусственные, так как нет элементов рельефа, созданных только одной группой факторов. Например, овраги и дюны кажутся чисто экзогенными формами. Однако они развиваются на территории с определенным тектоническим режимом. Дюна формируется на аккумулятивной толще, накопившейся в результате определенного соотношения сноса и аккумуляции, обусловленных тектоническим режимом и климатом. Эндогенный фактор здесь выступает как бы в скрытом виде, но как реальная причина этих соотношений.

Представим себе карту, на которой показан овражный рельеф. Очевидно, что она отражает реальные формы рельефа, но она не объясняет, почему здесь такой рельеф. Чтобы объяснить, т. е. дать общую геоморфологическую карту, мы должны привлечь эндогенный фактор. Известно, что на Среднерусской возвышенности большие скопления оврагов фиксируют большие величины новейших и современных поднятий.

Классификация берегов строится на различных формах, связанных с волновым, неволновым движением, продольным и поперечным перемещением наносов. Однако все берега, по данным В. П. Зенковича и О. К. Леонтьева, различны в пределах двух основных типов: берегов поднятия и берегов опускания. Не будь тектоникой приведены в соприкосновение твердая и водная оболочки на определенном уровне, не было бы берега. Характер перемещения наносов зависит от конфигурации берега и всего бассейна, связанной с тектоникой.

Когда мы рассматриваем «чисто» морские явления в формировании берегов и т. п., что иногда необходимо, мы как бы отвлекаемся от эндогенных факторов.

Можно изучать, например, движение приливной волны в разных условиях. Но эта частная задача не может решаться вне изучения приливо-отливов в целом.

Классификации эндогенных и экзогенных элементов должны быть; они полезны, но ни по отдельности, ни в сумме не заменяют главной классификации. Именно главная классификация организует исследование, является существенной частью теории геоморфологии. С ее учетом создаются легенды к общим геоморфологическим картам. Классификация эндогенных элементов или явлений имеет следствием легенды к картам тектоническим, неотектоническим, а классификация экзогенных явлений — легенды к

картам экзогенных процессов. И те, и другие будут отражать реально существующий рельеф, но не будут полно объяснять его происхождение.

Существенно изучение взаимосвязи малых и крупных элементов рельефа. Развитие всех малых и так называемых чисто экзогенных форм (или элементов) рельефа (как аккумулятивных, так и денудационных) связано с морфоструктурами, в пределах которых они формируются. Так, представление о Западной Сибири не исчерпывается определением ее как низменной аккумулятивной равнины. Это блок, выкроенный по системе глубинных разломов и опущенный. Опускание обусловило аккумуляцию, т. е. определенное направление действия экзогенных процессов. В связи с вытянутостью Западной Сибири с юга на север более чем на 20° аккумуляция носила зональный характер. Ледниково-морские отложения и формы рельефа, обусловленные ими, к югу, как известно, сменяются озерно-аллювиальными. Однако все малые элементы аккумулятивного рельефа развиваются на общем тектоническом фоне и отличаются от элементов того же экзогенного генезиса в других блоках аналогичного порядка, но с иным тектоническим развитием: в поднятом блоке Среднесибирской возвышенной равнины, в остаточных Уральских платформенных горах и др.

Из форм, обусловленных процессами, происходящими в мерзлом грунте, в горах мы встретим гольцовые педименты, на аккумулятивной равнине (при прочих равных климатических условиях) — многолетние бугры пучения, на прогибающихся аллювиальных равнинах, где одновременно с формированием аккумулятивной толщи образуется жильный лед, — крупные аласы в разных стадиях развития. Многолетний мерзлотный бугор, казалось бы, — форма чисто экзогенного происхождения, однако он образуется лишь при тектоническом режиме, обуславливающем накопление отложений. Для его образования не обязательны грандиозные мощности осадков Западно-Сибирской равнины. Но при длительном опускании и большой мощности осадков многие формы специфичны.

Кроме того, и аккумулятивные формы рельефа Западной Сибири, и конфигурация долин и других форм сложнее, чем представлялось ранее, так как разломы фундамента и его сложный рельеф влияют и на рельеф поверхности равнины (выявлено по космическим снимкам). Другими словами, опускание, притом, видимо, неравномерное, и накопление обусловили особое следствие проявления климатических факторов рельефообразования. Ясно, что *существенные* черты, например, многолетнего бугра пучения как элемента рельефа, иные, чем Западносибирского блока (равнины) в целом. Бугристые формы рельефа *как целое, общее* существуют в *отдельных* формах — многолетние бугры пучения, бугры-могильники и др. Это сходные формы: все они обусловлены наличием мерзлого грунта. Но они различны. Причина различий заключается в неодинаковой мощности грунта, мощности мерзлого грунта, мощности слоя сезонного промерзания и оттаивания,

крупности грунта. Причины, таким образом, и климатические, и тектонические.

Естественно, что крупные морфоструктуры с разнонаправленным тектоническим режимом и, к примеру, бугристые формы рельефа стоят на разных ступенях классификации. Поэтому и классифицировать их надлежит по разным признакам, но по тем, которые вскрывают самые существенные черты разнопорядковых элементов рельефа. Поднимаясь с нижних ступеней классификации па верхние (или наоборот), мы переходим от одной сущности к другой, от одних существенных черт к другим.

Выше приведены лишь примеры классификации элементов рельефа разного ранга. В настоящее время, как указывалось, еще нет вполне удовлетворительной общей геоморфологической классификации элементов рельефа разного порядка. Можно назвать удачными лишь некоторые частные классификации — берегов, мерзлотных форм, русловых, песчаного рельефа, склонов.

Положение о том, что практическая ценность общей геоморфологической классификации определяется информативностью и качеством карт разных масштабов, легенды к которым строятся на ее основе, позволяет считать создание классификации единственным путем для выработки единых принципов разномасштабного геоморфологического картографирования. Классификация элементов рельефа разного порядка как основа для легенд карт обуславливает и возможность картирования геоморфологических объектов по их существенным чертам и генерализацию при переходе от крупных масштабов к мелким. В классификации «поверхностей рельефа», «граней» генерализация не предусмотрена. Легенды, где основной объект картирования — «границ», предлагаемые для всех масштабов, предусматривают только «геометрическую» генерализацию, т. е. укрупнение контуров. Если для масштабов 1:25 000—1:50 000 генерализация для некоторых разделов такой легенды в какой-то степени может быть и существенной, смысловой, то уже для масштаба 1:1 000 000 и тем более 1:2 500 000 она проводится по абсолютно несущественным признакам. Так, для некоторых территорий возможно картировать склоны и в мелких масштабах, но существенное в характеристике склона в разных масштабах различно.

Склон смыва как элемент морфоструктуры в мелких масштабах исчезает, так как уже не смыв определяет генетическую сущность склона. Понятие «склон», применяемое для его изображения в масштабах 1:2 500 000, сложно и по генезису, и по морфологии. В него входят наклонные сниженные хребты, гряды и ступени предгорий и др. Определение такого элемента рельефа, как склона смыва, уводит от главного, чем этот склон создан. Следовательно, при механическом применении одной легенды существенные признаки склона неизбежно опускаются. В масштабах мельче 1:2 500 000 вообще нельзя выделить склоны. Количество сложных элементов рельефа, составляющих склон, переходит в новое качество, которое нельзя игнорировать. Надо найти «порог», устано-

вить переход. Кроме того, «генетически однородная поверхность», или «грань», не имеет объема и поэтому не пригодна для картирования крупных морфоструктур, генетические корни которых уходят на разную глубину в земную кору и даже в мантию (Башенна, 1967).

Ориентировка исследования на выделение «однородных» поверхностей — это ориентировка на изучение отдельных элементов вне связи с другими, что не может не создавать известной разорванности теоретического анализа. Кроме того, «однородность» поверхностей — понятие условное и масштабное. Любая «однородная» поверхность при картировании в более мелком масштабе оказывается неоднородной. Поверхности, которые будут показаны как «однородные» на картах масштаба 1:2 500 000, фактически будут большей частью представлять комплексы форм или целостные морфоструктуры. Это признается и сторонниками термина, которые указывают, что в этом случае «однородность» означает относительное постоянство состава комплекса, образуемого закономерными и неоднократно повторяющимися сочетаниями определенных элементов рельефа. В таком случае вряд ли следует говорить об «однородности»; не стоит подменять необходимое понятие элементов рельефа как целостностей разного порядка даже условно «однородными» единицами. Целостность неизбежно должна состояться из различных взаимодействующих элементов. Различие, переходящее в противоположность, — стимул развития. Это — важнейшее положение диалектики. Если рассматривать «генетически однородные поверхности» как элементы целостностей, то и это не улучшит положения, так как они лишь в первом приближении «однородны». Например, конус выноса, выделяющийся на картах средних масштабов как целое, казалось бы, однороден, как и всякая другая простая малая форма рельефа. Однако все такие формы — комплексы той или иной сложности и как целое выделяются условно, если иначе выделить не позволяет масштаб: так, конус выноса — результат движения струй потоков, их режима, блуждания, наличия слоев материала различной крупности как в потоке в целом, так и в отдельных струях, форм микрорельефа, возникающих при разном режиме, и т. д. Последнее имеет целью картографическое обобщение представлений о наиболее общих чертах строения рельефа Земли.

Одним из важнейших достижений современной геотектоники является учение о глыбовой структуре тектоносферы (Пейве, 1960; Хаин, 1963, и др.), сущность которого заключается в том, что земная кора и подстилающая ее мантия рассматриваются как горизонтально неоднородное образование, состоящее из блоков различных размеров, ограниченных системами глубинных разломов разного порядка и разной глубины заложения. Блоковое строение тектоносферы и разнонаправленные движения таких блоков находят выражение в строении поверхности Земли в виде блоковых морфоструктур неодинакового таксономического ранга. Крупнейшие из них могут быть названы мегаморфоструктурами.

Классификация мегаморфоструктур может служить основой для разработки систем условных обозначений для геоморфологических карт Мира и материков. При составлении таких карт наряду с привлечением данных о рельефе, о глубинном строении земной коры и верхней мантии важнейшее значение приобретают орбитальные снимки земной поверхности, запечатлевшие ее важнейшие морфоструктурные особенности, которые не получают отражения на обычных аэрофотоснимках или топографических картах вследствие их крупного масштаба. В пределах океанов, где орбитальные снимки пока еще не дают необходимой геоморфологической информации, выделение морфоструктур проводится на основании материалов эхолотных промеров и составленным по ним новейшим батиметрическим картам, а также по геофизическим данным, которые позволяют судить о глубинном строении тектоносферы под океанами более уверенно, чем это было возможно полтора-два десятилетия назад. Термин «морфоструктура» прямо ориентирует составителей карт и тех, кто ими пользуется, на то, что они имеют дело со сложными объектами, которые при любой потребности в детализации и составлении геоморфологических карт крупных масштабов могут быть «развернуты» в изображении не целостных крупных морфоструктур, а их элементов (склонов, гребней и пр.).

Генерализация геоморфологических карт должна идти по пути картирования все более крупных естественных комплексов с последовательным сокращением показа их составных частей. Поскольку понятие «морфоструктура» — одно из важнейших понятий современной геоморфологии, подразумевающее органическое единство геологической структуры и рельефа, оно необходимо при составлении общих геоморфологических карт.

Понимание морфоструктуры или формы рельефа как *объемных* элементов рельефа с определенной геологической структурой и «корнями» разной глубины, стимулирует углубленное изучение связей рельефа и геологического строения и тем самым — развитие контактов между геоморфологией, геологией и геофизикой.

Классификация морфоструктур для обзорного картографирования

Классификация крупных морфоструктур необходима для мелкомасштабного и обзорного геоморфологического *картографирования*.

Поскольку морфоструктурный анализ включает выявление глубинных разломов и разрывных нарушений разного порядка, он является важным этапом геоморфологических исследований всех масштабов. Крупнейшие структурные формы — блоки ограничены разломами разной глубины заложения. Разнонаправленные подвижки и деформации блоков связаны с движениями по разломам. Первичная разрывная тектоника (Хаин, 1963) создает структурные формы разного порядка, которые выражены в рельефе блоковыми морфоструктурами.

В пределах крупнейших морфоструктур глубинные разломы, разрывные нарушения и обусловленная ими блоковая тектоника определяют, по-видимому, морфоструктуры многих порядков.

Поскольку мы исходим из представлений о разломных обрамлениях морфоструктур высших порядков, для картографических целей большое значение имеет и классификация глубинных разломов, выраженных в рельефе. Предлагаемая ниже классификация близка к той, которая была разработана В. Е. Хайным (1963). Отличается она в основном геоморфологическим аспектом.

Предварительная классификация глубинных разломов и разрывных нарушений разного порядка по их роли в рельефе (по И. В. Башенпой)

1. *Зоны сверхглубинных разломов*, главным образом определяющие формирование крупнейших горных сооружений геосинклинальных и эпигеосинклинальных орогенических зон в разных стадиях развития — от «живых» переходных зон с юными островными дугами и глубоководными желобами до зрелых горных систем (Средиземноморский пояс и др.). Протяженность — многие тысячи, ширина — сотни километров.

2. *Зоны глубинных разломов*, преимущественно определяющих формирование срединноокеанических хребтов и эпиплатформенных орогенических рифтовых зон на материках. Протяженность — тысячи, ширина — сотни километров.

3. *Зоны глубинных разломов*, разделяющих крупные отрезки орогенических зон с разнонаправленными вертикальными движениями. Протяженность — многие сотни километров.

4. *Глубинные разломы*, определяющие основные региональные морфоструктуры орогенических зон и платформ, отделяющие горное сооружение от краевого прогиба, прогиб от платформы, синеклизу от антеклизы, определяющие долины крупных рек, крупнейшие решетчатые, ячеистые и кольцевые структуры и др. Протяженность — многие сотни километров.

5. *Региональные глубинные разломы*, обуславливающие региональные и субрегиональные морфоструктуры орогенических зон и платформ и их блоковое строение. Протяженность — сотни километров.

6. *Региональные глубинные разломы*, определяющие блоковое строение морфоструктур (сложные горстовые массивы и хребты, впадины на пересечении разломов и др.), рифтовые долины¹, региональные «фацеты», сложные сбросовые склоны массивов и хребтов и др. Протяженность — первые сотни и десятки километров.

7. *Разрывные нарушения*, определяющие мезоморфоструктуры и их элементы (малые рифтовые долины, концевые и боковые

¹ Речные долины и рифтовые впадины разного порядка обусловлены разломами и разрывными нарушениями также разного порядка.

хребты (отчлененные горстовые хребты), «клавишные» горстовые хребты, сбросовые¹ склоны и обрывы, тектонопедименты, наложенные впадины — грабены и пр. Протяженность — первые десятки километров.

8. *Разрывные нарушения*, нередко развивающиеся автономно, определяющие блоковое строение мезоморфоструктур и их элементов («клиновидные» и «чешуйчатые» горсты склонов, выдвинутые вершины — малые горсты склонов, мелкоступенчатые склоны тектонического и гравитационного отседания, малые решетчатые и кольцевые морфоструктуры, отсевшие горсты-оползни, блоковые ступени, наложенные малые впадины-грабены, седловины, крупные лога и ущелья, педиментные «забой» и пр.). Протяженность — километры.

9. *Трещины*, предопределившие раздробленность² мезоморфоструктур, участки мезоморфоструктур, «микроморфоструктуры» и малые формы экзогенного происхождения — лога, курумы, промоины, малые локальные педиментные «забой», мелкую ступенчатость склонов, ригели³.

Выделение глубинных разломов разных порядков проводится по глубине заложения, протяженности и ширине, типу вулканизма, характеру движений по ним, по их роли в ограничении морфоструктур того или иного порядка и соответственно по их выражению в рельефе. В настоящее время выражение в рельефе — один из главнейших признаков выявления разломов разного порядка. Четкой зависимости между порядками глубинных разломов и разрывных нарушений и порядками морфоструктур не наблюдается и можно говорить лишь о преобладании того или иного типа глубинных разломов, оконтуривающих морфоструктуру данного порядка. Региональные морфоструктуры низших порядков чаще всего очерчены участками разломов разного порядка, так же как и отдельные блоки, составляющие эти морфоструктуры. Границы морфоструктур, таким образом, составляют в результате сложного «монтажа». Участки одних и тех же разломов могут быть выражены в рельефе по-разному, ограничивая элементы других крупных морфоструктур, или на каких-то отрезках вообще не получить отражения в рельефе («отсеченные»; участки разломов).

Н. В. Башенной, а также О. К. Леонтьевым (морфоструктуры дна океанов первых пяти порядков) и М. В. Пиотровским (морфоструктуры и их элементы седьмого, восьмого и девятого порядков) сделана попытка составления классификации морфоструктур: от самых крупных планетарных до морфоструктур и их элементов,

¹ Под «сбросами» понимаются как поднятия, так и опускания по разломам и разрывным нарушениям.

² Раздробленность крупных морфоструктур определяется и разрывными нарушениями высших порядков.

³ Разрывы этого порядка находят геоморфологическое выражение также в лавинных и камнепадных лотках, линейных курумах, поперечных «рвах» и т. п. Широко развиты в разнообразных и разновозрастных горных территориях — Алданий и Балтийский щиты, Алтай, Карпаты, Кавказ и др.

которые изучаются при полевом картировании в разных масштабах. Разумеется, классификация не претендует на полноту; для крупных морфоструктур она пока, видимо, и недостаточно генетическая, так как много неясного в вопросе о причинах тектонических движений, их механизма и особенно — глубинности.

Материки, переходная зона между океанами и материками и ложе океанов давно рассматривались как структурные формы первого порядка (Хаин, Милановский, 1956). По современным данным, для материков и океанов можно выделить четыре главных типа земной коры, имеющие планетарное значение: *материковый, океанический, геосинклинальный и рифтогенный*. Особенности двух первых типов общеизвестны и установлены давно (см. сб. «Земная кора» под ред. А. Полдверварта, 1956). Изучение так называемых переходных зон и сопоставление строения свойственного им типа земной коры в альпийских орогенических поясах позволяет выделить третий тип земной коры, который может быть назван геосинклинальным. Он характеризуется мозаичным, но закономерным сочетанием блоков материковой, океанической, а также таких разновидностей, как субматериковой и субокеанической земной коры и максимальной подвижностью.

Исследования в срединноокеанических хребтах, а также в зонах развития рифтовых структур на материках (см. сб. «Система рифтов Земли» под ред. Н. А. Беляевского, 1970; О. К. Леонтьев, 1971; А. Ф. Грачев, Р. П. Деменицкая, 1970; «Проблемы рифтогенеза» под ред. И. А. Флоренсова, 1975 и др.) показали необходимость выделения четвертого типа земной коры, рифтогенного, характеризующегося повышенной плотностью земной коры, рифтовой структурой и высокой степенью подвижности. Г. Менардом в 1960 г., Н. В. Башениной в 1964, а позднее — О. К. Леонтьевым и рядом других ученых было выдвинуто положение о связи рифтовых зон океанов и материков и об общих причинах образования срединных хребтов и так называемых «зон активизации платформ» — внедрении в толщу материковой или океанической земной коры глубинного материала из верхней мантии, местном расширении и взламывании коры, находящихся выражение в дифференцированных сводово-блоковых движениях (поднятиях и опусканиях), образовании рифтовых структур, вулканических и магматических процессах.

Соответственно главным типом земной коры выделяются мегаморфоструктуры первого порядка — материковые платформы, переходные зоны между ложем океана и материками, рифтовые зоны и ложе океана (приложение I). Материковые платформы — крупнейшие выступы рельефа Земли. Для них характерна относительная тектоническая стабильность. Большая часть этих морфоструктур первого порядка лежит ниже уровня Мирового океана, меньшая представляет сушу.

Переходные зоны в геотектоническом отношении соответствуют геосинклинальным областям в разных стадиях их развития. В геоморфологическом отношении они выделяются прежде всего как

области наиболее контрастного рельефа, что является отражением максимальной активности и дифференцированности тектонических движений. Важнейшую роль в формировании рельефа зон играл и продолжает играть вулканизм.

Рифтовые зоны, как упоминалось, — зоны весьма мобильной земной коры.

Морфоструктуры второго порядка выделяются по различиям общей направленности тектонических движений и изменениям их интенсивности за геологически длительное время, обусловленным, видимо, различиями глубинных процессов. По этому признаку материковые платформы, включая щиты и платформы (плиты в понимании тектонистов-классиков), могут быть разделены на собственно материковые платформы (сушу) и маргинальные (т. е. окраинные) зоны, включающие шельф, материковый склон и материковое подножье. Переходные зоны делятся на современные геосинклинальные и эпигеосинклинальные зоны, рифтовые — на зоны орогенной активизации материковых платформ (эпипорогennyй рифтогенез по Е. Е. Милановскому, 1975) и на срединноокеанические хребты, ложе океана — на океанические котловины и океанические поднятия.

Облик зоны рифтовой активизации континентов при нормальной мощности земной коры близок облику срединноокеанических хребтов. В Средней и Центральной Азии, где мощность коры очень велика, — это крайне сложные системы блоковых и сводово-блоковых поднятий и впадин, внешне имеющих мало общего с рифтовыми структурами океанов. Общей чертой и тех и других является новообразованный рельеф, развивающийся либо на месте бывших талассократонов (ложе океана), либо на месте древних материковых платформ и материковых орогенных зон разного возраста, вплоть до мезозойских.

Почти все морфоструктуры второго порядка разделяются на морфоструктуры третьего порядка по существенным различиям рельефа, обусловленным неодинаковыми изменениями направленности интенсивности тектонических движений в фанерозое. От них зависит строение и мощность земной коры и верхней мантии в морфоструктурах третьего порядка. Рифтовые зоны материков в зависимости от указанных причин разделяются на зоны рифтовой активизации рифенд (байкалн), эпигерцинских платформ, областей мезозойского орогенеза (включая и так называемые области «завершенной складчатости»). Срединноокеанические хребты разделяются на основании тех же признаков на хребты атлантического и тихоокеанического типов. Хребтами атлантического типа мы предлагаем называть те, которые имеют четко выраженную рифтовую структуру рельефа (в сводовой части поднятия — осевой грабен, ограничены системой поднятых блоков), хребтами тихоокеанского типа — те, которые имеют вид сводообразного вогнутого вала, еще не осложненного рифтовой структурой в вершине свода.

Морфоструктуры третьего порядка выделяются по единым признакам для материков и океанов, платформ и орогенных зон,

однако морфологическое воплощение глубоких структурных различий неодинаково для материковых и океанических орогенических зон. Это различие не случайно; оно существовало и в первых двух порядках, но особенно сказалось в третьем и еще более в следующих. Сущность его заключается в том, что переходная зона, эпигеосинклинальные орогенические зоны и рифтовые зоны представляют структуры (и, следовательно, морфоструктуры) линейные, надразломные, которые значительно отличаются от площадных морфоструктур. Поэтому для морфоструктур одного порядка один и тот же признак — различие направленности и интенсивности тектогенеза в фанерозое — на одной и той же ступени классификации может определять неодинаковые морфологические результаты. Для материковых и океанических платформ по этому признаку в третьем порядке можно выделить равнины и горы, а для орогенических зон равнины и горы представляют уже морфоструктуры более низшего, четвертого порядка и признаки их выделения иные: знаки неотектонических движений. Тот же признак для равнин, например, материковых платформ, определяет, как говорилось выше, направление действия экзогенных факторов и разделение материковых равнин на аккумулятивные и денудационные.

Для равнин впадин орогенических зон направление действия экзогенных факторов существенно не на этой ступени, а на следующей и обусловленность его несколько другая: знак и интенсивность неотектонических движений в соотношении с древними.

Таким образом, площадные морфоструктуры четвертого порядка выделяются по преобладанию в их развитии денудационных или аккумулятивных процессов, которое зависит от направленности и интенсивности тектонических движений соответствующих блоков земной коры в кайнозойское время. Наиболее четко это проявляется в различиях материковых морфоструктур. В условиях океанической абиссали аккумулятивный процесс является почти всеобщим, распространяющимся и на горные структуры, которые (за некоторыми исключениями) перекрываются плащеобразным покровом донных абиссальных осадков. Представления о подводных денудационных процессах на больших глубинах недостаточны для того, чтобы по этому признаку можно было дифференцировать абиссальный и субабиссальный рельеф. Следовательно, одна и та же причина для морфоструктур одного порядка, но сформированных в разных условиях, определяет их разное морфологическое воплощение. Из этого вытекает необходимость учета размерности морфоструктур. Так, островные дуги и глубоководные желобы мы могли бы увидеть, рассматривая Землю со спутника, и также увидели бы, например, равнины материковых платформ и горы Урал, Тиман и др. Однако материковую орогеническую зону, эпигеосинклинальную или рифтовой активизации мы с той же высоты увидим как целое, без четкого разделения на хребты и впадины. Но между хребтами и впадинами орогенических зон материков не будет таких различий в строении и мощности земной коры,

как между островными дугами и глубоководными желобами, равнинами платформ и платформенными горами.

Морфоструктуры пятого порядка, применительно к суше, в целом соответствуют тем морфоструктурным различиям рельефа, которые отражаются на орбитальных снимках масштабов от 1:15 000 000 до 1:7 500 000. Для гор эти различия определяются соотношениями геологической структуры и рельефа. Так, горы платформ разделяются на морфоструктуры пятого порядка в зависимости от степени унаследованности или перекройки древнего структурного плана, от глубины денудационного среза геоструктур и соответственно выраженности в морфоструктурном плане срезанной структурной основы. Горы щитов, как правило, не обнаруживают связи с древним структурным планом, но могут быть подразделены на горы с древней унаследованной блоковой структурой и с новообразованной. Последние, вероятно, можно рассматривать как раннюю стадию рифтовой активизации.

Для аккумулятивных равнин платформ разделение на морфоструктуры пятого порядка проводится в зависимости от глубины залегания коренного основания, а для денудационных — от характера залегания слагающих их пород (Башенна, 1967). Эти различия в свою очередь определяются неодинаковой направленностью и интенсивностью новейших тектонических движений в их соотношениях с движениями земной коры в прошлом, создавшими эти геоструктуры. Так, денудационные равнины на горизонтально или моноклинально залегающих породах возникли в результате прекращения отрицательных движений земной коры в пределах впадины, в которой накапливались осадки, преобразованные в дальнейшем в породы, и последующего поднятия, приведшего к развитию инверсии рельефа (Башенна, 1967).

Соотношения форм рельефа и геологической структуры лежат и в основе разделения гор мобильных зон (переходных и рифтовых), где мы выделяем сводово-глыбовые, складчато-глыбовые, сводовые хребты и нагорья, а также вулканические сооружения. Эти типы морфоструктур повторяются как в эпигеосинклинальных, так и в активизированных орогенных зонах, а также и в горах современных геосинклиналей. Особое место занимают рифтовые хребты, наиболее ярко выраженные в зонах срединно-океанических хребтов атлантического типа и в близко стоящих к ним рифтовых зонах материков. Рифтогенез, как и геосинклинальный процесс, почти всегда сопровождается вулканизмом, поэтому и вулканические морфоструктуры мы встречаем во всех этих подвижных зонах.

В абиссальных условиях рельефообразования различия в направленности и интенсивности новейших тектонических движений и тектонических движений прошлого преломляются через аккумулятивный процесс. От степени погребения коренного (видимо, вулканогенного) рельефа под позднейшими осадками зависит тип абиссальной равнины в пределах того или иного участка дна океана: плоская, волнистая или холмистая. Вследствие всеобщности аккумулятивного процесса на больших глубинах подобные

различия отмечаются и на вершинных поверхностях поднятий дна океанических котловин.

Предложенная классификация морфоструктур первых пяти порядков, по мнению авторов, может быть положена в основу систем условных обозначений геоморфологических карт мелких обзорных масштабов — от 1 : 100 000 000 до 1 : 15 000 000. Естественно, что сами системы условных обозначений для карт более крупного масштаба и более мелкого в указанных пределах должны существенно отличаться, так как классификация не аналогична легенде. Помимо специфических требований, которые определяются тем, что геоморфологическая карта — это картографический способ обобщения материала, а классификация — текстовой или табличный, существенно учитывать также возможности детализации или генерализации картографического изображения для карт разных масштабов. В этом легко убедиться, сравнив, например, легенды к геоморфологическим картам Мира масштаба 1 : 100 000 000 (Башенина, Леонтьев, Бронникова, 1974, карта 1, вкладка)¹ и 1 : 40 000 000 (Башенина, Леонтьев, Заруцкая, 1967). В легенде к первой карте выделено меньше разновидностей денудационных равнин и гор, лишь небольшое число морфоструктур подразделяется по двум высотным градациям. Поскольку геоморфологическая карта имеет в качестве объекта изображения рельеф земной поверхности, она при любом масштабе должна использовать имеющиеся возможности для отображения гипсометрии и пластики рельефа (карта I). На второй карте представлен большой набор морфоструктур, почти все они подразделяются еще на 4 высотных градации. Значительно больше на ней показано крупных форм рельефа, отражено разнообразие денудации и аккумуляции.

Легенда к геоморфологической карте Мира масштаба 1 : 15 000 000 также основана на классификации морфоструктур I—V порядков, но, если на карте 1 : 100 000 000 нередко морфоструктуры второго и третьего порядка объединены в одну, на 1 : 15 000 000 показаны все. Подразделение их по высотным градациям также проводится с большей детализацией. Например, выделяются три высотные градации плато: низкие (Карат), средневысотные (Бразилия и др.), высокие (часть Колорадо, плато Северо-Восточной Африки и Аравии) и т. п.

Показать на карте мира все 105 морфоструктур, выделенные в классификации, было бы затруднительно из-за ограниченного количества различных цветов и оттенков. Самым наглядным способом изображения — фоновой окраской необходимо показать самые существенные для морфоструктур этого порядка генетические и морфологические различия. Например, в каждой из четырех орогенических зон на материке мы выделяем несколько вулканических морфоструктур (хребты, нагорья и др.); каждая из них органически связана с формированием орогенической зоны. Поэтому

¹ Карта издана не очень удачно, особенно для Северо-Востока, Русской равнины, всей территории СССР; имеются и ошибки, например, «наличие» глубоководного желоба в Северной Атлантике и др.

очень важно, чтобы неодинаковой фоновой окраской на карте обозначались орогенические зоны, генетические и морфологические различия которых несомненны. Вулканические образования в каждой зоне не только различны, но и сходны. Это сходство даст нам право показать вулканические горы, нагорья, массивы одним цветом, причем ярким, чтобы можно было отразить единство общепланетарного процесса вулканизма с учетом его различий в орогенических зонах рифтовой активизации и эпигеосинклинальных. Другой пример: черты сходства во всех орогенических зонах имеют и нагорья, наследующие срединные массивы, хотя они и различны по возрасту. Следовательно, их также можно показать одним цветом, разделяя на высотные градации разной интенсивностью этого цвета и т. п.

Морфоструктуры межгорных и краевых прогибов — аккумулятивные и денудационные равнины, горные хребты и гряды также обладают чертами не только различия благодаря их принадлежности к разным орогеническим зонам, но и сходства, которые необходимо отразить на карте. Поэтому хребты и гряды впадин и прогибов на картах этого масштаба должны различаться по главным чертам структуры, которая определяет их рельеф (моноклинальные, складчатые и др.), а не по принадлежности к той или иной орогенической зоне. Таким образом, четыре морфоструктуры, которые развиваются в прогибах (см. вкладку, приложение), мы также можем показать одинаково в каждой орогенической зоне. Для передачи рифтовой природы многих впадин предусмотрен линейный красный знак особого рисунка. Поскольку морфоструктуры каждой орогенической зоны не сходны между собой, горный рельеф в соответствии с морфоструктурами, выделенными в классификации (см. приложение I), показывается различной фоновой окраской для каждой из четырех зон.

Предлагаемый вариант классификации морфоструктур представляет после работ междуведомственной геоморфологической Комиссии, В. Е. Ханна и Е. Е. Милановского (1956), а затем — Н. В. Башенной и О. К. Леонтьева (1967) первый опыт более или менее полного охвата в единой классификации морфоструктур как суши, так и дна океанов. Вместе с тем авторы далеки от того, чтобы считать предложенный вариант совершенным. Его следует рассматривать как некоторую рабочую основу для дальнейшей углубленной разработки единой классификации.

О легендах к картам мелких масштабов

Морфоструктуры шестого порядка гор и денудационных равнин, с одной стороны, аккумулятивных равнин — с другой, как указывалось, различаются по разным основным признакам. Кроме того, они могут быть разделены по общему признаку — знаку современного тектонического режима (равнины аллювиальные прогибающиеся) и интенсивности движений (горные массивы интенсивно поднимающиеся, горы останцовые и т. д.). В седьмом по-

рядке для морфоструктур гор, денудационных и аккумулятивных равнин трудно выделить равноценные различия рельефа, которые были бы обусловлены общей причиной. Для гор и на этой ступени важно отразить в классификации и соответственно в легенде, унаследованным или новообразованным является современный морфоструктурный план, а также интенсивность движения, раздроблены или монолитны морфоструктуры.

Классификация морфоструктур шестого-седьмого порядков может быть основой для легенд геоморфологических карт масштабов от 1 : 5 000 000 и, видимо, до 1 : 1 500 000. Как и для карт Мира и материков, речь идет не об одной легенде со строго фиксированными условными обозначениями, а о легенде, в известной мере гибкой для карт группы близких масштабов, основой которых является классификация морфоструктур двух-трех порядков. Легенда к группе близких масштабов должна строиться так, чтобы в зависимости от изменения масштаба в пределах группы можно было бы или отразить почти всё, или что-то показать в генерализованном виде.

В легенде к Международной карте Европы (1976) масштаба 1 : 2 500 000 по сути используется классификация морфоструктур четвертого, пятого и седьмого порядков, хотя их соподчинение и перечень даны иначе. Более органично входит в нее легенда, основанная на классификации морфоструктур четвертого, пятого, шестого и седьмого порядков для карт того же масштаба и близких к нему, составленная Н. В. Башениной (легенда 1). Поскольку легенда предназначается для нескольких близких масштабов, морфоструктуры разных порядков расположены так, чтобы легко было исключить из легенды те, которые нельзя изобразить в том или ином из указанных в легенде 1 масштабов. Эту легенду можно предложить для карт больших территорий. Если составлять карту в масштабе 1 : 5 000 000, разделение морфоструктур по современному тектоническому режиму вряд ли возможно. Количество читаемых цветов, разделенных по интенсивности, а также оттенков основных цветов для карты Мира в масштабе 1 : 15 000 000 предусмотрено максимальное. Для описываемой группы масштабов (см. легенду 1) только аккумулятивных равнин платформенных прогибов стало вместо трех (см. карту 2) десять потому, что каждая из трех аккумулятивных равнин в этих масштабах различается по цвету в зависимости от типа аккумуляции. Кроме того, как видно из легенды 1, многие из них густотой тона (интенсивностью) разделяются по высотным грациям.

Итак, морфоструктур стало значительно больше, чем в легендах к картам Мира. Следовательно, для передачи существенных различий морфоструктур низших порядков, на классификации которых построена легенда, необходимо наложение разных способов изображения. Для карты Мира: 1 : 100 000 000 (карта 1) предусмотрены: 1) цвета и оттенки для отражения генезиса морфоструктур и разная их интенсивность для высотных граций, 2) условные знаки для изображения отдельных морфоструктур

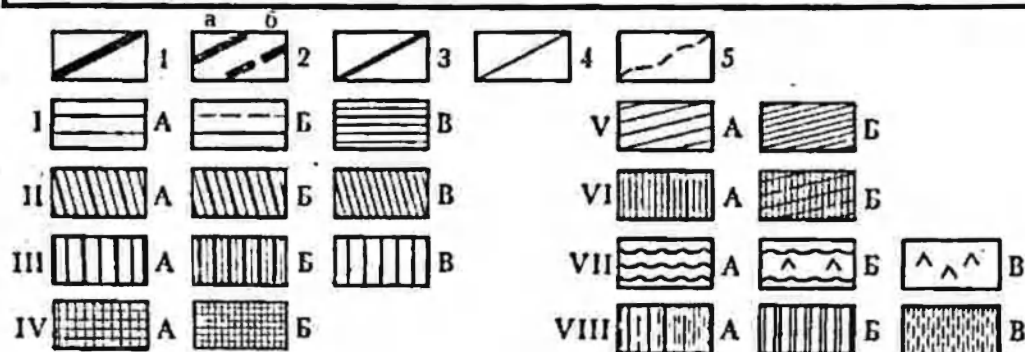
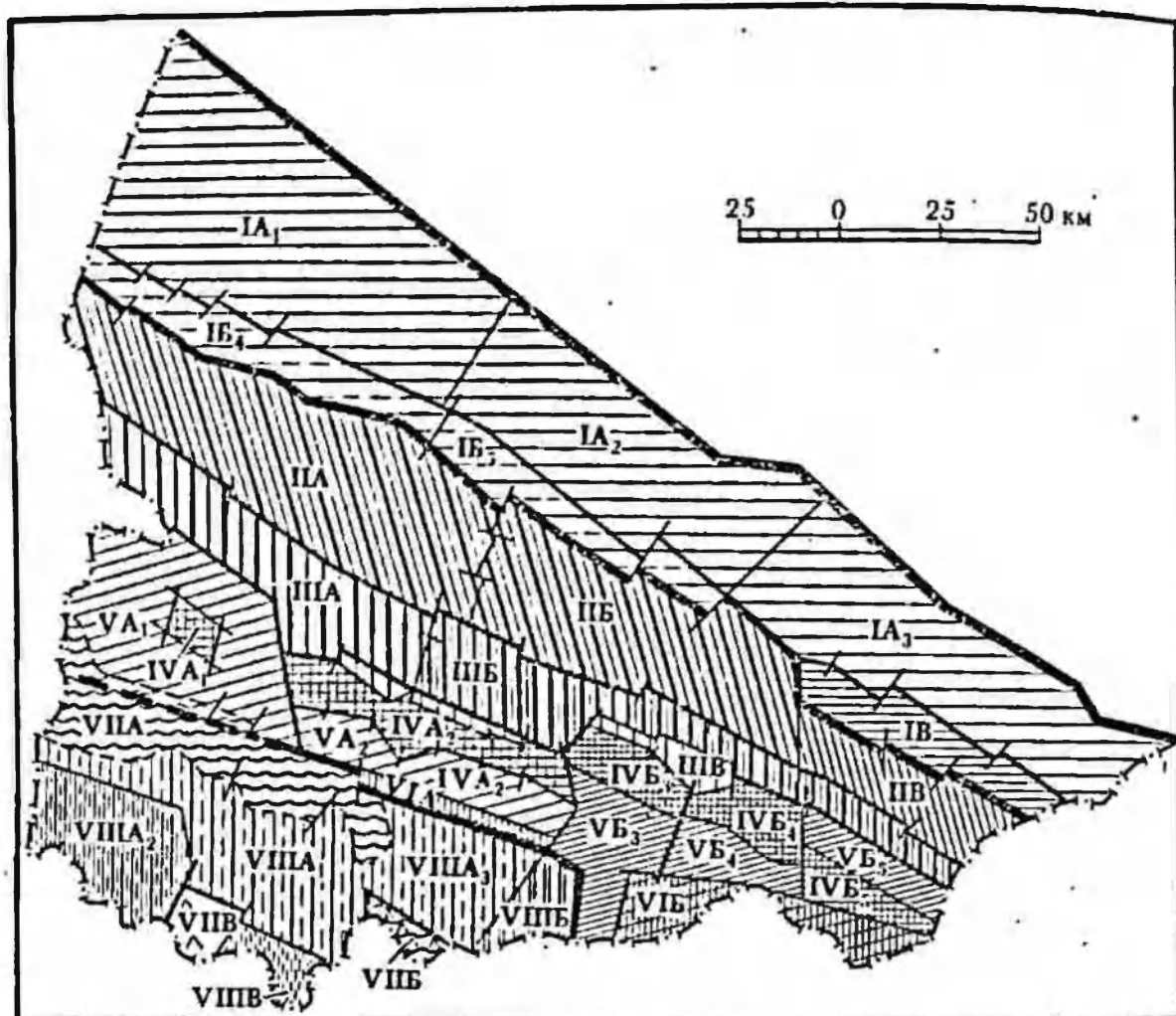


Рис. 10. Карта блоковых структурных форм Карпат (Н. В. Башенниа, А. В. Мирнова):

Глубинные разломы (границы зон разломов), выделенные по геофизическим, геологическим и геоморфологическим данным: 1 — отделяющие горную страну от платформы; 2 — отделяющие (а) прогибы от горного сооружения и определяющие магматизм (б); 3 — определяющие блоково-зональное строение Карпат; 4 — определяющие блоковое строение зон; 5 — контур блоково-магматического тела. Зоны блоковых структурных форм: I — Предкарпатский край; II — внешняя подзона (мола́ссы N_1 , аллювия N_2^2 и Q), поднимающаяся с конца неогена (A_1 —300—400 м, A_2 —600—650 м, A_3 —500—550 м); Б — внутренняя подзона (мола́с-

низших порядков, форм и комплексов форм рельефа, разломов и др.

Для карт группы более крупных масштабов (легенда 1) предлагается следующее сочетание способов изображения: 1) цвета и оттенки — для передачи основных генетических различий, их интенсивность — для отражения пластики рельефа путем показа главных высотных градаций; 2) цветные фигурные типографские сетки (цвета генезиса) для изображения структурно-генетических особенностей морфоструктур гор платформ, щитов и орогенных зон, характеризующих морфоструктуры шестого, седьмого порядков; 3) яркие и сравнительно крупные цветные знаки (семь цветов) для изображения отдельных морфоструктур более низших порядков, форм и комплексов форм рельефа; 4) красные линии для изображения границ зон разломов и разломов разного порядка, границ рифтовых впадин и пр.; 5) тонкие черные редкие штриховые знаки для отражения семи основных литологических комплексов коренных пород, которые можно отразить в случае необходимости (но не обязательно). Цвета и оттенки в зависимости от типа аккумуляции для этих равнин предусмотрены в пределах тех же основных цветов, что и для трех типов аккумулятивных равнин платформенных прогибов или равнин межгорных и краевых впа-

сы N), поднимающаяся с начала неогена (B_1 —600 м, B_2 —650 м); B — подзона горст-антиклиналей (флиш $Pg+K_2$), поднимающаяся с неогена (800—1000 м); II — внешняя горст-антиклинальная «скибовая» зона — A — подзона блоков (флиш K и Rg_1), дифференцированно поднимающихся с неогена (800—1300 м); B — подзона блоков (флиш $K+Pg_1$), интенсивно дифференцированно поднимающихся с неогена (1400—1900 м); B — подзона блоков (флиш Pg_1), слабо дифференцированно поднимающихся с середины неогена (1100—1300 м); III — центральная грабен-синклиальная зона — A — подзона блоков (флиш Pg_1), слабо поднимающихся с начала неогена; B — подзона блоков (флиш Pg_1), интенсивно дифференцированно поднимающихся с начала неогена (1200—1700 м); B — впадины-грабены «отставания» (флиш Pg_2 и K), дифференцированно развивающиеся с неогена (800—1400 м); IV — полонинская зона горстов — A — подзона линейных горстов и массивов (флиш Pg_2), интенсивно поднимающихся с конца палеогена (A_1 —1400 м, A_2 —1600 м); B — подзона косых горстов и горстовых массивов (флиш K_2), наиболее интенсивно поднимающихся с палеогена (B_3 —1800 м, B_4 —2100 м, B_5 —1600 м); V — внутренняя горст-антиклинальная зона — A — подзона горстов и впадин «отставания» (флиш Pg_2), дифференцированно развивающихся с конца палеогена (A_1 —400—900 м, A_2 —800—1000 м), B — подзона ступенчатых блоков (флиш K), дифференцированно поднимающихся с палеогена (B_3 —1000—1500 м, B_4 —1000—1600 м, B_5 —1200—1500 м); VI — зона поднятых блоков фундамента — A — подзона блоков (карбонатные породы J), поднимающихся с начала палеогена (A_1 —600 м, A_2 —850 м), B — сводово-горстовые массивы (кристаллические породы PR и PZ), поднимающиеся с начала палеогена (B_3 —1900 м, B_4 —1700 м); VII — вулканическая зона — A — вигорлат-гутинская подзона (андезито-базальты N_2 и Q II), поднимающаяся с плейстоцена (A_1 —800 м, A_2 —1000 м), B — вышковская подзона (андезито-дациты, липариты, туфы N_1 , N_2 и Q II), поднимающаяся с верхнего плейстоцена (800); B — подзона горст-интрузивных массивов (липариты и их туфы N_1), поднимающихся с верхнего плейстоцена (370 м); VIII — закарпатский внутренний прогиб — A — западная подзона (молассы N и аллювий N_2 и Q), развивающийся с миоцена (A_1 —200 м, A_2 —погружающийся 100 м, A_3 —250 м, A_4 —500 м); B — восточная подзона блоков (молассы N_1), дифференцированно развивающихся с плиоцена (650 м), B — срединный массив, погруженный под молассы N_1 и аллювий Q (150 м)

дин (см. карту 1), поэтому они позволят увидеть принадлежность той или иной равнины к платформенному или краевому прогибу, особенно, когда они непосредственно граничат друг с другом (Вилуйская впадина и Приверхоянский прогиб например).

Эти способы изображения по нашему предложению предусмотрены и в легенде к Международной карте Европы (1976).

Если позволит масштаб и нагруженность карты, можно вместо показа коренных пород (что необязательно для общих геоморфологических карт) дать отображение современного тектонического режима гор и денудационных равнин тремя типами тонкой и редкой красной штриховки для слабо поднимающихся морфоструктур, поднимающихся и интенсивно поднимающихся и одним типом темно-зеленой штриховки для опускающихся аккумулятивных равнин (как для равнин платформенных прогибов, так и для межгорных и предгорных впадин). Относительно стабильные морфоструктуры останутся без штриховки. Применение штриховки для показа тектонического режима можно ограничить только орогеническими зонами разного типа. Возможно, что этот способ отражения тектонического режима не годится для карт больших территорий, поскольку отдельные участки таковых неодинаково изучены. Однако он может оказаться интересным для региональных карт.

Легенды к региональным картам могут быть индивидуальны. В зависимости от цели составления карты и от рельефа территории может оказаться интересным отразить в легенде какие-то индивидуальные специфические черты рельефа. В качестве примера можно привести геоморфологическую карту в масштабе 1 : 2 500 000 (карта 2).

Следовательно, на региональных картах масштабов 1 : 5 000 000—1 : 2 500 000 и 1 : 1 500 000 всегда удастся показать больше, чем на карте тех же масштабов, но большей территории, поскольку можно выбирать и комбинировать наиболее удобные и простые способы изображения. Однако и при составлении региональных мелкомасштабных карт, как бы информативны они ни были, вряд ли возможно ограничиться одной геоморфологической картой, так как на ней нельзя полно отразить путь формирования морфоструктур. Он может быть сложным. Возможна инверсия морфоструктур, их раздробленность и пр. Нужна вторая карта блоковых структурных форм (что было предложено Н. В. Башениной и О. К. Леонтьевым еще в 1967 г.), развитие которых предопределило современные морфоструктуры. Такие карты следует составлять в самых разных масштабах—от мелких обзорных до разных съемочных. В настоящее время составить карту структурных форм Мира в масштабе 1 : 15 000 000 или СССР в масштабе 1 : 2 500 000 затруднительно в связи с неравномерной изученностью, но для региональных геоморфологических карт масштаба 1 : 2 500 000 это необходимо. Как видно на рис. 10 и 11, такие карты даже в черно-белом исполнении хорошо дополняют геоморфологические, показывая сложную мозаику блоков и их выражение

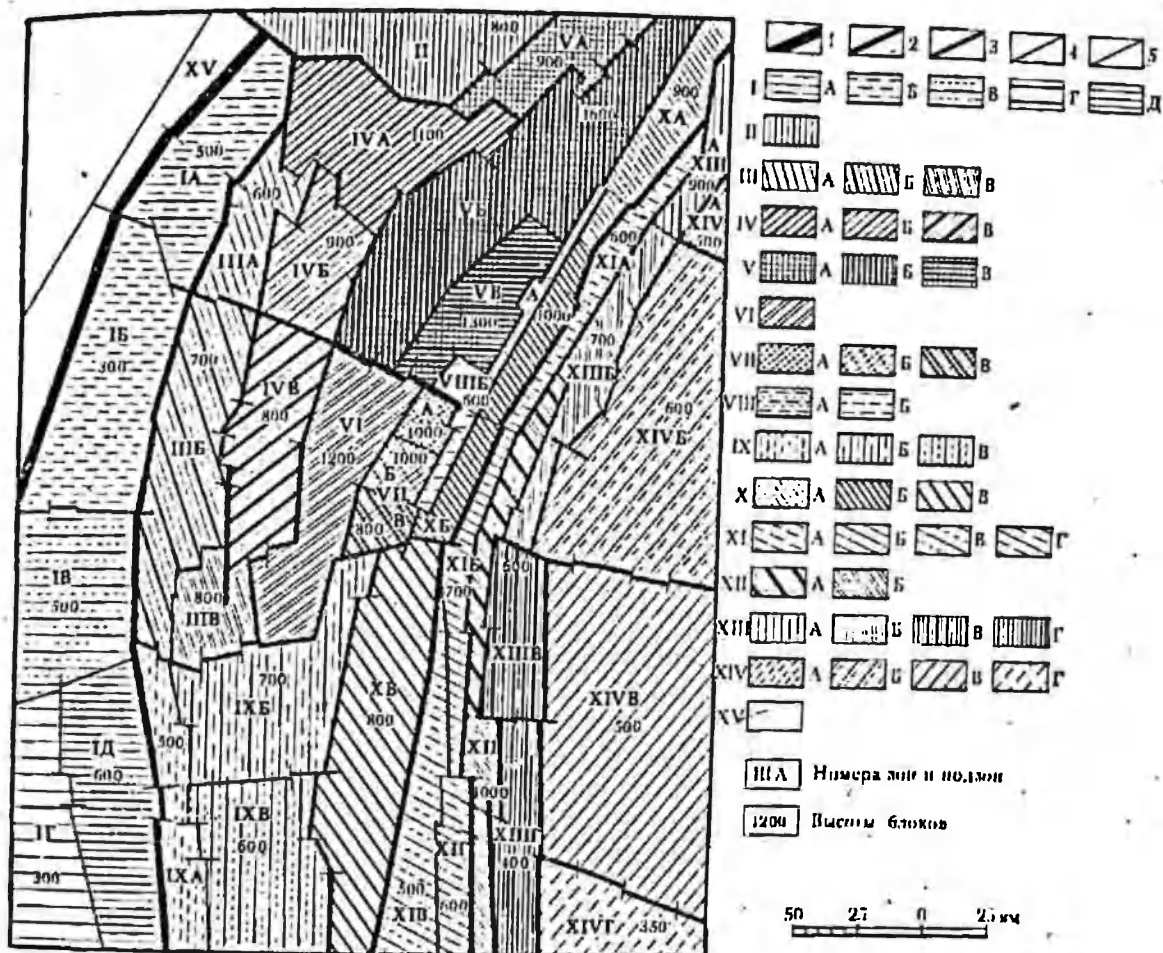


Рис. 11. Карта мезо-кайнозойских блоковых структурных форм Южного Урала (составлена Н. В. Башениной при участии А. В. Мирновой):

Глубинные разломы: 1 — отделяющие платформу от горной страны; 2 — разделяющие прогиб и горное сооружение и сложные зоны блоков первого порядка с различной историей развития; 3 — отделяющие зоны блоков второго порядка; 4 — определяющие блоковое строение этих зон; 5 — ограничивающие отдельные блоки. **Структурные формы:** I — А, Б, В, Г, Д — сложный грабен, наследующий Предуральский прогиб (преимущественно молассы Р, 90–500 м); II — сложный выдвинутый и поднятый блок (метаморфические породы Ст, 500–700 м); III — А, Б, В — зона продольных блоков (осадочные, в том числе и карбонатные породы РЗ, 400–700 м); IV — А, Б, В — зона блоков, сложно сдвинутых по разломам (метаморфические породы Ст и РР, 400–900 м); V — А, Б, В — наиболее поднятая и сложно развивающаяся зона блоков, разделенных малыми рифтами (метаморфические породы РК₁₋₂, 500–1600 м); VI — зона блоков, менее дифференцированно развивающаяся (метаморфические породы РР, 700–1200 м); VII — А, Б, В — зона интенсивно поднимающихся горст-интрузивных массивов (ультраосновные породы РЗ, 800–1000 м); VIII — А, Б — зона относительно спущенных блоков (осадочные породы РЗ, 600–700 м); IX — А, Б, В — зона слабо выраженных блоков, менее дифференцированно развивающаяся (осадочные породы РЗ, 500–700 м); X — А, Б, В — наиболее монолитная зона блоков (метаморфические породы РЗ и РП, 700–1000 м); XI — А, Б, В, Г — зона малых рифтов и продольных горстов (вулканогенно осадочные породы РЗ, 500–700 м); XII — А, Б — относительно монолитная зона блоков (вулканогенные породы РЗ, 800–1000 м); XIII — А, Б, В, Г — зона малых рифтов и горстов (вулканогенно осадочные породы РЗ, 300–700 м); XIV — А, Б, В, Г — зона наименее дифференцированно развивающихся слабо выраженных блоков (вулканические и метаморфические породы РЗ, 300–600 м), XV — платформа

А. Морфоструктуры материков			четвертого.		пятого.		шестого	
Морфоструктуры платформ и щитов								
I. Аккумулятивные равнины			II. Денудационные равнины		III. Горы щитов		IV. Горы платформ	
I.1	I.2	I.3	II.1	II.2	III.1	III.2	IV.1	IV.2
Аккумулятивные равнины платформенных прогибов (грабен-синеклиз) на глубоко залегающем основании	Аккумулятивно-денудационные равнины (цокольные) на близко залегающем основании	Аккумулятивные и аккумулятивно-денудационные равнины внутренних впадин плато, плоскогорий и нагорий	Щитов	Платформ	С омоложенной унаследованной блоковой структурой	С новообразованной блоковой структурой	С невыраженной древней складчатой структурой, переработанной блоковыми движениями с единичными рифтогенными морфоструктурами	С выраженной глубоко срезанной древней складчато-блоковой структурой (остаточные), с рифтогенными морфоструктурами
IX. Вулканические морфоструктуры								
IX.1 Вулканические морфоструктуры денудационных равнин, гор щитов и платформ								
Б. Глубинные разломы и разрывные нарушения ¹			В. Современный тектонический режим ²			Г. Возраст рельефа		
Ж. Высотные градации			З. Отдельные морфоструктуры ⁴			И. Формы и комплексы форм ⁵		

Продолжение

и седьмого порядков

Морфоструктуры орогенических зон

		V. Молодых орогенических зон (кайнозойских)		VI. Зон рифтовой активизации		
IV.3	IV.4	V.1.	V.2	VI.1	VI.2	VI.3
С выраженной древней складчато-блоковой структурой, неглубоко срезанной	С глубоко срезанной древней складчато-блоковой структурой, с рифтогенными морфоструктурами	Горы зрелых островных дуг	Горы альпийского тектогенеза	Активизированных байкалит, рифенд	Эпипалеозойских орогенических поясов	Мезозойских орогенических (эпигорогенный рифтогенез)
VII. Нагорья, наследующие срединные массивы						
VIII. Морфоструктуры краевых и межгорных впадин — сложных грабен — рифтовых и перифриковых						
VIII.1. Равнины				VIII.2. Горы		
VIII.1.1		VIII.1.2		VIII.2.1		
Аккумулятивные		Аккумулятивно-денудационные (цокольные)		Втянутых в поднятие отложений прогибов		
Д. Геологическая структура						
IX.2. Вулканические морфоструктуры орогенических зон						
Е. Границы						

I.1

I.1.1 — аллювиальные (зеленый), I.1.2 — озерные (голубой), I.1.3 — озерно-аллювиальные (голубовато-зеленый), I.1.4 — морские (синий), I.1.5 — аллювиально-морские (сине-зеленый); I.1.6 — ледниково-морские (светло-сине-фиолетовый), I.1.7 — ледниковые и водно-ледниковые (фиолетовый), I.1.8 — пролювиально-аллювиальные (желто-зеленый), I.1.9 — пролювиальные и аллювиально-пролювиально-коллювиальные (серо-зеленый), I.1.10 — эоловые, перевейные (ярко-оранжевый рисунок).

I.2

I.2.1 — аллювиальные террасовые (желтовато-зеленый)⁵, I.2.2 — аллювиально-пролювиально-коллювиальные (грязный, зеленовато-желтый), I.2.3 — абразионно-аккумулятивные (синий), I.2.4 — ледниковые и водно-ледниковые — «насаженные» (сиреневый), I.2.5 — эоловые, навейные (ярко-оранжевый точечный рисунок).

I.3

I.3.1 — аллювиальные (зеленый), I.3.2 — озерно-аллювиальные (голубовато-зеленый), I.3.3 — аллювиально-пролювиальные (грязный, желто-зеленый), I.3.4 — пролювиальные и аллювиально-коллювиальные (серо-зеленый), I.3.5 — аллювиально-морские (сине-зеленый), I.3.6 — ледниковые и водно-ледниковые (фиолетовый), I.3.7 — эоловые, перевейные и навейные (оранжевый)⁶.

II.1

II.1.1 — равнины щитов (грязно-розовый), II.1.2 — плоскогорья щитов (темно-розовый): а) монолитные, б) раздробленные⁷.

II.2

II.2.1 — равнины платформ: первичные на слабо диагенезированном и рыхлом основании (светлый зеленовато-желтый), II.2.2 — первичнонаклонные (желтовато-розовый), II.2.3 — плато (светло-палевый), II.2.4 — столовые горы (желтый), II.2.5 — равнины на основании с разной структурой (коричнево-палевый), II.2.6 — равнины на слабо дислоцированных пластах (розовато-коричневый), II.2.7 — ступенчатые, наклонные на моноклинальных пластах (оранжевый), II.2.8 — равнины на складчато-блоковом основании (коричневато-желтый), II.2.9 — плоскогорья на складчато-блоковом основании (палево-серый).

III.1

III.1.1. Хребты, массивы и гряды⁸: а) монолитные⁷, б) раздробленные (темный розово-фиолетовый).

III.2

III.2.1 — хребты, массивы и гряды монолитные (красно-фиолетовый), III.2.2 — раздробленные⁷ (красно-фиолетовый).

IV.1; IV.2; IV.3; IV.4

Хребты, массивы, гряды: IV.1.1 — с реликтами складчатой структуры, блоковые — оливковый; IV.2.1 — блоковые — зеленовато-коричневый: а) монолитные, б) раздробленные⁷, в) останцовые⁸, IV.2.2 — складчато-блоковые — палево-коричневый: а) монолитные⁷, б) раздробленные⁷, в) останцовые; IV.3.1 — сводово-блоковые, сводово-блоково-складчатые — палево-оранжево-коричневый: а) монолитные, б) раздробленные⁷, в) останцовые, IV.3.2 — складчато-блоковые мелкогорья (мелкосопочник, сопочно-останцовые массивы и гряды) — желтовато-коричневый.

V.1; V.2

V.1.1 — хребты и массивы — кирпично-коричневый, V.1.2 — массивы и хребты поднятых блоков фундамента — красно-фиолетовый; V.2.1 — хребты и массивы — кирпично-коричневый, V.2.2 — массивы и хребты поднятых блоков фундамента — красно-фиолетовый.

VI.1; VI.2; VI.3; VI.4

VI.1.1 — хребты и массивы — фиолетово-коричневый; VI.2.1 — хребты и массивы — темно-коричневый; VI.2.2 — массивы и хребты поднятых блоков фундамента — красно-фиолетовый; VI.3.1 — хребты и массивы — красно-коричневый, VI.3.2 — массивы и хребты поднятых блоков фундамента — красно-фиолетовый или темно-коричневый (в зависимости от возраста фундамента).

VII

VII.1.1 — нагорья, nasledующие срединные массивы: а) монолитные⁷, б) раздробленные⁷ — серо-зеленовато-коричневый.

VIII.1⁹

VIII.1.1 — аллювиальные — зеленый, VIII.1.1.2 — озерно-аллювиальные — голубовато-зеленый, VIII.1.1.3 — пролювиально-аллювиальные — желто-зеленый, VIII.1.1.4 — ледниковые и водно-ледниковые — фиолетовый, VIII.1.1.5 — склоновой аккумуляции комплексного генезиса — оранжево-желтый, VIII.1.1.6 — эоловые навейные — ярко-оранжевый.

VIII.1.2⁹

VIII.1.2.1 — аллювиальные (террасовые) — желтовато-зеленый, VIII.1.2.2 — ледниковые и водно-ледниковые — сиреневый, VIII.1.2.3 — пролювиальные — серо-земно-желтый, VIII.1.2.4 — колювиально-пролювиальные — грязно-зеленовато-желтый, VIII.1.2.5 — склоновой аккумуляции комплексного генезиса — грязно-коричнево-зеленый, VIII.1.2.6 — эоловые навейные⁶ — оранжевый.

VIII.1.3⁹

VIII.1.3.1 — первичные на слабо диагенезированном и рыхлом основании — светлый зеленовато-желтый, VIII.1.3.2 — на основании с разной структурой² — коричнево-палевый, VIII.1.3.3 — на слабо дислоцированных пластах — розовато-коричневый, VIII.1.3.4 — на моноклиальных пластах — оранжевый, VIII.1.3.5 — на складчатом основании (фрагменты) — коричнево-желтый.

VIII.2.1

VIII.2.1.1 — блоково-складчатые, VIII.2.1.2 — блоково-куэстовые, VIII.2.1.3 — куэсты.

IX.1

IX.1.1 — лавовые плато — серо-малиновый¹¹, IX.1.2 — лавовые плоскогорья — серо-малиновый, IX.1.3 — трапповые плоскогорья — светло-малиновый.

IX.2

IX.2.1 — хребты и массивы — коричнево-малиновый, IX.2.2 — нагорья — темно-малиновый, IX.2.3 — равнины тектоно-вулканических впадин — малиновый, IX.2.4 — равнины туфовые и пелловые — грязно-малиновый, IX.2.5 — лавовые плато и плоскогорья (светло-малиновый).

Б. Разломы и разрывные нарушения

3 — границы зон глубинных разломов, разделяющих крупные отрезки подвижных поясов (протяженность — многие сотни километров); 4, 5 — глубинные разломы, определяющие основные региональные морфоструктуры подвижных поясов и платформ, долины крупных рек и др. (протяженность — многие сотни километров); 6 — региональные глубинные разломы, определяющие блоковое строение морфоструктур, малые рифтовые долины, региональные «фацеты» — склоны массивов и хребтов и др. (протяженность — первые сотни и десятки километров); 7 — разрывные нарушения, определяющие мезоморфоструктуры и их элементы (концевые и боковые хребты отчлененных горстов, «клавишные» горстовые хреб-

ты); 8 — разрывные нарушения, нередко развивающиеся автономно и определяющие блоковое строение мезоморфоструктур и их элементов («клиновидные» и «чешуйчатые» горсты склонов, выдвинутые вершины — малые горсты, склоны тектоно-гравитационного отседания и др. (протяженность — километры).

В. Современный тектонический режим

Опускающиеся — редкие штриховые знаки темно-зеленого цвета; относительно стабильные — без штриховки; слабо поднимающиеся — очень тонкие редкие штрихи красного цвета; поднимающиеся — редкие штриховые красные знаки; интенсивно поднимающиеся — более частая красная штриховка; знаки локального поднятия и опускания.

Г. Возраст рельефа

М — мезозойский, К — кайнозойский, Рг — палеогеновый, Рг₁ — палеоценовый, Рг₂ — эоценовый, Рг₃ — олигоценый, N — неогеновый, N₁ — миоценовый, N₂ — плиоценовый, N — Q — неоген-четвертичный, N₂Q — плиоцен-четвертичный, Q₂₋₃ — плейстоценовый, Q_{1v} — голоценовый, Q_{21v} — современный.

Д. Геологическая структура¹

Изображается фигурными типографскими сетками цвета генезиса или (для рукописных карт) штриховкой: 1 — горизонтальная; 2 — моноклиальная; 3 — складчатая; 4 — блоково-складчатая; 5 — складчато-блоковая: а) простая, б) сложная; 6 — блоковая; 7 — складчато-блоково-надвиговая; 8 — сводово-блоковая; 9 — древняя сложная структура, переработанная блоковой тектоникой¹⁰.

Е. Границы

Геоморфологические: а — четкие, б — нечеткие; границы структурных форм «живых», выраженных в рельефе (морфоструктур); единичных горстов, сводов-горстов, горст-антиклинориев, грабен, рифтовых долин, грабен-синеклиз — линии красного цвета и разного знака. Границы отпрепарированных унаследованных структурных форм, единичных горстов, сводов-горстов и горст-антиклинориев, грабен и грабен-синеклиз, грабен-синеклиз, рифтовых впадин — линии черного цвета.

Ж. Высотные градации

Равнины: а — ниже уровня моря, б — низкие и низменные (аккумулятивные) — 0—200 м, в — возвышенные — до 500 м, г — высокие — до 3000 м. Горы: а — низкие, ниже 1300 м, б — средневысотные — до 2500 м, в — высокие — до 5000 м, г — высочайшие: г₁ — до 6000 м, г₂ — выше 6000 м.

З. Отдельные морфоструктуры

Решетчатые и ячеистые морфоструктуры (системы хребтов и впадин), кольцевые морфоструктуры, кольцевые интрузивные массивы и хребты, крупные вулканы: а — действующие, б — потухшие (см. легенду 2).

II. Формы и комплексы форм см. в легенде 2 для масштабов 1 : 50 000—1 : 1 000 000

¹ Основные типы структуры даны цветными фигурными сетками только для морфоструктур орогенических зон как хребтов, так и впадин. Структура денудационных равнин и гор платформ и щитов не может быть изображена так же; блоки, например, Памира и сырцовые равнины Зауралья — не одно и то же.

² Порядки глубинных разломов даны в соответствии с общей классификацией разломов (см. выше).

³ Современный тектонический режим лучше показывать на картах — врезках, иначе это может перегрузить карту.

⁴ Самые крупные морфоструктуры будут вычитываться из сочетания хребтов, впадин, ступеней; здесь указаны морфоструктуры, которые возможно отобразить как целое. Границы морфоструктур для гор и денудационных равнин применя-

ются в основном для впадин разного типа, поскольку границами положительных и отрицательных морфоструктур являются разломы и разрывные нарушения.

⁵ На конкретных картах, если позволит масштаб, можно выделить комплекс нижних и комплекс верхних террас, показав их оттенками цвета (см. карту 2); на аккумулятивных террасах следует показывать литологию рыхлых отложений, предусмотренных в легенде ².

⁶ Перевейные и навейные пески разного генезиса показываются общепринятым оранжевым точечным рисунком на генетическом фоне равнины (аллювиальной, морской и др.), но разным для навейных и перевейных.

⁷ Раздробленные морфоструктуры в отличие от монолитных морфоструктур показываются наложением на цвет генезиса красных линий трещин.

⁸ Различие хребтов, массивов и гряд, в том числе и останцовых, вычитывается из сочетания условных обозначений на карте и немасштабного знака гребней на хребтах.

⁹ Равнины краевых и межгорных прогибов орогенических зон показываются тем же цветом, что и равнины платформ и щитов, но аккумулятивные равнины гор вычитываются из местоположения и границ впадин, а денудационные — по наложению сетки для обозначения структуры.

¹⁰ Рисунки сетки в легенде не даны. Для региональных карт их можно дать по известной таблице Д. Г. Жвания (1960).

¹¹ На цвет значками наносится тип лавы.

в рельефе, обусловленное дифференцированными движениями и экзогенной моделировкой блоков: денудационным срезом одних блоков и выполнением других.

В легенде 1 отсутствует необходимый раздел: отдельные формы и комплексы форм рельефа. В книге дана легенда для геоморфологических карт съемочных масштабов, где приведен достаточно полный набор форм рельефа. Сокращенный в три-четыре раза, он дополнил бы легенду к картам мелких масштабов. Оговоримся, что для изображения форм и комплексов форм следует использовать первый и второй разделы легенды к картам съемочных масштабов (легенда 2).

Всякий отбор форм до составления карт на большую территорию окажется искусственным, так как нельзя предугадать, что можно отразить на одной территории и что на другой, где рельеф совсем иной.

Ниже (стр. 104) приведена классификация этих морфоструктур и элементов морфоструктур низших порядков, условно седьмого, восьмого, девятого и десятого (Бащенина, 1973). Она как бы продолжает классификацию мегаморфоструктур, хотя и разработана преимущественно для горного рельефа. Как морфоструктуры, так и их элементы обусловлены глубинными разломами и разрывными нарушениями разного порядка. Однако четкую зависимость от разломов одного порядка установить невозможно и для этих морфоструктур.

На основе классификации морфоструктур более высоких порядков, а также их элементов разработана легенда для геоморфологических карт съемочных масштабов (Бащенина, 1975; Бащенина и др., 1975). Классификация нашла достаточно полное отражение в легенде 2.

ПРИНЦИПЫ СОСТАВЛЕНИЯ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ
СТЕМОЧНЫХ МАСШТАБОВ 1:50 000 — 1:500 000

Обоснование легенды

Как указывалось, установление геоморфологическими, геофизическими и геологическими методами связи рельефа с глубинными разломами и разрывными нарушениями разных порядков, особенно четко выраженной в горах, разнообразных по времени и пути тектонического развития, позволило рассматривать блоковую тектонику как ведущий фактор образования рельефа. В рельефе выражены преимущественно блоковые структурные формы, т. е. блоковые морфоструктуры. Это обусловило необходимость составления геоморфологических карт нового типа, отражающих *морфоструктуры*. Морфоструктурное направление, возникшее в СССР (Герасимов, 1959), успешно развивается на стыке геоморфологии, картографии, геотектоники и геофизики. Составление полевых морфоструктурных карт предполагает проведение и предполевого морфоструктурного анализа, благодаря которому может быть получено надежное решение широкого комплекса многих проблем геоморфологии. Морфоструктурный анализ осуществляется разными приемами (Аристархова, Шубина, 1963; Лукашов, Симонов, 1968; Якушова и др., 1970; Башенина, Трещов, 1972, и др.), но суть их единая — составление вспомогательных морфометрических карт разного типа на основе анализа топокарт, дешифрирования аэрофотоснимков и космических снимков. Картографируются морфоструктуры и почти всегда ограничивающие их глубинные разломы и разрывные нарушения. Морфоструктурным анализом успешно распознаются, например, блоковые и реже встречающиеся складчатые морфоструктуры, разделяются морфоструктуры, обусловленные малоактивной тектоникой и препарировкой или активной тектоникой.

В настоящее время связь элементов рельефа любого порядка с разломами и разрывными нарушениями, определяющими блоковую тектонику, не вызывает сомнения. Это положение не ново: достаточно упомянуть такие термины, как «горст», «грабен», Schollengebirge и т. д. Однако глыбовые горы долгое время противопоставлялись горам складчатым. Исследования последних лет в горных странах показали, что блоковая тектоника определяет морфоструктурный план как эпигеосинклинальных (Кавказ, Карпаты), так и древних, эпиплатформенных орогенических зон, с разного времени подвергающихся рифтовой активизации (с неогена — Алтая, с мезозоя — Алдано-Становая зона, Забайкалье и др.).

Выражение в рельефе складчатых структурных форм возможно в двух случаях:

1. В районах активного современного горообразования, где формируются «живые» складки в молодых отложениях. Их выражение в рельефе обычно прямое — в виде гряд и межгорных понижений. Такие формы образуются в слабо диагенезированных породах современных гесинклиналей.

2. В пределах как древних остаточных горных систем, так и некоторых молодых складчатые морфоструктуры могут представлять результат препарировки древних складок. В таком рельефе складки в зависимости от слагающих их пород получают как прямое, так и инверсионное выражение. Такие складчатые структурные формы в той или иной мере видоизменены блоковыми движениями. Обычно можно установить подчиненность общего плана складчатого рельефа блоковой морфоструктурной основе (Южный Урал, Аппалачи, Шотландия и др.).

Образование платформенных равнин вследствие движения блоков фундамента также является установленной закономерностью. Кроме того, к настоящему времени широко известны и «надразломные» складки разного размера (порядка).

Блоковые морфоструктуры довольно легко выявляются уже при предварительном изучении территории, особенно в областях новейшего тектогенеза и активизации. Они вырисовываются на топокартах, аэрофотоснимках и космических снимках. По рисунку гребней, склонов, ступеней на склонах и по сопоставлению их с планом речной сети, схемой разрывных нарушений и линейными рисунками микрорельефа на аэрокосмических снимках можно с большой вероятностью предположить, является ли расчленение рельефа блоковым, тектоническим или эрозионным, наметить кольцевые морфоструктуры и выявить интрузивные тела, не показанные на геологических картах, и т. д.

На молодой возраст блоковых форм указывают: 1) резкое, явно тектоническое расчленение крупных блоков (наличие «выдвинутых» и разобщенных без участия эрозии горстовых хребтов, горстовых вершин и т. д.); 2) ограниченность блоковых форм «живыми» нарушениями, ослабленность или активность которых подтверждена их геоморфологическим выражением, а также геологическими и геофизическими данными; 3) неодинаковые глубины долин, крутизна и форма склонов в разных блоках; 4) присутствие тектонических склонов и экскарпов, увеличение их крутизны у подножия и «освеженные» полосы осыпей по омоложенным разрывам; тектонические склоны перекошенных (наклоненных) блоков, расчлененных настолько слабо, несоразмерно их наклону, что это можно объяснить лишь молодостью движений; 5) большая густота и большая раскрытость трещин на более возвышенных блоках; 6) соседство горных массивов и хребтов с межгорными впадинами, выполненными молодыми коррелятными отложениями; 7) неодинаковое количество и высота террас в разных блоках, состав и мощность их аллювия; 8) изломы продольных профилей

рек; 9) наличие на горных склонах «клиновидных» и (тем более) «чешуйчатых» горстов (Башенина и др., 1971); 10) несоответствие высот и резкости очертаний хребтов и ступеней рельефа породам разной твердости и пр. Так, наиболее поднятые блоки Рудного Алтая сложены теми же гранитами, что и хребты на 1000—1500 м и ниже. В Карпатах наиболее поднятые блоки образовались во флише, а не в кристаллических породах.

Вопрос о соотношении новейшей блоковой тектоники, блоковых и складчато-блоковых остаточных форм и их препарировки решается камеральными приемами морфоструктурного анализа и полевым исследованием.

В сложных случаях блоковая тектоника и препарировка проявляются одновременно, причем долю той и другой трудно определить, особенно для таких районов, где этот комплекс факторов развивается унаследованно геологически длительное время и начало его формирования не совпадает с нижней границей неотектонического этапа (Южный Урал).

В ряде случаев грабены, выполненные относительно слабыми породами (мезозойскими или третичными), среди стойкого окаймления выражаются как современные понижения и вследствие унаследованных движений, и отчасти вследствие препарировки. Признаками первых могут быть: увеличение мощности аллювия, снижение и слияние террас, обновленные сбросовые уступы окаймляющих горстов. Нередко интрузивные массивы испытывают большие новейшие поднятия (на Урале, Северном Кавказе и др.). Ограничение блоковых ступеней и возвышенностей разрывными нарушениями представляет собой выражение разрывной тектоники и последующей экзогенной моделировки по нарушениям. Увеличение крутизны сбросовых склонов в основании может быть обусловлено новейшими поднятиями или представлять грунтовопроводный или снежный «забой» (Башенина, 1967). Такое денудационное подновление нередко сопровождается подновлением тектоническое (тектонопедименты Рудного Алтая, Алданского щита и др.).

Очень сложен вопрос об унаследованности морфоструктур. Можно предполагать, что даже морфоструктуры горного рельефа активизированных древних платформ и щитов вряд ли в значительной степени являются унаследованными (за исключением самых крупных). Они как бы накладываются на древние, остаточные, разрушенные и перерабатывают их. Начинается этот процесс с момента, когда по сетке омоложенных разломов и разрывных нарушений, а также сопряженных с ними вновь возникающих выкраивается новый структурно-морфологический план. Выявление в нем унаследованных морфоструктур и вновь образующихся — одна из самых интересных, необходимых и сложных задач морфоструктурного анализа. Для ее решения необходимо комплексное геологическое и геоморфологическое исследование. Приведем самый простой пример. Разрывное нарушение на одном участке выражено в рельефе уступом или долиной, а дальше его продолжение, наблюдаемое на аэрофотоснимках, в рельефе не выражено, хотя

условия для этого благоприятны: сохраняются общие высоты и расчлененность рельефа и т. д. Четкое выражение в рельефе предыдущего участка уступа вероятнее всего обусловлено его омоложением. Проверить это можно анализом плановых рисунков, образуемых такими участками в целом в их связи с общим планом морфоструктур.

В формировании главных черт рельефа денудационных и аккумулятивных равнин разрывная тектоника также играет основную роль (Башенниа, Заруцкая, 1969; Юнаковская, 1976). Каждая такая равнина представляет опущенный блок, выкроенный по разломам. Блоки построены сложно; они состоят из менее крупных блоков с разным современным тектоническим режимом, который определяет существенные различия в рельефе равнин, в том числе и аккумулятивных. Границы главного и крупных внутренних блоков обусловлены глубинными разломами, менее крупные границы — разрывными нарушениями. Речная сеть равнин также в основном формируется по глубинным разломам фундамента, нащупывая их нередко через мощные толщи осадочных пород. Таково развитие речной сети в Западной Сибири, в пределах Великих равнин и др. (Озорей, 1972). Малые реки приурочены к разрывным нарушениям. К ним же приурочены соляные куполы, грязевые сопки. Глубинные разломы и разрывные нарушения и в этом случае представляют «каркас» рельефа и, соответственно, геоморфологической карты. Поскольку роль глубинных разломов и разрывных нарушений в формировании рельефа велика и может считаться доказанной, как и преобладание блоковых морфоструктур, мы включаем в легенды к картам разных масштабов классификацию разломов и разрывных нарушений разного порядка по их роли в современном рельефе. Это позволяет отразить на карте неотектонический режим территории и облегчает генерализацию элементов блоковых морфоструктур. На геоморфологических картах средних съемочных масштабов (1 : 500 000 и 1 : 1 000 000) можно показать и целостные морфоструктуры. На картах масштаба 1 : 50 000—1 : 100 000 целостные морфоструктуры выявляются лишь путем сочетания (насколько позволяет масштаб) изображений их частей (элементов). Поскольку морфоструктуры могут быть и крупными, и малыми, на картах одного масштаба могут быть выделены и целостные морфоструктуры, и их элементы. При переходе от крупномасштабных геоморфологических карт к картам более мелких масштабов выявление целостных морфоструктур непременно включает генерализацию.

Классификация морфоструктур горного рельефа и их элементов
(шестого — седьмого — восьмого — девятого порядков)¹
как основа для геоморфологических карт средних и крупных масштабов
(составлена Н. В. Башенной при участии М. В. Пиотровского)

А. Блоковые морфоструктуры

Основные региональные морфоструктуры (протяженность — первые сотни и десятки километров). 1 — хребты — сложные системы горстов: 1) древовидные, 2) кольцевые²; а) обусловленные докайнозойскими интрузиями, в) не связанные

с интрузиями, 3) решетчатые²; 2 — сводово-блоковые и блоковые узловые массивы³; 3 — хребты горст-антиклинальные и горст-синклинальные (инверсионные); 4 — хребты блоково-складчатые межгорных и предгорных впадин (молаассовые сложные межгорные и предгорные впадины разных очертаний в плане)⁴; а) погружающиеся аккумулятивные, б) приподнятые денудационно-аккумулятивные; в) относительно опущенные (грабены отставания) денудационные; 5 — долины рифтовые продольные сложные: 1) молодые, 2) унаследованно развивающиеся; 6 — поперечные рифтовые долины впадины, развивающиеся по «сквозным» разломам: а) погружающиеся аккумулятивные, б) приподнятые аккумулятивно-денудационные, в) отставшие в поднятии денудационные.

Макро- и мезоморфоструктуры и их участки (элементы); протяженность — десятки километров. 1 — сводово-блоковые хребты и массивы; 2 — сложные блоковые хребты и массивы: 1) линейно-разветвленные (древовидные горсты), 2) решетчатые, 3) ступенчато-сниженные концевые и боковые ответвления горстовых хребтов, 4) кольцевые; 3 — складчато-горстовые хребты и массивы: 1) горст-антиклинальные, 2) брахиантиклинальные, 3) синклинальные (инверсионные), 4) брахисинклинальные; 4 — боковые хребты блоковых предгорных ступеней, вырезанные эрозией по разрывным нарушениям (симметричные, асимметричные); 5 — впадины — простые и сложные грабены, наследующие прежнюю складчатую структуру: прямые — грабен-синклинали, грабен-брахисинклинали; инверсионные — грабен-антиклинали, грабен-брахиантиклинали, не связанные с прежней структурой, наложенные (вытянутые, изометричные, рифтовые линейно-древовидные, прямоугольные с грабенами «заливами», грабенами «ящичками», узловые грабены на сочленении разломов и разрывных нарушений и пр.); с эрозивно-блоковым долинно-ступенчатым рельефом, относительно опущенные; с выровненным аккумулятивным рельефом — опускающиеся; с поднятым ступенчатым денудационно-аккумулятивным рельефом («раздерганные»); 6 — долины — малые рифты и линейные грабены, простые и сложные; 7 — сквозные рифтовые долины; 8 — осевые долины прогибов; 9 — консеквентные долины тектонических склонов; 10 — «конформные» долины (краевые и внутренние) возвышенностей и впадин; 11 — поверхности блоковых ступеней на склонах хребтов и долин: а) системы ступеней (уровни), б) локальные ступени; 12 — поверхности и пологие склоны относительно приподнятых блоков (массивов, хребтов и т. д.): а) неразделенные, монолитные, б) разделенные разрывами на несколько ступеней («раздерганные»); 13 — поверхности и пологие склоны относительно опущенных блоков (межгорных впадин): а) монолитные, б) разделенные сбросами на ступени⁵; 14 — сбросовые склоны и «фацетки»; 15 — склоны ступенчатых сбросов; 16 — склоны, образованные перекосом блоков (тектонические «наклоны»); 17 — тектонопедименты; 18 — солянокупольные морфоструктуры; 19 — впадины, обусловленные солянокупольной тектоникой; 20 — склоны солянокупольных морфоструктур.

Мезоморфоструктуры и их участки (протяженность — первые десятки километров и километры). 1 — горстовые гряды и возвышенности: 1) моноблоковые, 2) сложные горсты, 3) ступенчатые, 4) косые, 5) решетчатые, 6) древовидные, 7) кольцевые, 8) горсты «клавийши»; 2 — малые хребты-горсты; тектонически отчлененные, монолитные, ступенчатые; 3 — «клиновидные» горсты (боковые горсты — гряды); 4 — «чешуйчатые» горсты (гряды, горсты тектонических склонов); 5 — ступенчатые блоковые выдвинутые вершины (симметричные, асимметричные, линейные, изометричные и пр.); 6 — «граненые останцы» на хребтах (полигональные в плане горстовые вершины); 7 — выдвинутые вершины — одиночные горсты; 8 — «оторванные» горстовые гряды (изолированные от общих горстовых систем): а) непогруженные, б) погруженные; 9 — поверхности и пологие склоны блоковых ступеней и блоковых «террас» (хребтов и бортов впадин): а) монолитные, б) ступенчатые; 10 — поверхности и пологие склоны блоковых ступеней, блоковых «террас», «оторванных» горстовых гряд, в том числе относительно опущенных: а) монолитные, б) ступенчатые; 11 — сбросовые обрывы и «фацетки»; 12 — тектонопедименты; 13 — блоковые ниши (малые наклонные грабены) склонов хребтов и долин; 14 — блоковые седловины; 15 — отсевиные блоковые ступени — тектонические «оползни»; 16 — впадины-грабены (простые, сложные, симметричные, асимметричные, малые рифтовые, не рифтовые и др.); 17 — долины-грабены — продольные и поперечные (между «клавийшиными» горстовыми хребта-

ми); 18 — участки долины, заложенных по нарушениям поперек тектонических склонов; 19 — участки долины по различным молодым разрывным нарушениям разного порядка («сборные»); 20 — соляные куполы.

*Участки мезоморфоструктур и малые морфоструктуры*⁶ — (протяженность — километры и сотни метров). 1 — малые горстовые вершины; 2 — тектонические седловины; 3 — ступени (на склонах, в блоковых нишах, в долинах) продольные, поперечные; 4 — блоковые «террасы», карнизы, уступы; 5 — мелкие соляные штоки; 6 — сейсмические рвы и трещины; 7 — сейсмогорсты; 8 — мелкая ступенчатость на склонах (результат тектоно-гравитационного отседания по разрывным нарушениям); 9 — долины-грабены малых рек; 10 — изгибы долин (тектонические излучины); 11 — ложбины и пр.⁷.

Внетаксономические категории (разных порядков). 1 — морфоструктуры, образовавшиеся по зонам трещиноватости; 2 — по сдвигам⁸: 1) гряды, 2) ступени, 3) уступы, 4) рвы; 3 — морфоструктуры, образовавшиеся по надвигам: 1) гряды, 2) гряды «чешуи», 3) ступени, 4) уступы, 5) склоны, 6) обрывы⁹.

Б. Вулканические морфоструктуры (первичновулканические)

*Обусловленные извержениями трещинного типа*¹⁰. 1 — лавовые плато: а) с волнистой лавой, б) с пузырчатой, в) с глыбовой, г) с веерно-столбчатой, д) с волнистой, е) мостовая гигантов; 2 — лавовые хребты и гряды: а) свежие, б) денудированные; 3 — лавовые нагорья: а) со сложным первичным рельефом, б) расчлененные; 4 — столовые лавовые горы (мезы); 5 — склоны лавовых плато и нагорий: а) с волнистой лавой, б) с пузырчатой, в) с глыбовой, г) с веерно-столбчатой, д) с волнистой, е) мостовая гигантов; 6 — ступенчатые склоны лавовых плато и массивов; 7 — лавовые конусы; 8 — лавовые гроты; 9 — желобы, 10 — потоки; 11 — нагромождения; 12 — столбы.

Обусловленные извержениями центрального типа. 13 — вулканические хребты и гряды: а) свежие, б) денудированные; 14 — вулканические конусы: а) действующие, б) потухшие; 15 — кратеры и кальдеры: а) действующих вулканов (свежие), б) потухшие (переработанные); 16 — блоково-интрузивные массивы: а) растущие («живые»), б) относительно стабильные; 17 — экструзивные куполы: а) растущие, б) относительно стабильные; 18 — баранкосы; 19 — фумаролы: а) сухие, б) действующие; 20 — термы; 21 — шлаковые конусы.

В. Отпрепарированные морфоструктуры и их элементы¹¹

1 — блоковые и сводово-блоковые морфоструктуры, созданные разрывными нарушениями разного порядка, отпрепарированные, мало активные (хребты, массивы, впадины и пр.); 2 — отпрепарированные элементы вулканических морфоструктур: 1) отпрепарированные батолиты, 2) лакколиты — а) с четкими границами, б) с размытыми; 3 — штоки; 4 — неки; 5 — дайки; 6 — пластовые интрузии; 7 — вулканические рунны; 8 — гранитные «городки» («торос»); 9 — экзотические глыбы.

¹ Морфоструктуры низших порядков трудно четко различать по рангам, так как существуют сходные морфоструктуры, но разные по размерам и глубине заложения.

² Размеры этих морфоструктур могут быть от 200 до 3 км. Разные размеры отражают и разную их глубинность. Поэтому как целое они могут быть выражены в любом порядке от пятого до девятого.

³ Подразделяются в зависимости от современного тектонического режима.

⁴ Изометричные и другие (не рифтовые).

⁵ Под «сбросами» понимаются как поднятия, так и опускания по глубинным разломам и разрывным нарушениям. Такие типы тектонических склонов могут быть разного порядка.

⁶ Имеются в виду целостные морфоструктуры.

⁷ Кроме ложбин разрывы этого порядка находят геоморфологическое выражение в промоинах, камнепадах, лотках, в линейных курумах, поперечных «рвах» и т. п. Широко развиты в разнообразных и разновозрастных горных территориях (Алданский и Балтийский щиты, Алтай, Карпаты, Кавказ и др.).

⁸ Обусловленными разломами разного порядка.

⁹ Первичные, не переработанные.

¹⁰ Такие морфоструктуры могут образовываться также при извержении центрального типа.

¹¹ Могут встретиться отпрепарированные и переработанные денудацией те же морфоструктуры, классификация которых приведена выше. Они соответственно обусловлены разломами и разрывными нарушениями, в настоящее время малоактивными.

Как указывалось, в настоящее время общие геоморфологические карты становятся в существенной мере морфоструктурными. Карты, на которых генетически разнообразные элементы рельефа выделяются только по различиям, обусловленным экзогенными агентами, вероятно, можно относить к разряду частных геоморфологических карт, если они не сопровождаются картой структурных форм или неоструктурных.

В качестве основного объекта разномасштабного геоморфологического картографирования большинство исследователей рассматривают морфоструктуры разного порядка, их части (элементы), а также формы экзогенного рельефа, неодинаково развивающиеся в пределах разных морфоструктур (например, террасы и др.). Это не противоречит принципам историко-морфогенетического направления. На картах любых масштабов рельеф изображается в тех же основных аспектах. Однако понимание этих аспектов изменилось, что привело к необходимости перестройки легенд карт всех масштабов. На картах морфоструктурного типа происхождение элементов рельефа показывается по *ведущему* генетическому фактору, который может быть как тектоническим, так и экзогенным. При изображении рельефа на обычных геоморфологических картах тектоническим фактором, как указывалось, нередко излишне пренебрегали. Однако для многих элементов рельефа, особенно горного, тектогенезис является определяющим, а экзогенезис — подчиненным ему. Интенсивность экзогенных процессов зависит от интенсивности и направленности вертикальных движений блоков. Соответственно этому на картах морфоструктурного типа появилась иной «стиль» геоморфологического картирования (Плотовский, 1968). Природные границы элементов рельефа — глубинные разломы и разрывные нарушения — обуславливают более жесткую, угловатую рисовку рельефа. Поскольку такие границы прекрасно видны на космических снимках, аэрофотоснимках и хороших топо-

графических картах, вероятно, именно этот стиль картирования лучше передает *реальный* рельеф.

Поскольку морфоструктуры — это тектонические формы, всегда подработанные денудацией или аккумуляцией, в задачу морфоструктурного картирования входит установление степени такой подработки. Выполнение этой задачи достигается морфоструктурным анализом, как камеральным предполевым, так и полевым (Башенина, Трещов, 1972; Башенина, 1972). Для получения возможно более объективного материала по оценке степени денудационной переработки (пока лишь качественной, во всяком случае для территорий, где отсутствуют коррелятные отложения большой мощности) необходимо составлять две итоговые карты: 1) карту блоковых структурных форм со «снятой» экзогенной переработкой (см. ниже) и 2) общую геоморфологическую морфоструктурного направления; на ней элементы морфоструктур выделены по ведущему генетическому фактору. Например, склоны активных, «живых» блоков сохраняют первичный тектонический облик. Для районов с менее активной тектоникой и длительной денудационной переработкой склоны как элементы морфоструктур выделяются по типу денудации, т. е. по различиям того или иного экзогенного склоноформирующего фактора. В зависимости от величины поднятия в соседних блоках склоны могут быть в одном тектоническими, в другом — денудационными. Склон, независимо от степени денудационной переработки, продолжает оставаться элементом морфоструктуры. Показывая его в зависимости от ведущего генетического фактора и выделяя склоны переработанных морфоструктур по типу денудации, мы передаем и стадию развития склона, которая пока оценивается по качественным показателям.

Исходя из вышесказанного, целесообразна разработка легенды для карт морфоструктурного типа съемочных масштабов. Такая легенда предлагается в настоящей книге как одна из возможных для составления карт морфоструктурного направления.

Основным принципиальным положением легенды и карт, составленных по ней, как указывалось, является *выделение элементов рельефа по ведущему генетическому фактору*. Поскольку, на наш взгляд, в целом таковым для большинства территорий является блоковая тектоника, легенда предполагает картирование блоковых морфоструктур и их элементов: гребней, вершинных поверхностей горстовых хребтов разного типа, склонов как тектонических, так и переработанных денудацией, днищ впадин — грабенов и рифтовых долин, ступеней и уступов склонов хребтов и бортов впадин и т. п. Таким образом, на картах съемочных масштабов предлагается аналитическое изображение морфоструктур и тем детальнее, чем крупнее масштаб карты. Изображение складчатых морфоструктур и вулканических как «живых», так и менее активных и потому отпрепарированных денудацией, также возможно путем выделения их элементов. Поскольку основные элементы рельефа выявляются как части морфоструктур, на карте отражается структурная основа рельефа.

В легенде предусмотрено изображение форм и элементов форм экзогенного происхождения, которые могут неравномерно развиваться в разных морфоструктурах, а также склонов долин и переработанных морфоструктур — по различиям денудации. Морфоструктурное направление картирования (особенно для решения задач практики) иногда требует передачи на картах и главных литологических особенностей территории. Так, на юге горного Южного Урала в настоящее время наиболее интенсивно поднимаются массивы ультраосновных пород — Крака-Суртанды; на Рудном Алтае различие новейшего поднятия разных блоков, сложенных одними и теми же гранитами, достигает 1500 м и т. д. Поэтому мы предусмотрели возможность изображения основных литологических комплексов коренных пород, а также литологии рыхлых отложений на террасах и склонах накопления. Однако изображение коренных пород может быть обусловлено лишь определенной практической задачей и не является обязательным.

Таким образом, в целом содержание общих геоморфологических карт в известной мере как бы подчинено изображению морфоструктур. Это и дает основание считать, что карты морфоструктурного типа, по существу, представляют *общие геоморфологические карты*.

В основу составления легенды положены: 1) классификация морфоструктур и их элементов, разработанная для съемочных масштабов (Башенниа, 1973), и 2) классификация склонов (Башенниа, Пиотровский, 1968). Склоновая денудация является одним из основных экзогенных факторов формирования рельефа, а склоны — один из главнейших элементов рельефа. Однако в изданных легендах изображение склонов разработано недостаточно (как и в легенде МГУ, 1962). Разработка классификации склонов, способов их изображения на картах крупных масштабов обуславливает и генерализацию генетических типов склонов применительно к более мелким масштабам. Система легенд геоморфологических карт разных масштабов должна включать объединение генетических типов склонов в комплексы. Примером наибольшей генерализации является легенда к геоморфологической карте Мира, составленная Н. В. Башенниной, И. П. Заруцкой, О. К. Леонтьевым (1967). Для каждого из выделенных на ней типов мегарельефа (мегаморфоструктур) характерна своя система склонов, которые развивались неодинаково в зависимости от истории тектонического развития, от направленности и интенсивности новейших движений. В общих чертах идея генерализации склонов была намечена еще В. Пенкой (1961), который указывал, что блоки с разной историей развития имеют свои характерные комплексы склонов. Поэтому наряду с классификацией морфоструктур генетическая классификация склонов представляет основу для легенды геоморфологических карт крупных масштабов.

Генетическое и морфологическое разнообразие склонов зависит от тектонического режима и климата. Многие склоны в основе созданы тектоникой и вулканизмом. Большую роль в формировании

склонов играют глубинные разломы и разрывные нарушения. К склонам, обусловленным разрывной тектоникой, возможно отнести кроме склонов морфоструктур также и склоны долин, врезанных по разломам, разрывам и зонам трещиноватости, абразионные уступы, заложенные по разломам, и др. Они отличаются не только очертаниями в плане, но и особенностями сноса, который резко ускоряется благодаря отделению пород по трещинам. Выделение таких склонов на геоморфологических картах важно для характеристики генезиса склонов, типа тектоники, а также инженерно-геологических условий.

В зависимости от того, чем обусловлены основные черты рельефа склонов — тектоническими факторами или денудацией, все склоны на материках можно разделить на две группы: 1) *склоны эндогенные*, которые разделяются на тектонические, вулканические и (несколько условно) грязевулканические; это склоны «живых» активно развивающихся морфоструктур; особо выделяются структурные (отпрепарированные денудацией склоны менее активных морфоструктур, генезис которых уже определяется типом денудации); 2) *склоны денудационные и аккумулятивные* сильно переработанных и слабо активных морфоструктур, речных долин, экзогенных форм рельефа.

Такое разделение склонов основано на различиях знака и интенсивности неотектонических движений. Тектонические склоны сохраняются в рельефе мало измененными лишь при быстром росте и современной активности морфоструктур, а склоны вулканические — если излияния молодые (четвертичные) и склоны не изменены денудацией.

Выделение структурных склонов вызвано тем, что при длительной денудации морфология склонов сложных, мало активных морфоструктур определяется отпрепарированными структурными элементами. Типы склонов в этой подгруппе разделяются как по различию денудации, так и структурных элементов. В группе склонов, где структура определяющей роли не играет, важнейшим классификационным признаком являются климатические различия. Генетические типы склонов выделяются по агенту денудации, обусловленному климатом. Главными процессами склоновой денудации являются гравитационные (обваливание, осыпание, оползание), смыв (делювиальный процесс), дефлюкция, тропическая солифлюкция, конжелифлюкция.

Помимо указанных признаков в геоморфологической классификации склонов и легенде учитывалась зональность их типов и путь выравнивания рельефа склоновыми процессами, т. е. образование педиментов и педиплейнов (выравнивание «сбоку») или пенепленов (выравнивание «сверху»). Известно, что как педиплейнизация, так и пенеплейнизация могут происходить в широком диапазоне климатических условий (Башенина, 1967). Они могут протекать вместе при ведущей роли педиплейнизации. Так, в районах вечной мерзлоты плоскостная конжелифлюкция идет и на педиментах, и на пологих приводораздельных склонах. Выравнивание «сверху» воз-

можно для многих равнин, представляющих систему пологих склонов. В центральной части оно осуществляется плоскостным смывом и дефлюкцией («крип»). Нередко педименты, педилены и пенеплены представляют различные стадии выравнивания рельефа склоновыми процессами. Когда останцы на поверхности педиментов разрушаются, образуется педилен, который дальше развивается уже как пенеплен (Дэвис, 1962). Все древние равнины и плоскогорья на складчатом основании, так же как и равнины и плоскогорья щитов, вероятно, прошли оба пути выравнивания. В настоящее время они представляют сложные системы склонов, различных по происхождению, формам, уклонам и размерам. Однако типичные пенеплены редки (Башенина, 1967).

Крайними зональными типами педиментов являются аридные и гольцовые (рис. 12) (Башенина, 1967). Между ними располагают-



Рис. 12. Южный Урал. Гольцовые террасы (рис. Н. В. Башениной)

ся гумидные (тропические и умеренные), а также нивальные и мерзлотные педименты. Для этих форм типично единство механизма образования. Суть процесса в любом климате заключается в повышенном увлажнении основания крутых склонов водой, стекающей по поверхности склонов и внутри их обломочного шлейфа (Обручев, 1937; Биро, 1949). Вследствие этого в шлейфах у подножия крутых склонов нередко появляется относительно постоянный горизонт грунтовых вод. Повышенное увлажнение захватывает и коренные породы основания склонов, которые поэтому усиленно выветриваются. Повышенное увлажнение основания шлейфа склонов увеличивает его подвижность. Шлейф «подрезается» снизу, оползает, и это его движение распространяется вверх по склону. Подрезается и коренное основание крутого склона, который отступает, оставляя перед собой пологий склон — педимент.

Вогнутые переломы являются не только базисами склоновой денудации, но и «забоями», зонами подрезания склонов. Забои обычно закладываются по разрывным нарушениям.

В континентальном гумидном климате Сибири педименты формируются процессами дефлюкции в комбинации с конжелифлюкцией и отчасти смывом (сибирский тип).

В горах с обильными снегопадами снег также задерживается на неровностях склонов и вызывает их отступление. Выше снеговой границы при этом образуются ниши с каровыми ледниками. По мере их развития формируются наклонные площадки, которые срезаются снизу интенсивно врезающимися реками. Эти формы можно рассматривать как морозно-ледниковые педименты.

Различие «сибирских», гольцовых и нивально-ледниковых педиментов в том, что сибирские привязаны к днищам долин и развиваются как цикловые; гольцовые и нивальные педименты развиваются локально, но в определенном высотном поясе.

В аридных и семиаридных условиях развитие склонов по скорости денудации и режиму процесса различно. К семиаридным условиям приурочены склоны полупустынь, саванн и сухих степей. В СССР в семиаридных условиях в процессе образования педиментов формируются сопочно-останцовый рельеф (юго-восточное Забайкалье) и сложный многоярусный мелкосопочник Южного Урала и Казахстана. Рисунок расчленения и расположение форм рельефа чаще всего предопределяется линиями разрывных нарушений. В настоящее время ясно, что многие педименты созданы блоковой тектоникой, представляют блоковые ступени и лишь моделируются склоновыми процессами («тектонопедименты», по М. В. Пиотровскому). Столь большое внимание уделено разбору генезиса склонов потому, что они занимают немалое место в легенде и это нуждается в пояснении.

Учитывая такое разнообразие склонов, в легенде денудационные склоны разделены в зависимости от зональной принадлежности. Каждый генетический тип склонов разделяется и по направлению процесса: 1) склоны сноса, 2) сноса и транзита, 3) накопления (Башенина, 1967).

Классификация склонов по характеру процесса несколько условна, так как их четкое выделение в природе затруднительно. Чаще склоновые процессы проявляются в совокупности и речь может идти о ведущем процессе.

Типы склонов можно классифицировать и более подробно, на основании разделения ведущего процесса на подчиненные. Такая классификация склонов нужна лишь для карт 1 : 5 000—1 : 10 000. Она может иметь значение для геоморфологических карт при почвенной съемке и для целей сельскохозяйственного освоения территории.

В легенде склоны характеризуются по первичному генезису; по зональным агентам переработки и по элементам склонового микрорельефа; по направлению процесса переработки (снос, снос и транзит, накопление); по крутизне; по относительному возрасту.

Однако столь многогранная характеристика может быть сведена к относительно простым главным типам склонов. Склоны характеризуются в пределах морфоструктур.

Итак, в основу составления легенды положены классификации: глубинных разломов и разрывных нарушений, морфоструктур и их элементов, в том числе — склонов. Кроме того, при составлении легенды использованы легенда МГУ (1962), Международная легенда (1968), легенда Ю. Г. Симонова (1975) и некоторые легенды к частным геоморфологическим картам: О. К. Леонтьева и В. С. Мякокина для береговых форм, А. И. Попова и И. П. Любимова для мерзлотных, Р. С. Чалова и др. для русловых. В легенде, следовательно, сохранена и обычная нагрузка общих геоморфологических карт.

Специфика предложенной легенды заключается в том, что составляемые по ней карты, отражая структурную основу рельефа, передают его первичный генезис. Эндогенная генетическая составляющая отражена в той степени, в которой она определяет тот или иной рельеф.

Построение легенды и генерализация

Легенда 2 представлена пятью таблицами. Первая представляет таблицу фоновых обозначений и цветных условных знаков, как масштабных, так и внесмасштабных. Всего предусмотрено 31 фоновых цветов и оттенков и семь цветов для значковых обозначений. Вторая таблица — основная. Она содержит 308 морфоструктур и их элементов, а также форм рельефа и элементов форм. В третьей таблице помещены штриховые знаки для рыхлых отложений и для коренных пород; в четвертой — индексы возраста и фигурные сетки.

Таблица II состоит из трех основных разделов и как бы вынесенных «за скобки» общих условных обозначений, предшествующих основным разделам: границ разного типа — геоморфологических, морфоструктур (активных и отпрепарированных), знаков общего и локального поднятия и опускания, изолиний поднятий и опусканий. Возможно, что этот набор превышает потребности (на картах съемочных масштабов применяются преимущественно геоморфологические границы; они оконтуривают элементы морфоструктур разного генезиса, из границ морфоструктур проводятся лишь границы грабен и малых рифтовых долин). Положительные формы блокового рельефа вычитываются из сочетания изображения гребней, склонов и др. Изолинии и границы положительных морфоструктур бывают необходимы для равнин с локальными, особенно купольными морфоструктурами.

Геоморфологические границы отпрепарированных морфоструктур предлагаем показывать черными линиями и линейными знаками, изолинии и границы «живых» морфоструктур — красными.

Первый раздел представлен двумя частями, сопоставимыми не по количеству условных изображений, а по их значению в рельефе. В первой части даны участки границ зон разломов и разрывные нарушения, разделенные на порядки по их роли в рельефе. Всего для съемочных масштабов мы предлагаем семь порядков границ¹ зон глубинных разломов, разрывных нарушений и трещин, изображаемых красными линиями разной толщины. Разделение нарушений на главные порядки имеет генетическое значение. Крупные блоковые формы в десятки километров и с амплитудами деформаций в сотни и тысячи метров в горах и иногда лишь в десятки метров — на равнинах и плоскогорьях, но при таких же больших горизонтальных размерах вряд ли могут быть объяснены иначе, как глубинными процессами, происходящими в мантии. Малые элементы рельефа могут быть обусловлены дифференциальными движениями мелких блоков раздробленной коры в результате поверхностной местной механической дифференциации напряжений, возникающей при движении крупных блоков. Поэтому не всегда, видимо, разрывные нарушения имеют прямую связь с глубинными разломами: они автономны для отдельных блоков.

Вторая часть первого раздела содержит «морфоструктуры и их элементы», куда входят: гребни и вершинные поверхности тектонических и вулканических хребтов, днища грабен и рифтовых долин; склоны морфоструктур — тектонических, вулканических и грязевулканических, а также структурные, отпрепарированные депудацией; элементы склонового микрорельефа, блоковые ступени и пр. На карте эти элементы рельефа (в зависимости от их размера и масштаба карты) изображаются цветным качественным фоном и цветными значками как масштабными, так и немасштабными. Для наиболее полной передачи генезиса рельефа красочный фон на картах сочетается со штриховым (или значковым) фоном и с различными условными знаками, которыми изображаются отдельные формы рельефа того же (например, значки блоковых ступеней или клиновидных горстов наносятся на цветной фон сбросовых склонов — и тогда они даются близкими цветами — на разном в зависимости от крутизны по интенсивности терракотовом фоне — темно-красные знаки) или другого происхождения. Например, значки форм экзогенного происхождения — курумы, конжелифлюкционные полосы на сбросовых или вулканических склонах и т. п. Во втором случае используются цветные знаки иного цвета. Такой способ изображения позволяет уменьшить количество цветов и в целом делает легенду более гибкой — на картах конкретных территорий можно комбинировать условные обозначения и формулировки к ним. Так, соединение знака древней поверхности выравнивания со светло-сине-фиолетовой окраской поверхности криопланации дает изображение поверхности, например, «доплиоценового

¹ Чаще всего мы можем показать лишь участки одной из границ зон глубинных разломов.

выравнивания, переработанной криопланацией» и т. п. (Башенина и Трещов, 1971).

При издании карт количество оттенков может быть увеличено применением цветных фигурных типографских сеток. Сетки можно использовать и для отображения возраста аккумулятивных элементов рельефа, и для увеличения интенсивности цвета при показе крутизны склонов.

Передача пластики рельефа достигается соответствующим подбором цветов. Например, чем выше гребни или вершинные поверхности расположены, тем более темные цвета используются для их изображения. Рисунком гребней и других элементов рельефа, для которых предусмотрены значковые изображения, передается их морфологический облик. Как и в Международной легенде (1975), склоны разделяются по крутизне: чем круче склон, тем более темным оттенком он закрашивается. Для показа склонов накопления использованы наиболее светлые оттенки основного генетического фона. Всего предусмотрено от двух до шести градаций крутизны (в зависимости от масштаба карты). При издании карт, составленных по этой легенде, нам представляется удачным предложение Ф. Жолли отражать крутизну склонов наложением серого цвета разной интенсивности на основной цвет, выбранный для склона в зависимости от его генезиса.

Второй раздел легенды содержит подробный перечень форм и элементов форм рельефа экзогенного происхождения. Несмотря на их климатическую обусловленность, эти элементы рельефа по-разному развиваются в разных морфоструктурах, особенно в районах, где новейшие движения сложно дифференцированы. Изображаются они в соответствии с их размерами и масштабом карты по такому же принципу, как и элементы рельефа в первом разделе: цветной качественный фон сочетается с цветными значками. Этот раздел немногим отличается от Международной легенды и легенды МГУ (1960).

Третий раздел легенды включает денудационные склоны сильно моделированных морфоструктур, склоны речных долин и экзогенных форм рельефа. Склоны разделяются по различиям процесса денудации, по направлению процесса (снос, транзит, накопление) и по крутизне. Значками показываются формы склонового микро-рельефа. Склоны накопления и в этом разделе показаны как наиболее светлые, так как они самые пологие.

Тип накопления вычитывается из сочетания светлого оттенка генетического фона и штриховых знаков литологии рыхлых отложений.

Нам представляется более рациональным выделить склоны в самостоятельный третий раздел, а не включать их в раздел второй, хотя при таком разделении повторяются заголовки (см. легенду 2). Например, во втором разделе есть флювиальные формы азональные, аридные и семиаридные и др., а в третьем так же группируются склоны. И все же вынесение склонов как бы «за скобки», в отдельный раздел целесообразно потому, что они могут быть поч-

ти у любой формы рельефа экзогенного происхождения — хребта, гряды, останца, террасы и пр. Такое выделение склонов обеспечивает большую четкость легенды. Для изображения рыхлых коррелятивных отложений и основных литологических разностей коренных пород используются тонкие штриховые знаки серого и черного цветов.

Возраст рельефа тектонического и переработанного денудацией предполагается показывать только индексами. Конусы выноса, участки аккумулятивных равнин и террасы (разных отрезков четвертичного и неогенового возраста) следует показывать разными оттенками цвета. Различное изображение возраста элементов денудационного и аккумулятивного рельефа отражает реальные возможности наших знаний о возрасте денудационного рельефа на современном уровне науки.

Совокупность всех предусмотренных в легенде показателей дает полную характеристику рельефа, его развития и динамики.

Основная — вторая — таблица легенды 2 построена в соответствии с необходимостью генерализации. Перечень картируемых элементов расположен в середине страницы. Слева даны фоновые обозначения и те немасштабные штриховые и значковые, которые в сочетании с одной и той же фоновой окраской позволяют увеличивать количество фоновых обозначений. Условные знаки в сочетании с цветным фоном могут передавать площадное распространение тех или иных элементов рельефа. Если масштаб карты не позволяет тот или иной элемент изобразить фоновой окраской в сочетании с различными штриховками и условными значками, применяются только знаки. Справа расположены условные знаки, имеющие самостоятельное значение. Многие знаки выражаются в масштабе карты: конусы выноса разного происхождения, «клиновидные» и другие горсты склонов, вершины-горсты и т. д. При переходе от масштаба 1:50 000 к 1:200 000 и тем более к 1:500 000 и 1:1 000 000 те же знаки станут немасштабными (Башенина, 1975).

Поскольку легенда карт морфоструктурного типа разработана для масштабов от 1:50 000 до 1:1 000 000, картирование по ней непременно предполагает генерализацию: 1) линий глубинных разломов и разрывных нарушений, образующих «каркас» и структурную основу карты; 2) границ морфоструктур и их элементов с сохранением главных черт природного рисунка (горстовых хребтов, сложно разветвленных, тектонических склонов, рифтовых долин и т. д.); 3) генерализацию элементов морфоструктур путем объединения генетических различий этих элементов при сохранении принципа выделения элементов рельефа по ведущему генетическому фактору. Например, генерализуя отдельные участки склонов, показанных на карте масштаба 1:50 000 по различиям генезиса и градаций крутизны, для карты масштаба 1:200 000 и более мелкого необходимо выбрать среди них ведущий склоноформирующий фактор и преобладающую (одну или две) градацию крутизны.

Понятие «склон», как указывалось в гл. V, меняется при уменьшении масштаба. Так, для карт масштаба 1 : 50 000 нанесение разных по рисунку темно-лиловых штриховых знаков на синие-фиолетовый цветной фон склона конжелифлюкционного сноса (см. легенду 2) позволяет выделить восемь разновидностей таких склонов: фестончатой конжелифлюкции, деллевой, продольно-полосчатой и т. д. Разные условия формирования склонов конжелифлюкционного сноса (крутизна склона, высота, слагающие его породы, мощность перемещающегося грунта, его литологический и механический состав, мощность слоя грунта, оттаивающего весной, и др.) обуславливают неодинаковое течение процесса конжелифлюкции и разный микрорельеф таких склонов. На карте 1 : 200 000 вместо восьми генетических разновидностей склонов конжелифлюкционного сноса можно показать три-четыре; на карте 1 : 1 000 000 — только одну: конжелифлюкционный склон в целом. Из восьми разновидностей склонов активных блоковых морфоструктур на картах этого масштаба цветным фоном можно показать не более двух-трех типов тектонических склонов, а сбросовые обрывы, тектонопедименты и пр. изобразятся лишь внemasштабным знаком. Другими словами, при уменьшении масштаба существенным в характеристике склона становится не ряд факторов, по которым на картах масштаба 1 : 50 000 — 1 : 100 000 показана система нескольких склонов, а один из них, который наиболее полно характеризует всю систему. Это генерализация *сущностная* или *смысловая*, а не геометрическая, при которой ведущий фактор, обусловивший определенную морфологию и генезис того или иного элемента рельефа, может быть утрачен, равно как и природный рисунок морфоструктур, их план.

Генерализация изображения склонов основана на объединении участков, выработанных ведущим склоноформирующим процессом. Когда такое объединение идет в рамках морфоструктур, это помогает выявлению целостных морфоструктур на картах масштабов 1 : 1 000 000. Выделение склонов не только по генезису, но и по крутизне очень важно, так как тип и скорость экзогенных процессов зависят и от крутизны. В результате генерализации склонов по крутизне существенно изменяются и генетические различия.

Изучение количественных показателей элементов рельефа (протяженность, высота, крутизна, формы продольных и поперечных профилей и др.), а также сведение различий склонов разного генезиса к главным генетическим типам позволяет произвести обоснованный отбор и включить в легенду обобщенные количественные характеристики.

Элементы рельефа аккумулятивных равнин при переходе от более крупных масштабов к средним генерализовать по их блоковому строению и связи с разрывной тектоникой разного порядка не всегда можно. Это возможно лишь при резкой дифференциации движений блоков погребенного основания, меняющих не только фациальный состав отложений, но и аккумулятивный рельеф.

Аккумулятивные формы рельефа, хотя и обусловлены тектонической жизнью крупной морфоструктуры, в пределах которой они развиваются, морфоструктурами не являются.

При переходе к средним масштабам генерализуются аккумулятивные формы и их комплексы в пределах одной морфоструктуры. Такая генерализация может быть основана и на генерализации «просвечивающих» сквозь рыхлый покров разрывных нарушений, и на выделении границ разновозрастных отложений, определяющих аккумулятивные формы. Второй способ менее точен, так как последующая моделировка эти границы может сгладить. Аккумулятивные формы равнин на близкозалегающем основании нередко отражают в облике рельефа погребенные морфоструктуры. В таком случае они могут быть отражены на картах.

Генерализация геоморфологических границ облегчается, если они проводятся не произвольно. Для элементов одного порядка граница представляет качественный рубеж между генетически или морфологически различными элементами рельефа. Геоморфологические границы выделяются по морфологическим, генетическим и возрастным признакам. С уменьшением масштаба карты меняется и «масштабность» геоморфологических границ, и прежде всего — порядок разрывного нарушения или зоны глубинного разлома.

Для карт мелких и обзорных масштабов основными будут те глубинные разломы и разрывные нарушения, которые ограничивают крупные морфоструктуры, хотя эти ограничения представляют, как указывалось, сложный «монтаж» разломов и разрывных нарушений разного порядка. Но именно «монтаж» позволяет на картах мелких и обзорных масштабов показать целостные морфоструктуры разного порядка. Выявить точные границы, правильно их генерализовать и изобразить на картах разных масштабов позволит сравнение аэрофотоснимков разных масштабов, фотопланов и космических снимков на одну и ту же территорию. Такое изучение представляет достоверный способ генерализации границ морфоструктур и их элементов.

Как показывает опыт составления карт разных масштабов некоторых районов СССР, из сочетания изображений отдельных элементов морфоструктур (склонов, гребней, ступеней, уступов разного генезиса) на карте хорошо выделяются относительно опущенные ступенчатые блоки, «выкроенные» по глубинным разломам и разрывным нарушениям, поднятые косые и прямые горстовые хребты со ступенчатыми склонами и др. На карте масштаба 1 : 50 000 (карта 3) целостные морфоструктуры почти не вычитываются. Карта масштабов 1 : 200 000, 1 : 500 000 и 1 : 1 000 000, как указывалось, позволяет легко вычитать целостные морфоструктуры, так как охватывает большую площадь (карты 5, 6, 7). На картах 1 : 1 000 000 небольшие целостные морфоструктуры с разным тектоническим режимом приходится показывать одним контуром и одним фоном, а отдельные элементы таких морфоструктур — значками (карта 7), и только крупные морфоструктуры вычитываются

из сочетания изображений их элементов. Можно привести много таких примеров. Так, в масштабе 1:50 000 при изображении соляного купола диаметром 4—5 км, приуроченного к разлому, можно выделить: 1) склоны купола, различающиеся по процессам и по крутизне; 2) вершину, измененную карстовыми процессами; 3) разнообразные карстовые формы; 4) мелкие трещины, по которым локализуется карстовое разъедание. На карте масштаба 1:200 000 выделяются: 1) склоны по обобщенным грациям крутизны (не более трех); 2) вершины — внемасштабным знаком; 3) мелкие трещины.

В масштабе 1:1 000 000 соляной купол можно изобразить только знаком масштабным или внемасштабным в зависимости от его размера.

Крупные морфоструктуры, такие, например, как Карпатский горст-мегаантиклинарий, Закарпатский прогиб — сложный грабен, на картах масштабов 1:500 000 и 1:1 000 000 показываются сочетанием фоновых изображений их отдельных частей. Морфоструктуру такого порядка как целое нельзя показать и на карте 1:2 500 000 (см. карта 2).

При генерализации разновозрастных элементов рельефа укрупняются возрастные подразделения, сокращается количество индексов: они изображаются не на каждом выделе, а на характерных участках элементов рельефа одного генезиса (Башенкина, Заруцкая, 1969). При этом целесообразно использовать прием индексации, предложенный М. Панинцевой (1972). Так, если рельеф формировался в пределах неогена и четвертичного времени, но более точно мы определить возраст не можем, ставим индексы N — Q. Если мы уверены, что рельеф формировался и в неогене, и в четвертичное время, лучше ставить N+Q.

Морфоструктурные карты съемочных масштабов не только дают точное и полное отражение рельефа любых районов, но и служат ключами для освещения морфоструктурного плана обширных территорий в более мелких масштабах (1:2 500 000 и др.). Для этого используются генерализация морфоструктурных карт съемочных масштабов, геологические и тектонические данные и космические снимки. Такие исследования способствуют постепенному выяснению генезиса сложных сводово-блоковых морфоструктур. Важно, что морфоструктурное картирование позволяет решать практические задачи. Например, долины, идущие по разломам, указывают на ослабленность последних, а следовательно, на возможную трещинную водоносность. Нередко новейшая ослабленность может наследовать древнюю, причем долины следуют нарушениям, по которым ранее формировались рудные зоны, и т. д.

Морфоструктурные карты могут быть специализированными и содержать дополнительные данные по полезным ископаемым, инженерно-геологическим и другим характеристикам. Полная характеристика склонов на геоморфологических картах и отражение динамики современных склоноформирующих процессов значительно повышает прикладное значение карт.

Краткое послесловие к легенде и картам съемочных масштабов

Выше неоднократно указывалось, что целесообразно составление легенд для группы близких масштабов на основе единой геоморфологической классификации. Классификация обеспечивает возможность объективной генерализации объектов картирования. Как следует из легенды 2 для группы съемочных масштабов, она включает генерализацию. Тем не менее каждая группа близких масштабов выбирается произвольно; она четко обусловлена единством картируемых в данных масштабах геоморфологических объектов. Для группы съемочных масштабов такой объект представляет, как это следует из легенды, элементы морфоструктур, элементы рельефа долин, экзогенные формы рельефа и их элементы, малые морфоструктуры (для масштабов 1 : 500 000 и 1 : 1 000 000).

Для карт крупных масштабов в легенде выделено 11 разновидностей гребней и вершинных поверхностей разнообразных по типу горстовых хребтов. Например, гребни рисунком знака могут разделяться и по литологии коренных пород, и по симметричному или асимметричному строению, по форме (острые, округлые). Масштаб 1 : 50 000 все это позволяет изобразить. В масштабе 1 : 500 000 мы можем показать гребни, но количество разновидностей сократится в несколько раз. Вряд ли можно предложить единственный путь генерализации гребней. Это может определяться задачей, которую ставит составитель перед картой и разрешающей способностью масштаба для той или иной конкретной территории. Многие гребни боковых горстовых хребтов в этом масштабе выпадут — гребни хребтов решетчатых и кольцевых блоковых мезоморфоструктур, гребни боковых и концевых ответвлений горстовых хребтов и т. п.

Однако как в масштабе 1 : 50 000, так и 1 : 200 000, 1 : 500 000 и 1 : 1 000 000 мы можем показать одни и те же элементы морфоструктур, но (в соответствии с масштабом) во все более обобщенном, генерализованном виде.

Сходные в плане морфоструктуры имеют разные размеры, хотя таксономический порядок их один до определенного размерного предела; после которого они уже переходят на более высокую ступень (см. классификацию морфоструктур шестого — девятого порядков). Разница в размерах морфоструктур одного порядка и определяет группу близких масштабов, для которых возможна одна легенда. Но и эта легенда может быть построена только на генерализации. Она имеет то преимущество, что обеспечивает не только хорошую сравнимость карт одной территории, составленных в разных масштабах, но и позволяет детали рельефа рассматривать на широком генетическом фоне, элементы морфоструктур воспринимать как соотношение целого и частей (карты 3, 4, 5, 6, 7).

Поскольку легенда для карт морфоструктурных съемочных масштабов подходит для разнообразных территорий, пользоваться ею для конкретных районов можно более свободно, чем это предусмотрено рамками легенды. Например, не обязательно считать, что единственный способ изображения склонов — это один красочный фон для склонов одной генетической группы, разделяющийся в зависимости от крутизны по интенсивности, а от типа процесса — по наложенным на один и тот же фон штриховым знакам (семь штриховых знаков на разных типах склонов конжель-флюкционного сноса). Для карты той или иной конкретной и сравнительно небольшой территории можно шире использовать красочный фон, так как нанесение значков требует большего времени. Единый фон строго следует соблюдать при составлении на одну и ту же территорию карт разных съемочных масштабов и при издании карт разных территорий. Предусмотрено такое количество цветов и оттенков, которое допустимо и читаемо для составления таких карт на большие территории.

Перечень элементов морфоструктур и форм рельефа в легенде большой (308), но это лишь для карт крупных масштабов. Для средних благодаря генерализации их понадобится тем меньше, чем мельче масштаб. Принятая нумерация (по примеру Международной легенды 1975 г.) легко, не нарушая строя легенды, позволит составителям карт добавить в любой раздел и в любую генетическую группу те элементы рельефа, которые авторы упустили. Можно не пользоваться теми обозначениями, которые почему-либо окажутся лишними (из-за трудного их распознавания в некоторых районах в поле или из-за перегруженности карты). Например, вместо знака цоколя террасы цокольную террасу можно показать нанесением на оттенок генетического цвета, отображающего возраст террасы, тонкие знаки литологии рыхлых отложений и в общепринятом порядке поставить номер террасы (I, II, IV и т. д.), а в легенде указать высоту террасы и мощность аллювия. Из соотношения этих показателей будет ясна и высота цоколя. Знак цоколя может оказаться нужным, если неизвестна мощность аллювия, которая может быть значительной — 30—40 м при высоте террасы 100—120 м. Но и в этом случае, если контур террасы велик и знак цоколя мешает читаемости карты, можно его не ставить, написав в легенде «терраса цокольная».

Если оттенки на карте почему-либо плохо различаются, а нумерация громоздка для того, чтобы ее ставить на геоморфологических выделах, в легенде к карте конкретной территории можно рядом с номером из общей легенды дать порядковые номера и эти порядковые номера поставить на карте. Поскольку каждое обозначение в легенде имеет свой определенный номер, который не может быть спутан с номером другого условного обозначения, в легендах к картам конкретных территорий достаточно указать эти номера, а не писать текстовые обозначения. Они необходимы только для террас. Террасы в легенде идут под одним номером, общим для террас разного типа (см. легенду), но для любого конкретного

района они нумеруются в соответствии с общепринятой нумерацией террас. Количество террас предусмотреть невозможно; как известно, оно в разных районах может быть самым различным.

Сложнее составлять карты на районы с погребенным рельефом, перспективным на россыпи. Приходится учитывать, что террасы нумеруются над современной поймой, под осадками которой могут оказаться погребенными более древние и цокольные, и аллювиальные террасы. Картирование выявленных погребенных террас очень важно. Если этого не позволяет масштаб карты, к ней необходимо приложить выполненную в более крупном масштабе картосхему участков долины с погребенными террасами. На карте их можно изобразить при помощи чередования полосок, из которых одни будут соответствовать цвету погребенной террасы, а другие — фоновой закрашке наложенной формы (например, штриховка цвета нижнечетвертичной террасы по фону делювиального шлейфа, под которым погребена данная терраса). Направление штриховки должно быть перпендикулярно направлению долины. Если в данном масштабе это трудно изобразить, следует дать дополнительное обозначение к легенде карты конкретного района.

На поймах в долинах с погребенным днищем и погребенными коренными террасами (долины рек Патомского нагорья, Южного Урала и др.) участки погребенного днища долины можно показать нанесением на цвет современной поймы полосок цвета погребенного днища с соответствующими обозначениями возраста. Тогда и в легенде к картам таких районов следует указывать количество погребенных террас. На поймах, наложенных на аллювий более древних террас (например, на миоценовый аллювий в верховьях рек бассейна Чусовой контур погребенной террасы выявляется нанесением полосок террасы такого возраста).

При наличии террасоувалов или слившихся террас, образующих обширную аллювиальную равнину (что нередко имеет место в областях длительного опускания), иногда невозможно выделить отдельные террасы. В этом случае территория на карте закрашивается одним цветом. На цвет аллювиальной равнины соответствующего возраста наносятся все формы рельефа, которые расчленяют и осложняют равнину. Если рельеф равнины однообразный, лишь слегка расчлененный промоинами, оврагами или сухими руслами, соответствующие немасштабные значки наносятся на фоновую закрашку реже или гуще, в зависимости от степени расчленения. Однако следует иметь в виду, что рельеф даже аккумулятивных равнин сложнее, так как сквозь толщу рыхлых отложений «просвечивают» не только глубинные разломы, но и разрывные нарушения и усложняют расположение и конфигурацию аккумулятивных форм рельефа. Их следует показывать на карте (легенда это позволяет). То же относится и к ледниковым равнинам.

Легенду иллюстрируют фрагменты карт Карпат, Урала, Алтая и Средней Сибири в разных масштабах. Поскольку на одной карте нельзя отобразить достаточно полно историю развития рельефа,

для всех масштабов составляются, как указывалось, две карты: общая геоморфологическая на морфоструктурной основе и карта блоковых структурных¹ форм (рис. 10, 11, 13, 14, 15, 16) со «снятой» экзогенной моделировкой. Для горного рельефа только эти две карты вместе передают степень переработки морфоструктур и направление формирования современного рельефа. Карты со-

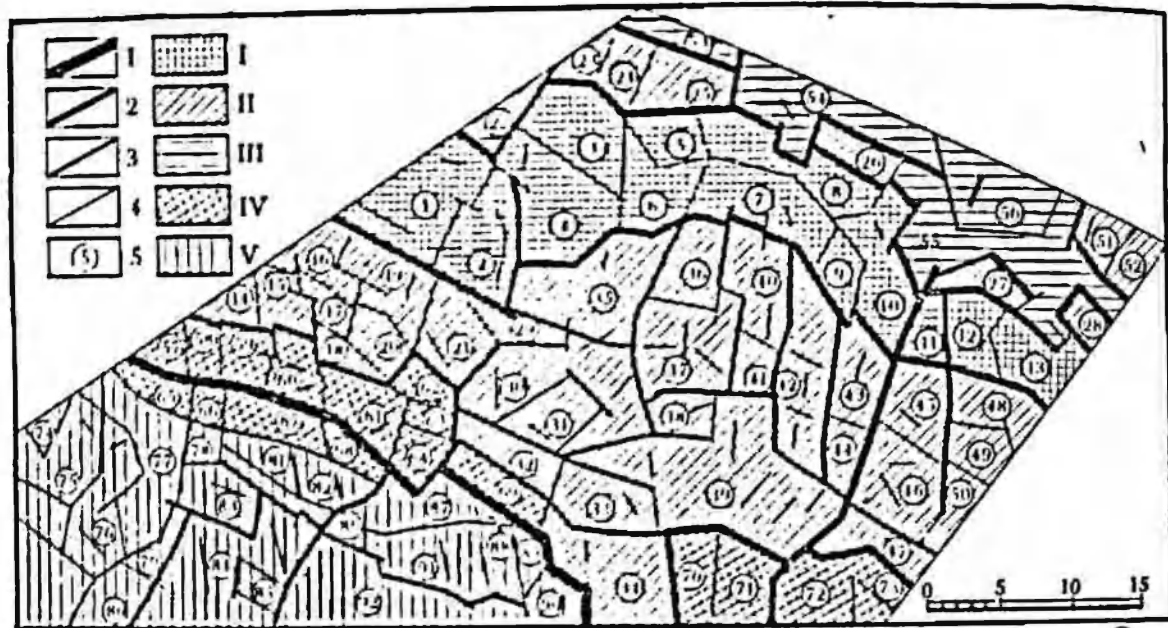


Рис. 13. Карта блоковых структурных форм Карпат (Н. В. Башенина, А. В. Мирнова):

Разломы и разрывные нарушения, выделенные по геофизическим, геологическим и геоморфологическим данным: 1 — выделяющие межгорный прогиб; 2 — определяющие блоково-зональное строение Карпат; 3 — определяющие подзоны блоков; 4 — выделяющие крупные блоки и блоковые ступени; 5 — номера блоков. Блоковые структурные формы: I — полонинская зона горстов (1—2 — западная подзона линейных горстов и массивов, 1300—1500 м; 3—13 — восточная подзона горстов и горстовых массивов, 1200—2000 м); II — внутренняя горст-антиклинальная зона (14—21 — западная подзона блоков, 600—1100 м, 31—50 — восточная подзона блоков, 800—1600 м); III — центральная грабен-синклинальная зона (подзона поднятых блоков, 1300—1700) 51, 52 — южнотрансильская подзона блоков, 1400—1500 м; 53—56 — окраинная подзона впадин-грабенов «отставания», 800—1000 м); IV — зона поднятых блоков фундамента 151—69 — подзона продольных блоков, 600—850 м; 70—73 — сводово-горстовые массивы, 1000—1400 м); V — Закарпатский внутренний прогиб (74—85 — западная подзона блоков, 250—600 м, 86—92 — восточная подзона блоков, 550—900 м)

ставляются по сходным принципам, но некоторые различия возможны в зависимости от рельефа территории и задачи съемки. Так, на карте структурных форм горного Южного Урала (рис. 15) видно преобладание продольного структурного плана. На карте, составленной в близком масштабе для самого южного продолжения Урала, уже равнинного (рис. 16), продольный план сохраняется, но интерес представляют и одновысотные в каждом крупном блоке впадины, нарушающие продольный план. Каждый блок третьего порядка имеет районное название. Такая конкретная

¹ По сути — неоструктурных форм.

привязка к местности облегчает характеристику перспектив бокситоносности по блокам.

На карте 1 : 50 000 (Алтай, карта 3) округленные гребни в соответствии с их истинной шириной (т. е. в масштабе) показываются цветным фоном, а интенсивностью фоновой окраски разделяются по высоте: чем выше, тем темнее. Склоны в этом масштабе отражены в соответствии с теми из предусмотренных в легенде генетических типов, которые развиты в этом районе Алтая и разделены по шести грациям крутизны, включая обрывы. Цветным штриховым фоном изображается сочетание двух факторов. Например, на терракотовом фоне сбросовых склонов и поверхностей наиболее

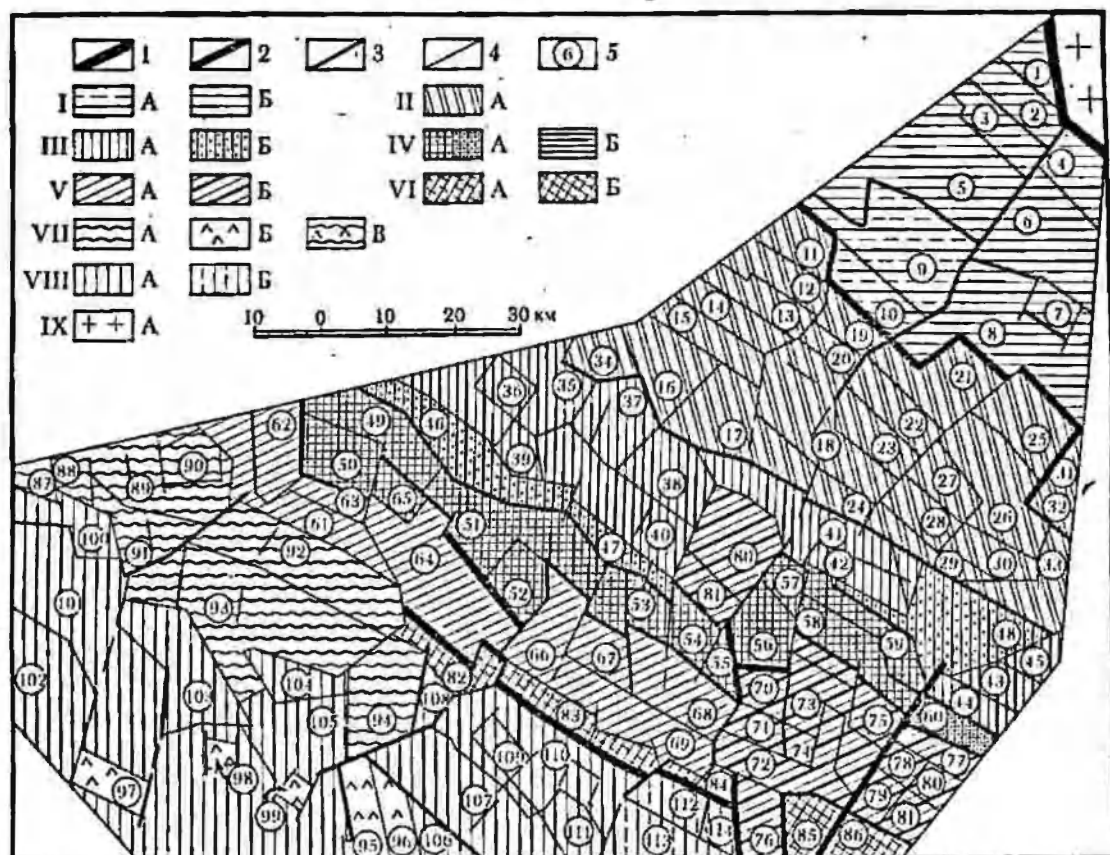


Рис. 14. Карта блоковых структурных форм Карпат (Н. В. Башенна, А. В. Мирнова):

1—4 глубинные разломы разных порядков; 5 — номера блоков (порядки разломов и геологическое строение структурных форм, см. рис. 13): I — предкарпатский внутренний прогиб — А (1—7) — внешняя подзона блоков (200—400 м); Б (8—10) — внутренняя подзона блоков (500—600 м); II — внешняя горст-антиклинальная «скибовая» зона — А (11—34) — горганская подзона блоков (800—1800 м); III — центральная горст-синклинальная зона — А (35—45) — южногорганская подзона блоков (1000—1800 м); Б (46—48) — окраинная подзона впадин-грабен «отставания» (800—1200 м); IV — полонинская зона горстов — А (49—55) — западная подзона продольных косых горстов и массивов (1300—1700 м); Б (56—60) — восточная подзона горстовых массивов (1500—2000 м); V — внутренняя горст-антиклинальная зона — А (61—69) — западная подзона блоков (300—1500 м); Б (70—81) — восточная подзона блоков (800—1600 м); VI — зона поднятых блоков фундамента — А (82—84) — 500—700 м; Б (85—86) — 1200—1600 м; VII — вулканическая зона — А (87—94) — вигорлат-гутинская подзона (400—100 м); Б (95—96) — вышковская подзона (400—800 м); В (97—99) — подзона горст-интрузий (400—600 м); VIII — закарпатский внутренний прогиб — А (100—111) — западная подзона блоков (100—500 м); Б (112—114) — восточная подзона блоков (600—900 м); IX — Русская платформа

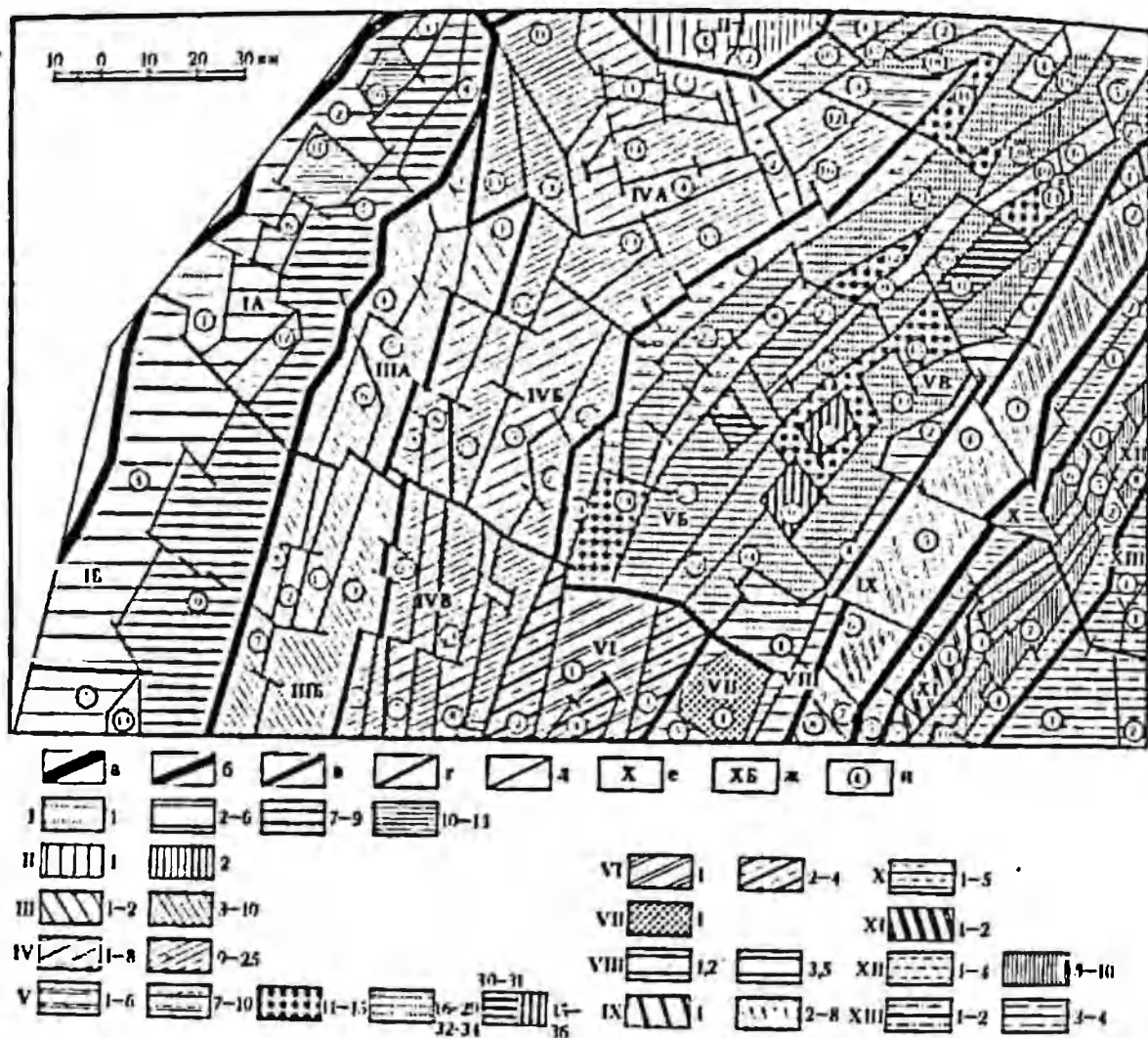


Рис. 15. Карта мезо-кайнозойских структурных форм Южного Урала (составила Н. В. Башенникова при участии А. В. Мирновой):

а, б, в, г, д — глубинные разломы разных порядков (см. рис. 11); структурные формы, дифференцированно развивающиеся: I — сложный грабен, наследующий часть Предуральского красного прогиба — наиболее дифференцированно развивающиеся блоки (1—90 м), опускающиеся (2, 3, 4, 5, 6—100—300 м, 7—9—200—300 м); 10—12—400—500 м, относительно стабильный блок (13—400 м) слабо поднимающийся, 11 — сложный выдвинутый и поднятый блок (1—400 м, 2—600 м); III — зона продольных блоков — относительно стабильный блок (1—400 м, 3—6—500—600 м); более дифференцированно развивающиеся блоки (2—500 м, 7—10—400—700 м); IV — зона блоков (А), наиболее дифференцированно поднимающихся (1—4—400—600 м, 9—16—700—1100 м), относительно стабильного (Б) блока (5—6—500—600 м, 18—21—800—900 м), менее дифференцированно развивающихся (В), продольных, сдвинутых по разломам блоков (7—8—600 м, 22—25—700—800 м); V — наиболее поднятая зона сложно развивающихся блоков — относительно стабильные опущенные (А) блоки (1—2—500 м, 11—800 м); наиболее дифференцированно (Б) развивающиеся блоки — поднятые сложные горсты и малые рифты (3—6—500—900 м, 7—10—600—700 м, 11—14—600—900 м, 16—18—29—1000—1400 м, 30—31—1600 м); менее поднятые (В) дифференцированно развивающиеся блоки (15—900 м, 32—34—900—1000 м, 35—36—1100—1300 м); VI — зона менее дифференцированно развивающихся блоков (1—700 м, 2—4—800—1200 м); VII — зона интенсивно поднимающихся горст-интрузий (1—1000 м); VIII — зона относительно опущенных блоков (1—2—600 м, 3—5—700 м); IX — наиболее монолитная зона блоков (1—650 м, 2—8—850—1000 м); X — рифтовая зона (1—5—500—700 м); XI — относительно монолитная зона блоков (1—2—800—1000 м); XII — зона малых рифтов и продольных горстов (1—4—450—600 м, 5—10—600—700 м); XIII — зона наименее дифференцированно развивающихся слабо выраженных блоков (1—2—450 м, 3—4—550 м); е — номера зон, ж — номера подзон, и — номера блоков

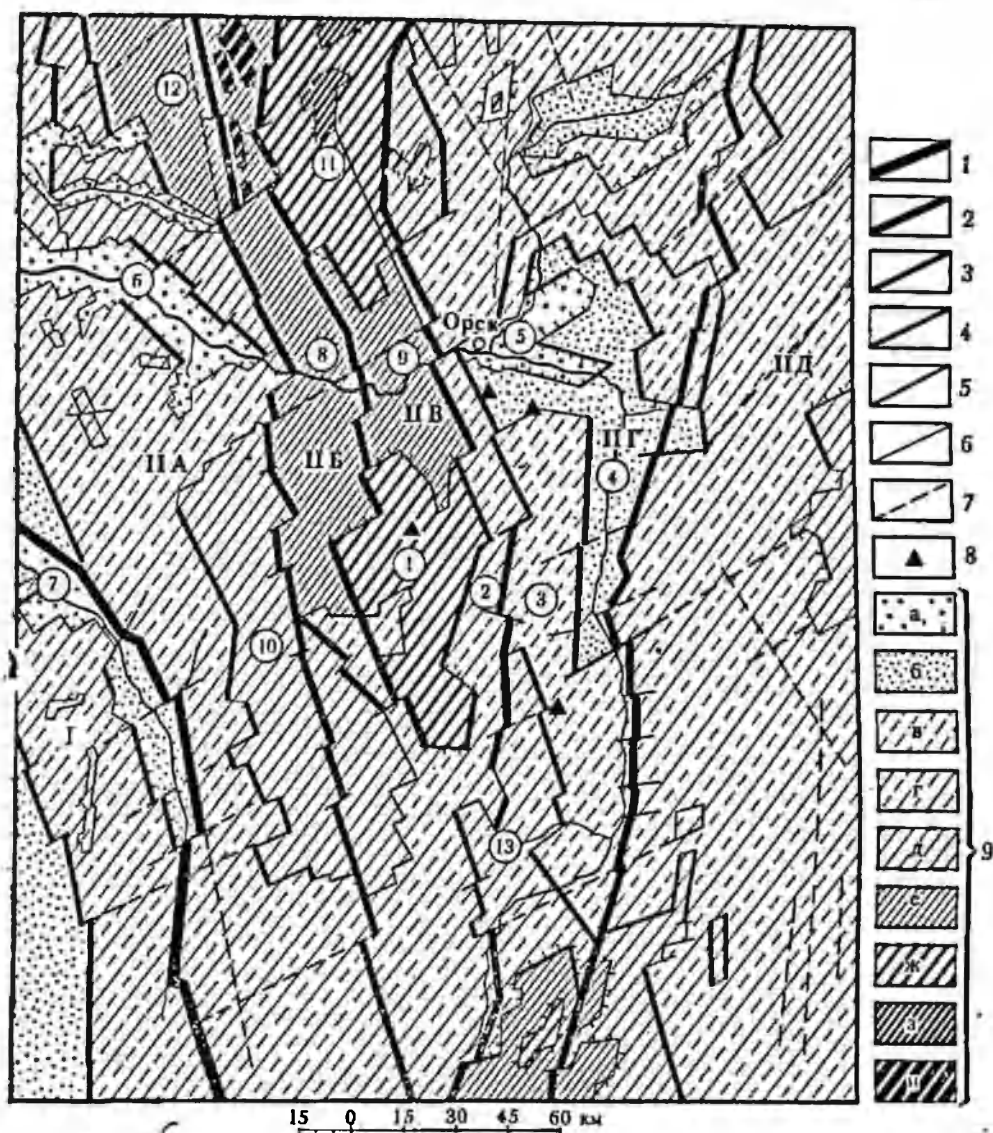


Рис. 16. Карта блоковых структурных форм южной части Южного Урала (Н. И. Орлова):

глубинные разломы — 1 — отделяющие платформу от горной страны; 2 — отделяющие сложные зоны блоков II порядка с различной историей развития; 3 — отделяющие сложные зоны блоков III порядка; 4 — отделяющие отдельные сложные блоки; 5 — ограничивающие отдельные блоки; 6 — ограничивающие единичные мелкие блоки, 7 — внутриблоковые разломы; 8 — рудопроявления бокситов. *Структурные формы*: 1 — восточная окраина Русской платформы, II — Уральский сложный свод-горст — А — сложный грабен, наследующий Предуральский прогиб, Б — Сакмарский горст, В — сложный выдвинутый и поднятый блок — наиболее монолитный, Г — сложная Магнитогорская зона слабо дифференцированно поднятых и опущенных блоков, Д — наиболее стабильный слабо поднятый Восточно-уральский блок. *Блоковые структурные формы, преимущественно мезокайнозойские III и IV порядка (цифры на карте)* — 1 — Кемпирсайский; 2 — Орский; 3 — Кредиковский; 4 — Орский грабен, 5 — Орь-Уральский; 6 — Уральский; 7 — Илекский грабен; 8 — Хабаровинско-Медногорский; 9 — Херсонский; 10 — Жаксы-Карапалинский; 11 — Новосимбирский; 12 — Сакмарский; 13 — Катынадырский; 9 — высоты блоков; а — 150 м, б — 200 м, в — 250 м, г — 300 м, д — 350 м, е — 400 м, ж — 450 м, з — 500 м, и — 550 — 600 м

высоких хребтов Алтая лиловым штриховым фоном нанесены в масштабе (и поэтому разного размера) штриховые знаки поверхности криопланации — стенки прежних каров, ныне подновляемые пивацией. Кроме того, знаками показана и моделировка этих склонов другими факторами. В этом масштабе и днища каров, имеющие большие размеры, выделены фоновой закраской, а значками показаны ригели; красной линией подчеркнута их приуроченность к разрывным нарушениям определенного порядка.

На карте 1 : 500 000 (карта 6) гребни уже не разделены по высоте, форма их передается внемасштабным знаком, типы гребней блоковых горстовых хребтов сведены к двум-трем, кары показаны значками, которые локализованы, привязаны к определенному месту, т. е. обозначают еще реальные кары, но лишь самые крупные. Склоны показаны обобщенно, генетические различия объединены; по крутизне разделены на три градации, считая внемасштабный знак обрывов. Разломы и разрывные нарушения показаны разных порядков на картах масштабов 1 : 50 000 и 1 : 500 000, 1 : 1 000 000 (см. легенды и карты 3—5, 6, 7), так как каждая занимает весьма различные по площади участки. Если бы карта масштаба 1 : 50 000 была составлена на такую же территорию, что и карты 1 : 500 000, можно было бы показать на ней границы зон разломов и разрывные нарушения большего количества порядков, так как на картах средних и мелких масштабов нельзя выделить трещины и мелкие разрывные нарушения.

Как видно на карте 7, легенда к картам 1 : 1 000 000 та же, только с еще большей степенью генерализации. На карте одного из районов Карпат в этом масштабе показаны гребни, склоны (они разделены по разным генетическим типам), количество которых уменьшается. Крутизну склонов для такого района показать нельзя; можно только внемасштабным знаком выделить обрывы. Гребни и вершинные поверхности показаны одинаково для всех типов горстовых хребтов, внемасштабным условным знаком отражена их морфология (острые гребни или округлые). Кары изображены условно, внемасштабным значком, который не фиксирует местоположение каждого кара, а лишь свидетельствует об их присутствии.

На карте 1 : 500 000 (карта 6) террасы показаны в зависимости от их принадлежности к той или иной крупной морфоструктуре — к Прикарпатскому и Закарпатскому прогибам. Масштаб не позволил передать такую же картину различий высот, типа и количества террас в различных морфоструктурах гор. На карте 1 : 1 000 000 террасы объединены в комплексы. Блочные ступени можно показать только внемасштабным (для этого района) значком, указывающим не местоположение, а лишь присутствие ступеней.

Отражение связи рельефа с блоковой структурой передается сочетанием условных обозначений, причем типичная «жесткая» рисовка прослеживается тем четче, чем мельче масштаб карты, т. е. чем крупнее выделы в пределах морфоструктур. Однако карта и этого масштаба представляет карту *аналитическую*.

Легенда 2 для карт стелочных масштабов от 1:50 000 до 1:1 000 000

Составлена Н. В. Башенной, М. В. Пиотровским, Н. Н. Тальской, Е. А. Рубиной под руководством и редакцией Н. В. Башенной с использованием материалов легенд Международной (1975) и разрабатанной в Московском государственном университете (1962) и материалов О. К. Леонтьева, В. С. Мякокина, Ю. Г. Симонова, А. И. Полоза, В. А. Любимова, Р. С. Чалова, Б. А. Федоровича (в оформлении легенды приняли участие А. В. Мирнова, В. К. Бродникова, М. Г. Михайловская).

Таблица 1. Цвета и оттенки для фоновых, штриховых и значковых обозначений

Геоморфологические границы

Границы неоструктурных форм «живых», выраженных в рельефе	Линия ярко-красного цвета	Границы отпрепарированных структурных форм и другие геоморфологические границы	Линии черного цвета
---	---------------------------	--	---------------------

Глубинные разломы и разрывные нарушения

Линия ярко-красного цвета (разной толщины)

Знаки направленности неотектонических движений

Линейные знаки ярко-красного цвета

Раздел второй. Морфоструктуры и элементы морфоструктур

Раздел второй. Формы и элементы форм, созданные экзогенными процессами, и переработанные элементы морфоструктур

Фон (цвета ² и оттенки)	Штриховки и знаки	Фон (цвета и оттенки)	Штриховки и знаки
Черные			
I.1. Тектонические			
I.1.1. Гребни и вершинные поверхности хребтов, массивов и гряд, хребты и гряды	Кармин-коричневый 42—А—VI	Зеленый 12—Д—VI 11—А—V, VI	Темно-зеленые
I.1.2. Днища впадин и впадин ³	Розовый 42—А—II	Зеленовато-желтый 8—Д—1—III	Темно-коричневые
I.1.3. Склоны структур ⁴	Кармин-коричневый 42—Е—VI (I—VI)	Коричневато-оранжевый 21—А—IV	Темно-коричневые
I.2. Вулканические			
I.2.1. Гребни и вершинные поверхности хребтов, массивов и гряд	Малиновый 42—В—I	Синий 45—А—IV	Темно-синие
		Лиловый (1—Фно-летний) 45—Г—I	Темно-лиловые

I.2.2. Днища впадин и впадины ³	Красновато-фиолетовый 41—А—IV	То же
I.2.3. Склоны и формы склонового микро-рельефа ⁴	Красно-фиолетовый 42—Г—I (I—III)	Темно-красные
I.3. Тектоно-вулканические (переработанные поствулканической тектоникой)		
I.3.1. Гребни и вершинные поверхности хребтов, массивов и гряд	Малиновый Красновато-фиолетовый 42—Г—I	Темно-коричневые
I.3.2. Днища впадин и впадины	Розово-фиолетовый 41—Г—III	То же
I.3.3. Склоны	Розово-малиновый 42—Д—II (I—III)	»
I.4. Грязевулканические		
I.4.1. Вершинные поверхности возвышенностей и гряд, гряды	Серо-розовый 39—Д—VI	Черные
I.4.2. Днища впадин ³	Розово-серый 39—Д—III	»
I.4.3. Склоны	Серо-красновато-фиолетовый 34—Б—IV	»
I.5. Морфоструктуры, отпрепарированные денудацией		
I.5.1. Гребни и вершинные поверхности массивов, хребтов и гряд, хребты и гряды	Черная штриховка на фоне цвета денудации	»

II.7. Ледниковые и водно-ледниковые	Сиреневый (2 — Темно-лиловые фиолетовый) 17—А—IV	
II.8. Нивально-конжельюкционные и мерзлотные	Малиново-фиолетовый 45—Д—II	
II.9. Карстовые и суффозионные	Розовато-оранжевый 37—Б—IV	Темно-коричневые
II.10. Эоловые		Ярко-оранжевый точечный ⁶
II.11. Биогенные		Черные
II.12. Формы рельефа, связанные с деятельностью человека (антропогенные)		»

Раздел четвертый. Градации крутизны склонов⁵

Серый цвет разной интенсивности в зависимости от крутизны (градусы)

1) 2—5; 2) 6—15; 3) 16—25; 4) 26—35; 5) 36—55; 6) > 55

Раздел пятый. Прочие обозначения

Разного цвета

Примечания:

1. Если геоморфологические границы совпадают с границами активных морфоструктур, они показываются красными линиями соответствующего рисунка (см. легенду 2).

I.5.2. Днища впадин и впадины ³	То же	То же
I.5.3. Склоны и формы склонового микро-рельефа	»	»

Раздел третий. Склоны⁴ моделированных морфоструктур и долин и формы склонового микро-рельефа

III.1. Гравитационные, азональные	Коричневый 27—А (А—Е) VI	Черные
III.2. Флювиальные, азональные	Гускло-зеленый 31—А (А—Е) —VI	Темно-зеленые
III.3. Флювиальные, аридные и семи-аридные	Палевый 26—Б (Б—Д) I	Темно-коричневые
III.4. Флювиально-солифлюкционные влажных тропиков	Желтый и оранжево-коричневый 21—В, Г, Д, Е—IV	Темно-коричневые
III.5. Созданные деятельностью моря и крупных озер	Синий 45—Б—IV, V, VI	Темно-синие
III.6. Нивально-ледниковые и водно-ледниковые	Малиново-фиолетовый 45—Е—I, II, III	Темно-лиловые
III.7. Нивально-конжельюкционные, мерзлотные	Сине-фиолетовый 45—Е—IV, V, VI	Темно-лиловые
III.8. Карстовые и суффозионные	Ярко-оранжевый 6—А, Б, Г—VI	Темно-коричневые
III.9. Биогенные		Черные
III.10. Антропогенные	Серый 17—Г, Д—I	»

2. Фоповой окраской показываются крупные элементы морфоструктур и форм рельефа. Элементы мезо- и микро-рельефа, которые в масштабах 1 : 200 000—1 : 1 000 000 нельзя изобразить фоном, показываются, по возможности, значками того же цвета, но более темного оттенка, если их генезис одинаков с генезисом крупных элементов, и другого цвета, если они имеют иное происхождение. Цвета выбраны по таблице Д. Жванция (1960) с учетом необходимых оттенков крутизны склонов и высот вершинных поверхностей.

3. Аккумулятивные днища таких впадин большей частью показываются фоновой окраской в зависимости от типа аккумуляции (см. ниже), а денудационные — от типа денудации. Розовым и темно-малиновым закрашиваются лишь впадины, почти не измененные денудацией и аккумуляцией.

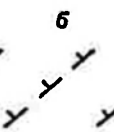
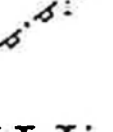
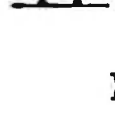
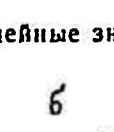
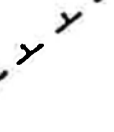
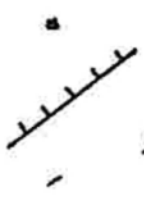
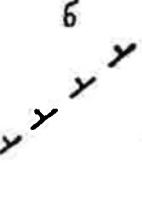
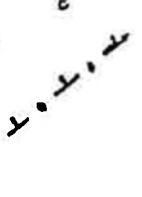
4. Склоны накопления закрашиваются по цвету типа ведущего процесса, но наиболее светлым тоном этого цвета. На них также даются знаки коррелятивных отложений. Формы тектонического накопления (сейсмооползней, тектонические оползней и обвалы) даются значками темно-красного цвета.

5. Серый цвет разной интенсивности при издании карт сочетается с фоновой окраской генетического типа склона. Можно использовать густоту (интенсивность) генетического тона (см. в таблице Д. Жванция), особенно в картах рукописных.

6. Этот рисунок накладывается на фоновую окраску, применяемую для отражения первичного генезиса элементов рельефа, на которых развиваются эоловые формы (равнины аллювиальные, морские и т. д.). Рисунок различается в зависимости от происхождения и типа эоловых форм.

Таблица II. Условные обозначения для морфоструктур, форм рельефа и их элементов

Геоморфологические границы элементов рельефа разного генезиса

1	Установленные:	а) четко выраженные; б) погребенные	Черные линии
2	Предполагаемые и нечетко выраженные	Границы «живых» структурных форм, выраженных в рельефе (морфоструктур)	Ярко-красные линейные знаки:
3	антиклиналей и брахиантиклиналей	а) прямых б) инверсионных в) унаследованных	  
4	горстантиклиналей и сводов-горстов		  
5	синклиналей и брахисинклиналей		  
6	грабен-синклиналей		  
7	грабенов		  
8	рифтовых впадин ⁹ и малых рифтовых долин		
9	«наложенных» впадин-грабенов, впадин по разломам ⁹		
10	тектонико-вулканических впадин ⁹		
Границы отпрепарированных структурных форм:			Черные линейные знаки:
11	антиклиналей и брахиантиклиналей	а) прямых б) инверсионных в) унаследованных	  
12	синклиналей и брахисинклиналей		  
13	горстантиклиналей		  
14	грабенсинклиналей		  

15 грабенных и рифтовых впадин⁹



Глубинные разломы и разрывные нарушения¹⁶

Ярко-красные
линии

16 Участки границ зон глубинных разломов, определяющих основные региональные мегаморфоструктуры подвижных поясов и платформ, отделяющие горные сооружения от краевых прогибов, прогибы от платформ, синеклизы от антеклиз (протяженность — сотни километров)



17 Участки зон глубинных разломов, обусловивших блоковое строение основных региональных мегаморфоструктур (протяженность — десятки и сотни километров)



18 Участки разрывных нарушений, обусловивших блоковое строение макро- и мезоморфоструктур (протяженность — десятки километров)



19 Участки разрывных нарушений, определяющие элементы мезоморфоструктур (протяженность — километры)



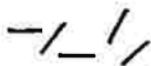
20 Участки разрывных нарушений, определяющие детали мезоморфоструктур (протяженность — десятки и сотни метров)



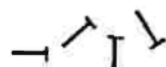
21 Участки разломов и разрывных нарушений разного порядка, безамплитудных



22 Мелкие трещины и системы мелких трещин (протяженность — метры и первые десятки метров)



23 Сейсмические трещины



Знаки направленности неотектонических
движений

Ярко-красные
знаки

24 Общего сводового поднятия



25 Общего опускания



I. Раздел первый. Морфоструктуры и элементы морфоструктур

Фон (цвета, оттенки, штриховки) ¹¹

Тектонические

I.1

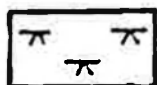
I.1.1

Карминно-коричневый фон

Гребни и вершинные поверхности хребтов, массивов и гряд; хребты и гряды ¹², ¹³ (в разных породах) ¹⁴

Темно-красные знаки

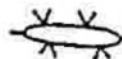
I.1.1.1



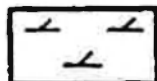
горстово-интрузивных

а

б



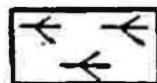
I.1.1.2



складчатых



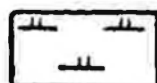
I.1.1.3



блоково-складчатых



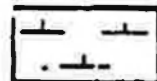
I.1.1.4



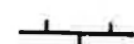
надвиговых



I.1.1.5



горстовых и сводово-горстовых

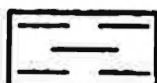


I.1.1.6

блоковых «куэст» (косых горстов)



I.1.1.7



боковых и концевых (в том числе «клавишных») ответвлений горстовых хребтов и гряд ¹⁵



I.1.1.8

горстовые гряды и сложные горстовые возвышенности ¹⁶, массивы:

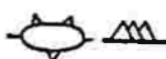
I.1.1.8.1

клиновидные ¹⁷



I.1.1.8.2

чешуйчатые ¹⁷



I.1.1.9

выдвинутые горстовые массивы и вершины — горсты:

а) монолитные



б) раздробленные ¹⁸



I.1.1.10

вершины горстовых хребтов:

а) конические



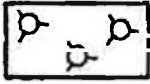
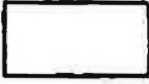
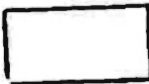
б) округленные



I.1.1.11

гряды-сейсмогорсты



I.1.1.12		блоковые ступени (уровни) хребтов ¹⁸ и склонов	
I.1.1.13		локальные блоковые ступени	
I.1.1.14		блоковые «террасы» и карнизы	
I.1.1.15		вершинные поверхности соляных куполов, соляные куполы и штоки	
I.1.2		<i>Днища прогибов и впадин¹⁹ (межгорные и предгорные впадины) рифтовые и нерифтовые, малые рифтовые долины и долины-грабены)²⁰</i>	Темно-красные знаки
I.1.2.1		днища прогибающихся впадин, аккумулятивные ²¹	
I.1.2.2		днища впадин, в которых прогибание прекратилось, аккумулятивные, расчлененные, террасированные ²²	
I.1.2.3		днища высокогорных впадин с «насаженной» аккумуляцией ²¹	
I.1.2.4		денудационные и аккумулятивно-денудационные днища сложных грабенов и рифтовых впадин ²³	
I.1.2.5		днища «отставших» впадин, измененных денудацией ²³	
I.1.2.6	Розовый фон 	днища «отставших» впадин-грабенов и рифтовых, почти не измененных денудацией	
I.1.2.7		впадины компенсационные, связанные с образованием соляных куполов	
I.1.2.8		тектонические седловины ¹²	
I.1.2.9		водораздельные внутренние седловины днищ рифтовых долин и межгорных впадин	
I.1.2.10		тектонические ложбины	
I.1.2.11		сейсмические рвы	

I.1.3

Кармин-коричневый фон

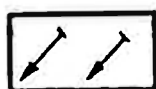
Темно-красные штриховки

Склоны морфоструктур («живых») (склоны, обрывы, уступы)

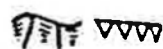
Сноса и транзита:

Темно-красные знаки

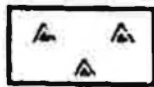
I.1.3.1

тектонические наклоны — поверхности перскошенных блоков²⁴

I.1.3.2

сбросовые склоны^{17, 25}, обрывы, уступы

I.1.3.3



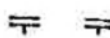
«фацеты» и «фацетки»



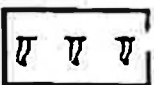
I.1.3.4



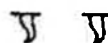
склоны ступенчатых сбросов



I.1.3.5



сбросово-флексурные



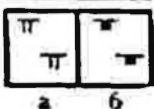
I.1.3.6



надвиговые, обрывы, уступы



I.1.3.7

тектоно-гравитационного отседания²⁶:

а) с мелкими ступенями



б) с крупными

тектонопедименты²⁷

I.1.3.8



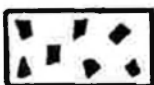
I.1.3.9



соляных куполов



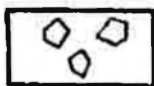
I.1.3.10



Накопления:



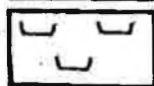
I.1.3.11



обвалы тектонического дробления



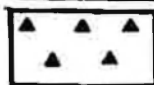
I.1.3.12



оторванные горсты склонов



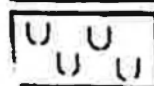
I.1.3.13



сбросовые оползни (тектоно-оползни)



I.1.3.14



сейсмообвалы



сейсмооползни



I.2

Вулканические

I.2.1

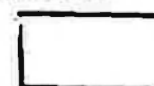
Малиновый фон

Темно-красные штриховки

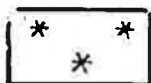
Гребни и вершинные поверхности хребтов, массивов и гряд

Темно-красные знаки

I.2.1.1

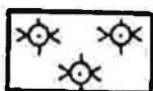
вершинные поверхности вулканических плато, массивов²⁸, плоскогорий, нагорий

I.2.1.2



вершинные поверхности лавовых плато, массивов, потоков²³

I.2.1.3



массивы лавовых гор, лавовые горы

I.2.1.4

гребни хребтов и гряд, хребты и гряды^{12, 13}
вулканические конусы:

I.2.1.5

щитовых вулканов

I.2.1.6

стратовулканов

I.2.1.7



вершинные поверхности экстрозивных куполов, экстрозивные куполы

I.2.2

Красновато-фиолетовый фон
Темно-красные штриховки

Темно-красные знаки

Днища впадин, впадины

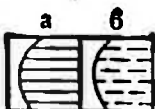
I.2.2.1



днища кальдер, кальдеры:
а) действующих вулканов

б) потухших вулканов

I.2.2.2



днища кратеров, кратеры:
а) действующих вулканов

б) потухших вулканов

I.2.2.3

маары

I.2.2.4

кратерные озера с жидкой лавой

I.2.3

Красно-фиолетовый фон
Темно-красные штриховки

Склоны и формы склонового микро-рельефа (склоны, обрывы, уступы)

Темно-красные знаки

I.2.3.1



вулканических плато, плоскогорий, нагорий, массивов, гряд, хребтов

I.2.3.2



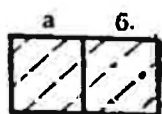
лавовых плато, массивов, потоков

I.2.3.3



внутренние склоны и стенки кальдер (а) и кратеров (б)

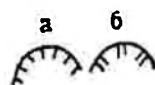
I.2.3.4



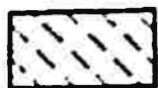
внешние склоны вулканических построек:

а) щитовых

б) стратовулканов

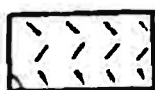


I.2.3.5



экструзивных куполов

I.2.3.6



склоны пепловых покровов

I.2.3.7

лавовые нагромождения, столбы



I.2.3.8

лавовые «курумы»



I.2.3.9

лавовые ступени



I.2.3.10

лавовые гроты



I.2.3.11

лавовые желоба



I.2.3.12

паразитические конусы



I.2.3.13

шлаковые конусы



I.2.3.14

конусы горячих источников



I.2.3.15

конусы и террасы гейзеров



I.3

Тектоно-вулканические (переработанные поствулканической тектоникой)

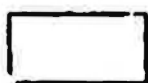
I.3.1

Малиновый, красновато-фиолетовый, фон
Темно-коричневые штриховки

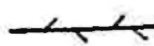
Гребни и вершинные поверхности хребтов, массивов и гряд

Темно-коричневые знаки

I.3.1.1



гребни гряд, вершинные поверхности щитовых массивов



I.3.1.2



вершинные поверхности вулканических плато, плоскогорий, нагорий

I.3.1.2

тектоно-вулканические вершины



I.3.2

Розово-фиолетовый фон
Темно-коричневые штриховки

Днища впадин и впадины

Темно-коричневые знаки

I.3.2.1



днища тектоно-вулканических впадин, впадины



I.3.3

Розово-малиновый фон
Темно-коричневые штриховки

Склоны

Темно-коричневые знаки

I.3.3.1



склоны щитовых массивов 16, 18

I.3.3.2



склоны тектоно-вулканических плато ^{16, 17}

I.3.3.3



склоны тектоно-вулканических впадин

I.4

Грязевулканические

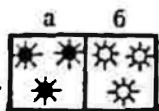
I.4.1

Серо-розовый фон
Черные штриховки

Вершинные поверхности возвышенностей и гряд, гряды

Черные знаки

I.4.1.1



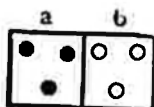
возвышенности и плато с грязевыми вулканами и грязевые вулканы:

а) действующие

б) недействующие



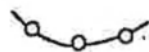
I.4.1.2



сопочные поля и гряды:

а) свежие

б) реликтовые



I.4.1.3

гряды грязевых потоков (различного возраста)



I.4.1.4

гряды и бугры (останцовые), возникшие при запаздывании компенсационных проседаний, связанных с грязевым вулканизмом.



I.4.2

Розово-серый фон
Черные штриховки

Впадины

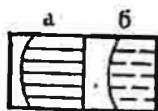
Черные знаки

I.4.2.1

малые депрессии компенсационных проседаний, сопряженных с грязевым вулканизмом ¹²



I.4.2.2



кратеры грязевых вулканов:

а) действующих

б) недействующих



I.4.3

Серо-красновато-фиолетовый фон
Черные штриховки

Склоны

Черные знаки

I.4.3.1



склоны грязевых вулканов, возвышенностей и плато

I.4.3.2

уступы, разделяющие останцовые формы на границе компенсационных воронок и депрессий



1.5

Морфоструктуры и их элементы, отпрепариро- ванные денудацией

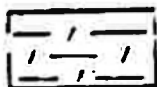
1.5.1

Черные штрихов-
ки

Гребни и вершинные поверхности
массивов, хребтов и гряд; хребты
и гряды:

Черные знаки

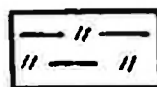
1.5.1.1



отпрепарированных блоково-
складчатых хребтов³⁰ и гряд;
гряды¹²



1.5.1.2

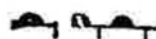


интрузивных массивов, хребтов
и гряд, хребты и гряды³⁰



1.5.1.3

моноклиналиных гряд и «куэст»,
гряды и куэсты



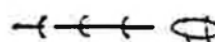
1.5.1.4

гряды отпрепарированных
горст-антиклиналей

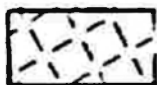


1.5.1.5

гряды отпрепарированных гра-
бен-синклиналей



1.5.1.6



фрагменты структурных поверх-
ностей

1.5.1.7

островные горы; структурные
останцы¹², структурные гряды



1.5.1.8

останцы — «сахарные головы»



1.5.1.9

моноклиналиные «твердыши»



1.5.1.10

структурные вершины:

а) конические



б) округленные



в) столовые



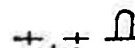
1.5.1.11

возвышенности отпрепариро-
ванных лакколитов и штоков



1.5.1.12

грядки даек, возвышенности
некков



1.5.1.13

вулканические руины



1.5.1.14

гранитные «городки» («торос»)



1.5.1.15

руины соляных куполов



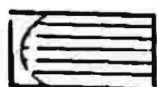
1.5.2

Черные штрихов-
ки

Днища впадин, впадины

Черные знаки

1.5.2.1



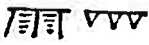
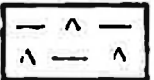
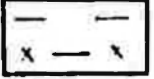
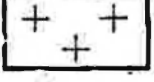
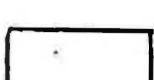
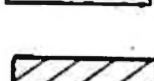
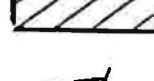
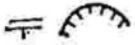
днища структурных впадин,
впадины и ложбины



1.5.2.2

седловины

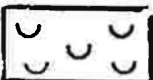


I.5.3	Черные штриховки	Склоны и формы склонового рельефа ¹⁴ (склоны, обрывы, уступы)	Черные знаки
I.5.3.1		сбросовые склоны, обрывы, уступы	
I.5.3.2		структурно-обусловленные элементы:	
I.5.3.3		а) формирующиеся	
I.5.3.3.1		б) реликтовые	
I.5.3.3.1		обусловленные препарировкой разнообразных интрузивных и вулканических тел:	
I.5.3.3.2		трапповых плоскогорий ¹⁴	
I.5.3.3.2		малых интрузивных тел	
I.5.3.3.3		пластовых интрузий	
I.5.3.4		лакколитов	
I.5.3.5		бронированные ¹⁴ твердыми пластами коренных пород	
I.5.3.6		бронированные пустынными ко-рами ¹⁴	
I.5.3.7		структурные небронированные	
I.5.3.8		структурные ступени и уступы	
		формы препарировки на скло-нах:	
		а) поперечные	
		б) продольные	

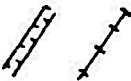
II. Фон
(цвета и
оттенки)
штрихов-
ки¹⁴

Раздел второй. Формы и элементы
форм, созданные экзогенными
процессами, и переработанные
элементы морфоструктур

Знаки

II.1	Черные штрихов-ки	Гравитационные, зональные	Черные
II.1.1		оползневые формы	
II.1.2		лотки камнепадов	

II.2	Зеленый фон	Флювиальные, азональные	Темно-зеленые знаки
II.2.1		гребни эрозионных хребтов и хребты ³¹	
II.2.1.1		вершины эрозионных хребтов: а) конические б) округленные	 
II.2.2		террасы ³² и участки террасовых равнин, поймы	
II.2.2.1		аккумулятивные ³³	
II.2.2.2		цокольные ³³	
II.2.2.3		коренные ³³	
II.2.2.4		террасовалы ³⁴	
II.2.3		высокая пойма	
II.2.4		пойма низкая (формирую- щаяся):	
II.2.4.1		сегментно-гребнистая	
II.2.4.2		параллельно-гребнистая	
II.2.4.3		обвалованная	
II.2.4.4		островная	
II.2.5		динамические поймы высокогор- ных рек	
Отдельные формы			
II.2.6		днища долины и долины малых рек	
II.2.7		прирусловые отмели, валы, осе- редки	

II.2.8		останцы, отчлененные эпигенетическим врезанием	
II.2.9		останцы обтекания	
II.2.10		старичные понижения	
II.2.11		участки врезающегося русла	
II.2.12		пороги в русле	
II.2.13		погребенные долины: а) установленные б) предполагаемые	
II.2.14		уступы висячих долин	
II.2.15		эпигенетические, структурно обусловленные долины прорыва	
II.2.16		антецедентные (тектонически обусловленные) долины прорыва	
II.2.17		брошенные древние долины	
II.2.18		Участки дельтовых равнин: а) с продолжающейся аккумуляцией б) реликтовые, эродируемые	 
II.2.19		овраги, рытвины, промоины	
II.2.20		балки, лога, ложбины	
II.2.21		конусы выноса временных водотоков	
II.2.22	 а б	участки внутренних дельт и равнин, внутренние дельты: а) формирующиеся б) реликтовые	 

II.2.23

водосборные воронки



II.3

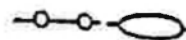
Зеленовато-желтый фон
Темно-коричневые
штриховки

Флювиальные, аридные
и семнаридные

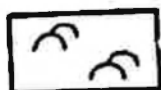
Темно-коричневые
знаки

II.3.1

гребни мелкопочных гряд и
гряды¹³



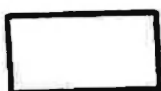
II.3.2



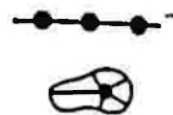
мелкопочные массивы и от-
дельные сопки



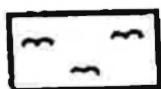
II.3.3



гребни и вершинные поверхно-
сти островных гряд и гор, ост-
ровные гряды и горы¹³



II.3.4



долинный мелкопочник



II.3.5

бугры Бэра



II.3.6



днища флювиально-дефляцион-
но-озерных понижений; пониже-
ния, ложбины



II.3.7

вади



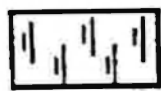
II.3.8



днища долин сетевых потоков
и долины



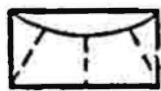
II.3.9



засоленные днища высохших
озер (соры и шоры)³⁵



II.3.10



подгорные шлейфы и конусы
выноса временных водотоков
равнинных пустынь



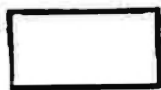
II.3.11



участки каменистых пустынь



II.3.12



участки флювиально-аридных
депудационных¹⁴ равнин

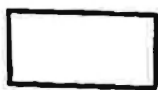
II.4.

Коричневато-оран-
жевый фон
Темно-коричневые
штриховки

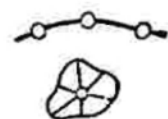
Флювиальные соли флю-
кционные (влажных тропиков)

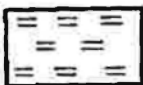
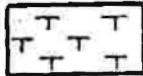
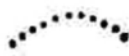
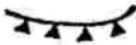
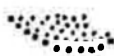
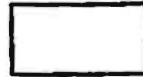
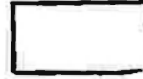
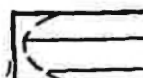
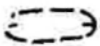
Темно-коричневые
знаки

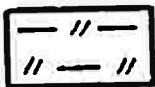
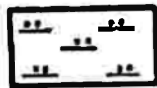
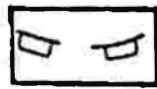
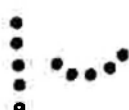
II.4.1



вершинные поверхности остров-
ных гряд и гор, островные гря-
ды и горы

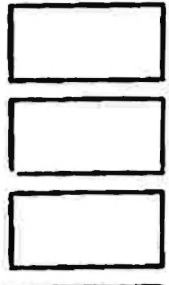


II.4.2		днища дефлюкционно-солпфлюкционных долин, долины	
II.4.3		солпфлюкционные ложбины	
II.4.4		солпфлюкционные лотки	
II.5	Синий фон Темно-синие штриховки	Морские и озерные	Темно-синие знаки
II.5.1		бенчи; террасы; формы	
II.5.1.1		грядовые	
II.5.1.2		ступенчатые	
II.5.1.3		выровненные	
II.5.2		бенчи погребенные	
II.5.3		абразионные террасы ³³	
II.5.4		абразионные гроты и ниши	
II.5.5		абразионные гряды и останцы-кекуры	
II.5.6		осыхающие поверхности бенчей ³³	
II.5.7		пляжи ³⁵	
II.5.8		аккумулятивные террасы ³³	
II.5.9		участки аккумулятивных равнин и равнины ³³	
II.5.10		днища озерных котловин (спущенных озер)	
II.5.11		береговые валы	
II.5.12		межваловые депрессии ³⁵	
II.5.13		авандельтовыe равнины ³³	

II.5.14		аккумулятивные	подводные	
II.5.14.1		формы:	валы	
II.5.14.2		отмели		
II.5.14.3		косы		
II.5.14.4		бары и т. д.		
II.5.15		аккумулятивные осушки		
II.5.16		марши		
II.5.17		каналы стока:		
		а) действующие		
		б) отмершие		
II.5.18		конусы выноса по каналам стока		
II.5.19		«песчаные» гряды, созданные приливными или нагонными течениями		
II.5.20		участки приливных дельт:		
		а) подводные		
		б) надводные		
II.6	Лиловый (фиолетовый) фон Темно-лиловые штриховки	Инвально-ледниковые и водно-ледниковые	Темно-лиловые знаки	
II.6.1		инвально-ледниковые гребни (альпийские)		
II.6.2		гребни межкарровые и межтроговые		
II.6.3		карлинги		
II.6.4		цунатаки		
II.6.5		днища каров, трогов и цирков, трог и цирки ¹²		
II.6.6		ригели и устьевые ступени		
II.6.7		валы боковых, срединных и конечных морен; морены напора		

II.6.8		террасы:	
II.6.8.1		нижне-гравитационные	
II.6.8.2		конжельфлюкционные	
II.6.8.3		курумовые	

II.6.9		конжельфлюкционные полосы	
--------	--	---------------------------	---

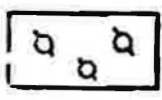
II.6.10		флювиогляциальные террасы горных рек:
		а) аккумулятивные
		б) цокольные
		в) коренные

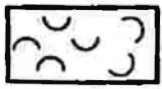
II.6.11		днища котловин горных озер (моренных и др.) и котловины	
---------	---	---	---

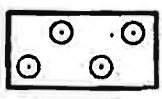
II.6.12		нижне-ледниковые седловины	
---------	--	----------------------------	---

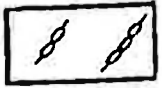
II.6.13		маргинальные каналы	
---------	--	---------------------	---

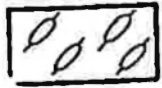
II.7	Сиреневый (2-фиолетовый) фон Темно-лиловые штриховки	Ледниковые и водно-ледниковые	Темно-лиловые знаки
------	---	-------------------------------	---------------------

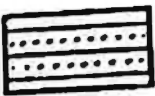
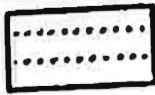
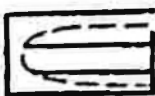
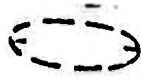
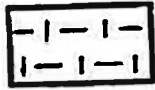
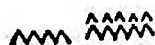
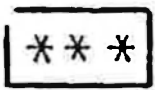
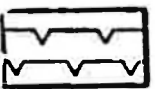
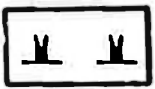
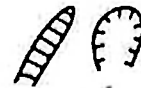
II.7.1		участки холмисто-моренных равнин и крупные моренные холмы и гряды	
--------	---	---	---

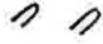
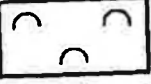
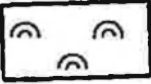
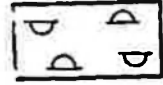
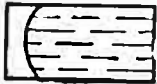
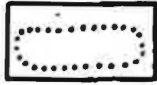
II.7.2		участки холмисто-западинных флювиогляциальных равнин
--------	---	--

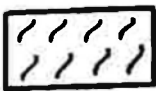
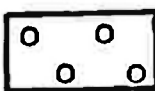
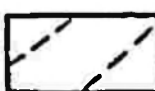
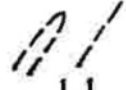
II.7.3		участки камовых равнин, камовые террасы (а), камовые гряды (б) и камы (в)	
--------	---	---	---

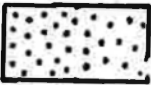
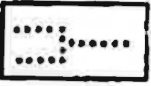
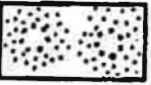
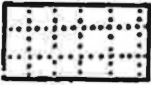
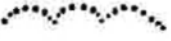
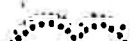
II.7.4		поля озов и озы	
--------	---	-----------------	---

II.7.5		участки друмлиновых равнин, друмлины и друмлиноподобные формы	
--------	---	---	---

II.7.6		участки озерно-ледниковых равнин ³³ и озерно-ледниковые холмы	
II.7.7		участки зандровых равнин, зандровые террасы, внутрiledниковые зандры	
II.7.8		днища реликтовых озерных котловин в понижениях доледникового рельефа	
II.7.9		ложбины стока	
II.7.10		ложбины стока, расширенные древними наледями	
II.7.11		днища краевых долин и краевые долины	
II.7.12		конусы выноса надледниковых рек	
II.8	Маляново-фиолетовый фон Темно-лиловые штриховки	Пивально-конжель- флюкционные и мерзлот- ные	Темно-лиловые знаки
II.8.1		пивальные и двойные пиваль- ные гребни	
II.8.2		пивальная мостовая	
II.8.3		гольцовые террасы	
II.8.4		останцы гольцовой денуда- ции — «тумпы»	
II.8.5		поверхности сплошной криопла- нации	
II.8.6		поверхности и останцы снеж- ного разъедания	
II.8.7		днища пивально-конжельфлюк- ционных цирков и ложбин, ложбины и цирки	
II.8.8		лавинные лотки	
II.8.9		лавинно-водно-камнепадные лотки	
II.8.10		участки распространения форм, предопределенных морозобой- ным трещинообразованием (по- лигональные формы):	
II.8.10.1		плоско-полигональные	

II.8.10.2		валнко-полигональные	
II.8.10.3		скрытополигональные	
II.8.11		участки распространения форм, определенных совместными действиями вымораживания, морозобойного трещинообразования, трещин усыхания:	
II.8.11.1		пятна-медальоны	
II.8.11.2		каменные многоугольнички	
II.8.11.3		мелкобугристые формы и бугры-могильнички	
II.8.12		участки распространения форм пучения:	
II.8.12.1		сезонные бугры пучения	
II.8.12.2		многолетние бугры пучения — булгунихи	
II.8.13		участки с западинно-бугристыми термокарстовыми формами	
II.8.14		термокарстовые формы:	
II.8.14.1		байджарахи	
II.8.14.2		днища термокарстовых котловин (аласов) и котловины	
II.8.15		термокарстовые долины, эрозионно-термокарстовые овраги	
II.8.16		участки долины, переработанные наледями	
II.8.17		наледные поймы и расширенные сложные поймы, формирующиеся в условиях многолетней мерзлоты	
II.8.18		мари вершинных поверхностей	
II.8.19		мари долинные	
II.8.20		маревые воронки	

II.9	Розовато-оран- жевый фон Темно-коричневые штриховки	Карстовые и суффозион- ные формы	Темно-коричневые знаки
II.9.1		корроззионные, обусловленные поверхностным выщелачива- нием «башни», карстовые останцы, вершины карстовых «башен»	 
II.9.2		поля карров и карры	 
II.9.3		днища полей, котловины слив- шихся воронок; поля, котлови- ны, увалы, воронки	   
II.9.4		поля воронок	
II.9.5		корроззионные провальные, обусловленные рас- творением и обрушением	  
II.9.6		навесы, ниши	
II.9.7		колодцы, шахты	
II.9.8		пропасти, пещеры	
II.9.9		поиоры	
II.9.10		корроззионные, обусловленные растворением под действием те- кущей воды ³²	
II.9.11		участки слепых долин, оврагов и ложбин	  
II.9.12		участки подземных долин, ложбин	
II.9.13		висячие карстовые долины, об- условленные суффозией	
II.9.14		просадочные воронки	
II.9.15		просадочные блюдца	
II.9.16		просадочные ложбины	
II.9.16		колодцы и норы	

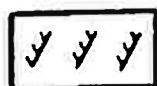
II.10.	Ярко-оранжевый точечный рисунок (накладывается на фон генезиса де- пудационной или аккумулятивной равнины)	Эоловые формы*	Ярко-оранжевые знаки
		аккумулятивные, пустынные	
II.10.1		участки равнин с эоловой аккумуляцией	
II.10.2		участки распространения грядовых форм и гряды	
II.10.3		участки распространения грядово-лунковых форм	
II.10.4		участки распространения ячеистых и решетчатых форм	
II.10.5		барханные цепи и гряды, отдельные барханы:	
II.10.5.1		комплексные гряды — «китовые спины»	
II.10.5.2		простые барханные цепи	
II.10.5.3		комплексные барханные цепи	
II.10.5.4		скрещенные комплексные барханы	
II.10.5.5		пирамидальные барханы	
II.10.5.6		серповидные барханы	
II.10.5.7		групповые барханы	
II.10.6		дюнные формы:	
II.10.6.1		комплексные параболические дюны	
II.10.6.2		шпильковидные дюны	
II.10.6.3		полукруглые комплексные дюны	
II.10.6.4		кольцевые дюны	
II.10.6.5		комплексные циркульные дюны	

Оранжевый фон
Темно-коричневые
штриховки

Формы выдувания (дефляционные)

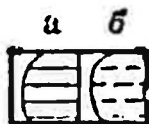
Темно-коричневые
знаки

II.10.7



поля ярдангов и коррозионных
ложбин

II.10.8



днища котловин выдувания и
котлы выдувания:

а) активные

б) реликтовые



II.10.9

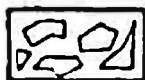
коридоры, ложбины, борозды
выдувания



II.10.10

участки распространения мел-
ких форм пустынного выветри-
вания и дефляции:

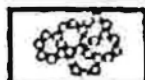
II.10.10.1



«эоловых городов»



II.10.10.2



каменных многоугольников

II.10.10.3

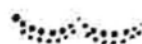


сот выветривания и т. д.

II.10.11

внепустынные эоловые формы
прибрежные дюнные валы и
дюны

II.10.11.1



II.10.11.2

прикустовые бугры



II.11

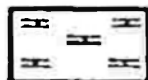
Черные штрихов-
ки

Биогенные

II.11.1

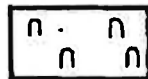
торфяники:

II.11.1.1



плавучие

II.11.1.2



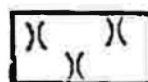
бугристые

II.11.1.3



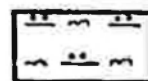
выпуклые

II.11.2



бугристые солонцы с галофита-
ми

II.11.3



вершинные поверхности рифо-
вых плато, рифы

II.11.4

кораллово-водорослевые валы

II.11.5

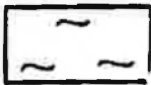
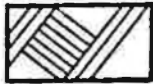
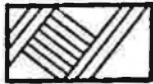
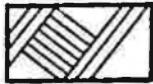
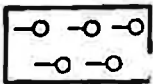
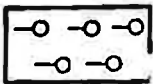
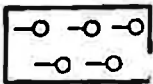
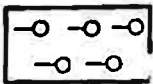
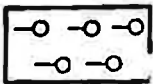
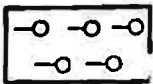
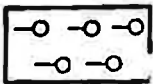
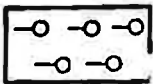
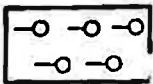
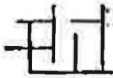
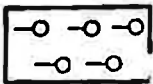


участки распространения жи-
вых кораллов

II.11.6

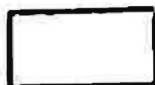
коралловые постройки



II.12	Черные штриховки	Формы рельефа, связанные с деятельностью человека (антропогенные)	Черные знаки
II.12.1		депрессии компенсационных проседаний, сопряженных с естественной разгрузкой подземных вод	
II.12.2		депрессии, возникшие при эксплуатации нефтяных месторождений и других полезных ископаемых и при разгрузке подземных вод	
II.12.3		гряды и бугры остаточные, возникшие в результате запаздывания при проседании	
II.12.4		распаханные территории	
II.12.5		поселения	
II.12.6		участки отработанных россыпей	
II.12.7		вершины терриконов и терриконы	
II.12.8		вершины курганов и курганы	
II.12.9		насыпи, отвалы	
II.12.10		карьеры	
II.12.11		выемки	
II.12.12		искусственные террасы	
II.12.13		прирусловые дамбы	
II.12.14		польдеры	
II.12.15		устья скважин	

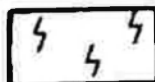
III.	Фон (цвета и оттенки), штриховки	Раздел третий. Склоны моделированных морфоструктур и долин, формы склонового рельефа	Знаки черные
III.1		Гравитационные азональные	
III.1.1	Коричневый фон Черные штриховки	Сноса и транзита обвальнo-осыпного: а) формирующиеся б) реликтовые	 

III.1.2



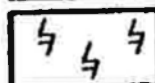
дефлюкционного:

III.1.2.1



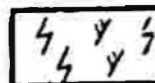
массового движения коры выветривания (крип)

III.1.2.2



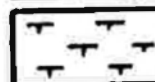
влажного дефлюкционного сноса

III.1.3



дефлюкционно-ложкового сноса

III.1.4

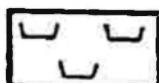


отседания

III.1.5

оползневое сноса:

III.1.5.1



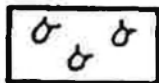
с оползнями «блоками»

III.1.5.2



с осовами

III.1.5.3



с оползнями-потоками

III.1.6

стенки оползневого срыва



III.1.7

оползневые ступени

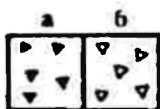


III.1.8

оползни-обвалы скальных пород



III.1.9



курумового сноса, с курумами:

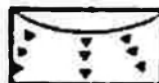
а) формирующимися

б) реликтовыми

Накопления:



III.1.10



шлейфы и конусы обвалыные



III.1.11



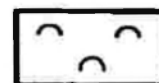
шлейфы и конусы осыпные



III.1.12

склоны с формами оползневого накопления:

III.1.12.1



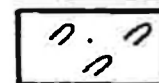
бугристые

III.1.12.2



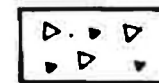
с «языками»

III.1.12.3



с «валами»

III.1.13



склоны курумового накопления

III.1.14

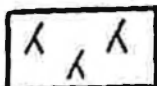


склоны кампепадного накопления

III.2

Тускло-зеленый
фон
Темно-зеленые
штриховкиФлювиальные,
аэональныеТемно-зеленые
знаки

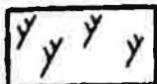
III.2.1



Сноса и транзита:

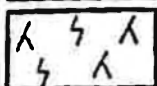
делювиального смыва

III.2.2



делювиально-ложкового смыва

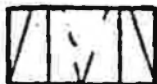
III.2.3

делювиально-дефлюкционный
снос

III.2.4

фрагменты поверхностей флю-
виального и комплексного вы-
равнивания³⁷:

III.2.4.1



педиментов (долинных)

III.2.4.2



педипленов } а) первичные

III.2.4.3



пенепленов } б) откопанные

а б в

в) откопанные ба-
зальные поверх-
ности

III.2.5

III.2.5.1

обрывы и уступы эрозионные:
в рыхлых породах

III.2.5.2

в коренных породах

III.2.6

стенки водосборных воронок:

а) растущих

б) отмерших

III.2.7



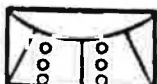
Накопления:

шлейфы и конусы делювиаль-
ные

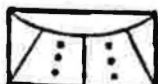
III.2.8

шлейфы и конусы делювиально-
дефлюкционные

III.2.9

шлейфы и конусы пролювиаль-
ные

III.2.10

шлейфы и конусы делювиально-
пролювиальные

III.2.11

шлейфы и конусы делювиально-
пролювиально-селевые

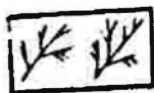
III.3

Палевый фон
Темно-коричневые
штриховкиФлювиальные аридные
и севаридныеТемно-коричневые
знаки

III.3.1

Сноса и транзита:
комплексного делювиально-гра-
витационного сноса

III.3.2

делювиального и мелколожко-
вого сноса — типа «бедленд»
и др.

III.3.3

фрагменты поверхностей комп-
лексного аридного выравнива-
ния³⁷:

III.3.3.1



педиментов

а) первичные



III.3.3.2

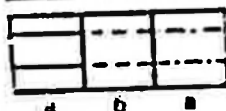


педипленов

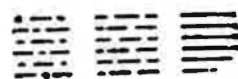
б) откопанные



III.3.3.3



пенепленов

в) откопанные
базальные
поверхности

III.3.4



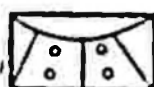
склоны острых гряд и гор

Накопления:

III.3.5

шлейфы и конусы комплексного
аридного накопления

III.3.6

шлейфы и конусы пролювиаль-
ные

III.3.7

конусы и подгорные шлейфы,
образованные селевыми потока-
ми:

III.3.7.1



грязевыми



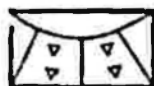
III.3.7.2



грязекаменными



III.3.7.3



водно-каменными

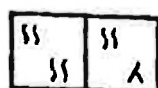


III.4

Желтый и oran-
жево-коричневый
фон
Темно-коричневые
штриховкиФлювиально-
солифлюкционные
влажных тропиковТемно-коричневые
знаки

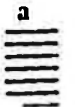
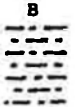
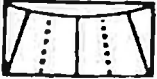
Сноса и транзита:

III.4.1

солифлюкционного (а) и соли-
флюкционно-делювиального (б)

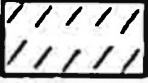
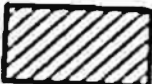
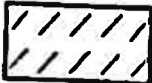
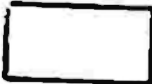
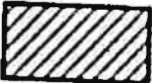
III.4.2

фрагменты поверхностей комп-
лексного выравнивания³⁷:

III.4.2.1		педиментов	
III.4.2.2		педипленов	а) первичные б) откопанные в) откопанные базальные поверхности 
III.4.2.3	а  б  в 	пенепленов	
III.4.3		склоны островных гряд и гор,	
III.4.4		островные горы солифлюкционные делли	
III.4.5		Накопления: шлейфы и конусы открытой солифлюкции	
III.4.6		шлейфы и конусы закрытой солифлюкции	
III.4.7		шлейфы и конусы солифлюкционно-делювиальные	
III.4.8		солифлюкционные языки, валы, полосы и т. д.	
III.5	Синий фон Темно-синие штриховки	Склоны, созданные деятельностью моря и крупных озер	Темно-синие знаки
III.5.1		Абразионные: склоны	
III.5.2		клифы ¹⁴ : а) формирующиеся	
		б) реликтовые	
III.5.3		Накопления: аккумулятивные склоны ³³	подводные
III.6	Малиново-фиолетовый фон Темно-лиловые штриховки	Нивально-ледниковые и водно-ледниковые	Темно-лиловые знаки
III.6.1		Сноса и транзита: лавинного	

III.6.1.1		лавинно-осыпного	
III.6.1.2		лавинно-водно-каменспадного	
III.6.2		склоны и стенки каров, трогов и нивально-ледниковых цирков:	
		а) активные	
		б) реликтовые	
III.6.3		морозно-ледниково-нивалые педименты:	
		а) активные	
		б) реликтовые	
III.6.4		каровые поверхности (днища слившихся каров)	
III.6.5		Накопления: шлейфы и конусы:	
III.6.5.1		нивалыно-ледниково-водные	
III.6.5.2		лавинные	
III.6.5.3		ледниково-селевые	
III.6.5.4		лавинно-водно-каменспадные	
III.6.5.5		обвалыно-ледниковые	
III.6.5.6		комплексного накопления	
III.6.6		каменные «глетчеры»	
III.7	Сине-фиолетовый фон Темно-лиловые штриховки	Нивально-конжель- флюкционные и мерзлот- ные	Темно-лиловые знаки
III.7.1		Сноса и транзита: конжельфлюкционного:	
III.7.1.1		курумового	
III.7.1.2		курумово-перлювпального ³⁸	

III.7.1.3		дзлевого	
III.7.1.4		конжельфлюкционно-дефлюк- ционного	
III.7.1.5		фестончатой конжельфлюкции	
III.7.1.6		продольно-полосчатой конжель- флюкции	
III.7.1.7		инвально-конжельфлюкцион- ного	
III.7.1.8		инвально-дефлюкционного	
III.7.2		склоны и стенки инвальных, ла- винно-водно-инвальных цирков:	
		а) активные	
		б) реликтовые	
III.7.3		гольцовые педименты:	
		а) формирующиеся	
		б) реликтовые	
III.7.4		гермокарстовые педименты	
III.7.5		термоабразивные уступы	
III.7.6		наледные долинные педименты	
III.7.7		уступы наледных форм	
III.7.8		стенки конжельфлюкционных и маревых воронок	
III.7.9		Накопления шлейфы и конусы:	
III.7.9.1		конжельфлюкционные	
III.7.9.2		конжельфлюкционно- дефлюкционные	
III.7.9.3		курумные	

III.7.10		курумы площадные (каменные моря): а) активные б) реликтовые	
III.7.11		курумы линейные: а) активные б) реликтовые	
III.7.12		комплексного накопления	
III.8	Ярко-оранжевый фон Темно-коричневые штриховки	Карстовые и суффозные	Темно-коричневые знаки
III.8.1		полюсов, крупных воронок, котловин	
III.8.2		останцов «башенного» карста	
III.8.3		склоны просадочных (суффозных) форм	
III.9	Черные штриховки	Биогенные	Черные знаки
III.9.1		рифовых плато и рифов	
III.9.2		коралловых построек (первичных)	
III.10	Серый фон черные штриховки	Антропогенные	Черные знаки
III.10.1		карьеров, отвалов	
III.10.2		терриконов, курганов	
III.10.3		выемок, насыпей	
		Прочие обозначения	Темно-синие знаки
IV.1		русла постоянных водотоков, крупные старицы	

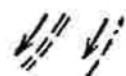
IV.2

русла временных водотоков

IV.3

преобладающие движения бере-
говых наносов;

а) продольное



б) поперечное

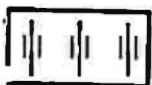
Темно-синие
штриховки

IV.4



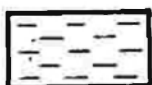
болота

IV.5



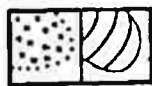
солончаки

IV.6



лагуны

IV.7

снежники, фирники (а) и лед-
ники (б)

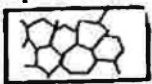
IV.8



участки мертвых льдов

Коричневые
штриховки

IV.9



такыры

Темно-красные
знаки

IV.10

гейзеры



IV.11

фумаролы

Темно-коричневые
знаки

IV.12

знак возобновления карстооб-
разованияТемно-зеленые
знаки

IV.13

знак участия растительности

Темно-лиловый
знак

IV.14

знак участия мерзлотных про-
цессов

IV.15

знаки «забоев» (педиментных
переломов):

Темно-корич-
невый

IV.15.1

грунтово-водного

///

Черный

IV.15.2

мерзлотно-грунтово-водного

///

Темно-лиловый

IV.15.3

морозно-ниважно-ледникового

///

Черные

IV.16

знаки сноса:

IV.16.1

гравитационного

↓

IV.16.2

дефлюкционного

↘

Зеленые

IV.16.3

дефлювального

↘

Темно-корич-
невые

IV.16.4

тропической солифлюкции

}}

Темно-лиловый

IV.16.5

конжelifлюкционного

§

VI.16.6

комплексного (мерзлотно-ни-
важно-)

//

Темно-корич-
невые

IV.16.7

комплексного (аридного)

//

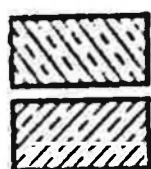
Таблица III. Литологический состав пород
Коренных пород (темно-серые знаки)

	1) кислые	интрузивные и эффузивные породы		6) флишевые
	2) средние			7) карбонатные
	3) основные и ультраосновные			8) молассовые
	4а) вулканогенно-осадочные			
	4б) пирокластические отложе- ния (туфы, шлаки и др.)			
	5 метаморфические			

Рыхлых пород³⁹ (темно-серые знаки)

	9) конгломераты		21) лессовидный суг- линок
	10) глыбы		22) глины
	11) валуны		23) ленточные глины
	12) щебень		24) лесс (разного ге- незиса)
	13) галечник		25) ил
	14) единичные гальки		26) ракушечник и другие морские био- генные
	15) морской галечник		27) оолиты и другие хемогенные
	16) гравий		28) самосадочная соль
	17) песок крупный		29) торф и сапропе- ли
	18) песок мелкий		30) уголь
	19) супесь		31) вулканический пепел
	20) суглинок		32) травертин

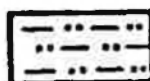
Кори выветривания (темно-коричневая штриховка)



33) каолиновая



34) латеритная

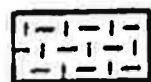


35) красно-
цветная

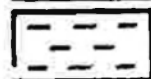


36) пестро-
цветная

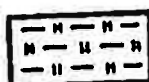
Пустынные кори выветривания



37) известковистая



38) соляная

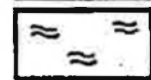


39) гипсовая

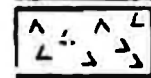
Типы лав (темно-серые знаки)



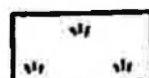
40) пузырчатая лава



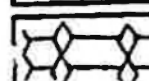
41) волнистая лава



42) глыбовая лава



43) веерно-
столбчатая
лава

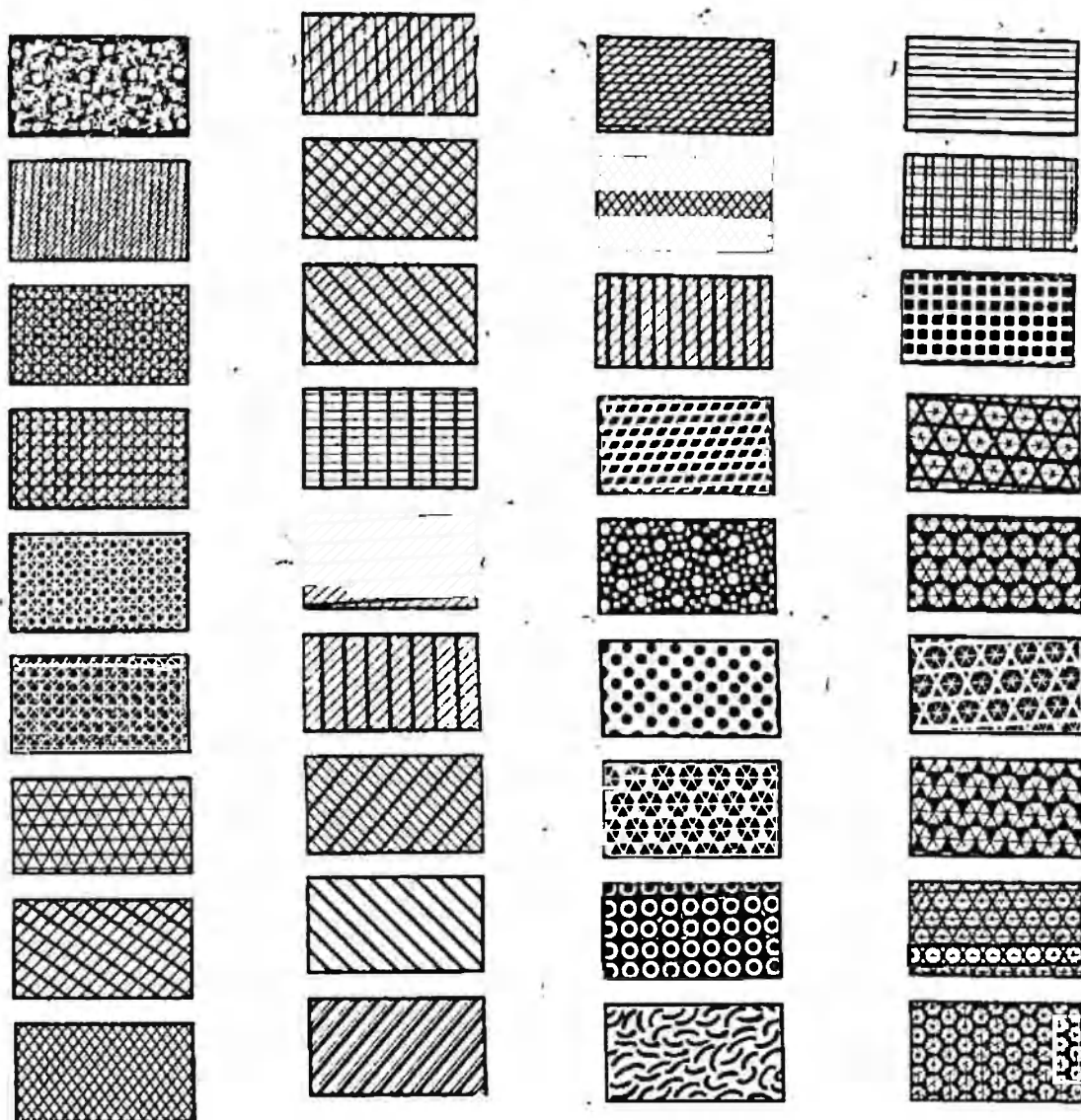


44) «мостовая
гигантов»

Таблица IV. Индексы возраста ^{40, 41}

1) голоценовый	Q ₄
2) }	Q ₃
3) } плеистоценовый	Q ₂
4) }	Q ₁
5) четвертичный	Q
6) неогеновый + четвертичный	N+Q
7) неоген-четвертичный	N-Q
8) плиоценовый	N ₂
9) миоценовый	N ₁
10) олигоценовый	Pg ₃
11) эоценовый	Pg ₂
12) палеоценовый	Pg ₁
13) палеогеновый	Pg
14) палеоген-четвертичный	Pg-Q
15) палеогеновый + неогеновый + четвертичный	g+N+Q
16) палеогеновый + неогеновый	Pg+N
17) меловой	K
18) меловой + палеогеновый	K+P
19) мезо-кайнозойский	MZ-KZ

Таблица V. Топографические цветные сетки, увеличивающие количество оттенков и интенсивность цветов (для возрастных подразделений аккумулятивных форм и обозначения градаций крутизны склонов)



7. Если границы совпадают с границами морфоструктур, то на карте показывается только граница морфоструктур. Предполагаемые границы даются прерывистыми линиями.

8. Границы положительных неоструктурных форм предусмотрены для равнин. Для горного рельефа горст-антиклинали и др. должны читаться по сочетаниям обозначений гребней и склонов горстовых хребтов и др.

9. В том числе — межгорных и предгорных.

10. Толщина линий зависит от порядка разломов. Погребенные границы структурных форм показываются прерывистым знаком.

11. Фон может сочетаться со штриховыми условными знаками. Штриховки помещаются в левой стороне таблицы и цвет их оговаривается в каждом конкретном случае.

12. В легендах к картам на конкретные территории возможно подразделение вершинных поверхностей и гребней по высоте (если они представлены несколькими высотными уровнями). Если округлые гребни можно показать в масштабе внутри знака того или иного типа, границы его могут раздвинуться в соответствии с масштабом. Могут раздвигаться и границы других знаков (горстовых вершин, каров и др.). Можно менять и очертания знака той или иной формы рельефа, если этого требует масштаб.

13. Рисунок гребня, данный по обе стороны линии или по одну, всюду в легенде показывает симметричность или асимметричность гребня. Одной линией показывается острый гребень, двойной — округленный; а — знаки хребтов и град, б — гребни.

18. Обозначения для лесных пород см. ниже. Если загрузка карты не позволяет гребни разделить по породам, рисунки гребней подбираются произвольно в зависимости от пород, составляющих гребень.

15. В плане все горстовые гряды могут быть дрезвинскими, решетчатыми (перезавинными), хребтами, горами и грядками, массивными. Поскольку размеры таких морфоструктур колеблются от 100 км до десятков метров, способ их изображения неодинаков. Крупные читаются на карте из сочетания гребней, склонов, дна и пазин, а малые показываться одним знаком. Знаком могут показываться на карте отдельные массивы и целые массивы морфоструктуры.

14. Кредиты, полученные в рамках кредитного соглашения, являются показателем сотрудничества между органами власти субъектов Российской Федерации, если это предусмотрено законодательством.

[illegible]

18. Реабилитация студентов по всем дисциплинам строится в тесной связи с работой в органах власти, силовых. Применяются различные формы работы: разрывные упражнения и т.д.

19. Рельеф сложных платонов, их форма, высотное положение и генезис в первую очередь читаться из комбинации соответствующих фоновых и значимых обозначений (линии, склонов определяющего генезиса, границ, впадин и др.). При этом возможны произвольные комбинации названий перечисленных типов впадин. Например: денудационно-аккумулятивные днища малых рифтовых долин и др.

20. Если борты или днища впадин ступенчатые (см. примечание 16), ступени обозначаются в зависимости от генезиса разным цветом (или знаком).

21. Если позволяет масштаб, закрашивается в зависимости от типа аккумуляции (ледниковой, водно-ледниковой, аллювиальной, комплексной и т. д.); для изображения прогибающихся впадин используется наибольшая интенсивность цвета.

22. Закрашивается цветом соответствующих террас (по возрасту). Если днище комплексное и чередуется с участками аккумуляции, которую показать в масштабе не удастся, его можно красить желтым цветом.

23. Закрашивается по типу денудации. Если динше комплексное и чередуется с участками аккумуляции, которую показать в масштабе не удается, его можно красить желтым цветом. На картах конкретных территорий, если позволяет масштаб, расчлененные динша крупных впадин могут быть изображены системой склонов и гребней.

24. Тектонические «наклоны», как правило, представляют собой пологие склоны и закрашиваются светлыми оттенками. Знаки, как и все, которые помещены слева, идут по красно-коричневому фону, интенсивность которого меняется в зависимости от крутизны.

25. Сбросовые склоны понимаются широко, преимущественно, как образованные движениями блоков по крутопадающим разрывам, без разделения по направлению движения (поднятия или опускания).

26. Если позволит масштаб карты, эти склоны могут различаться в зависимости от типа денудации. В таком случае красные линии мелких трещин и красные значки ступеней, обусловленных отседанием, наносятся на цвет, выбранный по агенту денудации.

27. Поскольку тектонопедименты — блоковые ступени в дальнейшем развиваются как нормальные педименты, красная линия разрывного нарушения наносится (под крутым склоном) на цвет, выбранный по агенту денудации.

28. Изображение литологических и морфологических различий лав, пеплов и травертинов см. ниже.

29. Разделяются в соответствии с экзогенными факторами, поэтому по мере необходимости черные штриховки и знаки наносятся на цветной фон, выбранный по агенту денудационной переработки.

30. Обозначения гребней те же, что и для «живых» морфоструктур, но черного цвета. Литологические различия см. ниже, в конце легенды.

31. Если они вырезаны эрозией по активным разрывным нарушениям, то подчеркиваются красной линией. Так же может быть показана приуроченность и других форм рельефа к разрывным нарушениям.

32. Террасы и участки аккумулятивных равнин закрашиваются по генезису и возрасту. Для этого можно применять зеленый и желтый цвета разной интенсивности — за исключением самого темного зеленого цвета, используемого в изображении поймы.

33. На аккумулятивных террасах (как и на других аккумулятивных элементах рельефа) наносятся знаки литологии рыхлых отложений (см. ниже, в конце легенды), а на коренных террасах, если позволит масштаб карты, можно показать коренные породы на цветном фоне террас. Для цокольных помимо знаков аллювия указывается высота террасы и мощность аллювия.

34. Террасоувалы закрашиваются полосами шириной в 2—3 мм цветом предполагаемых слившихся террас. Полосы ориентируются поперек долины.

35. Засоленность и заболоченность показывается соответственно знаками из «Прочих обозначений».

36. Все изображения закрепленных песков даются в сочетании со знаками растительности, густота которых зависит от степени закрепленности песков.

37. Эти поверхности представляют систему склонов. Показываются черными штриховыми значками на цветном фоне пологих склонов определенного генезиса.

38. С преобладанием подповерхностного смыва и конжелифлюкции.

39. Изображение литологии рыхлых отложений предусмотрено только на элементах аккумулятивного рельефа (склоны накопления, шлейфы, конусы и т. д.).

40. При более дробном возрастном делении можно вводить дополнительные индексы в соответствии с геологической шкалой.

41. Формирование рельефа в течение смежных подразделений геологической шкалы со знаком +, внутри смежных подразделений — $N+Q$. Если точно период формирования рельефа не определяется, индексы пишутся со знаком — $N-Q$ (Паницца, 1972).

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

МЕТОДИКА ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ В СЪЕМОЧНЫХ МАСШТАБАХ

Глава VII

О МЕТОДИКЕ МОРФОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

Морфоструктурный анализ проводится и в предполевой период, и в поле, и в камеральный послеполевой период. При групповой съемке весь этот цикл исследований может быть многолетним. Нижеизложенная методика предполагает именно групповую съемку, которая более чем полустная носит научно-исследовательский характер. Это обусловлено и всем ходом работ, и тем, что естественные геоморфологические и геологические границы не обрываются рамкой листа.

Предполевой анализ основан на различных приемах картографического метода исследований, которые используют для изучения природных явлений разные карты — топографические и тематические. Изучение рельефа всегда включает ознакомление с материалами предыдущих исследований. Поскольку крупно- и средне-масштабное картирование захватывает большие площади, следует иметь представление о районе съемки как о части более обширной территории. Для этого необходим анализ космических снимков с орбитальных станций, предварительное дешифрирование — площадное или ключевое в зависимости от масштаба съемки, изучение топографических карт и карт природы, составленных ранее. Для выяснения динамики современных (особенно катастрофических) процессов большое значение имеют повторные съемки и повторное дешифрирование, изучение данных нивелирования (хотя они не всегда надежны и к ним надо относиться с осторожностью), профилей, зарисовок, фотографии.

Для выявления связи отдельных форм рельефа и рельефа территории в целом с геологическим строением — литолого-структурными условиями, реликтовой и «живой» тектоникой анализируются все геофизические материалы — карты, профили и др. Изучаются буровые колонки, разрезы, геологические профили, коллекции. На основании сравнения топографических карт с геологическими и отдешифрированными аэрофото- и космическими снимками устанавливается совпадение или несовпадение геологических и

геоморфологических границ, намечаются на аэроснимках и космических снимках границы структурных форм.

Если имеются все необходимые материалы, предварительно устанавливаются: 1) морфология и морфометрия всех элементов рельефа, их сочетание; 2) плановый рисунок, размеры и морфология речных долин и слагающих их элементов (склонов, террас, пойм); 3) морфология междуречий (высота, характер склонов междуречий), типы междуречий (хребты, возвышенности, равнины и др.), морфологический облик их вершинных поверхностей или гребней и плановый рисунок и т. д.; 4) абсолютные и относительные высоты основных элементов рельефа; 5) их размеры; 6) густота и глубина расчленения; 7) распределение общих уклонов; 8) распределение склонов различной крутизны, длины и ширины.

На основании полученных сведений делаются предварительные выводы: 1) о соотношении рельефа с геологическим строением, с новейшей тектоникой; 2) с географическими условиями района — климатом и микроклиматом, особенностями стока, растительности и почвенного покрова; 3) о динамике современных (особенно катастрофических) рельефообразующих процессов (см. табл. 1); 4) о фациальном составе, мощности (примерной) и генетических типах коррелятных отложений. Особое внимание должно быть уделено плановым рисункам всех элементов рельефа и выявлению линейных элементов (ступеней, гребней, обрывов и пр.).

Полученные данные позволяют сократить объем работ в поле, а полевые исследования сделать более точно направленными, обусловив максимально объективный выбор участков «ключевых» исследований.

Результаты изучения материалов в предполевой период целесообразно оформить в виде ряда картосхем и карт. В настоящее время особое значение приобрели карты, составленные в результате предполевого морфоструктурного анализа.

Положения, на которых базируется морфоструктурный анализ, кратко сводятся к следующему. В задачу геоморфологического картирования, как указывалось, входит выделение элементов рельефа по главному, ведущему генетическому фактору. В качестве ведущего рельефообразующего фактора принимается тектоника, причем все более очевидной становится определяющая роль тектоники активной. Общеизвестное представление о рельефе как о результате воздействия на поверхность Земли эндогенных и экзогенных факторов конкретизировалось в понятии «морфоструктура» (Герасимов, 1946, 1959), которое прочно вошло в геоморфологию, а затем и в практику геоморфологического картирования как в СССР, так и в ряде других стран. Приемов анализа много. По данным А. М. Берлянта (1966), лишь для изучения новейшей тектоники используется более сотни различных приемов анализа топографических карт. Основные приемы заключаются в переработке топографических карт и создании качественно иных вспомогательных карт. Имеют значение и приемы графические, статистиче-

ские и иные для изучения расчлененности рельефа, крутизны склонов, продольных профилей рек, линейных элементов рельефа, тренданализ и т. п., описанные в ряде специальных работ.

Наиболее прогрессивными нам представляются те приемы морфоструктурного анализа, которые направлены на выявление сетки (решетки) разломов и разрывных нарушений.

Первый необходимый прием — составление различных предварительных карт, которые должны отразить возможно более объективно морфологию и план рельефа без априорных генетических характеристик (исключая ясно определяющиеся). Второй прием — составление схем блоково-разрывной тектоники. Варианты этих приемов разнообразны, причем карты могут изменяться от схематичных до предельно подробных. Изучение этих карт, вскрывающих закономерности общего морфоструктурного плана, уже позволяет дать некоторую часть генетических характеристик. Последние пополняются в ходе дальнейших исследований и завершаются составлением окончательных карт.

Составление морфоструктурных карт на топооснове

М. В. Пиотровским (1973) разработана система морфоструктурных (морфотектонических по его терминологии) карт и схем разных масштабов. На картах крупных и частью средних масштабов дается «портретное» изображение рельефа с подчеркнутым отражением линейных и дуговых элементов разрывной тектоники (жесткая рисовка). Составление карт заключается в изображении блоков и их границ по разломам и разрывным нарушениям. Фоновая раскраска карт и схем отражает морфологию и гипсометрию рельефа и через них — морфоструктуры, а также основные литолого-стратиграфические и геолого-структурные комплексы. Методика разработана на примерах картирования Алдано-Станового региона и опирается на многолетние полевые исследования и комплекс предполевых приемов морфоструктурного анализа.

Морфоструктурные карты составляются непосредственно на топокартах без вспомогательных карт. Методика включает ряд распространённых приемов, связывающих карты всех масштабов. Она основана на представлении о том, что рельеф региона является тектонически активным, не измененным существенно денудацией. Благодаря этому можно строить карты морфоструктур по топокартам, внося поправки на денудацию сразу. Это обусловлено достаточной интенсивностью новейших деформаций и четкостью структурных форм, хорошо сохраняющихся на стойких породах архейского фундамента, который обнажен на большей части региона, а в остальных частях относительно неглубоко погребен под осадочным покровом. При таком строении отчетливо видны связи новейших морфоструктур с планом долгоживущих структурных форм фундамента. Это облегчает и выявление тектонического характера перекрывающих форм рельефа по их закономерному положению.

в морфоструктурном плане, общему с более резкими явно тектоническими формами.

Методика по своему существу пригодна для всех щитов (Балтийского и др.). Основу составляют анализ и отражение на картах подлинных рисунков современного морфоструктурного плана в их связи с долгоживущим планом. Подлинность достигается не просто следованием топокартам и переработкой их какими-либо стандартными геометрическими приемами, а анализом линий неотектонического рельефа, в разной степени активизированного. На

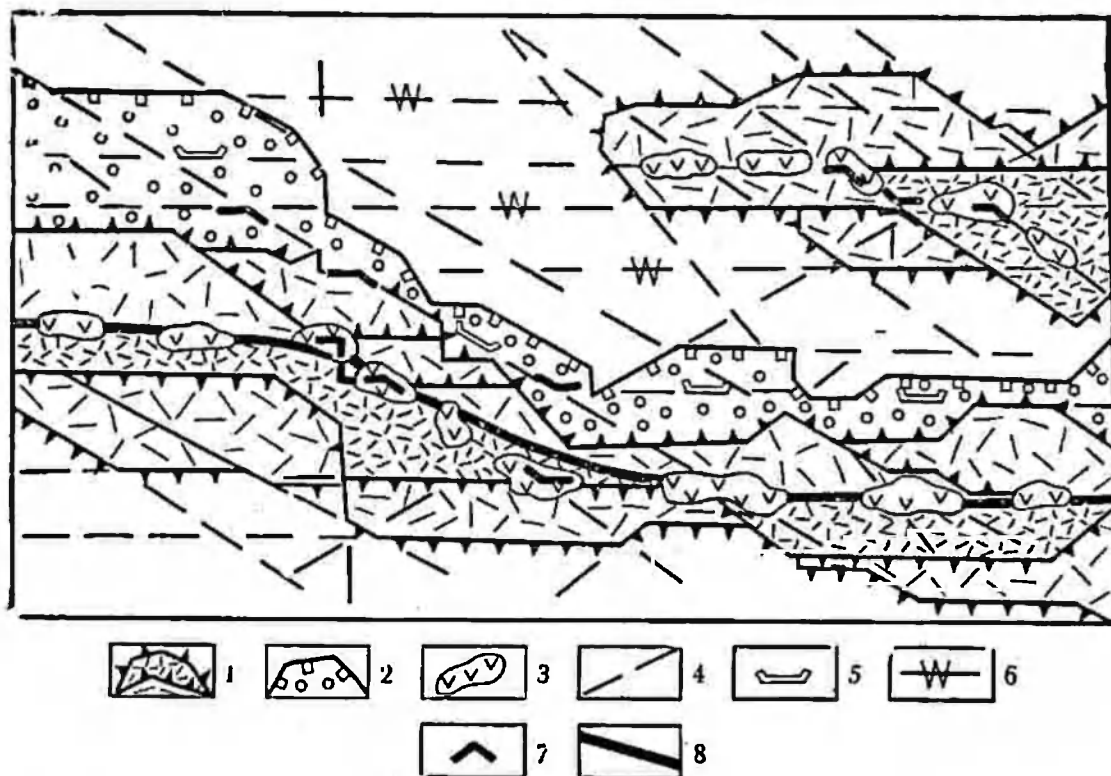


Рис. 17. Переходы проявлений тектонической активности с одних нарушений на другие (М. В. Пиотровский):

1 — горсты; 2 — грабены; 3 — мезозойские интрузии; 4 — разрывные нарушения различной выдержанности; 5 — грабенообразующие участки разломов; 6 — нарушения, омоложенные безамплитудно; 7 — пересечения нарушений и «переходы» тектонической активности на нарушения других простираний; 8 — обобщенная линия регионального разлома, неправильно показанная плавно изогнутой

рис. 17 показаны переходы неодинаковой тектонической активности с одних разломов «сетки» на другие, характерные для решетчатой блоково-разрывной тектоники, а также пример неправильного обобщения крупных разломов на тектонических схемах в виде плавно изогнутых линий, которые на деле представляют ломанные комбинации из участков разломов разных простираний. Дугообразные в плане разломы не отрицаются; есть данные о кольцевых разломах, но многие из них также представляют комбинации из участков прямолинейных нарушений.

Геометрический характер рисунков блоково-разрывной тектоники, т. е. жесткой рисовки, не искажает истинных природных линий в угоду предвзятой концепции, а вытекает из практики дешиф-

рирования аэрофотоснимков и изучения морфоструктур на местности.

Подчеркнутое изображение на картах сбросовых уступов отражает облик резкого горстового рельефа, но четкое изображение мелких сглаженных уступов (высотой иногда лишь 2—3 м) на плоскогорье передает эти морфоструктурные элементы в известной мере утрированно. В правильных пропорциях такие уступы следовало бы изображать исчезающе тонкими линиями. Но, если они будут слишком мало заметны, карта не выполнит одну из своих основных задач — вскрыть систему разломов и разрывных нарушений (в том числе безамплитудно омоложенных) — важнейшую основу современного неотектонического плана. Поэтому некоторое преувеличение на картах слабо выраженных морфоструктурных элементов неизбежно.

Для того чтобы рисунки блоково-разрывной тектоники создали на картах ее план, необходимо большое количество линий разрывных нарушений, границ зон разломов и линейных элементов рельефа, точная их ориентировка. При изучении морфоструктур по отдельности, без упора на раскрытие их общей системы небольшие ошибки в ориентировке отдельных коротких линий на карте не играют роли, но для изучения систем морфоструктур важна точная ориентировка линий, по которым они зрительно связываются друг с другом. Небольшие, но ощутимые глазом неточности ориентировки линий и отрезков контуров затрудняют и искажают это сопоставление. Практически нужно, чтобы линейка, положенная по короткой линии нарушений у одной рамки трапеции карты крупных и средних масштабов, у другой отклонялась бы от истинного простирания не более чем на 2—5 мм.

Генерализация линий и контуров блоково-разрывной тектоники при составлении карт разных масштабов проводится с сохранением истинных простираний их участков, без замены осредненными, которые могут оказаться не соответствующими реальным нарушениям. Например, вместо ряда ступенчатых или зигзагообразных изломов границ горстового хребта можно показать 1—2 ступени или зубца, правильно ориентированных, но не дугу, в которой исчезают реальные простирания. Или, если наблюдаются уступы по нескольким пересекающимся направлениям сбросов, можно не показывать самые низкие уступы, но отразить их направления в очертаниях соседних горстовых хребтов.

Существенную часть рисунков блоково-разрывной тектоники образуют очертания долинной сети, поэтому на морфоструктурных картах ее истинное отражение очень важно. На крупно- и средне-масштабных картах долины обрисовываются контурами и уступами склонов, подчеркивающими заложение долины по разломам и разрывным нарушениям. На мелкомасштабных картах, на которых можно показать лишь склоны крупнейших долин, связь долинной сети с тектоникой ясно читается по плавному рисунку долин и соответствию его очертаниям блоков-горстов и т. п. Излучины рек и долин не затемняют этой связи, а разъясняют ее, отра-

жая зигзагообразные комбинации разрывных нарушений. Участки рек с чисто флювиальными очертаниями обычно легко опознаются, причем и они могут характеризовать проявления неотектоники (свободные меандры и дробление русел указывают на аккумуля-

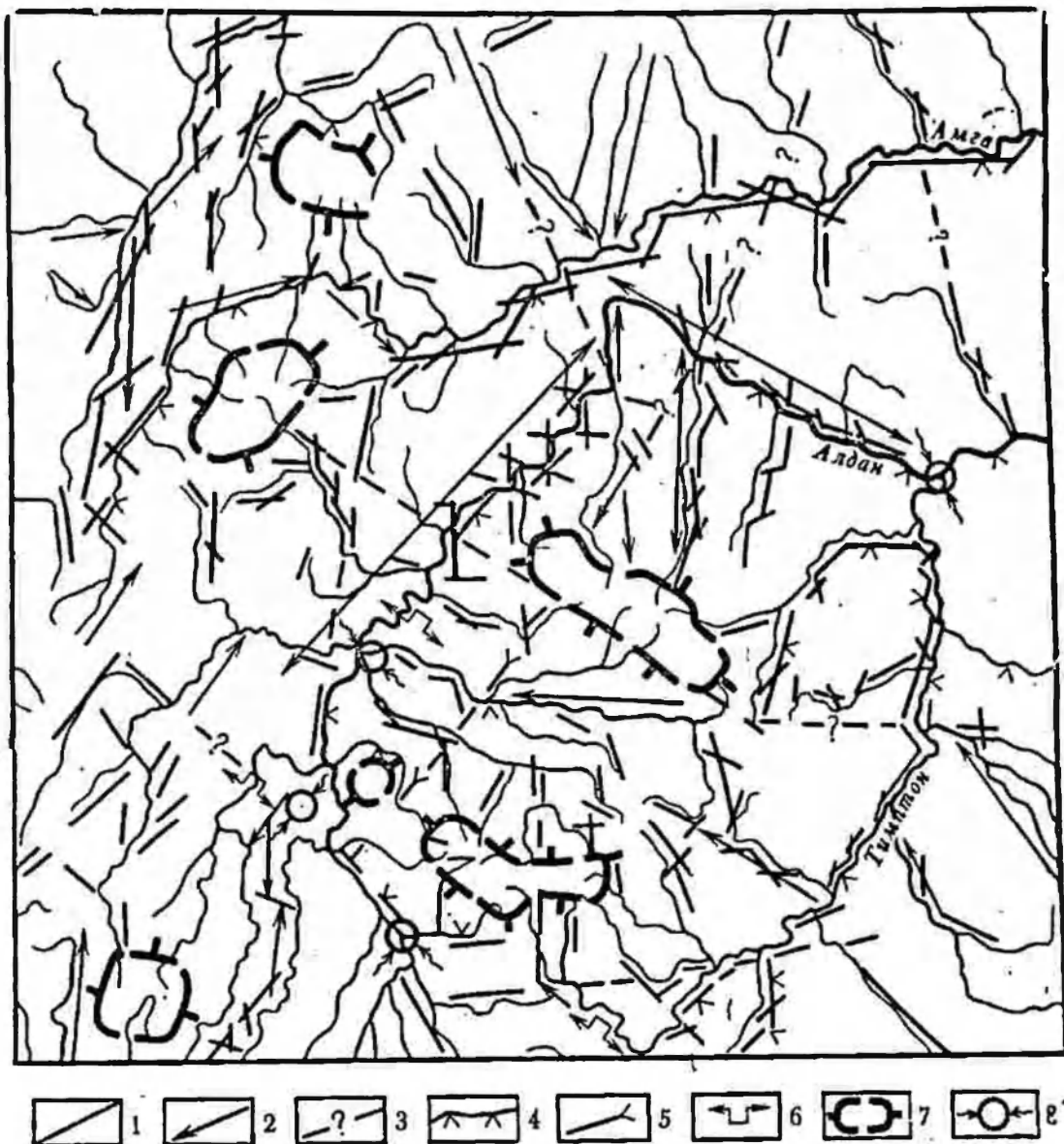


Рис. 18. Схема анализа речной сети (М. В. Плотровский):

1 — разрывные нарушения; 2 — общие направления предполагаемых комбинированных нарушений; 3 — нарушения, интерполированные между участками; 4 — поперечно-склоновые долины (по сбросовым и ослабленным швам блоков); 5 — зоны с параллельными поворотами рек; 6 — участки излучин, указывающие на ослабленные пересечения зон разломов; 7 — дифференцированные узловые поднятия, намеченные по плану речной сети; 8 — «узлы» слияния рек — предполагаемые отстающие блоки на ослабленных пересечениях разломов

цию аллювия и возможное опускание дна долины). Плавные врезанные меандры больших рек в слабых осадочных породах могут быть приняты за флювиальные. Однако сопоставление их с очертаниями более узких изломанных долин притоков и общим рисунком проявлений блоковой неотектоники может показать, что и они

заложены по зигзагам омоложенных нарушений, но подработаны боковой эрозией (рис. 18).

На мелкомасштабных картах связь долин с крупнейшими разломами можно подчеркнуть внешними линиями. Однако совпадение долин с разломами и разрывными нарушениями настолько универсально, что для многих регионов подчеркивать пришлось бы все реки. Поэтому, оговорив общую связь долин с разрывными нарушениями, специальными обозначениями нужно отмечать лишь долины-грабены, малые рифтовые долины, поперечно-склоновые долины (Пиотровский, 1968).

По обзорным и мелкомасштабным картам, сохраняющим генерализованные подлинные рисунки блоково-разрывной тектоники, должны составляться схемы, освещающие основной морфоструктурный план. На них выделяются главные блоковые морфоструктуры и направления разломов: сквозных и ведущих для разных блоков, их стыки и главные комбинации.

Основой многих морфоструктурных карт является отражение амплитуд новейших деформаций. Амплитуды изображаются изолиниями, которые дополняются раскраской или штриховкой по интервалам высот. Рисунки изолиний закруглены. Это объясняется картографическими традициями, распространенным представлением о сводовых поднятиях и тем, что при составлении карт не ставится задача выявления структурной решетки в целом. Поэтому изолинии амплитуд новейших деформаций не всегда передают морфоструктурный план. Жесткая рисовка точнее. Она открывает больше возможностей для вскрытия систем морфоструктур. Следует считать общей задачей морфоструктурного картирования во всех масштабах уточненное отражение ломаных контуров. Точное проведение изолиний в условиях сводово-блоковой тектоники должно привести к их жестким рисункам с резкими изломами. Даже при слабых деформациях (например, Лено-Алданского плато, где рельеф на первый взгляд допускает проведение плавно изогнутых линий) перепады высот в немногие десятки метров обычно происходят по долинам, намечающим решетку нарушений. Картирование обнаруживает и здесь четкие системы блоковых морфоструктур. Но следует иметь в виду и дуговые разломы.

В горном горстовом рельефе, где к сбросовым склонам примыкают участки плоскогорий и плато, на мелкомасштабных картах границы морфоструктур правильнее показывать линиями (границу зон разломов и разрывных нарушений), а не изоамплитудами. Можно показать и знаки новейших тектонических наклонов (перекосов), которые ставятся там, где наклон вершинных поверхностей не соответствует их выровненности. Участки тектонических наклонов связаны с краевыми частями сводово-горстовых поднятий и границами дифференциально поднятых крупных блоков. Вносится поправка на то, что местами эти наклоны приблизительно на половину своей величины являются унаследованными: мезозойскими и более древними. Все эти приемы направлены на выявление общего морфоструктурного плана.

Поскольку мощность рыхлого покрова, особенно аллювия, является одним из важнейших показателей новейшего тектонического режима, на морфоструктурных картах целесообразно выделять участки долины с нормальной, повышенной и резко повышенной мощностью аллювия отдельно для пойм и террас и отражать перекрытие более древнего аллювия молодым (см. гл. VI).

Последовательность картирования следующая. Сначала на обзорные и мелкомасштабные карты схематично наносятся основные черты регионального плана: главные морфоструктуры и линии разломов и разрывных нарушений. Второстепенные изломы контуров спрямляются; схематично намечаются связи между элементами плана (например, пунктиром соединяются в общие зоны кулисообразно смещенные участки долин, рис. 18), выделяются участки разломов и разрывных нарушений по речной сети и спрямленным элементам рельефа, намечающих фрагменты их общей решетки и комбинации разрывных нарушений, оконтуривающих новейшие деформации. Далее «поднимаются» уже детали линий и контуров, их изломы, параллельные второстепенные линии и, на первый взгляд, беспорядочные — для поиска закономерных рисунков плана. Полезно нанести прямые участки долин и уступы рельефа удлиненными линиями, чтобы резче выступили их простираения. Для ясного чтения карт необходимо на всех контурах ставить бергштрихи (по рисовке разные для докайнозойских и новейших элементов) в сторону относительно опущенных элементов структуры. Это позволит установить прямое наследование или инверсию отраженных в рельефе структурных форм. В результате выявится морфоструктурный план территории и на его региональном фоне выступят пересечения разломов и морфоструктурных зон. Важный этап точного картирования представляет отражение на карте склонов разной крутизны, литологических комплексов и др. Частные контуры сопоставляются с чертами общего плана. Для этого частные контуры должны рисоваться очень точно. Например, в зоне глубинного разлома располагается система уступов. Главные из них ориентированы косо к простираению разлома. На карте они и должны быть показаны сильнее, чем ориентированные вдоль разлома. Этим будет подчеркнута и связь уступов с зоной разлома, и сложный характер зоны. Контуры сопоставляются с геологической картой без искусственного «подтягивания» к ней. Одна из задач морфоструктурных карт и состоит в том, что они, опираясь на известные черты долгоживущего плана, должны вскрыть новые его черты.

Методика ставит вопрос о критериях и возможной субъективности отбора картируемых элементов. Как известно, в геологическом и геоморфологическом картировании ведутся поиски стандартных приемов отбора и переработки первичных данных, в том числе контуров топокарт, со стремлением снизить влияние субъективного фактора. Аналогичные приемы давно применяются во вспомогательной графике (например, розы направлений трещиноватости, которые стали образцом и для роз направлений долин).

Они направлены на выявление статистических закономерностей. Переход от индивидуальных качественных исследований к массовому отбору данных стандартными приемами и количественным их характеристикам закономерен. Однако не следует субъективный фактор считать только отрицательным. Способность к ассоциации и созданию рабочих гипотез, знания и опыт абсолютно необходимы для вскрытия систем явлений. Карты и графики, основанные на статистических приемах, также испытывают влияние субъективных факторов и при отборе данных, и при интерпретации.

Примером карт «объективного» направления могут быть карты изолиний числа спрямленных элементов рельефа, если их отбор всдется правильно. Обычно отбор картируемых спрямленных элементов проводится составителем по достаточно условным нормам их спрямленности, размеров и выраженности. При интерпретации этих карт считается, что наибольшая густота молодых и омоложенных трещин указывает на своды поднятий. Однако густота может быть наибольшей и на швах морфоструктур. На нее сильно влияют литологические особенности пород и другие факторы, поэтому участки одного и того же цельного морфоструктурного элемента могут иметь разную густоту спрямленных элементов. Например, участки шва между морфоструктурами с разным знаком движений могут быть выражены в одном месте крупной долиной, в другом — зоной субпараллельных и различно ориентированных мелких долин и логов. Во втором случае на карте спрямленных элементов шов может потеряться как цельная черта.

В условиях слабых деформаций указанные карты заменяют подлинную картину мозаики блоков и нарушений с их перекрещивающимися направлениями суммированным и обедненным ее отражением. Поэтому они непригодны для изучения общих морфоструктурных планов и могут быть лишь вспомогательными.

При составлении карт Алдано-Станового региона отбор элементов проводился без определенных количественных критериев по качественному выявлению основных направлений блоково-разрывной тектоники, контуров морфоструктур и сохранению их составляющих. Так, выделение по рельефу предполагаемого поднятия направило картирование на поиски омоложенных нарушений — главных швов поднятия и параллельных им второстепенных контуров и, далее, на поиски линий, которые могут указать на связь поднятия с пересечением разломов. Такой путь объединяет и статистический, и эвристический приемы исследования. Карты дают массовое отражение элементов плана, и составитель просматривает и анализирует одновременно по топокартам, аэрофотоснимкам и т. п. еще большее их число, выбирая из них повторяющиеся и закономерные.

Количественные характеристики могут вводиться постепенно, по мере осмысливания плана территории и значения отдельных черт. Карты, вскрывшие морфоструктурный план, помогают организовать дальнейший этап работы, сбор и интерпретацию количе-

ственных данных. Например, данные по современной приоткрытости трещин могут быть собраны и интерпретированы направленно, по осям и швам поднятий и впадин, пересечениям морфоструктурных зон, разломам разных систем и порядков и т. д.

В целом морфоструктурные карты в жесткой рисовке допускают дальнейшее гибкое совершенствование и разнообразную до-

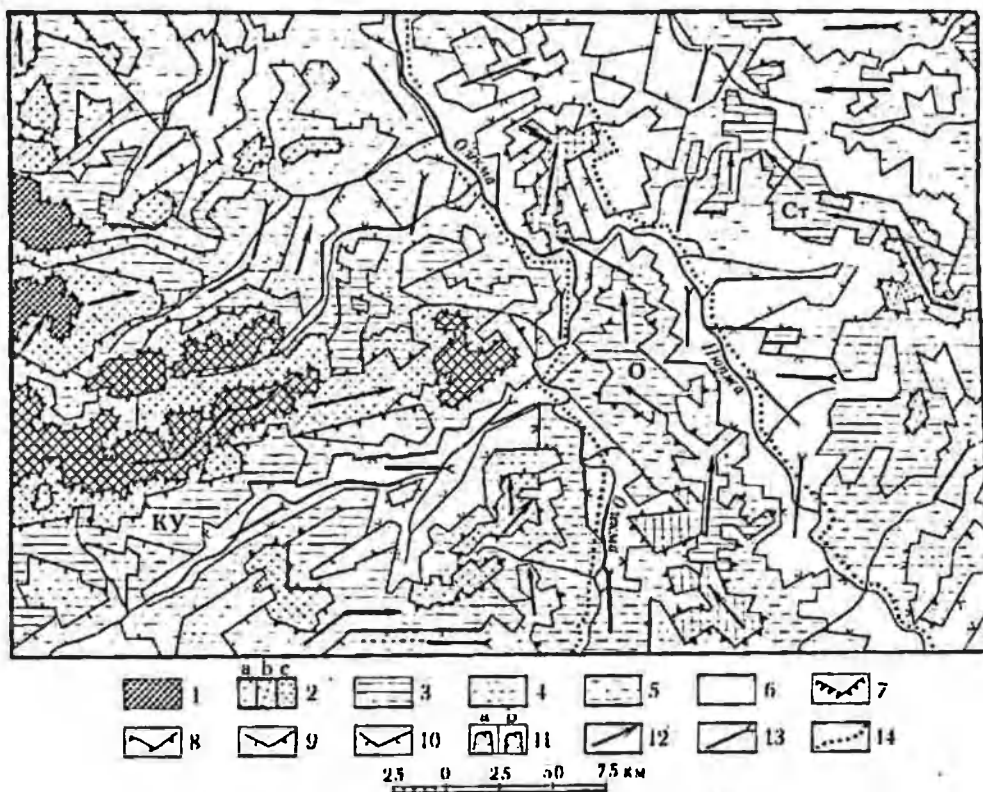


Рис. 19. Схематическая карта структурных форм части Байкало-Становой зоны активизации (М. В. Пиотровский):

Региональные блоки — КУ — Кодаро-Удоканский, байкальского типа активизации с тенденцией опускания впадин; СТ — Становой, алдано-станового типа активизации с относительным опусканием впадин; О — Олекминский структурный барьер, разделяющий планы Кодаро-Удоканского и Станового блоков; *блоковые структурные формы и их элементы* — 1 — горстовые хребты и массивы Кодаро-Удоканского блока — 1800–2500 м (1700–2100 м); 2 — среднегорные горстовые хребты (а — Кодаро-Удоканского, б — Станового, с — Олекминского блоков) — 1400–1800 м (1100–1500); 3 — наиболее поднятые блоки плоскогорья с горстово-островным мелкогорьем — 1200–1400 м (1000–1200); 4 — поднятые блоки плоскогорья — 1100–1200 м (900–1000); 5 — менее поднятые блоки плоскогорья — 900–1000 м (700–900); 6 — впадины отставания; 7–8 — сбросовые склоны горстовых хребтов, 9–10 — пологие склоны блоков плоскогорья — зоны сглаженных мелких сбросов; 11 — границы впадин (а — рифтовых, в — нерифтовых); 12 — простирающие оси горстовых хребтов; 13 — простирающие оси впадин; 14 — границы региональных блоков

полнительную нагрузку: геологическую, геоморфологическую, по рыхлому покрову, полезным ископаемым и т. д.

В результате генерализации ряда морфоструктурных карт был получен план сложного торцового стыка Алдана-Станового региона, Олекминской зоны и Кодаро-Удоканского района с разными типами новейшей активизации (рис. 19). Были намечены крупнейший шов между восточным Тимптоно-Учурским и западным Олекма-Алданским блоками Алданского щита и вероятная связь его с

крупной межрегиональной зоной разломов; расчленение новейшего морфоструктурного плана региона определено решетчатой системой морфоструктурных зон, поднятых и отстающих в поднятии. Их пересечениями, в частности, обусловлен рельеф типа «бассейнов и хребтов» восточной половины Алданского щита. План зон — общий для восточной и западной половин щита и Становой зоны, из чего можно заключить, что основа его заложена становым тектогенезом. Эта общность структурного плана для всего региона



Рис. 20. Сводово-блоковый рельеф Станового хребта (фото М. В. Пюторовского)

ранее не была вскрыта ни тектоническими, ни геоморфологическими исследованиями.

Объективность описанного картирования многократно подтвердилась естественной согласованностью черт, обрисовывающих единый морфоструктурный план. Существование отдельных морфоструктур, их узлов, тектонических швов подтверждается геологическими и геофизическими данными, полученными независимо и в ряде случаев после составления морфоструктурных карт.

Алдано-Становой регион, как и Балтийский щит (Стрелков, 1973), особенно благоприятен для жесткого картирования, так как в нем хорошо выражена правильная решетка разломов (рис. 20). «Жесткая» рисовка эффективна и для регионов, сложенных слабыми дислоцированными осадочными толщами. Она помогает отличить блоковые морфоструктуры от складчатых. Жесткая рисовка применима и для платформ с осадочным чехлом, особенно при картировании речной сети, так как дает возможность выявить бло-

ки фундамента и, следовательно, возможные структурные формы осадочного чехла (а это важно при поисках нефтегазовых месторождений), а также и для аккумулятивных равнин с глубоко залегающим фундаментом, речная сеть которых отражает разломы фундамента, проявляющиеся даже в рыхлом покрове образованием ослабленных зон и трещиноватости. Последнее убедительно доказал анализ космических снимков.

Таким образом, можно говорить об универсальном значении жесткой рисовки как приема исследования, так как существуют единые системы решеток разломов и разрывных нарушений Земли, несомненно отражающих такие компоненты планетарного механизма, без освещения которых немыслимо целостное решение проблем образования морфоструктур различного порядка.

Карты морфо-и тектоморфоизогипс

Составление этих карт имеет целью выявить главные формы рельефа путем генерализации горизонталей определенными приемами. Термин «морфоизогипсы» (Спиридонов, 1959) по смыслу означает горизонталю, обрисовывающие основные формы рельефа. Термин «тектонизогипсы» предложен Н. Г. Шубиной (Шубина, Аристархова, 1965) и подчеркивает тектоническое происхождение форм рельефа. Карты морфо- и тектоморфоизогипс составлялись многими исследователями (Философов, 1960; Симонов, Лукашов, 1968; Полканова, Варущенко, 1964; Аристархова, Полканова 1970, и др.). В отличие от картографической генерализации горизонталей, при которой механически исключаются детали меньше заданных размеров, генерализация при проведении морфоизогипс осуществляется на основе определенных представлений о генезисе и истории рельефа и требует предварительного регионального изучения рельефа в его связи с геологическим строением, а также использования аэрофотоснимков.

В основе рисовки морфоизогипс лежит принцип исключения экзогенных форм рельефа как денудационных, так и аккумулятивных; восстановление по топографической карте до неотектонической «первичной» поверхности, не измененной экзогенными процессами. В районах, где в новейшее время преобладает денудация, оно сводится к восполнению в рельефе объемов материала, удаленного за неотектонический этап («засыпанию» эрозионных долин). Морфоизогипсы соединяют выпуклые изгибы горизонталей, обрисовывающие водораздельные возвышенности, и проводятся поперек новейших долин, срезая вогнутые изгибы горизонталей. Так же срезаются выпуклые изгибы горизонталей, обрисовывающие аккумулятивные формы, например конусы выноса. Изолированные аккумулятивные формы (дюны и др.), отраженные на топографических картах горизонталями, также не показываются. Широкие долины и отдельные расширения долин, которые могут представлять грабены, морфоизогипсы должны обрисовывать.

Для выявления морфоструктур возвышенностей и гор размерами в несколько километров морфонизогипсы проводятся по горизонталям топографических карт масштаба 1:100 000. Для выявления пологих морфоструктур небольшой амплитуды (десятки и иногда единицы метров на низких денудационных равнинах) используются карты более крупных масштабов и морфонизогипсы проводятся с небольшими интервалами.

Карты морфонизогипс позволяют отвлечься от наложенных деталей рельефа экзогенного происхождения и выявить относительно крупные неровности, соответствующие прямо выраженным в рельефе структурным формам разного порядка, активным в новейшее время или отпрепарированным денудацией, либо «первичным» донектотектоническим аккумулятивными формам, положение которых, как правило, также predetermined тектоникой.

Карты морфонизогипс дают наилучшие результаты для низкорифи, денудационных и аккумулятивных равнин, деформированных неотектоническими движениями, где на междуречьях сохранились нерасчлененные участки прежнего рельефа. Такие карты могут почти точно отражать структурные формы, «живые» в неотектоническое время. Редкие морфонизогипсы передают пологие тектонические склоны, а сближенные — крутые сбросовые склоны, уступы, флексуры. Изолинии этих карт лучше называть тектоморфонизогипсами, что точнее передает их природу. Однако в районах, где донектотектонический рельеф был неровным, карты морфонизогипс дают лишь суммарное и приближенное отражение донектотектонических форм и неотектонических деформаций. Далее, это отражение может быть искажено новейшей денудацией (например, в высоко поднятом и сильно расчлененном горном рельефе). На умеренно поднятых аккумулятивных равнинах новейшая денудация может удалить верхние части разреза слагающих их рыхлых отложений. В этих случаях по картам и аэрофотоснимкам отыскиваются останцы прежнего рельефа и по ним проводятся опорные участки морфонизогипс. Остальные участки можно проводить или по фрагментам горизонталей современного рельефа, принимая во внимание, что они в достаточном приближении отражают основные черты донектотектонического рельефа, или проводить их как «воздушные» горизонталы гипотетически реконструированного рельефа по современным горизонталям, но с поправкой на предполагаемую мощность сношенных пород.

В межгорных впадинах с новейшим аккумулятивным рельефом морфонизогипсы также могут быть проведены не по дневной поверхности, а по погребенной поверхности отложений, соответствующей «донектотектонической поверхности» (если таковая устанавливается). Все эти виды тектоморфонизогипс должны различаться в условных обозначениях по деталям их знака (сплошные линии и различный пунктир). Карта морфонизогипс дополняется общей геоморфологической.

В горных и возвышенных районах с блоковой тектоникой целесообразно рисовать изогипсы ломаными прямыми линиями (Баше-

ина, Трещов, 1972; Башенина, 1972), так же соединяя и изгибы горизонталей прямыми линиями. Для выявления разломов, разрывных нарушений и блоков и более полной характеристики структурного плана областей новейшего горообразования и эпиплатформенных орогенических зон (типа Восточного Забайкалья) Ю. Г. Симонов (1966) предложил строить совмещенные карты блоков и морфоизогипс. При этом выделяются две основные динамические совокупности блоков: 1) блоки положительные — воздымающиеся и стабилизированные; 2) блоки отрицательные — опус-

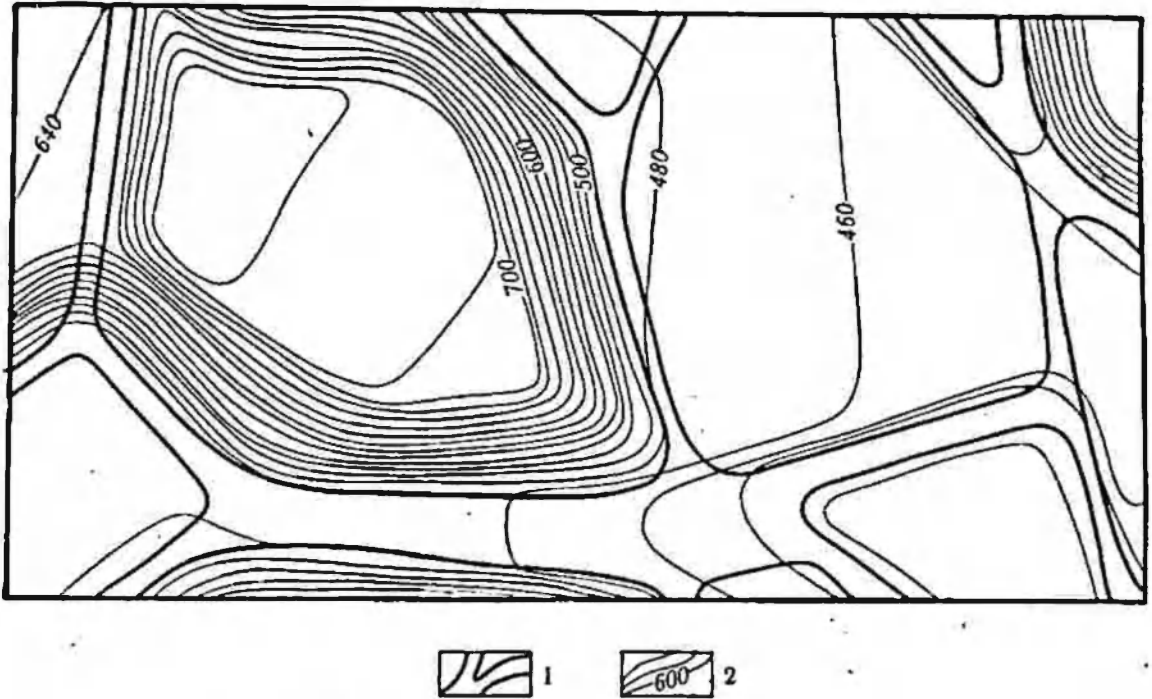


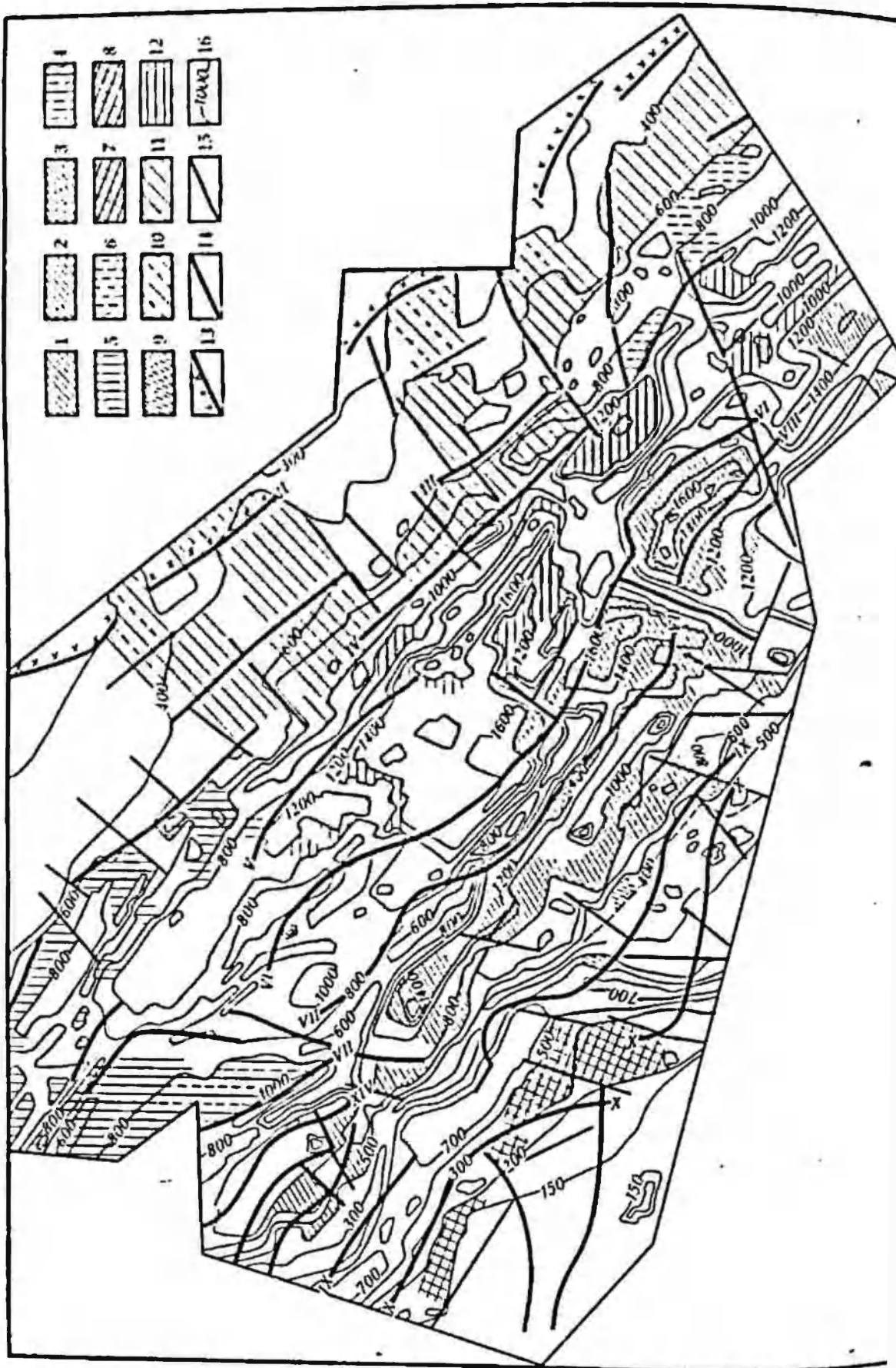
Рис. 21. Карта морфотектоизогипс (А. А. Лукашов):

1 — зоны блокоразделяющих нарушений, выраженных в рельефе линейными отрицательными формами; 2 — изогипсы тектонического рельефа

кающиеся. Совмещенные карты дают генстическую и динамическую интерпретацию тектонического рельефа, отражая «идеальный» или «восстановленный» тектонический рельеф (рис. 21).

Карты тектоморфоизогипс рассматриваются как вспомогательные, которые анализируются вместе с другими материалами. На этих картах, например, может ясно обнаружиться связь генерализованных границ возвышенностей с центральными частями долгоживущих блоков или древних антиклиналей. Такие возвышенности могут быть и отпрепарированными, а также подновленными неотектоническими движениями. Возникает задача дальнейшего изучения границ возвышенностей и поисков вдоль них омоложенных разломов. Карты тектоморфоизогипс могут подвергаться дальнейшей генерализации для выявления все более крупных, общих черт рельефа и структурного плана.

Карты морфоизогипс представляют немалый интерес, позволяя выявлять «первичный» тектонический рельеф. Однако поскольку такая методика основана на представлении о существовании «ис-



ходной» поверхности выравнивания, денудационная переработка которой субэральными факторами зашла не настолько далеко, чтобы полностью ее уничтожить, ее применение, как и любой другой методики, несколько ограничено.

А. В. Мирнова (1973) применила подобную методику для Карпатской горной страны, несколько ее видоизменив и поставив перед собой иную цель: выяснить характер ярусности рельефа, который ранее объясняли (например, И. Д. Гофштейн, 1964) как «лестницу» поверхностей выравнивания (рис. 22). Карта составлена в масштабе 1 : 1 000 000, поэтому тектонизогипсы проведены через 200 м. При рисовке тектонизогипс использованы абсолютные высоты современного горного рельефа, который уже подвергался воздействию денудации и аккумуляции, поэтому А. В. Мирнова справедливо считает, что высотное положение блоков далеко от первичного тектонического рельефа. На карте долины рек как тектонического происхождения, так и следующие по глубинным разломам не «засыпаны». Тектонизогипсы дополнены глубинными разломами, проведенными только по геофизическим и геологическим данным. Большая часть их совпадает с теми, которые выявляются тектонизогипсами одновременно для сравнения. На карте разной штриховкой показаны 11 «поверхностей выравнивания», выделяемые И. Д. Гофштейном (1964). Анализ карты позволил выявить четкую приуроченность «поверхностей» к крупным блоковым ступеням, выраженным и в современном рельефе, и в фундаменте (ступени — понятие условное, так как они все расчленены, но их объединяет единство высот; рис. 23). Все ступени контролируются разломами, которые ограничивают главные морфоструктурные зоны Карпат и разделяют эти зоны на блоки второго (для Карпат) порядка. На карте оказались выраженными и те разломы, которые определяют некоторые долины, но не представляют собой блокоразделов. Карта передает план тектонического расчленения горной страны и подтверждает отсутствие ярусов «поверхностей выравнивания». Поэтому для подобной карты более удачен термин «текторморфозогипсы».

Рис. 22. Карта текторморфозогипс, «поверхностей выравнивания» и блоковых морфоструктур (А. В. Мирнова):

«поверхности выравнивания» (по И. Д. Гофштейну): 1 — Кичерская, 500—1000 м; 2 — Подполюшная, 1000—1500 м; 3 — Урду, 1350—2000 м; 4 — Бескидская, 800—1000 м; 5 — Подбескидская, 600—750 м; 6 — Кармутская, 800—1000 м; 7 — Шардинская, 240—280 м; 8 — Бороняевская, 300—400 м; 9 — Дилокская, 400—500 м; 10 — Красная, 290—320 м; 11 — Лоевая, 320—600 м; 12 — Гарганско-Буковинские 800—1000 м, 1000—1400 м, 1400—1600 м. *Разломы фундамента, выделенные по гравиметрическим данным и текторморфозогипсам* — 13 — глубинный разлом, отделяющий Карпатское горное сооружение от Русской платформы; 14 — глубинные разломы, разделяющие зоны блоков; 15 — глубинные разломы, разделяющие зоны на блоки; 16 — текторморфозогипсы. Участки конкретных разломов: I—II — зона разломов и флексур — северо-восточные границы Внешней подзоны Предкарпатского прогиба; III — граница между Внешней и Внутренней подзонами Предкарпатского прогиба; IV — граница между Внутренней подзоной Предкарпатского прогиба и Внешней горст-антиклинальной зоной; V — юго-западная граница Внешней и горст-антиклинальной зоны; VI — северо-восточная граница Центральной грабен-синклинальной зоны; VII — юго-западная граница Центральной грабен-синклинальной зоны; VIII — северо-восточная граница Внутренней горст-антиклинальной зоны; IX — граница между Внутренней горст-антиклинальной зоной и Солотвинской впадиной Закарпатского внутреннего прогиба; X — юго-западная граница Береговской зоны горстов

Приведенный пример свидетельствует о возможностях более широкого применения этой методики. На рис. 22 отражен моделированный современный блоковый рельеф и, следовательно, эта карта не является картой «восстановленного» рельефа.

В настоящее время, при большом разнообразии приемов морфоструктурного картирования, развиваемых разными исследователями, намечаются и некоторые общие черты таких приемов, зако-

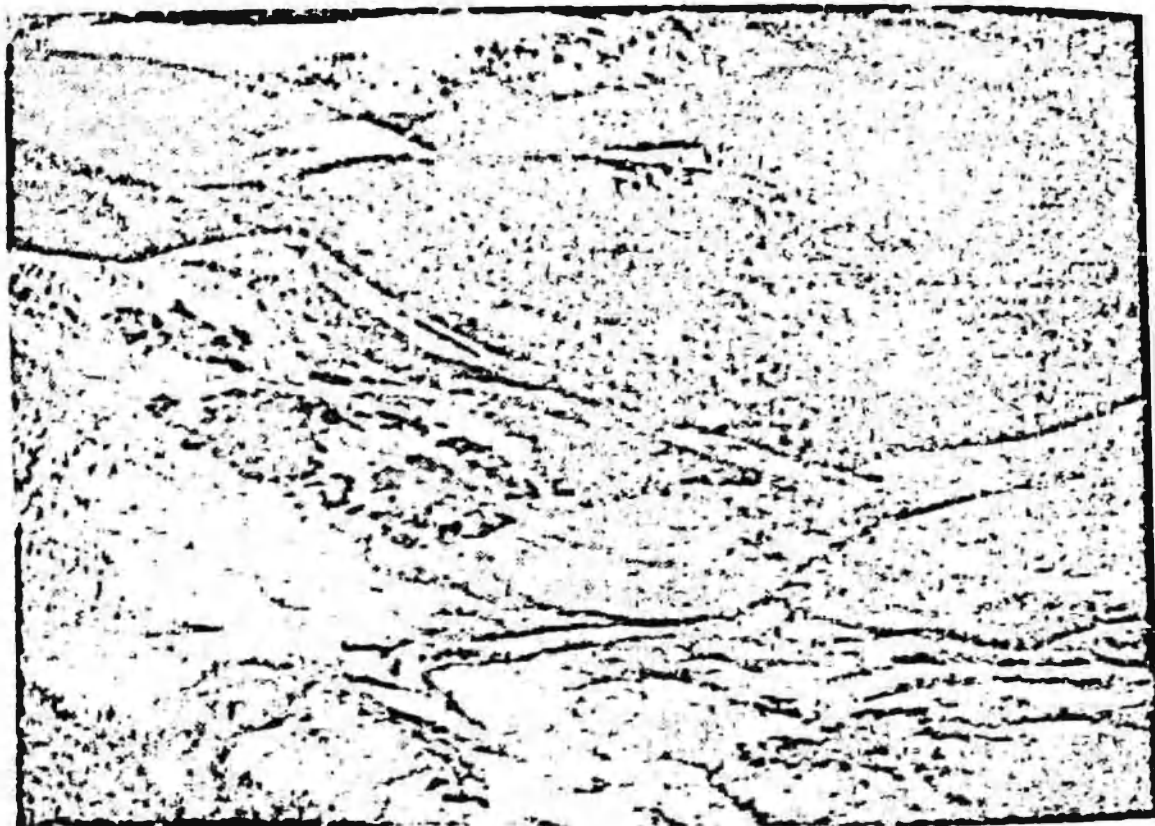


Рис. 23. Полонины Карпат (фото В. В. Тиханюча)

номерно вытекающие из сущности морфотектоники и современной техники исследования, связанной с анализом аэрофотоснимков и космических снимков. Можно предвидеть дальнейшее сближение приемов и тем самым возможность создания единой (в главных чертах) методики морфоструктурного картирования.

Глава VIII АНАЛИЗ ТЕМАТИЧЕСКИХ КАРТ

Использование тематических карт при геоморфологическом картографировании необходимо, поскольку все природные компоненты, на которые составляются карты, или зависят от рельефа, или влияют на его формирование. Объективное и достаточно полное отражение природных компонентов на картах помогает правильной рисовке геоморфологических контуров и много может

дать для характеристики динамики, типа и интенсивности процессов рельефообразования. Поэтому большую актуальность в настоящее время приобрело одновременное согласованное картирование всех природных компонентов (сопряженное — по терминологии В. Б. Сочавы или согласованное по И.П. Заруцкой, 1966).

Понятие «тематическое картографирование» в международной картографии появилось в последние два десятилетия. Оно почти аналогично понятию «комплексное картографирование», предложенному в СССР К. А. Салищевым в 1956 г. Оба понятия появились в результате развития наук о Земле, взаимопроникновения этих наук, отражающего связь природных компонентов и явлений. По мере развития наук о Земле формировалось и картирование отдельных природных компонентов. Наиболее полные серии карт природы в настоящее время представлены в национальных атласах. Однако карты природы даже в атласах неравноценны, что в какой-то мере обусловлено недостаточной унификацией и обработанностью легенд различных карт. Как правило, лучшими являются геологические карты, легенды к которым устоялись уже много десятилетий назад. Очень неравноценны карты тектонические, неотектонические, а также карты четвертичных отложений. Иногда они составляются на основе в разной мере устаревших представлений, поэтому материал их не всегда объективен и равноценен. Часто карты природы не согласованы по масштабам, степени достоверности; не всегда составляются на одной и той же топографической основе. Это затрудняет выявление по серии карт взаимосвязи природных компонентов и использование названных карт для геоморфологического картирования.

Взаимосвязи природных компонентов с рельефом нередко сложные, косвенные. Так, почвенный покров не всегда прямо отражает рельеф (прямая зависимость четче выражена, например, в горном, резко расчлененном рельефе), но позволяет судить о нем через вертикальную зональность почвенного покрова, связь с материнскими коренными породами и четвертичными отложениями, через обводнение, которое в некоторых условиях может быть обусловлено только наличием разрывных нарушений и трещин и т. п. В свою очередь геоморфологическая карта может многое подсказать при составлении почвенной и других карт природы. Поскольку любой компонент воздействует на весь природный комплекс, а вся совокупность их влияет на каждый в отдельности (Заруцкая, 1966), комплексное (тематическое) картирование должно быть согласованным. В первую очередь необходимы согласованные основа, на которой составляется серия карт природы, масштаб, а далее и взгляды авторов отдельных карт. Примерами несогласованности взглядов могут служить иногда весьма различающиеся геологическая и тектоническая карты, составленные на одну территорию. На несогласованных картах не совпадают разломы и разрывные нарушения, их может вообще не оказаться на одной из этих карт, и в таком случае многие геологические границы остаются не объясненными, рисовка контуров на обеих картах будет резко отли-

чаться, при сопоставлении с топографической картой также резко будет не совпадать интерпретация контуров с рельефом. Такие карты вряд ли можно использовать при составлении общей геоморфологической карты на морфоструктурной основе.

Геоморфологические карты в серии согласованных карт помогают при составлении почвенной и других тематических карт.

Эффективно и изучение всех тематических карт, составленных на ту или иную территорию в разное время и в разных масштабах. Основой их согласования может быть топографическая карта и составленная на ее основе карта элементов рельефа, которая помогает выявлению тектонических форм и разломов.

В самом недалеком будущем основой согласования тематических карт должны стать космические снимки разных масштабов или аэроснимки в зависимости от масштаба карт, которые необходимо составить. По сути это фотокарты, составление которых уже ведется в ряде стран и особенно эффективно в США и Канаде.

Это единственная бесспорно объективная основа для тематических карт. На снимках сначала дешифрируется рельеф и составляется точная топокарта. Затем на других экземплярах снимков дешифрируются геологические элементы, тектонические, элементы рельефа по их генезису, почвенный покров и т. п. Отдешифрированная нагрузка (по каждому виду дешифрирования) совмещается с топоосновой, полученной с тех же снимков, и далее печатаются литооттиски каждой карты. Такая методика значительно ускоряет составление тематических карт, неизмеримо повышает их качество и снижает элемент субъективности. При этом не исключается ключевая проверка карт в поле, но намного сокращается. Студенты непременно должны составлять геоморфологические фотокарты на практических занятиях, на учебной и (желательно) на производственной практике.

В целом предполевой морфоструктурный анализ может дать общую основу для полевого составления карт природы. Это не только улучшит комплексное картирование и облегчит согласование карт комплекса, но и значительно удешевит работы по составлению тематических карт.

Так как нередко разные карты природы на одну и ту же территорию составляются в разное время, при геоморфологическом картировании анализ ранее составленных тематических карт представляет необходимую задачу.

Геологические карты. Если геологические карты на территорию, подлежащую геоморфологическому исследованию, составлены в масштабе исследования или крупнее, использование их облегчается. Прежде всего геологическая карта сопоставляется с топографической, выявляется связь геологического строения с высотами рельефа, с его положительными и отрицательными элементами. При использовании геологической карты для составления геоморфологической больше материала дает та, на которой породы разделены не только по возрасту, но и по литологическому составу.

С геологической карты на кальку или пластик переносятся все разломы и разрывные нарушения. Разломы и разрывные нарушения, выявленные по топографической карте и путем дешифрирования, сверяются с геологической картой. При хорошем качестве топокарты многие нарушения, выявленные по ней и на геологической карте не показанные, находят геологическое обоснование и как бы «вписываются» в эту карту. Разрывные нарушения подтверждаются резким смещением ярусов или отделов относительно друг друга, неожиданным появлением ярусов или отделов другого возраста, их резкими изгибами, резкими контактами пород разного возраста и состава в плане, срезанием (в плане же) пород одной свиты (отдела, яруса) породами другой, наличием зон магматических пород и др. На хорошо составленной крупномасштабной геологической карте, даже если на ней не проведены границы зон глубоких разломов и разрывные нарушения проведены недостаточно, обычно четко выделяются как складчато-блоковые, так и в главном образом блоковые структурные формы. Легко устанавливается и связь (или ее отсутствие) разных структурных форм с литологическим составом пород.

Сопоставление структурных форм, литологии и возраста пород с топографической картой и тем самым с отрицательными и положительными элементами рельефа, с их абсолютными и относительными высотами, с крутизной склонов, густотой и глубиной расчленения, рисунком речной сети позволяет наметить основные морфоструктуры (или проверить выделенные путем анализа топокарт и дешифрирования). Сравнение помогает составить предварительное суждение о примерной интенсивности неотектонических вертикальных движений разного знака. Этому способствует также изображение на геологической карте четвертичных отложений. Как известно, на геологической карте показываются только те четвертичные отложения, которые имеют достаточную мощность. Поэтому их распределение и связь с определенными элементами рельефа нередко могут позволить судить о прогибании впадин и понижениях рельефа. Их локализация в участках долины свидетельствует о том, что они пересекают местность с неодинаковым неотектоническим режимом, с резкой дифференциацией движений и т. д.

Анализ геологических карт значительно больше дает при геоморфологическом картировании рельефа гор или денудационных равнин, чем для рельефа равнин аккумулятивных. (так называемых «закрытых» территорий).

Тектонические карты. Крупномасштабные тектонические карты пока еще составляются недостаточно часто, легенды их не столь унифицированы, как легенды геологических карт, а по рисовке и принципам составления они не всегда совпадают с современными представлениями о геологической роли разломов и о преимущественно блоковом строении тектоносферы. Они отражают главным образом складчатые структуры. Однако отдельные атласные карты могут быть использованы для геоморфологического картирования: карты, на которых показаны разные структурные ярусы в областях

складчатости, нередко разновозрастной, изменения ярусов на стыке платформы и горной области, тектонические (структурные) формы фундамента и разных структурных этажей осадочного платформенного чехла, разломы, разрывные нарушения, зоны дробления, изображенные по-разному в зависимости от их принадлежности к фундаменту или к этажам осадочного чехла. Сопоставление таких карт с топокартой много может дать для восстановления истории выраженных в рельефе и погребенных структурных форм, установления инверсионного или унаследованного характера новейших движений и, наконец, для разделения некоторых разломов и разрывных нарушений по возрасту на древние, омоложенные или молодые. Последние исследования проводятся мало, так как данные о возрасте разломов не являются достаточно достоверными.

Неотектонические карты. Крупномасштабные неотектонические карты пока единичны, методика их составления и легенды к ним недостаточно разработаны, поэтому возможность использования их для геоморфологической съемки крайне ограничена. Полезный материал может дать анализ геологических и тектонических карт масштабов значительно меньших, чем масштаб съемки. Неотектонические карты обзорных масштабов не дают нужного результата при детальном и среднемасштабном геоморфологическом картографировании. Обычно на них изображены суммарные поднятия или опускания за неоген-четвертичное время, поэтому может наблюдаться несоответствие между картой и современным рельефом. Например, на месте молассового низкогорья на неотектонической карте будет показан прогиб, а изолиниями — суммарная глубина прогибания за неотектонический период. Информация, полученная с такой карты, в какой-то степени объясняет развитие рельефа, но не отражает его непосредственно и мало прибавляет к сведениям о неотектоническом режиме территории, которые можно получить на основании морфоструктурного анализа (включая и использование геологической карты). Так, если известен возраст молассов, собранных в складки и выраженных в современном рельефе, то при помощи морфоструктурного анализа можно установить время, когда на этом месте был прогиб, когда началось поднятие (инверсионное развитие) и образование складок, насколько поднялся прогиб за время поднятия. Геоморфологическое картирование на основе морфоструктурного анализа дает более полную информацию о неотектоническом и современном режиме территории, чем мелкомасштабные неотектонические карты.

Недостаточную информацию дают и карты деформаций поверхностей выравнивания. Легенда их строится на предпосылке, в известной мере субъективной и редко подтверждаемой фактическим материалом. По-видимому, разработка методики составления крупномасштабных неотектонических карт и легенд к ним, а тем более их унификация — дело будущего.

Карта четвертичных отложений. Особенно богатую информацию могут дать карты, на которых четвертичный покров разделен

по возрасту, происхождению и литологическому составу. Мощность, генетические типы и литологический состав отложений, коррелятных рельефу в его современном облике, позволяют судить о том, какие экзогенные процессы участвуют в его формировании, каков неотектонический и современный режим территорий, каковы соотношения сноса и аккумуляции и т. д. Поскольку для открытых территорий картирование четвертичных отложений большей частью входит в геоморфологическую съемку, чаще возможно использование только мелкомасштабных карт, составленных ранее. Однако и эти карты, составленные не для всех территорий, полезны при составлении геоморфологических карт.

Гидрогеологические и гидрографические карты. Гидрогеологические и гидрографические карты как крупного, так и мелкого масштаба дополняют друг друга. При сопоставлении крупномасштабной гидрографической карты с топографической можно получить представление о рисунке, густоте и глубине вреза долинной сети, выработанной постоянным или временным стоком. Особенно четко это вычитывается, если карта составлена на топографической основе в горизонталях. На хорошо составленной гидрографической карте показан весь временный сток по промоинам, который может быть недостаточно четко выражен на топокарте в масштабе съемки. Сравнение рисунка стока, его густоты и глубины с рельефом и высотами позволяет наметить предварительные контуры более поднимающихся участков, поскольку густота и глубина эрозионных форм на них, как правило, больше. Интересно сравнить промоины, ложбины и другие формы, созданные временным стоком, по их выраженности в рельефе, глубине и морфологическим особенностям их нижних (по течению) участков. Многие эрозионные формы временного стока не только в аридных условиях не доходят до подножия склона, расчлняя лишь его верхние части. Во влажном климате также часто наблюдаются их затухание где-то на середине склона. Такие эрозионные формы, как правило, хуже выражены, глубина их меньше. Другие доходят до подножия склона, выражены более четко, третьи вскрывают подземные воды и имеют постоянный водоток. Если сравнить гидрографическую карту с хорошей геологической или с аэрофотоснимками, то можно выявить приуроченность таких водотоков к разрывным нарушениям, сменам и контактам пород. Это процесс «естественного отбора» временных водотоков (избирательная эрозия), который много дает для суждения о развитии эрозионных форм при сопоставлении с другими материалами (схемами сети разрывных нарушений, например).

Необходим также и анализ расположения естественных источников в сопоставлении с геологической картой и рельефом на топооснове или на карте элементов рельефа, а также с картой разломов и разрывных нарушений. Известно, например, что в горном рельефе выходы источников помогают обнаружить разрывные нарушения, что минеральные и термальные источники приурочены к разломам.

Крупномасштабные гидрогеологические карты, на которых показаны водоупорные горизонты как в коренных породах, так и в рыхлых, позволяют выявить участки оползней разных типов, прогнозировать интенсивность склоновых процессов и т. д. Карты, на которых сток разделен по источникам питания, в сопоставлении с климатическими дают сведения о динамике современных экзогенных рельефообразующих процессов.

Для пустынных районов на карте, где показан подземный сток, можно по наличию подземных рек и озер судить об изменении климата и, следовательно, характера экзогенных процессов, а также и об истории формирования долин и озер. Для районов, где есть карсты, можно установить подземные карстовые формы.

Много ценного о величине денудационного среза, о современных рельефообразующих экзогенных процессах могли бы дать карты величин взвешенных и влекомых наносов. Но они редко составляются в мелких масштабах и почти не составляются в средних и крупных.

Климатические карты. Из климатических карт представляют интерес детальные карты распределения осадков и их типов по сезонам, высоты снежного покрова, глубины промерзания грунта, толщины льда, времени вскрытия и замерзания рек, высоты паводка, распределения преобладающих направлений ветров по сезонам, силы ветров. Эти данные характеризуют климатическую составляющую современных экзогенных рельефообразующих процессов и позволяют наметить тип и интенсивность склоновых и эоловых процессов. При сопоставлении с рельефом на топокарте и аэрофотоснимках климатические карты дают возможность делать почти бесспорные выводы о направлении склоновых процессов: сносе, или сносе — транзите, или накоплении. Сопоставление климатических карт с картой гидрогеологической, топокартой, схемой разрывных нарушений позволяет установить наличие педиментов, предварительно характеризовать динамику развития инвальных форм, гольцовых и конжелифлюкционных террас¹.

Почвенные карты. Много может дать почвенная карта, на которой кроме типов почв показаны и материнские породы. Это особенно важно, если на территорию, подлежащую исследованию, нет геологической карты крупных масштабов (на мелкомасштабной литологический состав пород обычно не дается). Почвенные карты, показывающие и породы, к которым приурочены почвы того или иного типа, даже мелкомасштабные (атласные), позволяют судить о том, где (и до какой степени) обнажены коренные породы (и как), где развиты рыхлые отложения, где присутствуют коры выветривания. На почвенных картах вычитывается и литология рыхлых отложений. В сопоставлении с топокартой можно установить генезис новейших рыхлых отложений в их коррелятивной связи с

¹ Конжелифлюкция — термин, принятый во многих странах для обозначения солифлюкционного движения талого грунта по мерзлоту. Солифлюкация — движение переувлажненного грунта во влажных тропиках.

рельефом, а при наличии кор выветривания судить и о древнем рельефе, о наличии поверхностей выравнивания.

Почвенная карта позволяет судить о типе и интенсивности экзогенных процессов (смытые почвы, скелетные горные, мерзлотные и лугово-мерзлотные и др.). Развитые почвы или смытые на склонах одинаковой крутизны свидетельствуют о разной интенсивности склонового процесса. Различные типов почв в долинах рек как в разных, так и в одной и той же, свидетельствует о разном дренаже, о близости коренных пород (или наоборот), о разнообразных наложенных процессах (конжелифлюкционных, нивальных), явлениях заболачивания, о наличии уже не выраженных в рельефе стариц.

На детальной почвенной карте более четко, чем на какой-либо другой карте, на топооснове и даже на аэрофотоснимках, очерчиваются днища долин и ограничиваются поймы и нижние террасы, вырисовывается вертикальная зональность.

Для аридных районов типы почв и породы, на которых они развиты в долинах, позволяют судить о том, живые это эрозионные формы или уже отмершие.

Карты растительности. Поскольку растительный покров тесно связан с рельефом, породами, увлажнением, климатом и почвенным покровом, можно воспользоваться и обратной зависимостью: получить сведения об этих разных природных компонентах путем изучения растительности. На таких взаимосвязях основано ландшафтное дешифрирование при изучении геологического строения, рельефа, структур, рудных тел, зиждется целое учение — индикационная ботаника, на основе которой разработана методика поисков полезных ископаемых. Еще в древние времена было известно, что травяной покров значительно выше над некоторыми жильными образованиями. Жильные образования бывают приурочены к «залеченным» разрывным нарушениям и трещинам. По крупномасштабным картам растительности и сопоставлению их с дешифрированными аэрофотоснимками в ряде районов были установлены кольцевые структуры и малые интрузии, которые не были показаны на картах геологических. Сравнение геологической, геоботанической и топографической карт позволяет использовать геоботанические карты для картирования тектонических элементов, нередко выраженных в рельефе.

Педименты, гласисы и террасы иногда сливаются друг с другом в рельефе без ясных границ и кажутся единой поверхностью. Однако разное строение их и увлажненность обуславливают прорастание разной растительности. Так, поймы и низкие террасы, покрытые травой и кустарником, иногда резко отличаются от террас, покрытых сосновым лесом.

Наиболее эффективно использование геоботанических признаков при наличии естественной растительности. Однако распределение огородов, садов, виноградников и зерновых культур также отражает различия рельефа, четвертичных отложений и увлажнения.

Для этого набор тематических карт, которые изучаются перед составлением общей геоморфологической карты морфоструктурного направления, полнее их перекрестное сравнение, тем быстрее полученные результаты.

Изучение тематических карт должно осуществляться в предположении, период одновременно с составлением вспомогательных карт и результатов морфоструктурного анализа. Оно как бы входит в общий анализ. Это позволяет сделать изучение тематических карт более эффективным.

Глава IX

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ, ГЕОЛОГИЧЕСКИХ, ГЕОМОРФОРАЗВЕДОЧНЫХ И ГОРНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ДАННЫХ

Количество и качество геологических и геофизических материалов по районам, полученных до полевого картирования, может быть очень различным. Для быстрого обзора и работы с этими материалами рекомендуется сбор максимального количества графич. и составление сводной карты изученности и разведанности.

Сбор мелкомасштабных материалов

Основной задачей является сбор и анализ материала для широкой геологической, тектонической, геофизической характеристики регионального «фона» и позиции района на этом фоне. Для этого отбираются имеющиеся средние, мелкомасштабные и обзорные тектонические, геологические и геофизические карты, а также геологические и геофизические профили, разрезы опорных скважин, геоморфологические карты, составленные по любым легендам, карты четвертичных отложений; определяются крупные тектонические структуры, морфоструктуры, геоморфологические области и области развития новейших отложений и наносятся границы района, подлежащего исследованию. Затем изучаются все геологические материалы — схемы, карты, профили, колонки, сводные разрезы, материалы бурения и сопоставляются с геофизическими картами и профилями, составленными по данным аэрогеофизических и наземных съемок.

Из геофизических материалов для изучения фона и главных черт районов крупно- и среднемасштабной съемки наиболее пригодны данные глубинного сейсмического зондирования, гравиметрических и магнитных съемок. Эти данные могут характеризовать состав и мощность земной коры и, следовательно, глубинность заложения морфоструктур разных размеров, рельеф поверхностей Мохы и Конрада, типы тектонических (структурных) форм, горизонтальные поверхности раздела между различными структурными этажами, погребенный рельеф фундамента; мощность и рельеф различных литолого-стратиграфических горизонтов осадочного по-

крова, зоны разломов и разрывные нарушения и рельеф коренных пород, погребенный под рыхлыми коррелятивными отложениями.

При геоморфологической съемке нередко пользуются уже интерпретированными геофизическими данными. Однако наиболее эффективна интерпретация, которую проводят сами геоморфологи, что, к сожалению, бывает не часто. Наиболее надежные результаты получают при комплексном анализе геофизических материалов. Если обобщенных геофизических работ по территории не имеется, рекомендуется провести их одновременно с предварительным морфоструктурным анализом (см. ниже).

Необходимость изучения глубинных геофизических данных при крупно- и среднемасштабной геоморфологической съемке определяется тем, что и морфоструктуры, и экзогенное рельефообразование так или иначе связаны с крупными древними долгоживущими структурными формами коры и верхней мантии. С другой стороны, морфоструктуры и рельефообразование, в особенности в областях новейшей активизации, связаны с современным состоянием коры и верхней мантии и происходящими в них процессами. Важной является связь рельефа, сложенного осадочными породами, со структурой и рельефом кристаллического фундамента. Так, геологическая неоднородность фундамента влияет на характер и интенсивность возмущений геофизических полей в гораздо большей степени, чем суммарная мощность и состав осадочных пород чехла. Только в районах с мощностью осадочного покрова до 8—10 км влияние неоднородности состава кристаллических пород на гравитационное поле существенно ослабевает. Аномалии магнитного поля и в таких районах сохраняют геологическое значение почти такое же, как на щитах. Некоторое отличие состоит в том, что отдельные аномалии возникли уже в платформенный период развития в связи с оживлением интрузивной и эффузивной деятельности. В настоящее время изучение аномалий магнитного поля и теплопотока наряду с данными геоморфологии и материалами по типу и составу магматических пород, как известно, помогают выявлению рифтогенных структур (полосовые магнитные аномалии, повышенный теплопоток и т. д.).

Магнитная съемка позволяет выявить простирания складчатых структур фундамента, расположение интрузий. Изменения простирания и рисунков плана магнитных аномалий, особенно торцовые стыки, указывают на границы крупных блоков, которые нередко представляют глубинные разломы. Подобные черты плана линейных магнитных аномалий часто связывают со складчатыми системами фундамента разного возраста, приписывая им смены общих простираний. Однако современные исследования свидетельствуют об очень древнем, раннеархейском возрасте планетарных разломов, образующих сложные решетки, плану которых подчинялись и складки, резко менявшие простирания и образовавшие стыки под крутыми, нередко прямыми углами.

С долгоживущими системами разломов бывают связаны интрузии в породах фундамента и осадочном покрове, в том числе сле-

ные. Магнитными аномалиями хорошо обнаруживаются основные и ультраосновные интрузии, а следовательно, и нарушения, которым эти интрузии следуют.

Магнитные съемки используются также для определения глубины залегания фундамента и построения карт рельефа фундамента. Благодаря глубокой связи морфоструктур с долгоживущими структурами карты аномалий магнитного поля коррелируются одновременно и с геологическими картами, и с рельефом (Деменцкая, 1967). Морфоструктуры более низших порядков (тектонически обусловленные долины и т. д.) нередко коррелируются с частыми аномалиями.

Иногда сложные геоморфологические построения осуществляются на основе изучения палеомагнитных данных. Однако следует предостеречь студентов и молодых исследователей от поспешных выводов по данным палеомагнетизма до тех пор, пока геофизики не внесут ясность в эту проблему.

Структура и мощности земной коры отражаются в региональных *гравитационных аномалиях*. Сравнение карт гравитационного поля с рельефом позволяет установить закономерную связь гравитационных аномалий с крупными морфоструктурами. Для аномалий в редукции Буге, т. е. аномалий, вычисленных с поправками их за высоту точки наблюдения и за притяжение промежуточного слоя, эта связь имеет обратный характер.

Гравитационная съемка хорошо отражает крупные черты рельефа поверхности Мохы и позволяет судить о колебаниях мощности земной коры, с которыми они связаны. Линейные сгущения изомал выявляют крупные разломы, разграничивающие блоки с разным возрастом структур, разным составом и плотностью пород фундамента и иногда с разной мощностью коры. Гравианомалии отражают и погребенные сбросы фундамента, по которым разные его блоки опущены на неодинаковую глубину и перекрыты осадочными породами разной мощности.

Линейные положительные аномалии силы тяжести (в редукции Буге) могут указывать на цепочки основных и ультраосновных пород вдоль разломов, проникающих в мантию, линейные отрицательные аномалии — на цепочки гранитных интрузий и зоны гранитизации. С внутрикоровыми очагами разуплотнения и увеличения объема пород и проявлениями гранитизации на пересечениях разломов может быть связано образование узловых и изолированных изометрических сводовых и сводово-горстовых массивов, купольных морфоструктур, а также впадин. Гравитационными аномалиями обрисовываются горст-антиклинальные и грабен-синклинальные структуры осадочного покрова платформ, обусловленные движениями блоков фундамента. Отрицательными аномалиями хорошо выделяются солянокупольные структурные формы.

Если контуры структурных форм хорошо видны по плану аномалий, то определение конкретного характера аномалий, вертикальное расчленение разреза коры и составление карты рельефа фундамента по гравитационным данным часто затруднительно.

Это обусловлено трудностью расчленения суммарного гравитационного поля на составляющие разных структурных этажей. Поэтому анализ гравитационных данных обычно корректируется по материалам других геофизических методов.

Большое значение для изучения рельефа имеет анализ гравианомалий также в изостатической редукции. Изостазия вообще играет большую роль в распределении крупных (планетарных) морфоструктур. Доказано, что для материков наибольшая средняя плотность коры соответствует платформенным территориям, а наименьшая — горным системам. Такая переменная плотность коры отражает и переменную плотность мантии (Деменицкая, 1967). Земля в целом представляет изостатически уравновешенное тело. Выровненный рельеф платформенных равнин и равнин щитов представляет прежде всего результат изостатического выравнивания, а не только (и не столько) денудационного. Естественно поэтому, как много может дать изучение плотностей коры и верхней мантии для истории формирования тех или иных морфоструктур платформ и орогенических зон, для выявления их генезиса и глубины заложения. Это важно и для составления пока лишь мелкомасштабных геоморфологических карт.

Глубинное сейсмическое зондирование (ГСЗ) и профилирование в настоящее время дает наиболее точные определения глубин залегания пород различной плотности и соответственно — рельефа фундамента различных литолого-стратиграфических комплексов осадочного чехла и горизонтальных границ раздела коры и верхней мантии. Разломы выделяются при этом по резким изменениям глубин опорных горизонтов (если разломы сопровождаются сбросами этих горизонтов) и по ослаблению упругих колебаний в зонах раздробленных пород. Сейсмические исследования дают непосредственные данные о движениях блоков по определенным нарушениям и их пересечениям, глубинных магматических очагах, сейсмических очагах и вертикальных движениях и пр. Сейсмические и микросейсмические карты являются важным обзорным материалом для характеристики связи морфоструктур с долгоживущими разломами и новейшей и современной тектоникой.

Исследования ГСЗ проведены на различных горных и равнинных территориях, на акваториях внутренних морей и сопредельных площадях океанов. Методика обработки данных глубинного сейсмического зондирования заключается в следующем. Для выяснения связи между мощностью земной коры и рельефом земной поверхности вдоль каждой линии профиля ГСЗ по топографическим картам строятся осредненные профили рельефа. Такое осреднение необходимо, чтобы исключить случайные неровности горного рельефа. Кроме того, профили через горные страны обычно проходят по дорогам, проложенным по долинам рек. Поэтому кривая профиля рельефа по линии профиля ГСЗ может оказаться отличной от осредненной кривой.

Осредненная кривая переносится на профиль ГСЗ. Для профилей ГСЗ выбирается вертикальный масштаб более крупный, чем

горизонтальный как для глубины земной коры, так и для современного рельефа. В том же вертикальном масштабе, что и рельеф, на профиль ГСЗ наносятся кривые реконструкции геоморфологических уровней и нередко блоковых (что легко установить по данным ГСЗ) ступеней рельефа, взятых с топографических карт или карт неотектоники (если такие есть). Кривые рельефа и неотектонических движений в области поднятий не всегда совпадают.

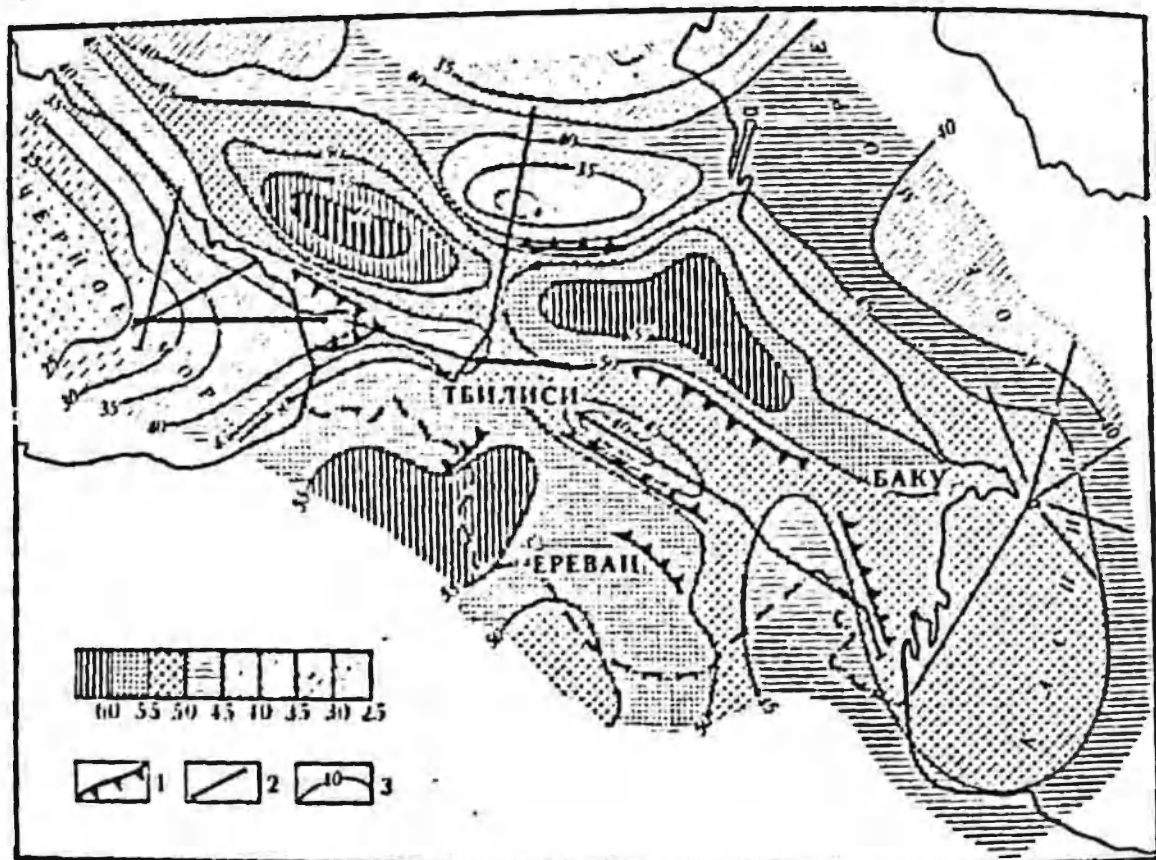


Рис. 24. Схема мощностей (в км) земной коры Кавказа (по А. А. Сорскому): 1 — зоны крупных градиентов силы тяжести; 2 — профили ГСЗ; 3 — изотектонические линии

Для каждого профиля ГСЗ можно составить: 1) график зависимости морфоструктур от мощности коры; 2) график зависимости мощности коры от характера неотектонических и современных движений.

Сравнение ряда графиков зависимости высоты рельефа от глубины поверхности Мохоровичича, построенных по профилям ГСЗ, показывает, что даже в пределах одной горной страны при сходных высотах рельефа мощность коры оказывается различной. Несмотря на то что обе кривые изменяются параллельно, они оказываются смещенными по глубине на несколько километров. Смещение отражает *блоковое строение коры горных стран*.

Графики зависимости мощности коры от направленности тектонических движений имеют значительно более сложную форму.

В результате оказывается, что для каждой крупной неотектонической структурной формы существует своя собственная зависимость, которая в большинстве случаев является обратной, т. е. мощность коры в крупных впадинах может быть больше, чем в поднятых морфоструктурах, но может быть и прямая зависимость (Деменницкая, 1967).

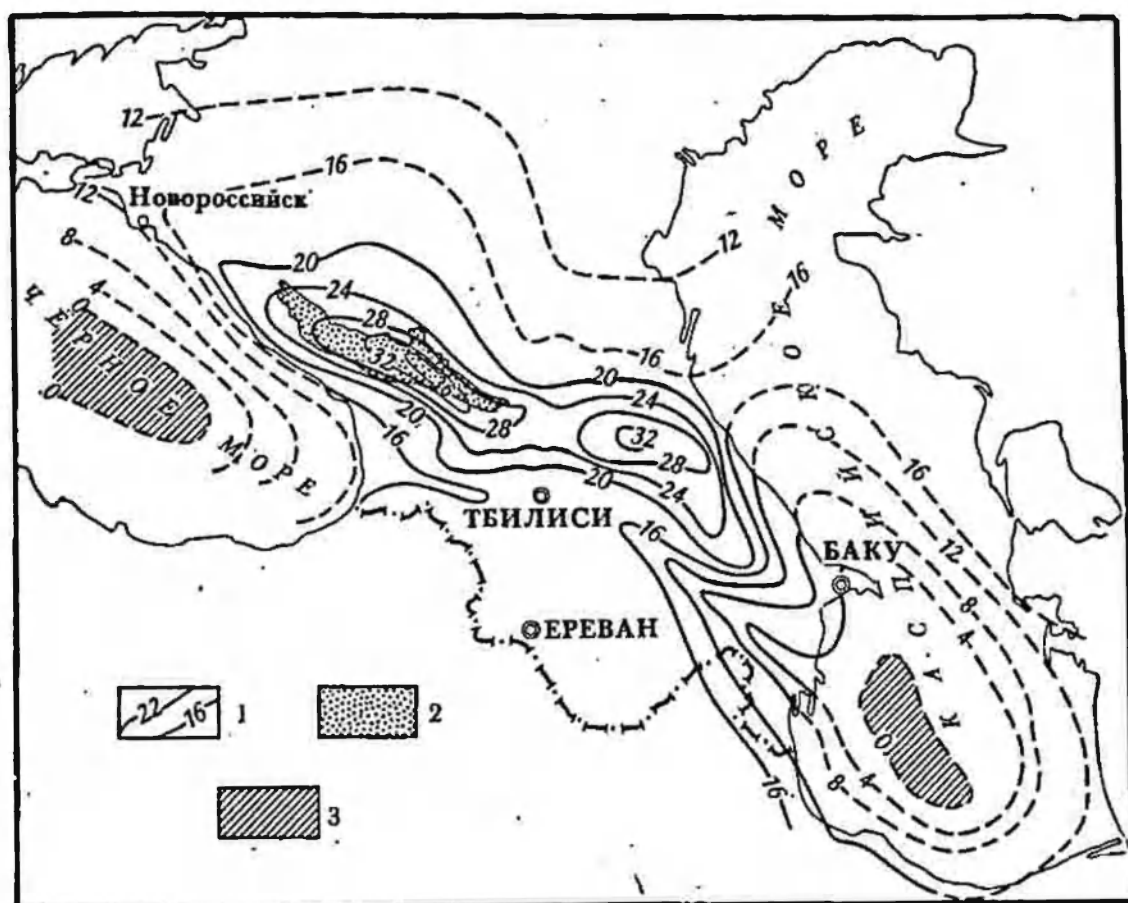


Рис. 25. Схема мощностей (в км) гранитного слоя (по А. А. Сорскому):

1 — линии равных мощностей; 2 — выходы на поверхность кровли гранитного слоя; 3 — участки, где по данным ГСЗ гранитный слой отсутствует

В грубом приближении можно считать, что в горах происходит уменьшение мощности коры при переходе от положительных новейших структурных форм к отрицательным. При переходе областей поднятий к областям прогибаний диапазон колебаний мощности коры заметно увеличивается. Таким образом, различия земной коры в пределах морфоструктур пятого-шестого порядка существуют.

Можно полагать, что изучение планов и размеров морфоструктур в сопоставлении с разнообразными геофизическими данными поможет установить зависимость размеров и типа морфоструктур от их глубинности. В качестве примера рассмотрим схемы мощностей земной коры на Кавказе (рис. 24) и гранитного слоя (рис. 25), составленные А. А. Сорским (1966) по данным ГСЗ и гравиразведки. Сопоставление схем с высотами и глубинами дает ясное

представление о структурной обусловленности современного рельефа Кавказа и рельефа дна Черного и Каспийского морей. Максимальные высоты Главного Кавказского хребта приурочены к максимальной мощности коры в целом и ее гранитного слоя, а также к выходу его на дневную поверхность.

Схемы дают важнейшее обоснование строения крупнейших структурных форм (морфоструктур) Кавказа и тот широкий региональный глубинный фон, на котором должен рассматриваться рельеф на геоморфологической карте любого масштаба.

Данные *электроразведки* имеют второстепенное значение при изучении глубинных структур и используются в комбинациях с анализом результатов гравиметрии, магнитометрии и сейсмических методов. Но они имеют большое прикладное значение, если электроразведка ведется направленно. Например, по разломам, установленным геоморфологически, могут быть выявлены грунтовые воды в аридных районах, минеральные источники.

Составление топографических, геологических и геофизических карт в процессе морфоструктурного анализа ведет не только к объяснению рельефа геологическими и геофизическими данными, но и помогает уточнить эти данные. Морфоструктуры получают объяснение благодаря анализу геофизических аномалий, или, другими словами, рисунок аномалий позволяет дать морфоструктурную интерпретацию, особенно в районах щитов и платформ с мозаичным планом приблизительно изометричных морфоструктур. В таких районах аномалии часто рисуют круглыми и прерывистыми линиями неопределенно мозаичными контурами. Сопоставление их с картами блоков, разломов и разрывных нарушений (см. главу XI) позволяет привязать их к более четко отраженному структурному и морфоструктурному плану. Такая привязка может явиться основанием для повторной уточненной интерпретации геофизических данных.

Тепловые потоки и тепловое поле Земли изучены пока недостаточно. Однако все более появляется данных о их различии в пределах планетарных морфоструктур. В настоящее время доказан повышенный теплоток в рифтовых зонах, лучше изученных для океанов.

Изучение обзорных материалов даст достаточно общее представление о геологическом и геоморфологическом строении района. Общее представление о коррелятных отложениях при отсутствии специальных карт также дается обычными геологическими картами и геофизическими материалами; возможный характер рядовых комплексов бывает ясным даже по топографическим картам (например, распространение современного аллювия, склоновых отложений) и аэрофотоснимкам.

Сбор детальных материалов

Для крупно- и среднемасштабной геоморфологической съемки собственно по району для выполнения полевых работ также соби-

раются материалы по геологическому строению, геофизические данные, данные по рыхлому покрову и т. д. Общий перечень их остается тем же. Однако эти материалы несколько иные, чем те, которые собираются для освещения регионального «фона» территории. Если для освещения фона нужны главным образом общие характеристики и выборочно — детали, по ключевым участкам, то непосредственно по району съемки необходим детальный сбор конкретных материалов. Так, глубинные геофизические данные представляют интерес для крупно- и среднемасштабного картирования, если в районах имеются резкие, четко локализованные гравитационные или магнитные аномалии, сопоставляющиеся с морфоструктурами. В противном случае геофизические данные сохраняют лишь значение «фона». Большое значение приобретают работы средней и небольшой глубинности: электрозондирование и профилирование и микросейсмика. Данные электроразведки характеризуют структуры коренных пород на глубину от десятков до сотен метров, устанавливают глубины залегания горизонтов разной проводимости, крутые и вертикальные границы разделов (при при-слонении пород, фациальных переходах и сбросах), участки зон глубинных разломов и разрывные нарушения, особенно обводненные, выделяющиеся повышенной электропроводимостью. Речь идет и о безамплитудных разломах, и о погребенных под свежими лавами. Хорошо подтверждается электропрофилированием связь долин с ослабленными и разрывными нарушениями. Данные электроразведки характеризуют также мощности, литологический состав и обводненность рыхлого покрова, мерзлое или талое состояние рыхлого покрова и коренных пород. По сведениям о мощности и высотах точек профилей можно составить профили поверхности коренных пород.

Как и другие геофизические методы, электроразведка дает условные характеристики, которые должны интерпретироваться с опорой на комплексный анализ строения района. Так, низкая проводимость может характеризовать и плотные коренные породы, и обломочный крупноглыбовой покров, и сухие галечники. Иногда по данным электроразведки всю толщу рыхлых отложений относят к аллювию, в ложе которого рисуются при этом впадины. На самом деле здесь может быть не уловлена граница аллювия и подстилающей его коры выветривания. «Впадины» могут означать увеличение мощности коры на пересечениях омоложенных разрывных нарушений. Из этого следует, что геоморфолог должен или сам интерпретировать геофизические данные, или совместно с геофизиками.

Детальные микросейсмические работы проводятся преимущественно при инженерно-геологических изысканиях и дают довольно точные характеристики мощности и плотности рыхлого покрова для глубин до 100 м. Эти материалы обобщаются в виде профилей и карт мощностей рыхлого покрова и рельефа коренных пород. Для крупно- и среднемасштабного геоморфологического картирования такие материалы представляют большую ценность.

Детальная магнитная (микромагнитная) съемка позволяет обнаружить характерные особенности не только коренных пород, но и рыхлых отложений. Так, в закрытых территориях с большой мощностью рыхлого покрова обнаруживаются контакты некоторых магматических пород и, например, песчано-суглинистых отложений. Кроме того, микромагнитные аномалии могут отражать различия в строении рыхлого покрова. Поэтому микромагнитная съемка нередко проводится в закрытых районах с целью изучения условий формирования рыхлого покрова.

Исследования аллювиальных, флювиогляциальных, эоловых и молодых морских отложений показали, что ориентировка микромагнитных аномалий и их интенсивность находятся в зависимости от условий осадконакопления (Огильви, 1958). При этом весьма существенна роль гравитационной сортировки магнитного и немагнитного материалов при их переносе и отложении, а также, вероятно, и определенная ориентировка намагниченных частиц этих отложений в магнитном поле Земли. Но, как указывалось, изучение последних требует осторожного и комплексного подхода.

Микромагнитная съемка возможна лишь в условиях ровного рельефа, т. е. на территориях, закрытых молодым рыхлым покровом.

Микромагнитная съемка также позволяет выявить трещиноватость как в магнитных, так и в слабо магнитных коренных породах.

Сбор и изучение материалов по разрезам и горным выработкам

Необходимо изучить описания естественных и искусственных разрезов, скважин разной глубины и шурфов. Исследование горноэксплуатационных выработок важно потому, что они обнажают большие площади пород и лучше показывают строение сложных разрезов, фацальных переходов, контактов, разрывных нарушений и т. д., чем скважины и шурфы. Шахтовые работы дают преимущественно характеристику коренных пород и их залегания; большие открытые карьеры освещают строение коренных пород, их рельеф, соотношение его с рыхлым покровом и современным рельефом, а также разрезы рыхлого покрова. Сведения о рыхлом покрове дают и материалы дорожных изысканий, представленные профилями по проектируемым трассам, разрезами и характеристиками литологического состава. Однако трассы, как правило, приурочены к более ровному рельефу, выработки неглубоки и не всегда достигают коренных пород. Исключение составляют участки рельефа со сложными инженерно-геологическими условиями и участки крупных дорожных сооружений.

В целом в материалах практических изысканий обычно содержатся данные о механических свойствах рыхлого покрова, но мало стратиграфических и палеонтологических данных. Они более подробно освещены в археологических исследованиях, материалы

которых поэтому могут дать интересные сведения и об истории развития рельефа.

В материалах гидротехнических изысканий по проектам плотин имеются разрезы аллювия и коренного ложа долин. В районах проявлений новейшей тектоники при этих работах нередко обнаруживаются и изучаются омоложенные разломы и разрывные нарушения, вдоль которых заложены долины. Связь долин с разломами и разрывными нарушениями вообще легко намечается по очертаниям долин. Но данные о строении коренного ложа долин, мощности и литологии выполняющих их отложений дают конкретные материалы для характеристики этой связи, важные и в теоретическом, и в практическом отношении.

Сведения о мощности и строении аллювия (хотя и с упрощенными характеристиками преимущественно лишь его механического состава), а также о коренном ложе долин и иногда о разрывных нарушениях в нем имеются в материалах изысканий для крупных мостов, а также поисков подземных вод в аллювиальных отложениях. Большой интерес представляют материалы гидрогеологических исследований долины-грабен с аллювием меняющейся мощности. Большей частью это единственные материалы такого рода в районах, где нет широкого гидротехнического строительства или не ведутся поиски аллювиальных россыпей. В целом поисковые и разведочные материалы являются необходимым дополнением к описаниям открытых обнажений аллювия, вскрывающим только те части его разрезов, которые находятся выше уреза рек.

Значительный интерес для характеристики разломов и разрывных нарушений представляют данные о поисках трещинных, минеральных и особенно термальных вод. По скважинам и источникам с определенными глубинными типами минерализации иногда намечаются единые линии разломов. Гидрогеологические данные необходимо наносить на схемы, на которых показываются отобранные с геологических и геофизических карт разломы. Схемы в дальнейшем сопоставляются с морфоструктурным планом территории.

Особое внимание следует обратить на интерпретацию данных глубокого и сверхглубокого бурения. Именно материалы глубокого бурения наряду с геофизическими позволили установить блоковое строение фундамента платформ, проследить его отражение сквозь разные структурные этажи, выявить разломы фундамента и приуроченность к ним долин крупных рек.

Использование имеющихся материалов облегчается составлением сводной карты геологоразведочных и эксплуатационных выработок и геофизических точек и профилей (в масштабе съемки). На ней должны быть показаны границы участков геологоразведочных работ, отдельных карт и планов разведок с номерами, которые копии этих карт имеют в общих списках материалов. На участках с редкими разведочными линиями и выработками, выработки показываются все. На участках с многочисленными выработками показываются границы имеющихся на эти участки планов

и опорные данные, например по разведочным линиям, пересекающим всю долину с террасами или впадину.

Целесообразно выработки разделить по цвету, в соответствии с коренными породами или рыхлым покровом. Иногда удобно разделять цветом или характером значков выработки, пройденные в разное время и разными организациями, если они существенно различаются по документации, детальности и т. д. У линий и выработок ставятся их номера, год проходки, общие глубины и мощность рыхлого покрова, вплоть до мощностей отдельных горизонтов (например, современного аллювия и погребенного под ним палеогенового). На картах удобно отмечать знаком + определенного цвета (возможно, синего) линии, профили по которым имеются среди собранного материала. Тем же знаком другого цвета (например, зеленого) можно отмечать линии и выработки, по которым имеются описания разрезов. Другим знаком темно-красного цвета рекомендуется отмечать линии, по которым необходимо получить профили и описания. По мере их сбора, эти знаки меняются на +. Ярко-красными значками отмечаются выработки, обнажения и другие точки, которые необходимо поставить разведочные выработки и точки геофизических наблюдений.

По сводным картам уже можно проводить ряд геоморфологических контуров (изолинии мощностей рыхлого покрова, границы погребенных долин и грабенных, погребенного рельефа впадин и т. д.). На картах отмечаются места палеонтологических и археологических находок.

Анализ геологических разрезов проводится в первую очередь по профилям разведочных линий и колонкам выработок как по наиболее обзоруемому материалу. Проблематичные контакты различных рыхлых образований, характерные изменения их состава, возникающие в процессе интерпретации материала, неясные вопросы и т. д. отмечаются и пишутся прямо на графике, а также на карте разведанности (надписями и условными значками). Отмечается также, какие выработки и с каких точек зрения должны быть детально изучены по их описаниям в разведочных материалах; по данным анализов, дополнительно наблюдаться в поле и т. д. Результаты дополнительного изучения также наносятся на профили и карту разведанности. Графика становится легко обозримым и необходимым «конспектом» имеющихся данных, их интерпретации и плана работы.

В результате сбора и анализа материалов территория картирования должна быть охарактеризована геолого-геоморфологическими и геофизическими профилями. Для характеристики генезиса крупных морфоструктур важно использовать региональные опорные профили, в том числе геофизические, до поверхностей Конрода и Мохо. Для характеристики непосредственно района необходимы крупно- и среднемасштабные профили (в зависимости от масштаба съемки), пересекающие все основные морфоструктуры до глубины минимум ниже коренного ложа долин.

Для коренных пород и рыхлого покрова должны быть построены сводные литолого-фацциально-стратиграфические колонки и профили. Чтобы наглядно отразить не только закономерности связи рыхлого покрова с рельефом, рекомендуется составление «идеальных» схематических профилей и блокдиаграмм, изображающих условные комбинации типичных форм рельефа и рыхлых образований, с их фацциальными переходами, контактами и другими особенностями.

На профилях и колонках следует отметить ярко-красными знаками и надписями те элементы геологического строения и его соотношений с рельефом, которые нуждаются в дальнейшем изучении во время картирования в поле.

Проанализированные материалы и вновь составленная сводная графика позволяют точно, направленно и экономно наметить разведочные и геофизические работы, которые необходимо и возможно будет провести в процессе съемки. Так как желательно не перегружать съемку большими объемами этих работ, а тяжелая разведка и глубинные геофизические работы не всегда возможны, следует выяснить, не будут ли одновременно производиться подобные работы другими организациями. Если таковые намечаются, необходимо договориться об использовании их результатов.

Первой задачей необходимых разведочных работ является характеристика рыхлого покрова. Характер и объем этих работ в значительной степени диктуются тем, что и крупномасштабная, и среднемасштабная геоморфологические съемки одновременно являются и съемкой рыхлых отложений, коррелятных рельефу. В материалах предыдущих исследований рыхлый покров, как правило, охарактеризован хуже, чем коренные породы, особенно с точки зрения стратиграфии, генезиса и фацциальных переходов. Прежние выработки также не всегда доходят до коренных пород и не фиксируют, например, остатки кор выветривания, подстилающих четвертичные отложения. Не фиксируются также, скажем, следы криогенных процессов. Поэтому необходимо предусмотреть разведочные и геофизические работы для характеристики рыхлого покрова. В открытых районах, где мощность рыхлого покрова большей частью не превышает 10 м, можно ограничиться закопашками, шурфами и расчистками обнажений склоновых отложений. На поверхности террас и для получения разрезов аллювия в поймах на полную мощность необходимы мелкие и глубокие шурфы (иногда с водоотливом) и мелкое бурение. Глубокие шурфы также необходимо закладывать на участках со сложным строением рыхлого покрова повышенной мощности. Для получения полных характеристик склоновых отложений следует закладывать каналы.

Второй возможной задачей является вскрытие границ зон разломов и разрывных нарушений, дешифрирующихся по морфоструктурному плану на топокартах и аэрофотоснимках. В шурфах и каналах можно установить, являются ли такие нарушения омоложенными, в чем выражается эта омоложенность, точно определить раскрытость трещин и уточнить дешифровочные признаки разных

типов нарушений (рвы, просадки, вынос мелкозема по трещинам, увлажненность и т. д.). Характеристики нарушений дополняются данными электрозондирования и профилирования, которые рекомендуется проводить в долинах. Это позволяет также определить мощность аллювия. Для получения массовых данных о мощности и отчасти об уплотненности рыхлого покрова рекомендуется сравнительно дешевый способ микросейсмического профилирования и съемки.

При существовании участков со значительно повышенной мощностью рыхлого покрова (долины-грабены, впадины — сложные грабены с неровным погребенным дном, рельеф, погребенный ледниковыми отложениями) необходимо бурение до глубины порядка 100 м и более, электрозондирование и профилирование.

Глава X

ДЕШИФРИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

Использование космических средств для изучения Земли быстро развивается и в ближайшие годы, несомненно, станет основным и главным приемом морфоструктурного анализа для составления геоморфологических, геологических, структурных форм, тектонических и других тематических как общих, так и специальных (инженерно-геологических, прогнозно-поисковых и др.) карт. Рельеф является одним из важнейших объектов дешифрирования на космических снимках и с целью изучения его, и потому, что в большой мере через рельеф прямо или косвенно дешифрируются геологическое строение, тектоника и ландшафтные характеристики. Поэтому геоморфологическое картирование — одно из главных возможных направлений использования космических средств.

Опубликовано немало работ, освещающих техническую сторону изучения Земли из космоса, методические вопросы дешифрирования и примеры изучения разных территорий по космическим снимкам, преимущественно тектоники с использованием геоморфологических критериев («Аэрометоды геологических исследований», 1971; Виноградов, Кондратьев, 1971; Береговой и др., 1972; «Исследования природной среды по космическим данным», 1973, 1974, 1975; «Известия высших учебных заведений», серия геологическая, 1973, 1974; «Космическая фотография», 1975, и др.). Однако собственно геоморфологическое картирование по космическим снимкам еще не проводилось.

Эта глава имеет целью дать самую краткую характеристику использования космических средств и особо подчеркнуть их перспективность и возможности для геоморфологического картирования с примером дешифрирования космических снимков одной из горных территорий СССР.

Главное значение для картирования имеет дешифрирование космических фото- и телевизионных снимков. Фотоснимки имеют

более высокое качество. Разрешающая способность телевизионных снимков на порядок ниже, изображение на них осложнено искусственным рисунком параллельных строчек. Однако качество телевизионных снимков прогрессивно улучшается; телевизионной съемкой покрыта вся поверхность Земли и технически возможна быстрая повторная съемка, что важно для изучения динамики геоморфологических явлений. Поэтому необходимо использование как фото, так и телевизионных снимков. По космическим снимкам, как указывалось в главе VIII, можно прямо составлять геоморфологические карты. Для более легкого и полного дешифрирования возможно увеличение снимков. Если при трех-, четырехкратном увеличении какие-либо черты рельефа исчезают, появляются другие, которые не были видны на снимках более мелких масштабов. Поэтому следует использовать на одну и ту же территорию снимки с разным увеличением.

В отличие от аэрофотосъемки среди космических снимков преобладают перспективные, для которых характерны большие различия масштабов неодинаково удаленных объектов и сильные искажения за счет сферичности поверхности Земли, поэтому плановые рисунки на снимках должны рассматриваться с зрительной поправкой на эти искажения. Для точного анализа и картирования необходимо специальное трансформирование снимков. Зато плановые космические снимки горного рельефа в отличие от аэрофотоснимков отражают высокие и низкие участки рельефа практически в одинаковых масштабах. Радарные космические снимки, как и аэрофотоснимки, имеют особое значение для территорий с большой облачностью. В ближайшем будущем, очевидно, для геоморфологических исследований, как и для других, будет использоваться комплексное дешифрирование многозональной съемки, по которой можно будет не только непосредственно картировать рельеф, но и устанавливать скрытые разломы по их тепловому изображению, границы рыхлых комплексов по отражению на снимках их разной увлажненности и т. д. Четкое изображение морфоструктур в горных странах дают синтезированные многозональные снимки.

В целом космические средства открывают новые возможности изучения земных оболочек в их взаимосвязи.

На космических снимках благодаря обзору больших территорий и полноте фотоизображения видны сразу крупные черты планов геоморфологического, геологического и ландшафтного строения, дополняющие и объясняющие друг друга... Крупнейшие элементы строения поверхности Земли, вплоть до глобальных, которые нельзя увидеть (по крайней мере так быстро, полно и достоверно) никакими другими способами, выявляются как целое. Аэрофотоснимки и фотопланы также обладают теми же качествами, что и космические снимки, но они покрывают гораздо меньшие площади, поэтому выявление по ним крупных элементов рельефа и геологического строения не всегда возможно. Мелкомасштабные топографические, геологические, физико-географические и другие карты дают такой же широкий обзор территории, как и космиче-

ские снимки. Однако они представляют лишь условные, схематизированные изображения, на которых сложные рисунки границ и внутреннего строения объектов иногда обобщаются и даже огрубляются, а их важные истинные генетические черты часто исчезают. Благодаря редкому сечению рельефа горизонталями на мелкомасштабных картах невозможно отражение многих важных деталей, а традиционное закругление изгибов горизонталей искажает природные рисунки рельефа, особенно связанные с блоково-разрывной тектоникой (изломы очертаний мелких долин и склонов, ступеней и т. д.). Даже на топокартах 1 : 300 000 не выражено мелкое густое расчленение аридных и полуаридных территорий, карстовые и мерзлотные формы, плановый рисунок ледниковых форм как современных, так и реликтовых, мелкие ступени склонов хребтов и тектонических впадин и т. п. Космические снимки позволяют быстро оценить качество и информативность таких карт как основы для геоморфологического картирования. Использование космических снимков при составлении карт может значительно повысить их качество и объективную передачу ими подлинных природных рисунков. Как указывалось, для эти целей следует составлять фототопокарты.

Однако информация на космических снимках также имеет свои пределы. Совершенствование техники космического фотографирования изменяет его; качество и разрешающая способность снимков повышаются. Космические снимки выполняются в разных масштабах. Абсолютные и относительные высоты на них визуально определяются лишь приблизительно. На современных топографических и гипсометрических картах они читаются более точно. Однако этот недостаток можно восполнить при дешифрировании: нанести на снимки опорные высоты и, возможно, горизонталы. В определении высот может помочь ЭВМ.

Космические снимки могут улучшить комплексы сопряженных тематических карт, так как на них четко выступают соотношения разных природных элементов и их границ, а нередко и совпадение границ.

Эффект использования космических снимков особенно велик при картировании труднодоступных территорий, на которые топокарты особенно не точны.

Геоморфологическое дешифрирование космических снимков лишь недавно начато в разных странах, поэтому опыт геоморфологического картирования по ним еще невелик. Возможности его неодинаковы для разных территорий. Наилучшие снимки получены на аридные области, где нет облачного покрова. Фотоизображение рельефа аридных областей очень четкое. Для них возможен обзор больших территорий. На средних и высоких широтах многие территории бывают покрыты облаками и обзор больших площадей, и то не всегда полный, возможен лишь путем монтажа частей снимков, сделанных в разное время и часто различных по характеру фотоизображения. Кроме того, и при отсутствии облачности рельеф средних и высоких широт из-за большой влажности атмо-

сферы виден менее четко. Можно, однако, считать, что космические снимки в недалеком будущем будут успешно использоваться и для изучения всех территорий.

Значение анализа космических снимков в геоморфологическом картировании крупных и средних масштабов

Значение дешифрирования космических снимков в геоморфологическом картировании съемочных масштабов можно ясно определить, исходя из «трехступенчатого» принципа, принятого в современном геоморфологическом картировании: 1) освещения «фона» в масштабах мельче основного, 2) картирования территории исследования в основном масштабе, 3) предельно детального изучения ключей в масштабах крупнее основного. Соответственно, при среднемасштабном картировании космические снимки и частью мелкомасштабные аэрофотоснимки могут использоваться для картирования фона, аэрофотоснимки средних, а также частично мелких и крупных масштабов — для основного картирования, крупномасштабные аэрофотоснимки необходимы для выбора естественных границ картируемой территории.

Как указывалось, комплексная геологическая и геоморфологическая съемки в естественных границах крупных структурных форм, так называемая групповая, не случайно рассматривается как один из наиболее эффективных видов исследований. Использование космических снимков разного масштаба при такой съемке обязательно. В пределах территории большей, чем выделенная для картирования, именно по космическим снимкам следует установить и закартировать в главных чертах крупные тектонические и геоморфологические элементы, а затем по ним же наметить «ключи» для исследования в поле.

Наши исследования на Южном Урале показали, что даже на аэрофотоснимке под рыхлыми отложениями широтной впадины, пересекающей продольную гряду Ташлы-Курятмас, четко видно разрывное нарушение, по которому породы гряды оказались разорванными, а сама гряда — сдвинутой. После пересечения ее впадиной она снова выражена в рельефе. Но разрыв в поле в рельефе не виден, хотя мощность рыхлых отложений всего несколько метров, ширина впадины — около 200 м.

Возможности использования космических снимков, вероятно, больше, чем мы представляем сейчас. Известны случаи обнаружения структурных форм под мощным рыхлым покровом (Севастьянов, Хаин, Ярмолюк, 1973). Так, блоки фундамента Западной Сибири также «просвечивают» сквозь мощную толщу мезо-кайнозойских осадков. По данным В. Н. Брюханова, там же четко дешифрируются и разломы фундамента. В Тянь-Шане, на Памире, в Передней Азии и других горных территориях на космических снимках видны и глубинные структуры и их соотношение с новейшими морфоструктурами. По данным В. И. Макарова и В. Г. Трифонова, такая «просвечиваемость» или «рентгеноскопичность» кос-

мического фотоизображения для территории Ферганы и ее горного обрамления подтверждена геофизическими материалами.

«Корни» крупнейших морфоструктур уходят в мантию. Авторы предполагают, что и сама «рентгеноскопичность» обусловлена сложной изменчивостью различных физических полей Земли на территориях с разнообразным строением земной коры и верхней мантии. О. К. Леонтьев на космическом снимке увидел детали строения рельефа дна северной части Охотского моря на глубине около 1000 м, хотя известно, что свет в толщу воды проникает лишь до глубины около 30 м. Это строение рельефа дна отражено на составленной ранее и с помощью других приемов геоморфологической карте дна Охотского моря. Иначе такое явление могло бы показаться недоказанным. Из сказанного следует, какие огромные возможности имеет космическая информация, особенно при сопоставлении ее с данными геофизики.

Важно, что благодаря передаче на космической фотографии облика и границ геоморфологических объектов многие из них могут быть точно идентифицированы при сопоставлении космических снимков и аэрофотоснимков разных масштабов, иногда вплоть до деталей. В тех случаях, когда целостное изображение крупных элементов рельефа — морфоструктур на аэрофотоснимках расплывается и исчезает, их выделение на космических снимках может разъяснить многие рисунки на аэрофотоснимках, как детали этих элементов. Космические мелкомасштабные снимки содержат так много деталей, что по ним можно составлять фотогеологические, соответственно, фототектонические и фотогеоморфологические карты масштабов 1 : 2 500 000, 1 : 1 000 000, 1 : 500 000 — 1 : 200 000 и, как можно предположить, в ближайшем будущем даже 1 : 100 000 и крупнее.

Идентичность изображений на космических и аэрофотоснимках облегчает задачу генерализации природных рисунков, дает возможность сохранить их индивидуальный облик. Поскольку фотоизображение отражает сложное строение природных объектов с наложением и переплетением различных природных 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 столь четко видна «жесткая» угловатая рисовка рельефа, описанная выше, что она в настоящее время не требует обоснования. Сравнительное дешифрирование аэрофотоснимков и космических снимков и составление фотогеоморфологических карт разных масштабов, разумеется, с дополнением всеми вышеуказанными материалами (см. главу IX) и ключевым изучением в поле очень облегчит и ускорит генерализацию геоморфологических карт и создание единой системы легенд или карт разных масштабов. Геоморфологи должны считать такое картирование первоочередной задачей.

Долицифрование систем разломов и разрывных нарушений

Уникальные возможности открывают космические снимки для изучения зон глубинных разломов большого протяжения и особенно их систем (рис. 26). Рельеф и ландшафты в их зонах, как правило, отличаются от внеразломных участков (рис. 27, 30). Эти признаки крупных разломов видны и на аэрофотоснимках. Однако отдельные аэрофотоснимки, даже высотные, охватывают лишь участки зон разломов; средне- и крупномасштабные снимки захватывают обычно только часть их, например одну из границ. Прослеживание разломов и выявление их систем обычно затрудняется



Рис. 26. Кольцевые и решетчатые структуры Ирана (космический снимок Джемини — V из «Earth Photographs from Gemini III, IV and V», 1967)

нравномерностью строения разломов и по простиранию. В связи с этим глубинные разломы до сих пор показывают на картах неполно, фрагментарно. Связи отдельных участков разломов не являются, а на картах показываются произвольно и гипотетично; многие разломы вообще остаются необнаруженными. Особенно это касается так называемых «скрытых» разломов, которые можно



Рис. 27. Космический снимок территории Омана) из «Earth Photographs from Gemini III, IV and V», 1967)

обнаружить по совокупности многих относительно мелких черт геологического строения, рельефа, растительности, минерализации и т. д. Поэтому неполной, гипотетичной и спорной остается и общая система разломов Земли, и одна из важнейших ее частей — так называемая регматическая планетарная решетка разломов. Она намечена наиболее отчетливо для щитов: Алданского, Балтийского (Стрелков, 1973), Канадского (Озорей, 1972). Элементы ее намечаются и для других территорий. Однако только с помощью космических снимков можно будет установить полную карти-

ну ее проявления на Земле. На них она вырисовывается четко. Решетка глубинных разломов (мантийных и коровых) разного порядка сложна в плане и как бы многоэтажна, так как разломы закладываются на разной глубине, представлена многими «парами» перпендикулярных однопорядковых разломов и в целом общепланетарна; локальны лишь разрывные нарушения низших порядков.

На космических снимках крупные разломы видны непосредственно как бесспорное и реальное явление. Обнаруживается, что они

Рис. 28. Схема разломов и разрывных нарушений Омана (Н. В. Башенниа, С. М. Васюк). Разломы и разрывные нарушения разных порядков:

1 — границы зон глубинных разломов; 2 — разломы второго порядка, хорошо дешифрирующиеся; 3 — разломы третьего и более низших порядков, плохо дешифрирующиеся



не остаются на больших расстояниях неизменными, а, пересекаясь с другими, часто теряют геоморфологическую выраженность и прослеживаются далее по нарушениям низших порядков, иногда кулисообразно сдвигаются, а иногда совсем исчезают, как бы «отсекаясь» поперечными разломами. Единая зона разломов может нарушаться на протяжении десятков и даже сотен километров, а затем вновь приобретает целостное геоморфологическое выражение. Также видны и решетчатые системы разломов, которые не являются геометрически правильными, — прерывистые, изменчивые, но и прерывистость, и их изменчивость закономерны. Лучше всего морфоструктуры, тип их моделировки (денудация или аккумуляция), разломы разных порядков и геологическое строение дешифрируют по снимкам аридных территорий. На рис. 27, 28, 29, 30, А, Б, В приведены два космических снимка Омана и результат их дешифрирования — схемы разломов и разрывных нарушений разных порядков и карт морфоструктурного районирования. Морфоструктуры разделены по высотам, геологическому строению, плану, глубине и густоте расчленения, разломным ограничениям, типу денудационной и аккумулятивной моделировки.

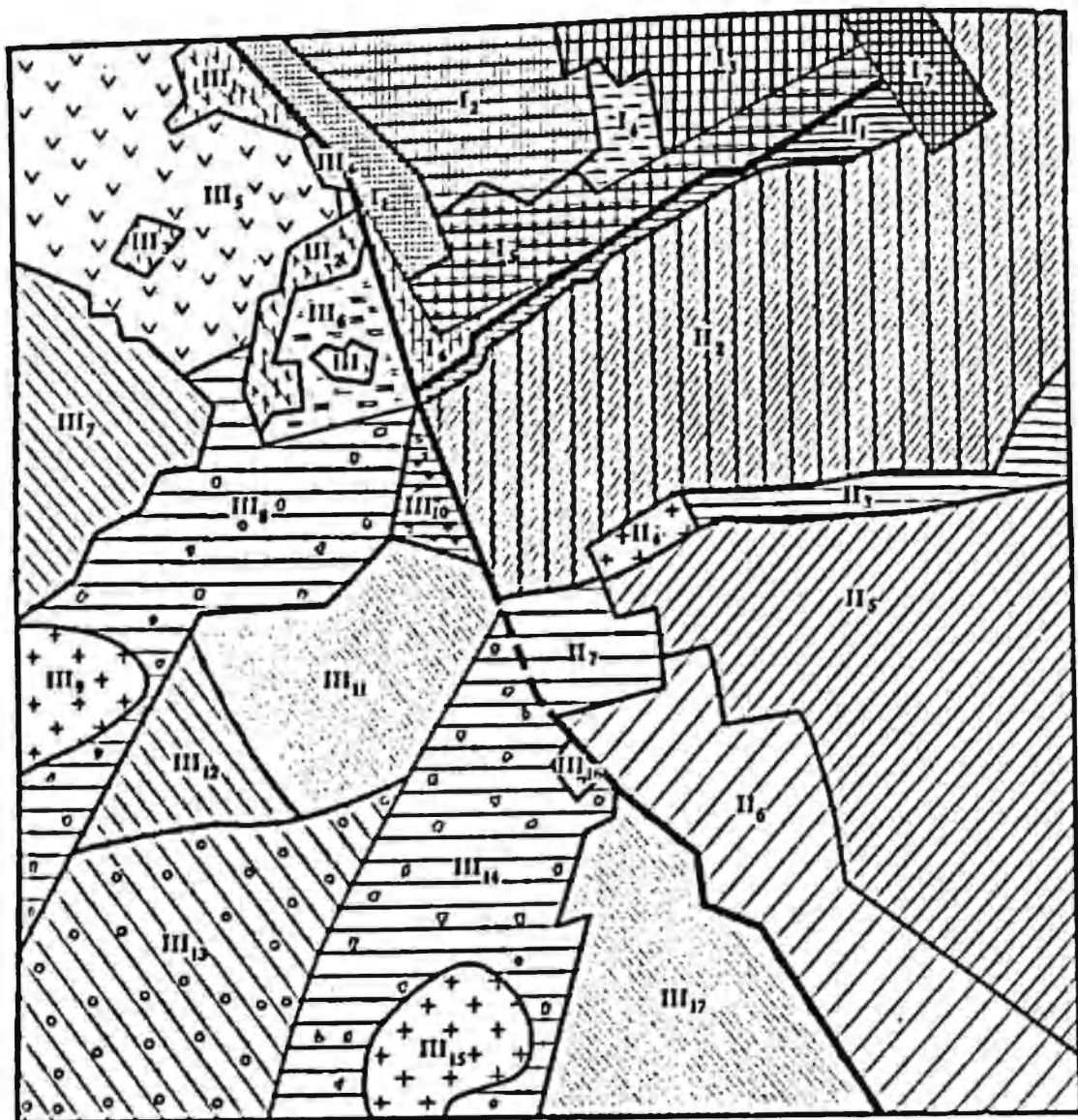


Рис. 29. Схема блоковых морфоструктур Омана (Н. В. Башенниа, С. М. Васюк):

I — среднегорье блоковое на осадочных моноклинально-залегающих породах (*I*₁ — слабо расчлененная блоковая ступень, *I*₂ — среднегорье с дендритовым расчленением, *I*₃ — плоскогорье с резко расчлененными ступенчатыми склонами, *I*₄ — аккумулятивно-денудационная равнина грабена «отставания», *I*₅ — среднегорье с узкими крутосклонными грядками и глубокими долинами, *I*₆ — низкогорная расчлененная блоковая ступень, *I*₇ — средневысотный грядовый массив, радиально расчлененный); *II* — низкогорье грядовое на изверженных породах основного состава (*II*₁ — аккумулятивная равнина с конусами выноса, *II*₂ — низкогорье, сложно расчлененное, *II*₃ — аккумулятивно-денудационная равнина дна сложного грабена, *II*₄ — интрузивный массив с решетчато-раздробленной вершинной поверхностью, *II*₅ — низкогорье продольно-грядовое, *II*₆ — денудационная равнина с участками аккумуляции, *II*₇ — аккумулятивно-денудационная равнина подгорного шлейфа); *III* — локальное низкогорье, сложномодифференцированное на магматических и осадочных породах (*III*₁ — низкогорье раздробленное, *III*₂ — массив, слабо расчлененный, *III*₃ — низкогорный массив, дробно расчлененный, *III*₄ — аккумулятивно-денудационная равнина дна грабена, *III*₅ — вулканическое возвышенное плоскогорье, слабо расчлененное, *III*₆ — аккумулятивная равнина дна грабена, *III*₇ — плоскогорье на складчатом основании, *III*₈ — аккумулятивно-денудационная равнина дна сложного грабена, расчлененная, с остандами коренных пород, *III*₉ — горст-интрузивная возвышенность с решетчато-раздробленной вершинной поверхностью, *III*₁₀ — аккумулятивно-денудационная равнина, *III*₁₁ — возвышенное плоскогорье, сложенное осадочными слабо дислоцированными породами, *III*₁₂ — низкое плоскогорье, сложенное осадочными, слабо дислоцированными породами, *III*₁₃ — возвышенная равнина на осадочных породах, сложно расчлененная, *III*₁₄ — аккумулятивно-денудационная равнина сложного грабена с озерами, остандами и грядками коренных пород, *III*₁₅ — интрузивный массив с решетчатым расчленением вершинной поверхности, *III*₁₆ — горст-интрузивная возвышенность с расчлененной вершинной поверхностью; *III*₁₇ — возвышенное плоскогорье на моноклинально залегающих пластах, слабо расчлененное)

Нередко на космических снимках четко видны зоны разломов с характерными элементами рельефа. Ширина зон, видимых на снимке, определяется его масштабом. Так, зоны шириной 5, 10, 30 и 40 км хорошо видны на снимках масштаба 1 : 1 000 000. Но на снимках масштаба, например, 1 : 7 500 000 и мельче они выражены только линиями разной ширины и четкости.

Пример анализа рельефа горных территорий по космическим снимкам

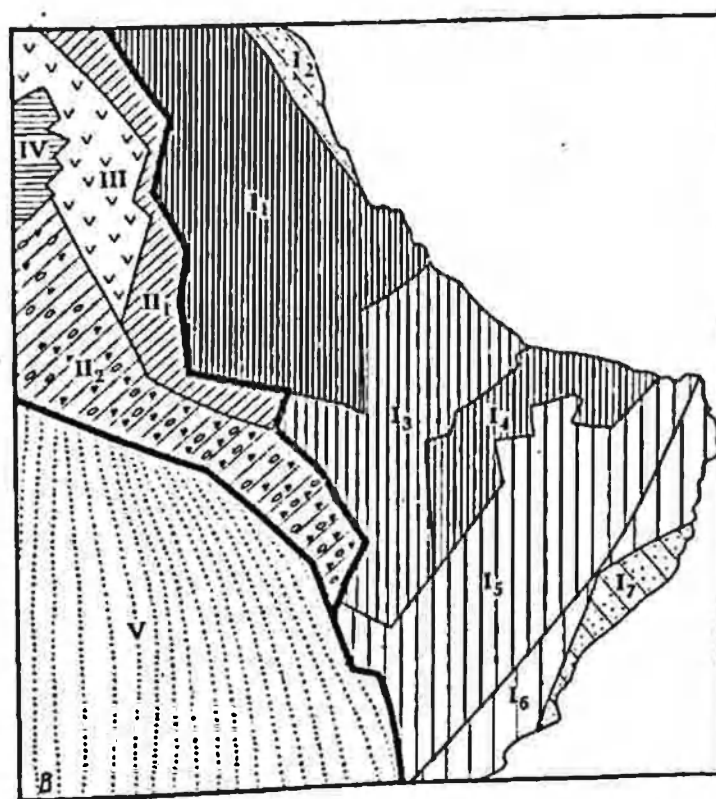
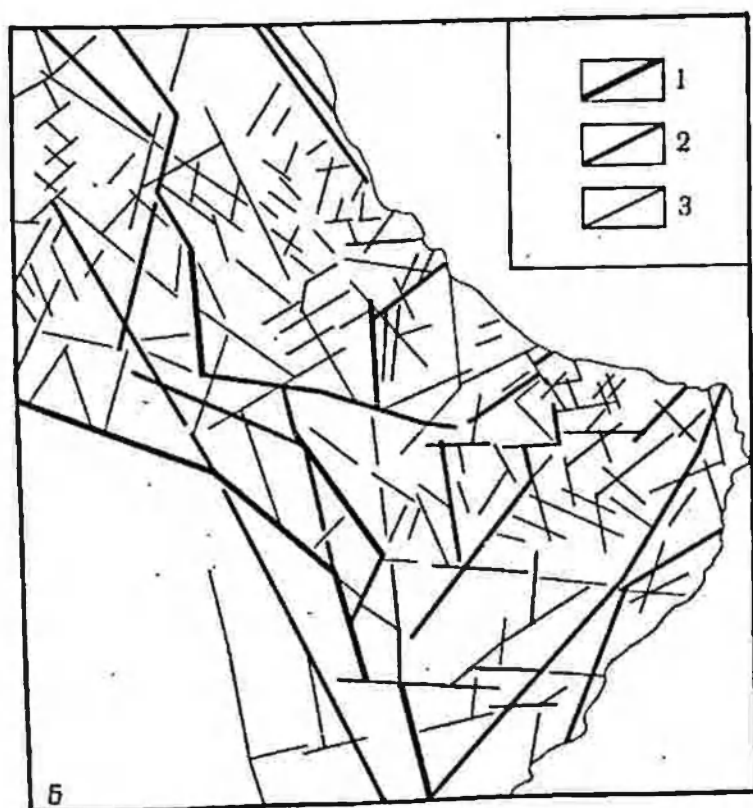
В качестве примера результатов дешифрирования космических снимков можно привести характеристику систем разломов и связанного с ними рельефа одной из горных территорий СССР. На снимках ясно видно, что наиболее крупные здесь — зоны глубинных разломов субширотные (ЗЮЗ—ВСВ простирания) и перпендикулярные им субмеридиональные (ЮЮВ—ССЗ). На их пересечениях северные отрезки субмеридиональных зон сдвигаются по субширотным к востоку. Вдоль одной из зон крупных разломов (разлом Большой) этого направления расположена цепочка сложных межгорных впадин — линейных, а далее — изометричных. Самая западная впадина наиболее низко опущенная и аккумулятивная, а к ВСВ она сменяется рядом суживающихся относительно опущенных впадин-грабен с денудационными днищами. Впадины отделяются друг от друга уступами. Границы зоны разлома подчеркиваются ступенчатыми бортами впадин. Пересекаясь на ВСВ с почти перпендикулярным разломом, эта зона разлома продолжается далее уже зоной более низшего порядка (рис. 31), затем она пересекается следующим разломом, по которому вместе с северо-восточной половиной последней из приуроченных к ней впадин сдвигаются к югу. Еще далее к востоку разлом пересекается еще с одним, также перпендикулярным разломом, по которому идет долина реки, утрачивает морфологическую цельность и продолжается рядом параллельных разрывных нарушений низшего порядка, к которым приурочены долины притоков (рис. 31). Все эти изменения происходят на протяжении более 250 км.

Самый южный разлом выражен в рельефе линейным грабеном длиной около 200 км. В грабене нет единого дренажа. Его используют участки нескольких рек, текущих в нем в разные стороны. В нескольких местах реки пересекают его поперек; местами текут навстречу друг другу и, сливаясь, используют поперечные разломы. Водоразделы между продольными долинами, расположенные в грабене, — это так называемые долинные седловины, большей частью приуроченные к участкам пересечений грабен поперечными нарушениями, со сдвигами по ним продольных разломов (рис. 32).

На снимках видна также другая система взаимно перпендикулярных разломов: ССВ—ЮЮЗ и ЗСВ—ЮЮВ. Они особенно отчетливы не в горном рельефе, а на прилегающей с северо-запада предгорной равнине, где к ним приурочены широкие долинообразные понижения, также не имеющие в настоящее время единых

Рис. 30. Космический снимок (А) юго-восточной оконечности Омана (из «Earth Photographs from Gemini III, IV and V»), схема (Б) разломов и разрывных нарушений (порядки разломов 1—3 см. на рис. 28) и схема (В) блоковых морфоструктур (Н. В. Башенкина, С. М. Васюк):

I — дифференцированно поднятое складчато-блоковое среднегорье (I₁ — среднегорье складчато-блоковое с преимущественно ортогональным расчленением, I₂ — аккумулятивная морская равнина, I₃ — плоскогорье возвышенное с отдельными грядами, I₄ — низкое складчато-блоковое, I₅ — наклонная денудационная равнина, перекрытая плащом рыхлых отложений, I₆ — низменная морская и аллювиально-пролювиальная равнина, I₇ — низменная аккумулятивная лагунно-морская равнина); II — аккумулятивно-денудационная предгорная равнина (II₁ — денудационная дробно расчлененная предгорная равнина, II₂ — пролювиальная предгорная равнина); III — вулканическое плоскогорье; IV — складчато-блоковое низкое горье; V — золотая равнина с песчаными грядами («сэфы»)



водотоков и открывающиеся в долину одной из крупных современных рек. В самое восточное из древних понижений около 100 км выше его устья с востока входит река, которая сразу поворачивает вдоль понижения к ССВ. В горной части территории разломы, взаимно пересекаясь, иногда продолжают подобно разломам предыдущей системы рядом параллельных разрывных нарушений низших порядков и на пересечениях нередко кулисообразно сдвигаются.

Кроме разломов основных четырех направлений на космических снимках территории видны глубинные разломы и подчиненные

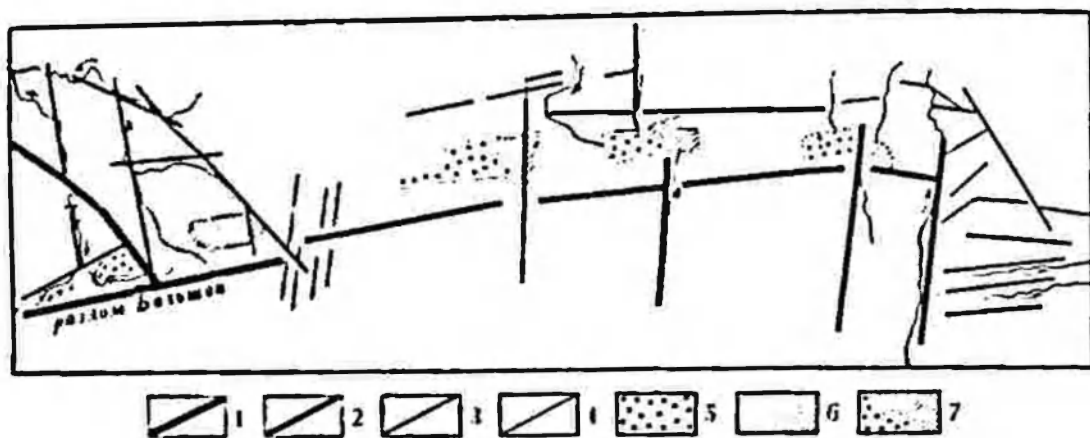


Рис. 31. Глубинные разломы и впадины-грабены на пересечении разломов (И. В. Башенкина):

1—4 — граница зон разломов и разломы разных порядков; 5 — аккумулятивные днища впадин; 6 — денудационные; 7 — аккумулятивно-денудационные

разрывные нарушения других направлений. В целом разломы и нарушения всех направлений, изменяясь и многократно сдвигаясь на пересечениях, образуют сложную решетку. Особенно сложный рельеф на востоке горной страны представлен крупной, размером 75 км на 120, решетчатой в плане морфоструктурой. В главные ее «клетки» (рис. 33) вложены дробные сетки более мелких разрывных нарушений разных простираний. Эта сложная система разрывов разных порядков и разделенных ими блоков, дифференциально перемещенных, образует решетчато-мозаичный («ячеистый») рельеф расчлененных ступенчатых хребтов, массивов и впадин — грабенов отставания. Размеры «ячеек» неодинаковы в связи со сложной изменчивостью многократно пересекающихся разломов и подчиненных нарушений (рис. 34), но в среднем — 15 км.

В общем перекрестно-решетчатом плане горной страны наблюдаются также ступенчатые кольцевые морфоструктуры, очертания и внутренние планы которых представляют комбинации также угловатых участков сложной решетки разрывов. Как решетчатые, так и кольцевые морфоструктуры встречаются во многих горных странах и диаметр их крайне разнообразен: от нескольких (рис. 33 и 34) до 150—200 км (рис. 35 и 36). Некоторые из кольцевых морфоструктур совпадают с интрузивными телами, другие не обнаруживают такой связи.

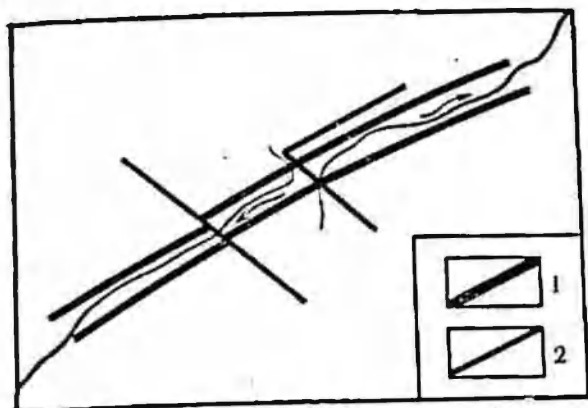


Рис. 32. Линейные грабены и долинные седловины (Н. В. Башенкина):

1 — разломы второго порядка; 2 — разломы четвертого порядка

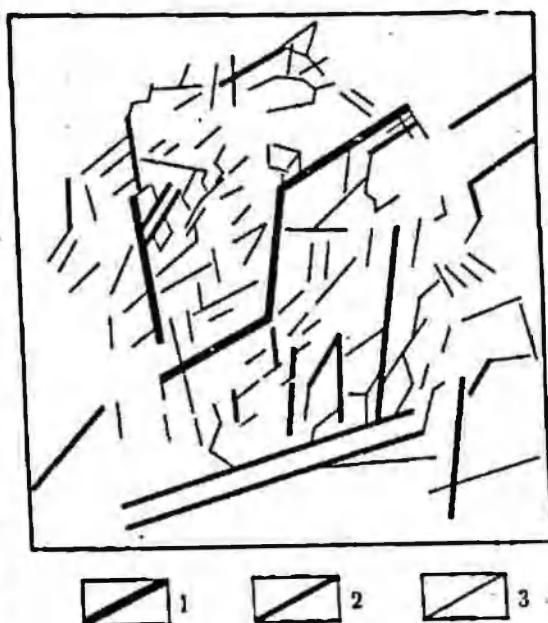


Рис. 33. Решетчатая морфоструктура (Н. В. Башенкина):

1 — разломы второго порядка; 2 — разломы третьего порядка; 3 — разломы четвертого порядка

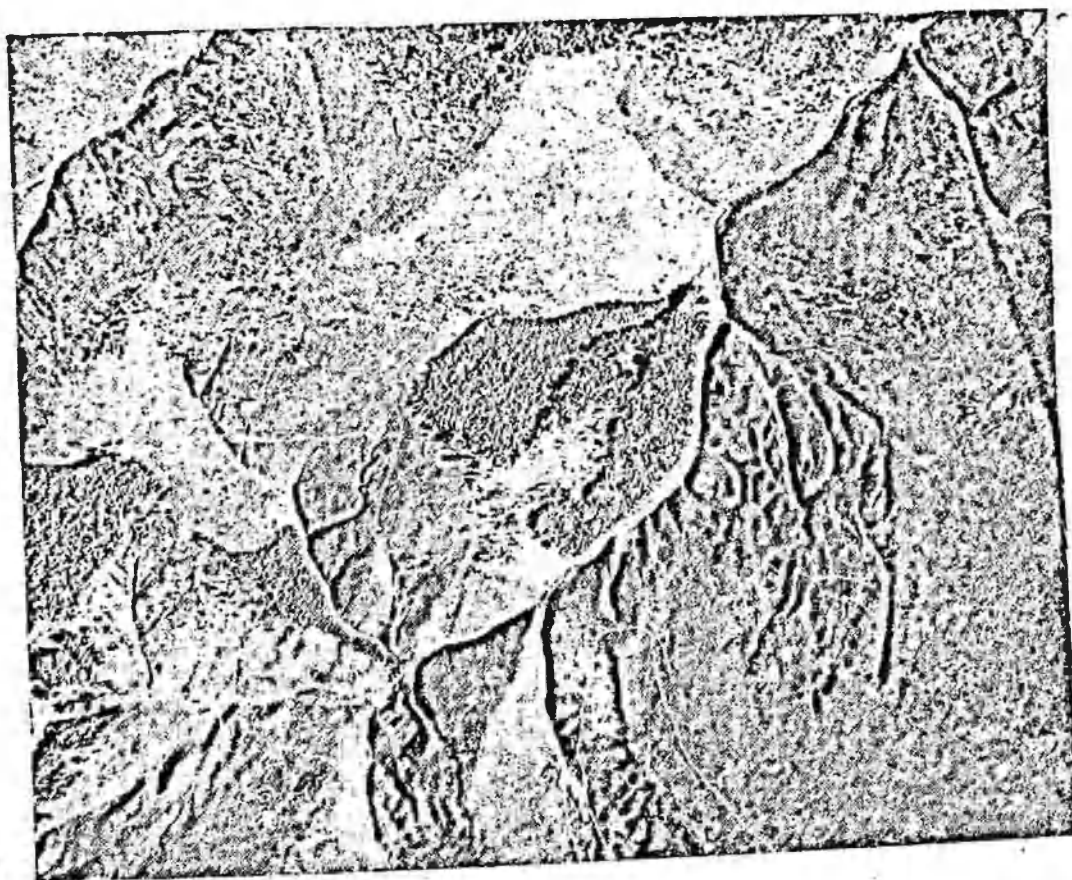


Рис. 34. Решетчатая морфоструктура (аэрофотоснимок)

На космических снимках описываемой территории отчетливо видно, что межгорные впадины в основном приурочены к пересечениям крупных разломов главных направлений (см. рис. 31). Такая закономерность была намечена В. Е. Ханым (1963) для крупнейших впадин Тибета и Африки. Подобная картина выявляется

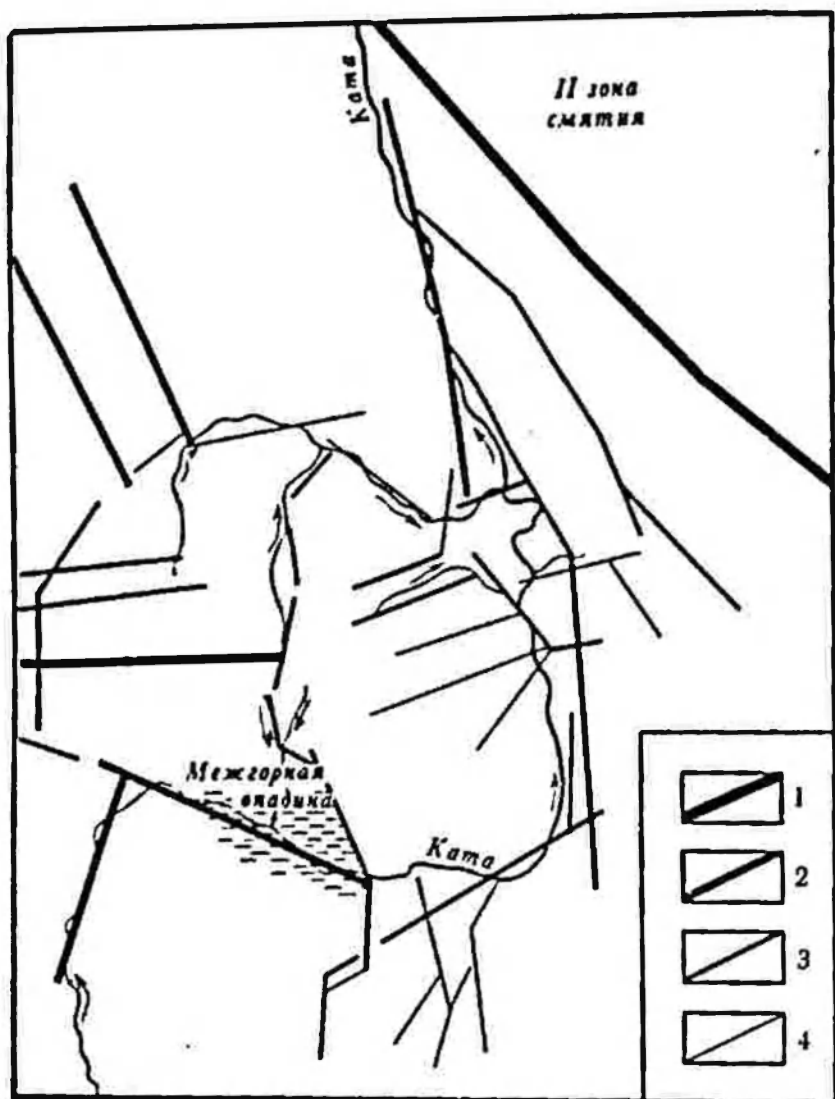


Рис. 35. Кольцевая морфоструктура (Н. В. Башенниа):
1 — границы зон разломов первого порядка; 2 — разломы второго порядка; 3 — разломы третьего порядка; 4 — разломы четвертого порядка

на космических снимках разных территорий и масштабов, причем очень четко. Так же обычна и закономерна сбросовая ступенчатость склонов хребтов и бортов впадин. Она выражена тем сильнее, чем активнее тектоническое развитие горных регионов и чем сильнее выражены зоны разломов. Нередко ступени развиты асимметрично — резче и крупнее на одном склоне хребта или впадины, чем на другом, что отражает разную интенсивность движений на разных границах зон разломов. Там, где ступени выше и крупнее, они обычно образуют несколько ярусов и разрезаны поперечными разрывными нарушениями.

Очень хорошо на космических снимках видна повсеместная связь долин с разломами и разрывными нарушениями. Величина долин соответствует порядкам разломов и разрывных нарушений. Все изгибы долин ясно вырисовывают переходы их с участков нарушений одних простираний на другие, сдвиги разломов на их пе-



Рис. 36. Кольцевая морфоструктура (аэрофотоснимок)

ресечениях и т. п. При сравнении космических снимков и аэрофотоснимков как описываемой горной территории, так и других видно, что эти черты долин типичны и многократно повторяются. Также повторяются и рисунки планов долинной сети разных порядков, следующие рисункам разломов и подчиненных разрывных нарушений.

Прослеживание террас горных долин по космическим и аэрофотоснимкам показывает, что количество их и высоты различны в разных морфоструктурах как поднятых, так и опущенных. Это также указывает на дифференцированные блоковые движения.

Сравнение космических снимков описываемой горной страны с геологической картой подтверждает, что рельеф территории определяется не древними складчатыми и магматогенными структурами и характером пород, а разломами и блоками разного порядка. Крупные блоки могут быть складчаты внутри себя (обычное явление в горных странах). Лишь некоторые морфоструктуры совпадают (унаследованно?) с полями определенных пород в древних структурах. Характер пород отражается также в деталях, обусловленных денудационной моделировкой. Например, выделяется общее поле гранитов, которое в рельефе представляет не одну морфоструктуру, а три ограниченных разломами блока разной высоты: 1000, 2000 и 2700 м. Крупнейшая в этой горной стране кольцевая морфоструктура (см. рис. 35) представляет также раздробленный массив с высотами до 3000 м. Ее форма и известная монолитность, по-видимому, связаны с тем, что она совпадает с рядом интрузий верхнепалеозойских гранитов, прорывающих нижнепалеозойские складчатые осадочные породы. На космическом снимке границы морфоструктуры прослеживаются точнее, чем они показаны на геологической карте, что связано с трудностями геологической съемки обычными приемами в условиях этой горной страны. На снимках также хорошо видно, как изгибы долин следуют системам разрывных нарушений, а в кольцевой морфоструктуре наиболее крупные «огнибают» гранитные массивы, следуя комбинациям разрывных нарушений, образующих в плане «дуговые» рисунки.

Перечисленные особенности горного рельефа (и многие другие) видны на территории Северной Африки, Аравии, Иранского нагорья, Мексики. Видны они и на снимках горных территорий Средней и Центральной Азии, Европы, Америки и др.

Дешифрирование экзогенного рельефа по космическим снимкам

Космические снимки позволяют сравнивать для больших территорий и многие характерные формы экзогенного рельефа (например, для описанной выше горной страны — современные и древние ледниковые формы). Особенно хорошо видны различия древнего и современного оледенения разных горных стран. Прослеживаются даже такие детали, как рисунок рельефа современных ледников, отражающий динамику и подледниковый рельеф. Видно также, что горные экзарационные формы (кары и ледниковые долины) существенно предопределены блоково-разрывной тектоникой. В значительной мере именно ею обусловлено разнообразие древнего ледникового рельефа гор (Башенкина и др., 1971; Башенкина, 1976). Хорошо видны на космических снимках характерные мелкие рисунки разнообразного склонового рельефа, которые отражают литологический состав пород, их трещиноватость и ландшафтно-географические условия. Формы мелкого линейного расчленения склонов на снимках видны много детальнее, чем на топокартах.

В описанных выше долинообразных понижениях предгорий на космических снимках хорошо прослеживаются озерные котловины, приуроченные к узлам пересечений разрывных нарушений, осложняющих крупные разломы, и эоловые формы на перевейных озерных отложениях.

В областях вечной мерзлоты на космических снимках четко выделяются районы развития термокарста, паледей, полигональных и конжелифлюкционных форм и т. п. Нередко прослеживается линейная вытянутость разнообразных форм рельефа, обусловленных мерзлотой. Это указывает на их приуроченность к разрывным нарушениям.

Благодаря отражению экзогенных форм по космическим снимкам возможны проведение геологических (в том числе, литолого-фацциальных) границ; составление роз-диаграмм направлений трещин, которым следуют эрозионные ложбины; подсчет густоты ложбин, определение (не только качественное, но и количественное) денудации склонов, оценка инженерно-геологических и сельскохозяйственных условий и т. д.

Сравнение космических снимков, сделанных в разные сезоны, позволит получить для больших территорий информацию об интенсивности экзогенных процессов и, возможно, выявить преобладание их денудационной или аккумулятивной направленности (например, склоновых, русловых, пойменных, морских волновых процессов и т. д.). Интересный пример сложных ландшафтных связей был намечен по космическим снимкам описанной горной страны. На снимке видно не только то, что распространение разной растительности (и в деталях — лесов разных типов) следует плановым рисункам элементов рельефа, но и что рисунки блоково-разрывной тектоники, выраженные в рельефе ломаными границами горного рельефа и впадин, системами гряд и долин, тонко отражаются в рисунках облачного покрова. Облака образуются над повышениями и разрываются над понижениями. Известны также примеры отражения в облачном покрове разломов, не выраженных в рельефе (и даже пересекающих морской залив). По-видимому, такое отражение тектонических структур обусловлено дифференциацией состояния пород, их температуры, увлажненности и т. д. и отсюда — дифференциацией инфракрасного излучения поверхности Земли, влияющей на тепловое состояние атмосферы. Подобные явления, еще очень мало изученные, намечают широкие перспективы комплексного дешифрирования космических снимков.

В целом, использование космических снимков позволит:

1. Ускорить и удешевить тематическое и, в частности, геоморфологическое картирование и сделать его принципиально более полным и объективным.

2. Более четко понять общепланетарные закономерности взаимосвязей процессов, происходящих во внутренних и внешних оболочках Земли: тектоносфере, гидросфере и атмосфере, а также на поверхностях их разделов и в первую очередь — поверхности Земли. Пока можно только предположить, что эти взаимосвязи

более значительны, чем это считалось до сих пор. Не случайно, например, некоторые крупные вихревые морфоструктуры поразительно точно повторяют в плане рисунок циклона и т. д. Такая взаимосвязь понятна: она обусловлена вращением Земли, сложным строением ее физических полей и разобраться в ней помогут именно космические многозональные снимки в сопоставлении их с данными геофизики и геологии.

3. Такое изучение будет способствовать и выявлению самых разнообразных природных ресурсов, чему, безусловно, поможет автоматическая обработка космической информации, широкое применение ЭВМ. Однако этот путь обработки космической информации пока идет в излишнем отрыве от естественных наук, а поэтому еще не дал ожидаемых результатов для выявления природных ресурсов. К составлению программ для ЭВМ, считывающих устройств должны быть привлечены естественники, поскольку результаты обработки той или иной программы электронно-вычислительной техникой зависят от самой программы. Следовательно, при ее составлении необходимо не только представлять, что в машину закладывается, но и *зачем*, т. е. каков должен быть результат. Между тем техники и математики не всегда даже отдаленно представляют, что дает тот или иной конкретный акт проведения сложных вычислительных операций для исследования «природных объектов» и даже о каких именно «объектах» идет речь. Такое изучение природных объектов вообще, без их многообразной конкретизации может и не дать никаких полезных выводов или в лучшем случае подтвердить уже известные. Перспектива использования космической информации и ее обработки может быть очень большой, но при условии согласованных действий естественников, картографов и математиков.

Глава XI

МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ ВСИМОПОМОГАТЕЛЬНОЙ КАРТЫ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЛЬЕФА И ИТОВОВЫХ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Предложенная методика разработана в лаборатории геоморфологического картирования (при кафедре Геоморфологии географического факультета МГУ), включает изучение разломов и разрывных нарушений как фрагментов единой решетки. Оно является необходимым этапом геоморфологического картирования. Разломы и разрывные нарушения, как было сказано, определяют главные черты рельефа и долинной сети. Это отчетливо выявляется в горах, на плоскогорьях, денудационных равнинах и менее четко — на аккумулятивных равнинах. Однако и здесь можно выделить разломы преимущественно при помощи морфоструктурного анализа, включающего изучение космических снимков. На этом основании появилась особая задача — составление предварительных геоморфологических карт и схем: элементов рельефа, разломов и разрывных нарушений, геолого-геоморфологических профилей и др.

Предполевой морфоструктурный анализ и составление предварительных карт дает необходимую основу для выявления ведущего генетического фактора и составления общих геоморфологических карт.

Морфоструктурный анализ, как указывалось, необходим при групповой геоморфологической съемке. Специальное геоморфологическое картирование в связи с поисками нефтегазоносных структур, эндогенного оруденения, россыпей и других видов полезных ископаемых в настоящее время не мыслится без морфоструктурного анализа.

По линейным элементам рельефа выявляются разломы, которые геологическими методами устанавливаются с трудом и большими затратами. Поэтому составление предварительных карт целесообразно и перед геологической съемкой. Составление предварительных карт на основе морфоструктурного анализа сокращает полевые работы.

Наилучший путь для выявления роли блоково-разрывной тектоники в рельефе — составление карты блоков и схемы разрывных нарушений. Так как блоково-разрывная тектоника образует, как сказано выше, каркас рельефа, составление подобной карты, естественно, становится первым этапом геоморфологического картирования и задачей подготовительного периода. Карта позволяет отобрать основные элементы морфотектоники для отражения их на основной геоморфологической карте и в то же время сама является средством исследования.

На примере четырех очень разных по тектонике и рельефу горных — стран — Карпат, Алтая, Южного Урала и Большого Кавказа разработаны следующие несложные приемы морфоструктурного анализа для составления общих геоморфологических карт съемочных масштабов на основе групповой съемки (Башенина и Трещов, 1971; Башенина, 1972, 1975).

1. Анализируются геологические, тектонические и другие тематические карты района, в том числе более крупных и более мелких масштабов, чем масштаб карты. На кальку или пластик с этих карт переносятся все участки глубинных разломов и разрывных нарушений, доказанных геологическими и геофизическими данными или выявленных по рельефу на тематических картах. Если таких карт крупных и средних масштабов нет, анализируются мелкомасштабные карты, используются геофизические данные.

2. Анализируются топографические карты как более крупных, так и более мелких масштабов, снимки с орбитальных станций, аэрофотоснимки.

По результатам анализа составляются аналитические карты.

1. *Карта разломов и разрывных нарушений.* Карта составляется по рисунку долинной сети и по другим характерным особенностям рельефа и ландшафта (уступам, ступеням и др.). Эти данные совмещаются на единой кальке с разломами, перенесенными с геологических и других тематических карт.

2. *Карта элементов рельефа.* Выполняется в цвете. Элементы

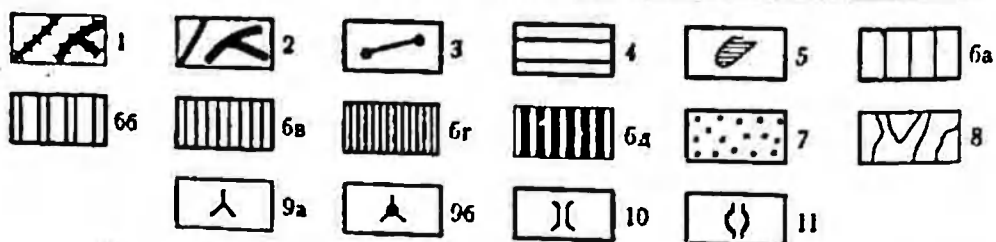


Рис. 37. Карта элементов рельефа одного из районов Урала
(Е. А. Рубина):

гребни и узкие ступенчатые вершинные поверхности хребтов: 1 — выше 1000 м; 2 — до 1000 м; 3 — мелкосопочные гряды; 4 — поверхность сыртов; 5 — локальные ступени на склонах хребтов; 6 — склоны (а — до 5°, б — до 15°, в — до 25°, г — до 35°, д — свыше 35°); 7 — днища межгорных впадин; 8 — речные долины и озерные котловины; 9 — вершины: а — конические, б — округленные; 10 — седловины; 11 — водораздельные седловины впадин

рельефа выделяются по морфометрическим и морфографическим характеристикам. Для составления такой карты в любом масштабе анализируются космические снимки. Для карты масштаба 1 : 500 000 анализируются также топокарты масштаба 1 : 300 000, в масштабе 1 : 200 000 — 1 : 100 000, в масштабе 1 : 100 000 — 1 : 50 000; в масштабе 1 : 50 000 — топокарты 1 : 25 000. Карту следует составлять на подлинной топооснове в масштабе окончательной геоморфологической карты. На карте показываются следующие элементы рельефа (рис. 37).

Гребни, вершинные поверхности и отдельные вершины хребтов и массивов по различиям их абсолютных высот и морфографическим особенностям; градация высот выбирается в зависимости от характера рельефа; например, 300—400 м для Карпат (Польских, Чешских, Румынских, Советских), Алтая, Уральских гор, Скандинавских гор и др. Для Альп, Кавказа, Пиренеев интервалы высот могут быть больше. Наиболее возвышенные из указанных элементов рельефа закрашиваются более темным цветом. Оттенком цвета дается характеристика не только по высоте, но и форме вершинной поверхности. Например, если она уплощена и ступенчатая, то для верхней ступени берется более темный оттенок цвета, выбранного для той или иной высотной градации. Форма гребня подчеркивается не только цветом, но и рисунком знака.

Склоны. Выделяются на карте только по крутизне и также закрашиваются разными оттенками одного цвета: чем круче, тем темнее. Количество градаций крутизны меняется в зависимости от масштаба.

Ступени на горных склонах. Выделение ступеней по различиям высот (которые проставляются на карте) позволяет выявить их принадлежность к определенным высотным уровням. Ступени в пределах единого высотного уровня даются цветом. Чем выше уровень, тем должна быть интенсивнее и ярче окраска. Единичные локальные ступени на любой абсолютной высоте показываются одним цветом.

Межгорные впадины. Их днища выделяются по высотному положению впадины и в зависимости от этого показываются разными оттенками зеленого цвета и зелено-желтого. На картах крупных масштабов в цвете можно отразить и высоту, на которой расположена впадина: чем выше, тем темнее. Ступени бортов впадин изображаются по тому же принципу, что и ступени склонов хребтов, чем выше, тем ярче.

Долины рек. Показываются другими оттенками зеленого цвета, отличными от цвета впадин и разными в зависимости от их связи с главными долинами или межгорными впадинами. Крупные ступени в долинах, как и в днищах межгорных впадин, выделяющиеся на более крупномасштабной (чем масштаб окончательной геоморфологической карты) топокарте, изображаются более светлыми оттенками зеленого цвета. Эти ступени большей частью представляют собой террасы (разного типа), но, как указывалось, на этой карте элементы рельефа не выделяются по генезису. Высоты

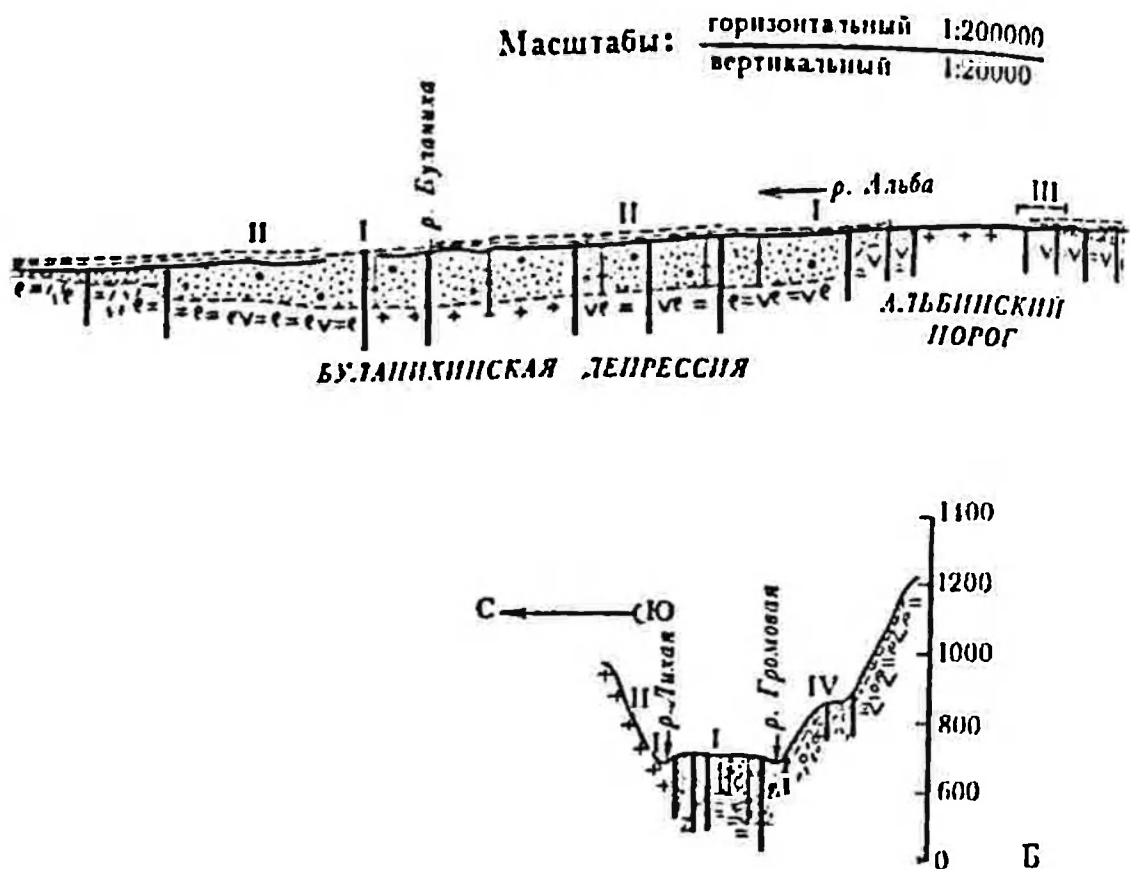


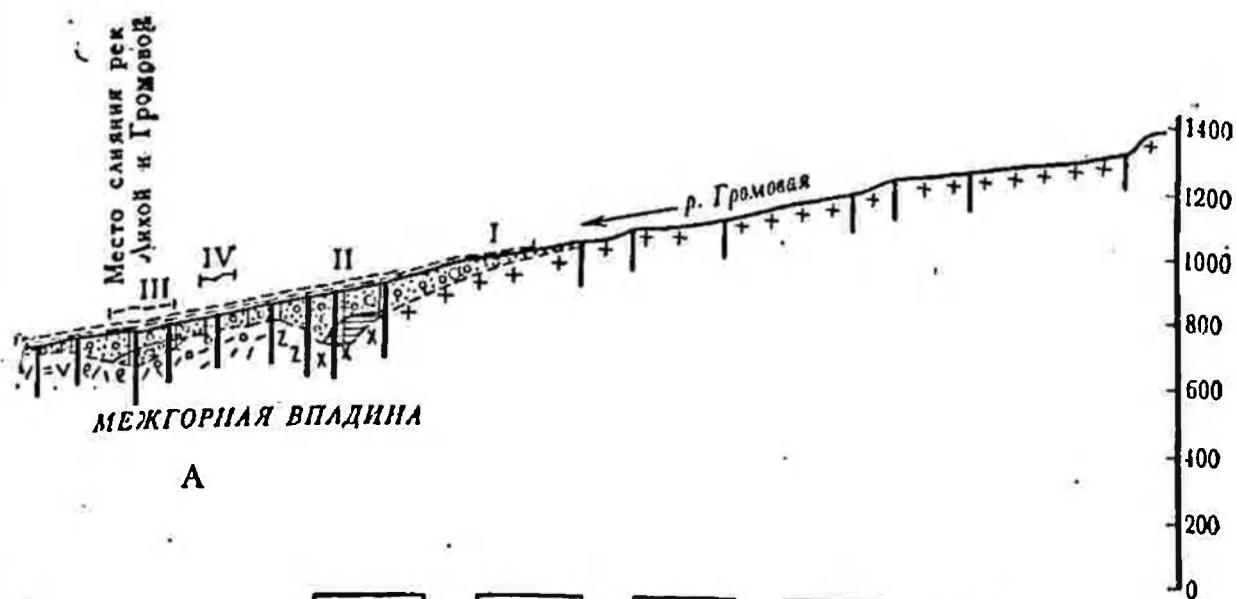
Рис. 38. Геолого-геоморфологические профили участков рек Альбы и Громовой
А — продольный, Б — поперечный:

1 — метаморфизованные туфогенные песчаники фцллиты O_2 ; 2 — туфы, порфиры кислого глинистые сланцы, алевролиты среднего состава D_2 ; 6 — граниты, гранит-порфиры le ; U_2 — P ; 9 — нерасчлененные верхнепалеоценовые и плейстоценовые отложения (преимущественно с дрсвой, щебнем, прослоями песка N_2); 15 — разломы, секущие долины; 16 — скважины;

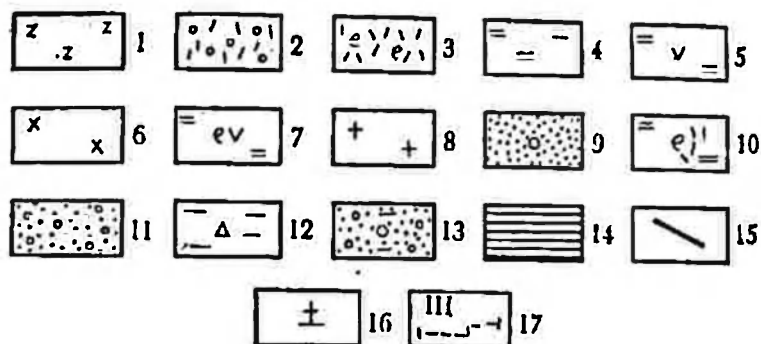
гребней, днщ впадин, ступеней проставляются в легенде. Чем мельче масштаб, тем меньше высотных градаций.

Обрывы, уступы, седловины. Изображаются специальными условными значками (см. легенду 2).

Карта элементов рельефа — предварительная, вспомогательная и ее можно составлять в произвольной окраске, но непременно такой, которая бы четко отражала гипсометрию и пластику рельефа. Границы элементов рельефа следует проводить так, чтобы на карте со всей возможной четкостью был выявлен плановый рисунок соотношения перечисленных элементов рельефа. Чем лучше качество анализируемых топокарт, тем больше может дать и карта элементов рельефа, особенно, если есть космические снимки. Сопоставляя карту элементов рельефа с геологической и со схемой разломов, легко установить, что выделенные хребты представляют разветвленные горсты. Карты элементов рельефа — это как бы цветная проекция топографической карты, достаточно наглядная. Благодаря этому она еще до выезда в поле может многое дать и для объяснения генезиса перечисленных элементов рельефа.



А



(А. В. Мирнова):

состава D_2 ; 3 — туфы, лавы кислого состава D_2 ; 4 — глинистые сланцы D_2 ; 5 — 7 — глинистые сланцы, алевролиты, туфы, лавы среднего состава C_1 ; 8 — гравиты $\gamma C_1 - C_2$, ственно крупногалечниковые); 10 — глинистые сланцы, туфы, лавы кислого состава $C_1 - 3$; вые отложения, Q ; 13 — крупногалечниковый материал с песком, глинистый N_2 ; 14 — глины 17 — уровни надпойменных террас и их номера

При изображении на карте участков выровненных поверхностей шкала крутизны для склонов может начинаться не с 0° , а с 5° , так как интервал $0-5^\circ$ относится, по существу, к ровным поверхностям.

Высоты и раскраска характерных элементов рельефа (хребты разной высоты, впадины, которые можно рассматривать как дифференциально перемещенные блоки), из которых на карте крупных съемочных масштабов вычитываются целостные морфоструктуры, а на картах более мелких съемочных масштабов выявляются сравнительно небольшие морфоструктуры в целом (см. рис. 35). На таких картах выявляются разные уровни блоков, малые решетчатые и кольцевые структуры с уступами в виде кольцевой «лестницы» и пр.

3. Составляются геолого-геоморфологические профили. Продольные и поперечные профили рек и долин составляют по топографическим картам, а их направление выбирают по карте элементов рельефа. К моменту составления профилей на этой карте должны быть уже выявлены ступени, которые могут представлять

собой террасы. Генезис всех элементов рельефа уточняется в поле и в профили вносятся нужные коррективы. На профили наносят данные о геологическом строении, если есть геологические карты или разрезы соответствующих масштабов, разломы и разрывные нарушения, выявленные по космическим и аэрофотоснимкам, геологическим и тектоническим, а также по топографическим картам.



Рис. 39. Кавказ (фото Б. М. Фаминцина)

Если есть разведочные данные (скважины, шурфы, открытые разрезы), сопровождающиеся документацией, то на профилях показывают типы четвертичных отложений (рис. 38). На основании изучения этих отложений устанавливается корреляция террас, после которой возможно построение спектров террас (совокупностей продольных профилей разновозрастных террас, прослеживающихся в долине).

Анализ спектров террас и отдельных геолого-геоморфологических профилей рек и долин облегчает выявление структурных черт района, особенно связанных с локальными тектоническими деформациями. Так, на рис. 38 видно неровное строение коренного дна Межгорской впадины, указывающее на дифференцированное перемещение отдельных блоков, погребенных под рыхлыми отложениями. Неровный продольный профиль р. Громовой свидетельствует о том, что она пересекает разные блоки. Это подтверждается и разломами.

Общие геолого-геоморфологические профили территории съемки составляют два-три на планшет. Направление профилей отмечают по карте элементов рельефа преимущественно вкост про-

стирания основных вершинных поверхностей и гребней, межгорных впадин и долин рек.

Горизонтальный масштаб геолого-геоморфологических профилей должен соответствовать масштабу геоморфологической карты. Вертикальный масштаб берут преувеличенным против горизонтального в несколько раз, что позволяет подчеркнуть детали рельефа территории. На профиле выше гипсометрической кривой знаками

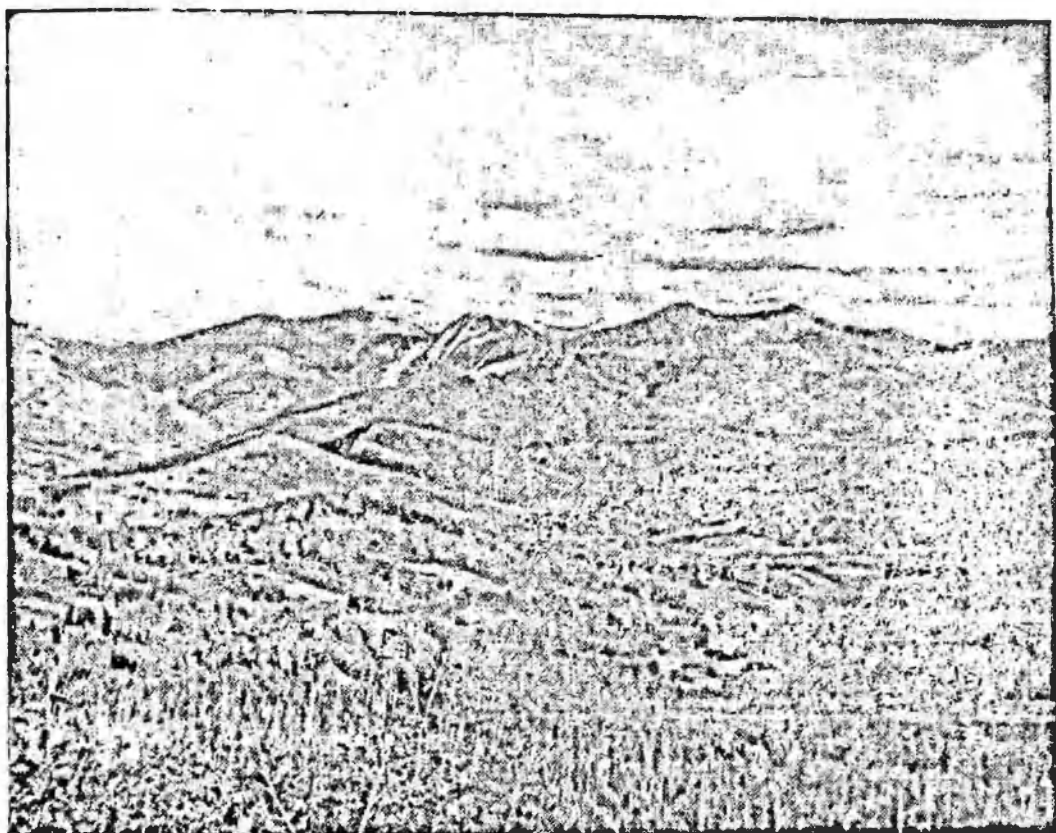


Рис. 40. Алтай (фото А. А. Трещова)

или индексами обозначают генезис и возраст пересеченных профилем элементов рельефа. Ниже гипсометрической кривой показывают геологические особенности территории. Анализ общих геолого-геоморфологических профилей позволяет выявить: количество выдержанных ступеней рельефа; степень зависимости ступеней и других элементов рельефа от геологического строения и структурных форм, что необходимо для понимания их генезиса; характер уступов, разграничивающих ступени рельефа, склонов (рис. 39, 40).

Многое для выявления новейшей и современной тектоники дают продольные профили рек, совмещенные с продольными профилями террас. Пороги, перепады в продольном профиле, участки его плавного падения при сопоставлении с элементами рельефа, пересекаемыми рекой, дополняют представления о неодинаковой интенсивности современных тектонических движений для разных участков района. Различие или сходство совмещенных профилей

русла и террас позволяет судить об изменении тектонического режима за определенный отрезок времени. Эти данные тем надежнее, чем точнее определен возраст террас. Данные о разной интенсивности движений дает сопоставление профилей с картой элементов рельефа и схемой разломов и разрывных нарушений.

4. Проводится дешифрирование космических снимков для выявления регионального фона территории (см. выше) и затем аэро-



Рис. 41. Аэрофотоснимок одного из районов Карпат

фотоснимков: ключевое для составления геоморфологических карт масштабов 1 : 500 000 и 1 : 200 000 и площадное для 1 : 50 000 и 1 : 25 000. Для карт масштаба 1 : 100 000 ключевые участки должны занимать не менее половины всего листа карты. «Ключи» выбирают по карте элементов рельефа, по которой хорошо вычитываются главные морфоструктуры, особенно блоковые. На снимке прежде всего дешифрируют и отбирают по роли в рельефе разрывные нарушения и наносят вначале на накладку из кальки или пластика в масштабе снимка или прямо на снимок (рис. 41, 42). Далее ими дополняются карта разломов и разрывных нарушений и продоль-

ные профили. Дешифрируют разрывные нарушения, выраженные в рельефе уступами, ступенями, седловинами, обрывами, спрямленными участками рек, цепочками озер, порогами и др. Разрывные нарушения, невыраженные в рельефе, по угадываемые по изменению растительности и другим признакам, также дешифрируют и показывают другим линейным знаком. Это необходимо, потому что такие разрывные нарушения, будучи «отсеченными» нарушениями иного направления, на каком-то расстоянии вновь могут быть выражены в рельефе. В миниатюре повторяется закономерность, выявленная по космическим снимкам.

Спрямленные участки рек, логов, промоин вырисовывают, как правило, сложную решетку разрывных нарушений нескольких направлений. Такие участки непременно повторяются по разным (и даже по разнопорядковым) долинам рек. Дешифрируют также другие элементы рельефа: террасы, ступени, склоны разного типа, пики, курумы, седловины, склоновые шлейфы, моренные накопления. Все отдешифрированные элементы рельефа наносят на накладку или снимок. Полученный материал позволяет наметить генезис элементов рельефа, выявленных ранее по морфометрическим и морфологическим характеристикам (рис. 42).

Предварительно выявляется связь геоморфологических элементов с тектоникой. Разломы и разрывные нарушения, проведенные по космическим снимкам, топокартам, аэрофотоснимкам, и сопоставление их с выделенными элементами рельефа дают возможность провести разделение и разломов и разрывных нарушений на порядки по их размерам и выражению в рельефе. Разломы, отдешифрированные на космических снимках (если они есть на данный район), также наносят на карту разломов и разрывных нарушений (вернее, часто лишь границы зон разломов). Это позволяет предложить новые и достаточно объективные критерии для их классификации. Для каждого масштаба могут быть приняты свои порядки разрывных нарушений и соответственно порядки блоков, ограничиваемых ими. Если морфоструктурный анализ применяется для разномасштабного картирования одной и той же территории — от 1 : 50 000 до 1 : 1 000 000, — можно дать единую (хотя и предварительную) классификацию. Чем больше разрывных нарушений подтверждено и охарактеризовано геологическими и геофизическими данными, тем полнее может быть анализ соотношений геоморфологического выражения и геологической сущности нарушений.

Предварительное выделение участков с неодинаковой интенсивностью и направленностью неотектонических и современных движений по карте элементов рельефа, путем корреляции ее с отдешифрированными аэрофотоснимками и картой разрывных нарушений (по мере необходимости и после выполнения некоторых других морфометрических построений) дает возможность еще до выезда в поле выявить основные структурные (тектонические) формы территории, а, следовательно, и морфоструктуры, а также судить о направленности, интенсивности и типе новейших тектони-

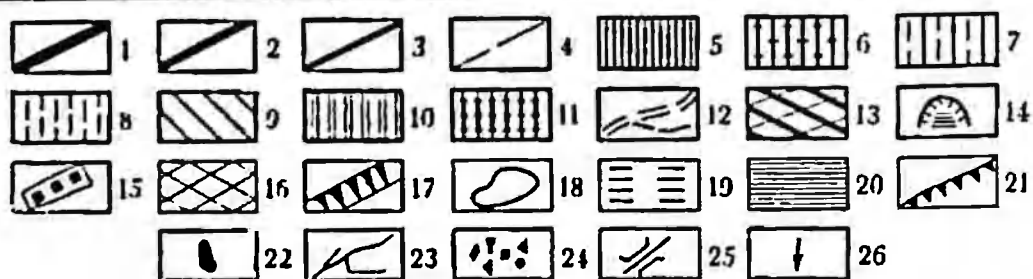
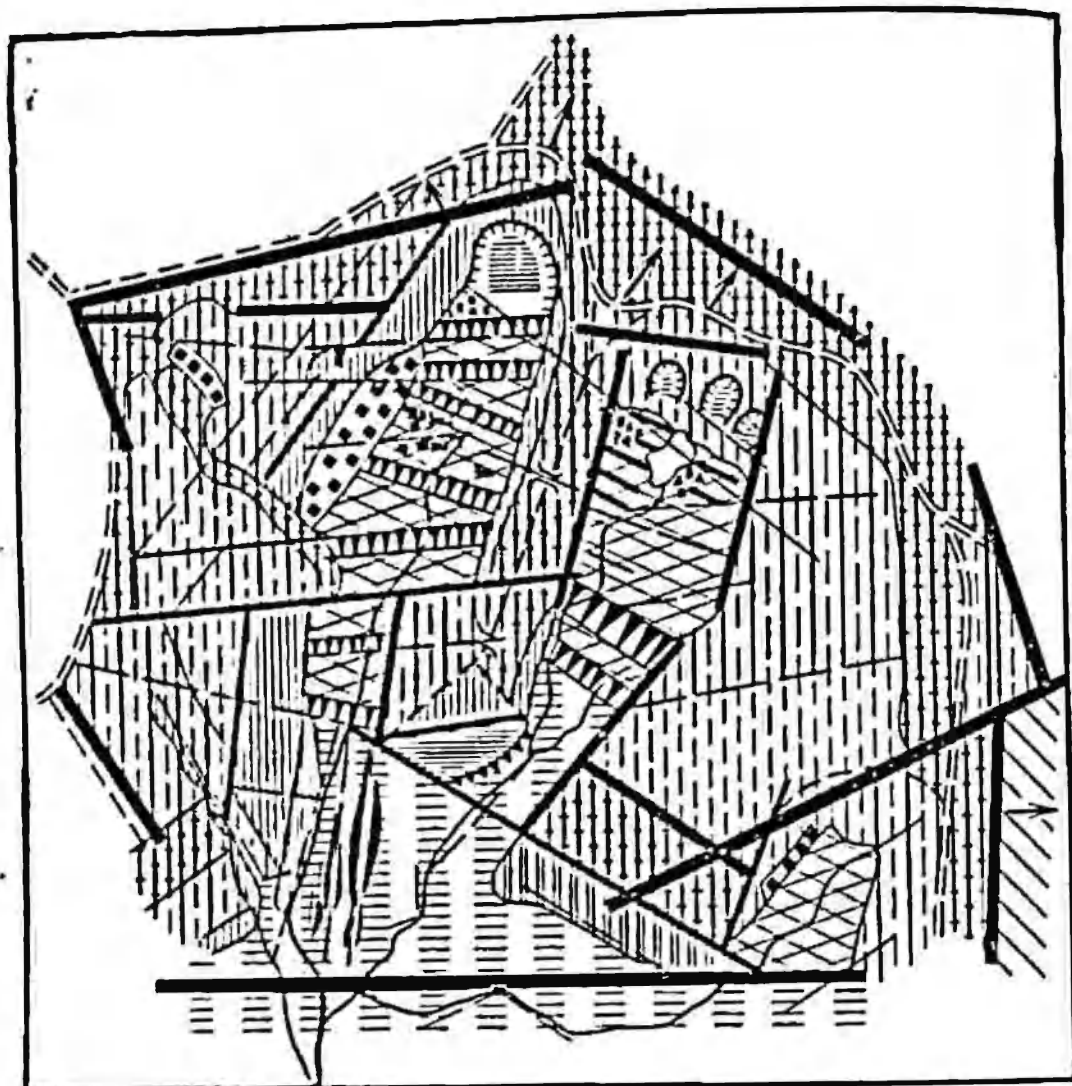


Рис. 42. Схема дешифрирования аэрофотоснимка на один из горных районов Карпат (Н. В. Башенниа):

1 — разломы, разделяющие «полонины» на отдельные горсты со сбросовыми смещениями; 2 — разломы и разрывные нарушения, ограничивающие крупные ниши, блоковые отчлененные хребты и линейно разветвленные горсты; 3 — разломы, вызывающие смещения горстовых хребтов, образующие крупные ступени в нишах; 4 — разрывные нарушения, по которым образуются мелкие блоковые ниши, изгибы речных долин, ступени, седловины; 5 — крутые склоны гряд, обрезанные сбросами, разбитые поперечными разрывными нарушениями и сдвинутые по ним; 6 — крутые сбросовые склоны, подъяденные льдом и снегом; 7 — более пологие склоны «блоково-каровых» ниш с флювиально-мерзлотным расчленением; 8 — пологие склоны этих ниш с флювиально-навальным расчленением; 9 — пологие северо-западные склоны хребта (тектонические наклонные косого горста); 10 — сбросовые склоны; 11 — верхние части пологих склонов Полонины; 12 — узкие гребни хребта и боковых гряд; 13 — днища древних каров; 14 — малые навалыные развывающиеся кары; 15 — продольная блоковая ступень в каре; 16 — поверхности блоковых ступеней — «ригелей» в блоково-каровых нишах, подработанные мерзлотно-навальными процессами; 17 — уступы блоковых ступеней, подчеркнутые разрывными нарушениями и нивацией; 18 — озера в днищах древних каров; 19 — внешние открытые части днищ блоково-каровых ниш, выполненные грубыми отложениями ледниковых селей (реликтовых); 20 — поверхность «отрезанного» (сброшенного) по разрывному нарушению участка блоковой гряды; 21 — скальный уступ его; 22 — продольные

ческих движений в пределах каждой морфоструктуры. Дальнейшее сопоставление карт элементов рельефа и разломов с продольными и поперечными профилями рек и долин, общих геолого-геоморфологических профилей с геофизическими, геологическими и буровыми данными позволит выделить главные зоны сложно построенных систем дифференциально поднятых или опущенных блоков, а корреляция всего перечисленного материала позволит выявить блоки низшего порядка, неодинаково поднятые хребты и массивы, ослабленные пониженные зоны, по которым реки нередко текут в противоположных направлениях, межгорные впадины-грабены и связь отдельных морфоструктур с разрывными нарушениями низших порядков (отчлененных горстовых хребтов, хребтов, вырезанных эрозией по разрывным нарушениям, тектонических седловин, ступеней и др.).

5. Кроме схемы разрывных нарушений можно составить еще одну схему. На кальку, наложенную на топографическую карту соответствующего масштаба, переносят с карты все абсолютные высоты. Составляют шкалу градаций высот в зависимости от интервала между самой высокой и самой низкой точками района. В пределах выбранной градации высоты на кальке показывают разными цветами и соединяют изолиниями, рисовка которых корректируется по схеме разломов. В итоге получают несколько огрубленную схему блоковых структурных форм, так как здесь можно наметить только самые общие очертания крупных блоков. Но может быть именно поэтому ее составление иногда имеет смысл для окончательной карты блоков, тем более, что делается она очень быстро и без привлечения дополнительных материалов.

6. На основании всех этих материалов можно составить карту структурных форм I, II и иногда III порядков (для съемочных масштабов) со снятой экзогенной моделировкой (см. выше). Для многих районов это будет *карта блоков*. Очертания блоков определяются комбинациями участков глубинных разломов и разрывных нарушений разных направлений и порядков (см. рис. 13, 14, 15). Разрывные нарушения разных порядков, как указывалось, следует показывать красными линиями неодинаковой толщины. Зоны блоков первого порядка показывают разным цветом, а блоки второго и более низких порядков — оттенками цвета в пределах блоков первого порядка. Линии границ зон разломов и разрывных нарушений, ограничивающие блоки, несколько спрямляют, поскольку структурные формы и соответствующие им морфоструктуры не абсолютно совпадают по очертаниям (Башенина, 1967; Башенина, Трещов, 1971). Границы морфоструктур менее резки и прямолинейны, так как они или размыты, или замыты, или погребены под новейшими отложениями разного генезиса. Поэтому вторичные изменения, обусловленные явно экзогенными процессами, опу-

Узкие скальные гряды по внешним днищам каров, разбитые разрывными нарушениями; 23 — излучины водотоков, обусловленные разрывными нарушениями; 24 — «грунтовая» морена; 25 — седловины по поперечным разрывным нарушениям; 26 — направление тектонического наклона косых горстов

скают и «блотораздел» проводят вдоль основных нарушений. Рисовку границ блоков необходимо максимально приблизить к тектонической. Для нее типичны зубчатые границы между наиболее поднятыми и наиболее опущенными блоками. Чем сложнее сетка



Рис. 43. Порожистое русло горной реки (фото Б. Парамонова)

разломов и разрывных нарушений и чем более дифференцированы и интенсивны движения блоков, тем сложнее границы между подобными блоками. Они, как говорилось выше, представляют комбинации из участков разрывных нарушений разных порядков. При поднятии одного блока и опускании другого происходит как бы

«выдергивание» мелких блоков, выкроенных по системам нарушений разного порядка.

Основные (для данного района) разломы, разделяющие наиболее крупные блоки, выявляются по различиям высот смежных блоков, наличию ступеней, клиновидных и чешуйчатых горстов склонов и т. п. Если по такому разлому — блокоразделу проходит долина, она обычно крутосклонна, лишена террас, русло заложено в коренных породах и порожиисто (рис. 43). Долины-грабены (так-

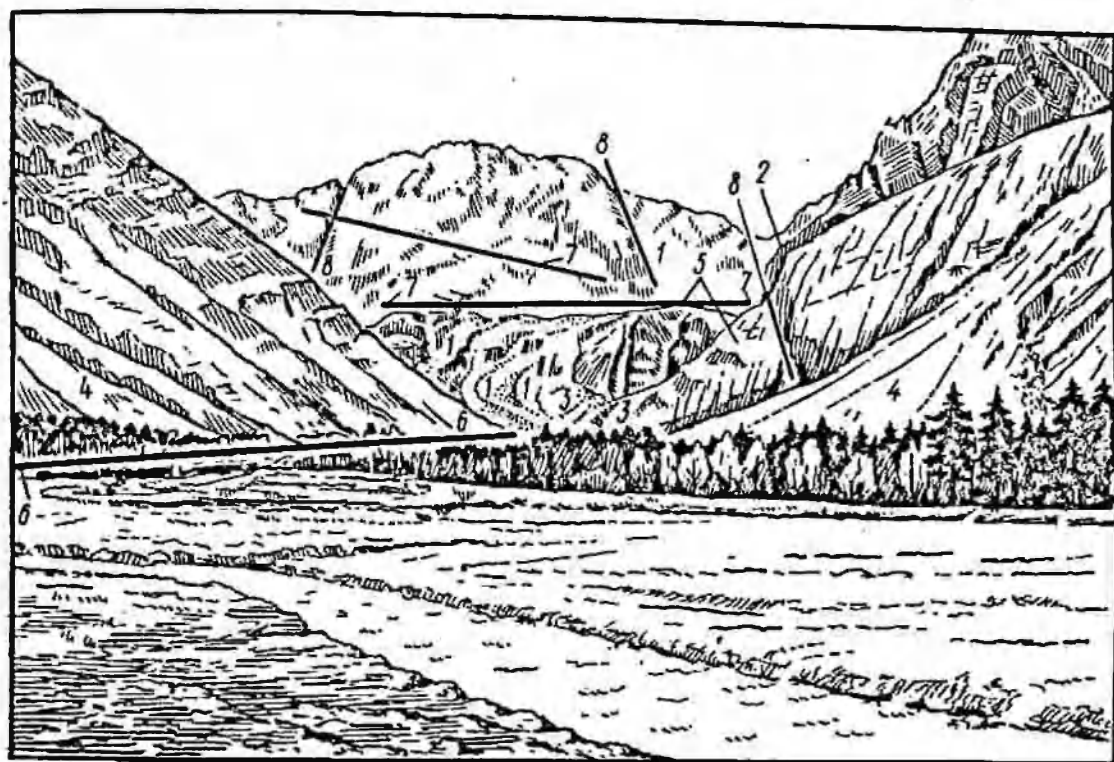


Рис. 44. Грабен долины р. Адырсу (рис. В. К. Бронниковой):

1 — лед; 2 — коренные породы; 3 — моренные валы; 4 — осыпь; 5 — ступень в коренных породах; 6 — границы грабена; 7 — разрывные нарушения, определяющие ступень; 8 — разрывные нарушения

же большей частью блокоразделы) имеют другую морфологию: широкие днища, выполненные рыхлыми отложениями, и пр. В горных районах с активной тектоникой оба типа долин сменяют друг друга и может быть неоднократно на протяжении одной долины. Таковы многие долины Большого Кавказа и в частности — Баксан и его притоки. На рис. 44 виден грабен, расположенный в верхнем течении р. Адырсу, сменившей узкое ущелье порожиистой горной реки, текущей по коренным породам. В таком же грабене р. Адырсу мощность отложений, по данным геофизических исследований, достигает 150 м. Электроразведкой подсечены и обводненные разломы, ограничивающие грабен.

Разрывное нарушение, по которому идет долина, не всегда является блокоразделом. Как обстоит дело на самом деле, помогает выявить сравнение высот рельефа по обе стороны долины. При составлении карты блоков разрывные нарушения, не представляю-

щие блокоразделов, отобрачивают или показывают их линиями другого цвета, поскольку они безамплитудные (это не удалось показать на черно-белых картах).

Сравнение карты блоковых структурных форм с картой элементов рельефа, данными по геологическому строению и рыхлым отложениям и (особенно) по корам выветривания даст достаточно объективный материал о поверхностях выравнивания. Так, исследование одного из горных районов Алтая (рис. 45) свидетельствует

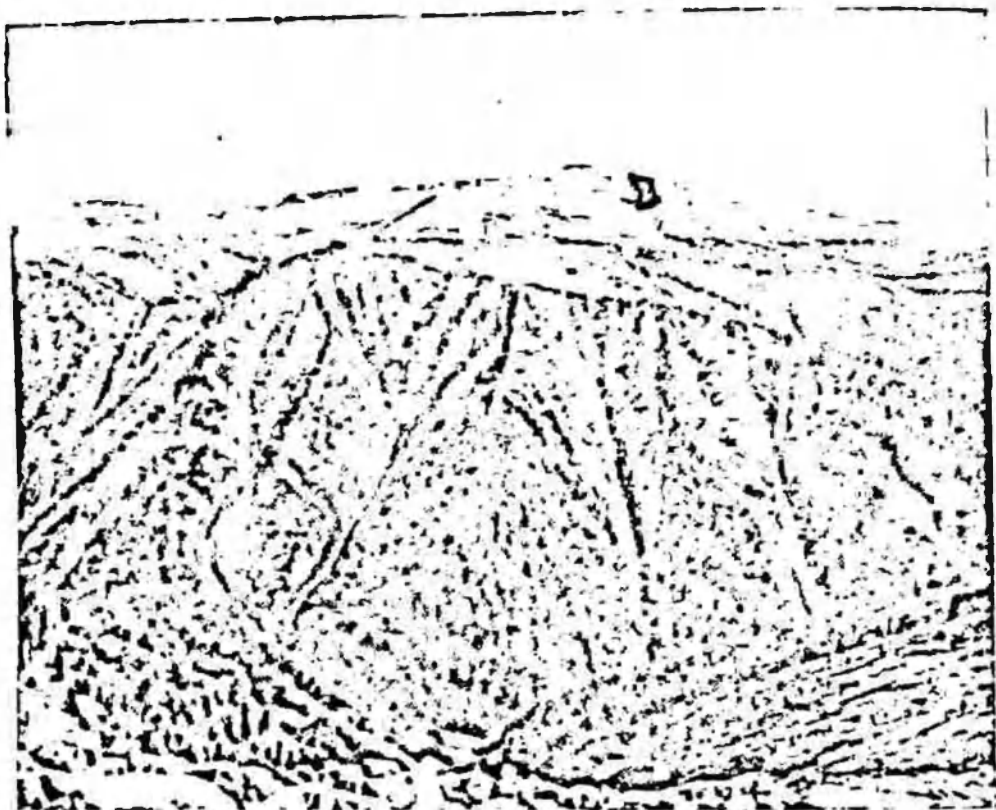


Рис. 45. Россыпной Белок (фото А. А. Трещова)

лишь о возможном наличии здесь одной поверхности, разбитой блоковыми движениями и ныне сложно дифференцированной, хотя ни кор выветривания, ни каких-либо других данных, подтверждающих поверхность выравнивания, нет. Нет и данных о возрасте этой проблематической «поверхности выравнивания». Основанием для этого вывода не может являться также и характер планового рисунка и ступенчатое расположение выровненных участков рельефа. И план, и высотные уровни явно обусловлены блоковой тектоникой. Скорее можно считать, что блоковое «подновление» непосредственно наследовало орогенную стадию, тем более, что палеозойская складчатая структура здесь не выражена.

Сравнивая карты элементов рельефа и карту блоковых структурных форм, можно наметить участки с разной глубиной и густотой расчленения. На этих ключевых участках (разной площади для разных масштабов) можно по аэрофотоснимкам и по космическим снимкам подсчитать количество и глубину эрозионных форм.

Наибольшая расчлененность и глубина эрозионных форм свидетельствует, как правило, о большей интенсивности поднятий, более активной трещиноватости и нередко даже о большей раскрытости трещин.

Изученные предварительные материалы проверяют в поле. В целом они дают хорошую основу для полевого составления двух итоговых карт: синтетической карты блоковых неоструктурных форм и аналитической общей геоморфологической (на морфоструктурной основе).

Глава XII

ПОЛЕВОЕ МОРФОСТРУКТУРНОЕ КАРТИРОВАНИЕ¹

Основные задачи полевого морфоструктурного анализа для крупно- и среднемасштабного картирования

Геоморфологическая карта по морфоструктурному принципу выполняется в результате корреляции материалов, составленных в подготовительный период, полевых исследований и повторного дешифрирования в поле. Ее основой является *карта элементов рельефа*, которая по космическим снимкам, аэрофотоснимкам и полевым данным получает генетическое толкование. Карта позволяет точно выбрать «ключи» — эталонные участки для интерпретации генетических выделов (элементов морфоструктур и форм рельефа экзогенного происхождения).

Полевое картирование в масштабе 1 : 100 000 и мельче включает опорные маршруты между ключами и площадную съемку на ключевых участках. Маршруты должны пересечь все главные морфоструктуры и пройти вдоль и поперек типичных долин. При выборе маршрутов следует учитывать сложность района и наличие обнажений коренных и рыхлых пород. Исследования на ключах проводятся там, где наиболее ясно видно соотношение типичных элементов рельефа с геологическим строением и разрывными нарушениями, имеются характерные разрезы рыхлого покрова, а также на участках со сложным строением.

Для составления карт масштабов 1 : 25 000—1 : 50 000 необходима площадная съемка всего района.

Кроме полевых маршрутов производятся также аэровизуальные наблюдения, лучше всего с вертолета, а на больших по площади территориях с небольшого самолета.

Первая задача полевых работ — уточнение типов морфоструктур. С помощью полевых морфоструктурных исследований решаются два важнейших вопроса геоморфологического картирования: распознавание складчатых и блоковых морфоструктур и разделение морфоструктур, обусловленных препарировкой (лито-морфо-

¹ Эту главу не следует рассматривать в инструктивном плане. В ней содержатся указания для студентов по составлению геоморфологических карт на полевой практике.

структуры) или активной тектоникой. Последнее намечается на предварительной карте структурных форм. Сбросовые склоны, гребни, тектонические наклоны блоков могут быть как отпрепарированными, так и образованными новейшими движениями в более ранние их этапы. Это видно по различиям их плановых рисунков и связи с разрывными нарушениями. Значительная денудированность молодых тектонических склонов может быть обусловлена нестойкостью пород, особенно в зонах сильной трещиноватости, и интенсивностью склонового сноса вследствие активных вертикальных движений. Связь склонов с новейшей тектоникой ясно подтверждается, если имеются следы недавних и современных подвижек: увеличение крутизны у подножия (иногда — резкие обрывы) и «освеженные» полосы поперек осыпей и вдоль перекрытых осыпями отдельных разрывов. Обрыв и полосы выделяются на аэрофотоснимках светлым тоном.

Маршруты следует строить так, чтобы обеспечить наблюдения над формами рельефа и приуроченными к ним обнажениями как непосредственно, так и издалека, для общего обзора с высоких точек. Обзор особенно необходим при изучении горного рельефа, его крупных черт. При обзоре можно, например, наметить на тектонических склонах чешуйчатые и клиновидные горсты, блоковые уступы, ступени и впадины, ступенчатые формы тектоно-гравитационного отседания, курумы разной формы (рис. 46, 47), распространение и характер покрова склоновых отложений и др. Намеченные характерные детали рассматриваются затем в бинокль. Такое изучение может значительно пополнить предварительные представления, полученные по аэрофотоснимкам. Необходимо на месте сравнить наблюдения с аэрофотоснимками, которые обязательно берутся в маршруты, проверить намеченные ранее дешифровочные признаки, откорректировать представленную на карте элементов рельефа истинную картину форм рельефа, видимого в перспективе.

Необходимо также сравнить наблюдаемые в поле черты морфоструктур со всеми тематическими и вспомогательными картами и профилями. Нередко обнаруживается, что хорошо видимые на местности черты не нашли отражения на имеющихся картах. Возникает необходимость дополнения карт по морфоструктурным признакам. Полезно также сравнить с рельефом местности геофизические карты и профили, найти места расположения скважин и сопоставить их разрезы с видимым рельефом в поле.

Все собранные данные сравниваются с картой элементов рельефа и с отдешифрованными аэрокосмическими фотоснимками и намечаются маршруты через основные морфоструктуры.

В поле для картирования морфоструктур и их элементов изучается как первичный *генезис склонов*, так и процессы моделировки: состав и мощности склоновых и террасовых отложений, отложений, выполняющих впадины и долины, слагающих конусы выноса. Собирается материал по определению возраста отложений, изучаются коры выветривания, рельеф и микрорельеф гребней, вершинных

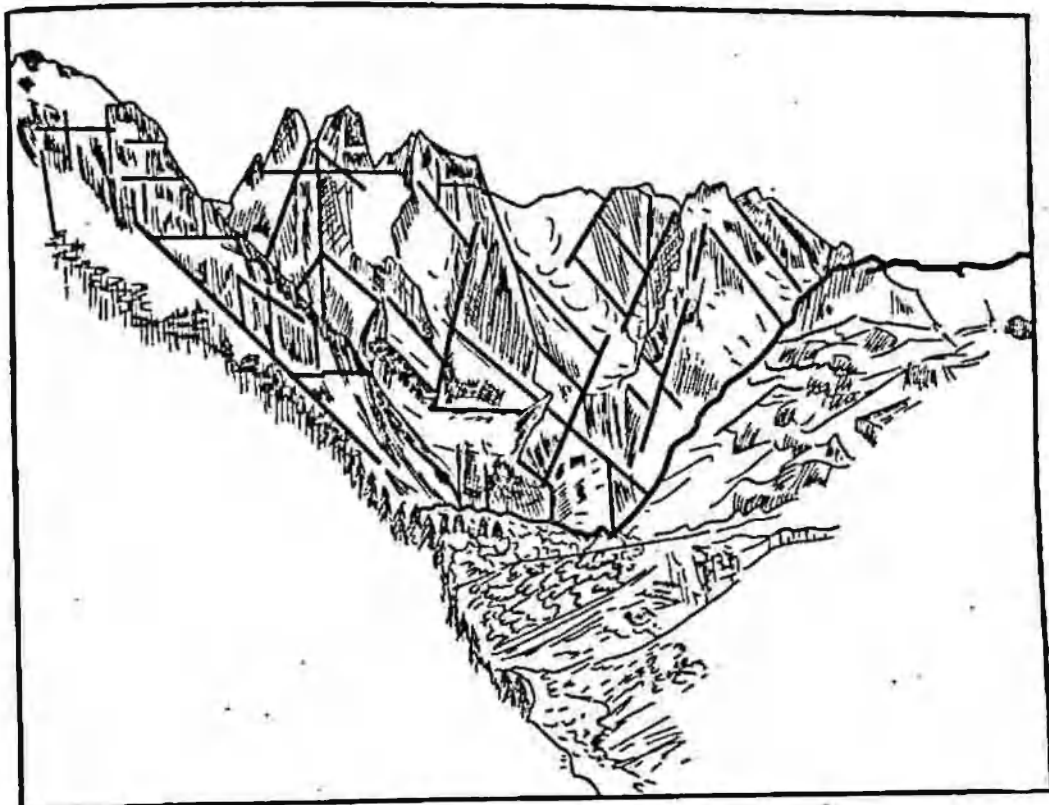


Рис. 46. Система трещин массива Шхельда (Е. А. Рубина)

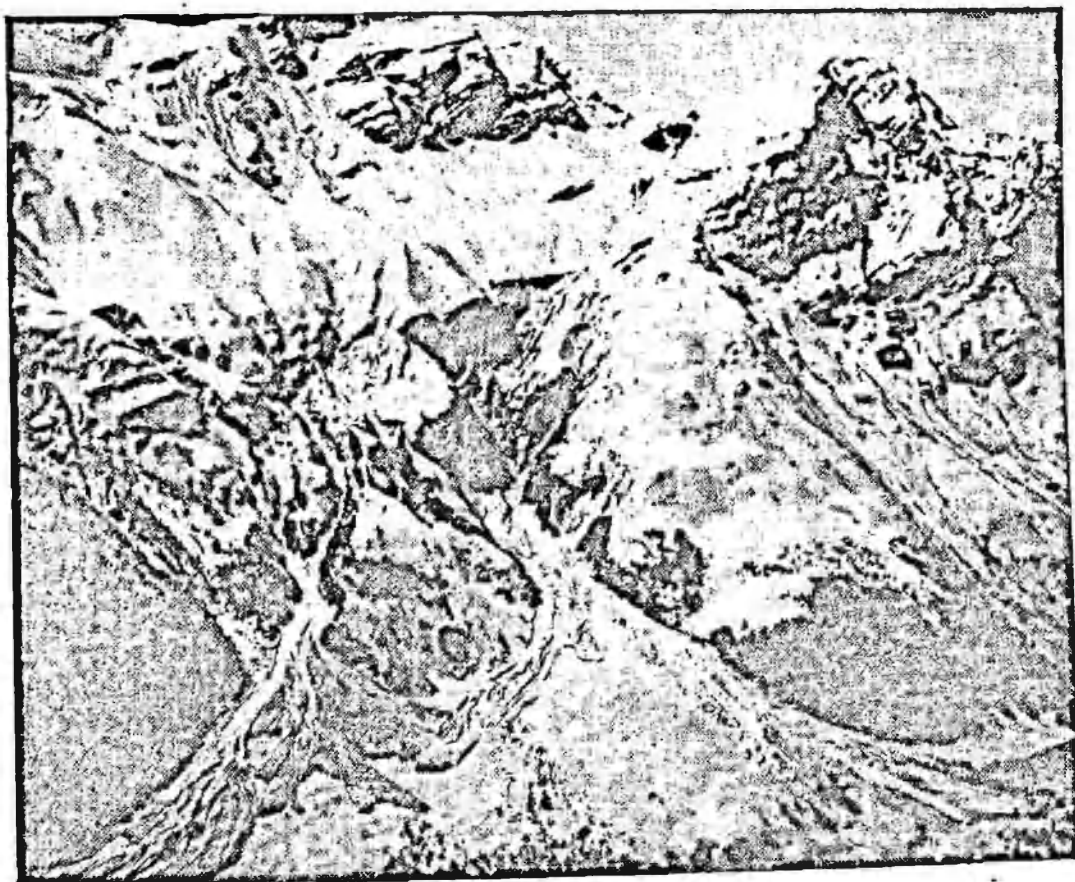


Рис. 47. Лавинные лотки и ступени по трещинам

поверхностей, ступеней рельефа и склонов. По микроформам, их генезису, ориентировке, сочетанию с другими, по их природному рисунку можно достаточно точно судить о процессах, их образующих, о направлении действия процессов и даже их скорости. Формы рельефа все время сопоставляются с данными бурения и геофизическими, как прежними, так и вновь полученными при полевых работах.

Маршруты для изучения склонов необходимо строить двояко: 1) маршруты, с высоких точек которых были бы видны издали склоны долины, хребтов и т. д., их рельеф и микрорельеф, плановый рисунок форм микрорельефа, обнаженность, крутизна и др.; 2) маршруты непосредственно по изучаемому склону; для склонов накопления важно изучить типовые разрезы склоновых отложений разного генезиса.

Для связи полевых наблюдений с результатами предполевого морфоструктурного анализа необходимо *изучение опорных обнажений коренных пород*, оно даст более полные данные о геологическом строении морфоструктур. Помимо общих характеристик пород следует отмечать те литолого-петрографические особенности пород и проявления тектоники, которые могут объяснить именно черты морфоструктур района. Наблюдения над коренными породами важны потому, что в материалах геологических съемок как геоморфологическое значение пород, так и их тектоника не всегда освещаются достаточно. Необходимо отмечать стойкость пород к выветриванию, сохранность угловатых глыб в развалах даже на относительно выровненных поверхностях, уступы стойких пачек на пологих склонах или быстрое образование мелких осыпей слабых пород и наличие свежих обнаженных пород только в подмываемых обрывах, чередование водоносных и водоупорных прослоев и способность пород к оползанию и оплыванию и т. д.

В районах развития мезозойского, палеоген-неогенового и более молодого магматизма рекомендуется изучение образцов пород, так как различные магматические породы характеризуют явления, неодинаковые в морфоструктурном отношении: гипабиссальные и субвулканические интрузии, вулканические и эффузивные образования различных типов, фаз и возраста и др.

Складки, моноклинальное залегание, разрывные нарушения, видимые в обнажениях, нужно прослеживать в рельефе, отмечая, чем может объясниться их выражение: препарировкой или активной тектоникой. Также отмечается и срезанность дислоцированных пород относительно ровными поверхностями рельефа.

Особое внимание в поле уделяется *изучению разломов и трещиноватости пород*, которая может быть связана с крупными разломами, в том числе активными, и в таком случае существенно определять условия выветривания, денудации и препарировки морфоструктур, но, как указывалось, может развиваться и автономно в блоках с разной направленностью и интенсивностью движений.

Между главными разломами обычно протягиваются связанные с ними и параллельные им зоны сгущения трещиноватости, которые

также играют большую роль в формировании рельефа. Поэтому, замеряя трещиноватость даже вне главных разломов, можно получить данные о направлениях их решетчатого плана. Трещины, описанные в обнажениях, должны быть сопоставлены с планом нарушений того или иного порядка и планом морфоструктур. Для этого необходимо на месте сравнить положение обнажений с аэрокосмическими фотоснимками и картами разломов и разрывных нарушений, элементов рельефа и блоковых структурных форм, проследить, как выражаются на них направления трещиноватости, наблюдаемые в обнажениях. Необходимо на месте охарактеризовать геоморфологическое выражение разных направлений трещин: отседание по ним склонов, образование уступов, логов, раскрытых трещин и т. д. Совпадение направления трещин с разрывными нарушениями не происходит лишь в том случае, если трещины развиваются автономно в разных блоках. При описании трещиноватости и обработке наблюдений можно пользоваться статистическими приемами. Однако пока они трудоемки и не всегда достаточно отражают геоморфологическое значение трещиноватости. Поэтому рекомендуется пользоваться упрощенными приемами фиксации главных направлений трещин (Томсон, 1969).

Изучение ослабленных разрывных нарушений наиболее важно для морфоструктурного анализа, но их строение трудно увидеть. Им обычно следуют долины, ложбины и седловины, в которых нарушения оказываются закрытыми аллювием или склоновыми отложениями. Поэтому особый интерес представляют сравнительно редкие хорошие обнажения таких нарушений. Как правило, это обрывистые, подмываемые склоны крутых долин в стойких породах, идущие вдоль омоложенного нарушения. Характерные прямые и ломаные очертания таких склонов легко дешифрируются на аэрофотоснимках. Это позволяет наметить их как точки главных маршрутов. В поле формы склонов описывают, зарисовывают и фотографируют. При этом изучают не только самые крутые обнаженные их части, но и остальные, нередко залесенные. На них можно обнаружить небольшие резкие уступы и рвы, не видимые на аэрофотоснимках. В обнажениях следует попытаться найти зеркала скольжения и другие следы смещений и установить, являются они свежими или древними. Один из признаков новейших разрывов (обычно в зонах древних разломов) — трещины без признаков минерализации или только с лимонитовой минерализацией.

Частыми для разрывных нарушений в пределах долгоживущих разломов являются древние плотные милониты, раздробленные позднейшими, повторявшимися подвижками. Более ранние трещины могут быть плотно залечены, например, кварцевыми жилами, а новейшие подвижки — проявляться дроблением милонитов и кварцевых жил, трещинами свежими или с поверхностной лимонитовой минерализацией.

Морфоструктурным анализом и дешифрированием нередко намечаются крупные разломы там, где они, якобы, не подтверждаются геологическими данными. Таковы, например, уступы между раз-

личными по высотам и рельефу крупными блоками. Характерные геологические признаки разломов: милолиты, минерализация, дай-ки и др. — могут здесь отсутствовать, однако нередко они устанавливаются в отдалении от уступов. Такие уступы формируются новейшими движениями вдоль долгоживущих разломов, но не по залеченным главным нарушениям, а по второстепенным и вновь возникшим.

Второй случай кажущихся расхождений геологических и морфоструктурных данных связан с тем, что при замерах трещин по обычной геологической методике может не быть установлено простираание зон главных разломов. Обнажения таких зон часто образуют зубчатые скалы, ограниченные трещинами скола под средними углами к общему простираанию обнажений. При описаниях обнажений отмечают лишь плоскости этих трещин, но они не закономерны по отношению к общему простираанию главного активного нарушения, отражающегося неправильными трещинами отрыва, которые трудно заметить. Такие главные нарушения обнаруживаются на аэрофотоснимках и в поле по общим прямым очертаниям участков долин и уступам.

Мелкие молодые и омоложенные нарушения часто выделяются на скалах солевыми выцветами на выходах трещинных вод или линейно расположенных источников. Главные крупные зоны глубинных разломов легче обнаружить в поле, если предварительно они выявлены по космическим снимкам и, возможно, геологическими исследованиями. В поле при детальных работах и по аэрофотоснимкам их обнаружить трудно, так как зона имеет большую ширину (см. классификацию разломов) и может захватывать много снимков.

Крутые уступы на осыпных склонах хребтов, которые намечаются по аэрофотоснимкам как омоложенные сбросы, на местности оказываются большей частью покрытыми глыбовой осыпью более крупнообломочной, чем на других участках склонов. Коренные выходы в этих уступах обычно сильно разрушены и отделить в них следы новейших движений от гравитационного отседания трудно. Следует тщательно описывать формы этих уступов, изменения крупности материала и микрорельеф осыпей, «освеженные» полосы поперек осыпей и др. Светлый их тон на аэроснимках связан с тем, что усиленнодвигающиеся здесь глыбы, по-видимому, переворачиваются и менее покрыты лишайниками. Особого внимания заслуживают сбросовые склоны, вверху представляющие ровную осыпь, а ниже имеющие неровную, обычно залесенную поверхность. Такой рельеф может быть образован быстрым соскальзыванием осыпей при сейсмических толчках. Наконец, необходимо подробное описание «освеженных» уступов основания сбросовых склонов. Обычно эти уступы также покрыты осыпью, но образуют неровные вторичные уступы и впадины, указывающие на неравномерное движение основания осыпей. Эти формы должны быть внимательно изучены с точки зрения объяснения их новейшей тектоникой или как грунтово-водного и снежного педиментного забоя. Не исключается и на-

личие тектонического уступа, блоковой ступени, которая одновременно подрабатывается как педиментный забой разными склоновыми процессами. Уступы на водоносных приоткрытых разрывах часто характеризуются и родниковыми нишами, оплывинами, оползанием и сильной увлажненностью основания. Однако эти черты свойственны и денудационным забоям. Необходимо установить, связаны ли в наблюдаемых случаях они с выходами воды, стекающей по осыпи, или с выходами трещинных вод.

Типичные участки закрытых разрывных нарушений, выраженных небольшими рвами, ложбинами, осыпными уступами, должны быть по возможности вскрыты канавами, расчистками и шурфами и пересечены линиями электропрофилирования. Для сравнения этих форм с участками вне предполагаемых нарушений (по густоте и раскрытости трещин, выветрелости пород, обводненности и другим характеристикам) должны быть исследованы и борты ложбин, участки склонов выше и ниже уступов и т. д. Нужно также вскрыть и пересечь линиями электроразведки вогнутые перегибы между крутыми и пологими склонами, чтобы выяснить, являются ли перегибы зонами сбросов или денудационными педиментными «переломами». Для долин, следующих разрывным нарушениям, рекомендуется электропрофилирование и бурение в зонах более или менее ясно намечающихся нарушений (например, под прямыми в плане уступами цокольных террас, в выдержанных зонах источников, расположенных по дну долин и в основании склонов).

Рыхлый покров для морфоструктурного анализа изучается наравлению. В целом должен быть охарактеризован рыхлый покров всех типичных морфоструктур и прослежены характерные различия его соответственно контурам блоков, намеченных на предварительных картах. Такое изучение одновременно дает дополнительный материал для восстановления дифференциальных движений морфоструктур.

Приемы изучения характеристики рыхлого покрова обычны: выделение и описание террас и их разрезов, рыхлого покрова типичных склонов и их разных частей, расчленение разрезов по литолого-петрографическим характеристикам, мощности, фациям и возрасту и т. д. (Башенина и др., 1962). Эти исследования имеют и свои особенности. Так, террасы изучаются не равномерно вдоль по долине или бассейну, а на участках, на которых изменяются количество, высоты и разрезы террас, и участках, на которых спектр террас относительно постоянен. Устанавливается также, затрагивают ли эти изменения все террасы или только, например, верхние и средние. Прослеживаются вверх по течению участки относительно снижения террас, слияния их друг с другом и с поймой, а также расходящиеся веера террас, свидетельствующие о большем поднятии в верховьях.

Особо изучаются аккумулятивные формы рельефа и их строение.

Разновозрастные элементы рыхлого покрова рассматриваются с точки зрения истории формирования рельефа и особенно общих тектонических движений и дифференциальных движений морфост-

руктур. Так, расчленение древних подгорных шлейфов и образование вложенных в них более молодых и грубых конусов выноса сопоставляются с морфологическими следами молодых поднятий хребтов. Эрозионное расчленение мощного аллювия и озерно-аллювиальных отложений в террасах долины-грабен, межгорных впадин-грабен в некоторых случаях может рассматриваться как доказательство смены знака движений.

Детально изучаются явные или возможные следы резких новейших дислокаций террас и рыхлого покрова: сбросовые уступы в подгорных шлейфах и моренах, разрывы слоистости отложений и т. д. При этом анализируется возможность других объяснений (эрозией, криотурбациями и т. д.).

С точки зрения связи с морфоструктурами и их движениями изучаются также современные геоморфологические процессы и направленность их действия. Например, выделяются участки долин, где происходят формирование или расчленение пойм, явления подпора рек, участки прогрессивного расчленения склоновых отложений и развития оползней на сбросовых уступах и т. д.

Описанные примеры касаются главным образом горного рельефа, плоскогорий и возвышенных денудационных равнин. На низких денудационных равнинах, сложенных слабо консолидированными отложениями, проявления новейшей тектоники более слабы. Но и здесь активные морфоструктуры определяют главные черты и детали рельефа и рыхлого покрова (например, в Нижнем Поволжье). Однако выявление этих черт здесь труднее и поэтому при детальной полевой съемке приходится неоднократно обращаться к предварительным материалам, характеризующим морфоструктурный региональный фон и отдельные установленные факты новейших движений. Еще более важно сравнение фона района с общим планом для обширных низменных аккумулятивных равнин, сложенных четвертичными отложениями. Здесь возможность прямых наблюдений над новейшими дислокациями представляет исключение. Участки таких равнин различаются по дренированности, почвенно-растительному покрову и особенностям четвертичного покрова, иногда очень тонким. Закономерности и контуры изменений нередко остаются неясными. Анализ космических снимков и с его учетом составление карты элементов рельефа могут дать основу для выявления этих контуров, так как и на аккумулятивных равнинах оно вскрывает «блоковый» план речной сети и ландшафтных особенностей междуречий. В поле схема плана проверяется и уточняется изучением особенностей блоков, форм дренажа, различий и дешифровочных признаков микрорельефа, почвенно-растительного покрова, состава рыхлых отложений. Недостаточно изученным остается механизм связи долин с разломами. По-видимому, происходит ослабление рыхлых отложений над активными разломами фундамента, причем оно носит характер общего разрыхления и реже — образования трещин, которые трудно отличить от трещин экзогенного происхождения («зоны раструски», по Воронову и Егоровой). Разрых-

ление, по-видимому, может быть установлено электропрофиллированием.

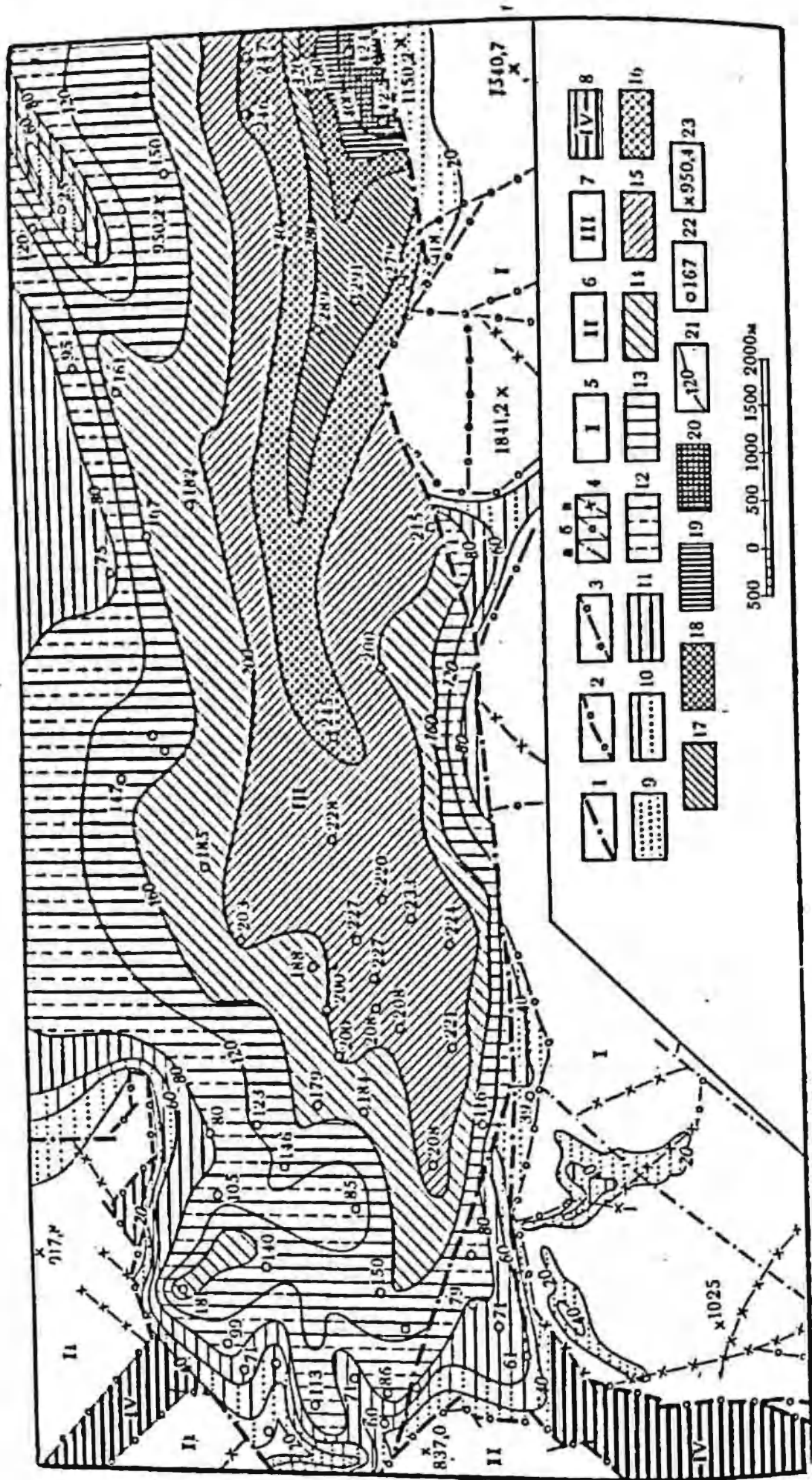
Отражение экзогенных явлений на геоморфологической карте здесь специально не рассматривается (см. главу VI, легенду 2 и составленные по ней карты 3, 4, 5, 6 и 7). Нужно только отметить, что и они могут характеризовать важные черты морфоструктур и направленность их развития. Так, границы распространения усиленного врезания в речных бассейнах и склонов разной крутизны и типов часто отражают границы дифференциальнодвигающихся блоков и т. п. Все это следует иметь в виду.

Особую специфику имеет изучение вулканических территорий (Бальян, 1969). Главное внимание в таких районах необходимо обратить на следующее: 1) возраст и состав разновозрастных лав, 2) типы вулканических морфоструктур (лавовые потоки, плоскогорья, щитовые массивы, шлаковые конусы и др.), 3) соотношение лав разного возраста и рыхлого покрова неодинакового генезиса и возраста, 4) характер долавого рельефа, 5) выявление разломов и разрывных нарушений, 6) выяснение соотношения разломов фундамента, разрывных нарушений и вулканических морфоструктур, 7) анализ связи молодых форм экзогенного происхождения (каров, трогов, речных долин) с разрывными нарушениями и др. Как видно из этого неполного перечня, все это невозможно установить без изучения аэрокосмических снимков, геофизических данных и других приемов морфоструктурного анализа.

Данные полевых работ должны быть отражены на карте фактического материала, на которую наносятся проделанные маршруты, границы ключевых участков, точки наблюдений, обнажений, проведенных в поле горных выработок и геофизических наблюдений и геофизические профили. Все обозначения разделяются формой значков и цветом по видам (например, обнажения коренных пород и рыхлых отложений). Вместе с картой разведанности, составленной в предварительный период, карта полевого фактического материала облегчает составление итоговых документов: геоморфологической карты и карты блоковых неоструктурных форм и позволяет судить об их обоснованности фактическими данными.

Итоговые карты

Морфоструктурные исследования позволяют создать основу для итоговых карт: 1) аналитической геоморфологической карты; 2) синтетической карты блоковых неоструктурных форм со снятой экзогенной переработкой; справедливо такие карты Ю. Г. Симонов называет картами «идеального» рельефа, а Н. Г. Шубина и Л. Б. Аристархова (1965) — восстановленного тектонического рельефа (см. рис. 10, 11, 13, 14); при составлении их могут восстанавливаться и сильно переработанные экзогенными факторами структурные формы, 3) дополняющая карта мощностей и фаций рыхлых коррелятивных отложений; она особенно важна для исследований в крупных масштабах (рис. 48).



Особый тип итоговых карт могут представлять карты морфоструктурного районирования. От карт структурных форм они отличаются тем, что на них блоки разных порядков дополняются в легенде краткими региональными характеристиками. Эти синтетические карты интересны для мелких масштабов, так как дают лишь самую общую характеристику рельефа. На рис. 49 видно, что разломы как продольные «карпатского» направления, так и поперечные направлению главных, а также и других направлений (широтные, меридиональные и др.) разделили на блоки разных порядков восемь главных морфоструктурных зон, сложных как по структуре, так и по рельефу. Каждая представляет мозаику блоков разного порядка. В морфоструктурах первого порядка выкроены блоковые морфоструктуры второго порядка, в плане имеющие разнообразный рисунок. Такие блоки в рельефе различаются высотами, глубиной и густотой расчленения, положением в общем морфоструктурном плане, преобладанием тектонических или уже переработанных денудацией склонов, количеством и типом блоковых ступеней, высотой, строением и количеством террас даже в пределах долины одной реки. В блоках второго порядка по сетке разрывных нарушений вырезаны блоки третьего порядка, также сложные, разбитые на еще более мелкие блоки, приподнятые или относительно опущенные («отставшие»). Блоковые морфоструктуры первого, второго и третьего порядков настолько индивидуальны, что для их изображения целесообразнее применение районного, а не типологического принципа. Это даст возможность отразить индивидуальную специфику каждого выделенного блока, хотя в целом морфоструктурный план Карпат более сложен и прихотлив, чем возможно показать на столь мелкомасштабной черно-белой схеме.

Морфоструктуры первого порядка (для данного района) выражены в рельефе в целом и отличаются по главным структурно-литологическим и морфологическим чертам. Внутри каждая из них построена по-разному (рис. 49) ¹.

При рисовке контуров на окончательных картах прослеживают прямые линии рельефа, отражающие блоково-разрывную тектонику — «каркас» карты, без искусственного их закругления, если

Рис. 48. Фрагмент карты блоковых структурных форм и мощностей рыхлых отложений (Н. Н. Тальская):

Разломы и разрывные нарушения: 1 — крупные разломы, разделяющие блоки первого порядка; 2 — разрывные нарушения, разграничивающие блоки второго порядка, выраженные в рельефе крупными долинами, глубокими седловинами; 3 — разрывные нарушения, разделяющие блоки низших порядков и выраженные в рельефе малыми долинами, пересыбками склонов, ложбинами; 4 — разрывные нарушения; а — доказанные геологическими данными, б — выделенные по геоморфологическим данным, в — выявленные при дешифрировании аэрофотоснимков. *Блоки:* 5 — поднятые блоки среднегорного рельефа; 6 — менее поднятые блоки низкого рельефа; 7 — межгорная впадина — грабен; 8 — линейные грабены. *Мощности рыхлых отложений (в метрах):* 9 — 20—40; 10 — 40—60; 11 — 60—80; 12 — 80—120; 13 — 120—160; 14 — 160—200; 15 — 200—240; 16 — 240—280; 17 — 280—320; 18 — 320—360; 19 — 360—400; 20 — 400—440; 21 — изолинии мощностей рыхлых отложений; 22 — буровые скважины, цифры — мощность рыхлых отложений (в метрах); 23 — максимальные высоты внутри каждого блока

¹ Карта отражает взгляды Н. В. Башевиной на формирование рельефа Карпат.

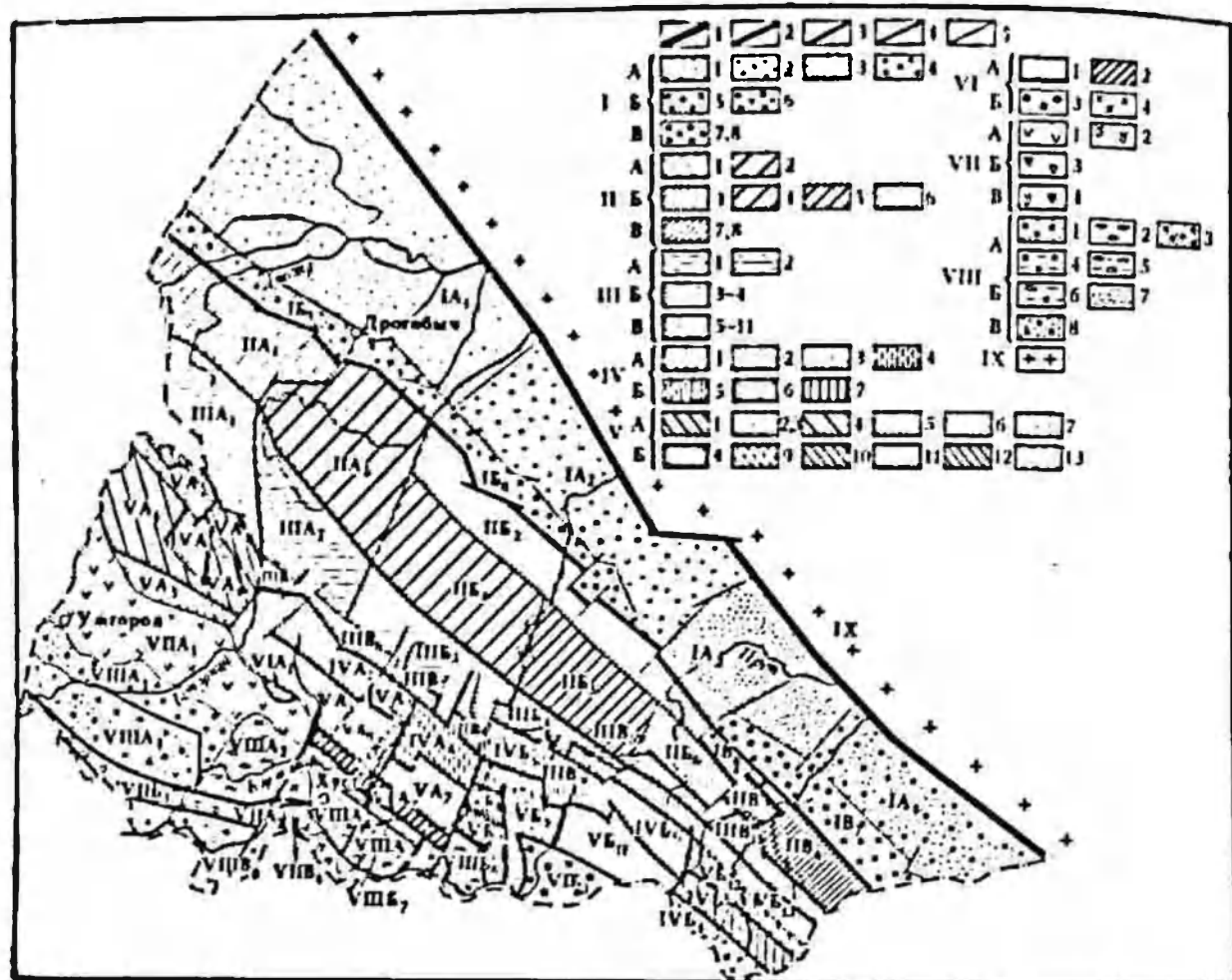


Рис. 49. Карта морфоструктурного районирования Карпат (Н. В. Башеннина, А. В. Мирнова, Н. Н. Тальская):

Глубинные разломы и разрывные нарушения, ограничивающие морфоструктуры: 1 — отделяющие горную страну от Русской платформы; 2 — отделяющие равнины краевого и внутреннего прогиба от горного сооружения; 3 — ограничивающие сложные продольные морфоструктурные зоны; 4 — разделяющие блоковые морфоструктуры в зонах; 5 — геоморфологические границы. Морфоструктурные районы разных порядков: I — равнина Предкарпатского краевого прогиба: А — террасовая равнина, сложенная молассами N_1 и аллювием N_2^3 и Q (1 — Круковская морфоструктура, 400 м, 2 — Залужская, 600 м, 3 — Коломыйская, 650 м, 4 — Вашковецкая, 550 м); Б — предгорная денудационная равнина, сложенная молассами N, с решетчатым расчленением (5 — Дрогобычская, 600 м, 6 — Долинская, 650 м); В — горст-антиклинальные гряды, сложенные обнажившимися из-под моласс флишем K_2 и Pq, с карсто-эрозийным расчленением (7 — Покутская, 800 м, 8 — Черемошская, 1000 м). II — горы внешней горст-антиклинальной зоны: А — горстовые хребты и гряды, сложенные флишем K и Pq, с решетчатым расчленением (1 — Самборская морфоструктура, 800 м, 2 — Западно-горганская, 1300 м); Б — горстовые хребты, сложенные флишем K и Pq с глубоким поперечным расчленением (3 — Гутская, 1400 м, 4 — Центральногорганская, 1800 м, 5 — Гровецкая, 1900 м, 6 — Восточногорганская, 1500 м); В — горстовые хребты и гряды, сложенные флишем Pq, со слабым продольным расчленением (7 — Буковинская, 1100 м, 8 — Жабьеская, 1300 м). III — горы Центральной грабен-синклинальной зоны: А — горстовые хребты и гряды, сложенные флишем Pq, с продольным расчленением (1 — Ломинская, 800 м, 2 — Нижнестрыльская, 1200 м); Б — горстовые хребты, сложенные флишем Pq, с глубоким поперечным расчленением (3 — Южногорганская, 1400 м, 4 — Среднегорганская, 1700 м); В — впадины-грабены «отставания», ступенчатые, сложенные флишем K и Pq, с расчлененными днищами (5 — Воловецкая, 600 м, 6 — Межгорская, 800 м, 7 — Ясинская, 900 м, 8 —

нет кольцевых блоков с устранением мелких нехарактерных изгибов, особенно на карте блоковых структурных форм. Мелко расчлененные контуры участков рыхлого покрова также нередко оказываются в общих чертах подчиненными прямым линиям блоково-разрывной тектоники и тогда соответствующим образом генерализуются на карте.

При составлении итоговых карт в послеполевой камеральный период должно быть уточнено разделение разломов и разрывных нарушений территории по порядкам и типам. В основе это разделение может быть проведено на предварительных картах, но проверено и детализировано при полевых работах и последующем синтезе исследований.

Классификация разломов, разумеется, не исчерпывает все порядки разломов, особенно для съемочных масштабов. Поэтому в поле могут быть свои порядки и более дробные классификации разломов и разрывных нарушений низших порядков. Это и отражено на картах структурных форм (в той мере, в какой позволило исполнение их в черно-белом варианте).

Участки разломов и разрывных нарушений, наиболее четко выраженные в рельефе и определяющие его элементы, необходимо показывать на геоморфологической карте. На карту блоковых тектонических форм их следует наносить все, даже и не представляющие блокоразделы (но иным знаком).

Разделение разломов на разные порядки разъясняет генезис морфоструктур, позволяет установить их связь с крупнейшими линеа-

Синевирская, 1000 м, 9 — Мокрянская, 1200 м, 10 — Апшинская, 1400 м, 11 — Верхвинская, 1200 м). IV — горы Полонинской зоны: А — горстовые массивы и хребты, сложенные флишем Pg_2 , с тектоническим расчленением: (1 — Рунский, 1400 м, 2 — Боржавская, 1600 м, 3 — Терелянская, 1300 м, 4 — Краснинская, 1500 м); Б — система горстовых массивов и асимметричных хребтов, сложенных твердым флишем К, с тектоническим расчленением (5 — Свишевецкая, 1800 м, 6 — Черногорская, 2100 м, 7 — Пневенская, 1600 м). V — горы Внутренней горст-антиклинальной зоны: А — горстовые хребты и впадины «отставания», сложенные флишем Pg_1 и Pg_2 , с решетчатым расчленением (1 — Буковецкая, 1300 м, 2 — Ставинская, 600 м, 3 — Турьянская, 400 м, 4 — Черноголовская, 1000 м; 5 — Магурская, 900 м, 6 — Березовская, 1100 м, 7 — Лужская, 1000 м); Б — Горстовые хребты, сложенные флишем К, с глубоким поперечным расчленением (8 — Апецкая, 1500 м, 9 — Опрешенская, 1400 м, 10 — Полянская, 1000 м, 11 — Богдановская, 1600 м, 12 — Грынявская, 1200 м, 13 — Кукульская, 1500 м). VI — горы Мармарошской зоны: А — горстовые отпрепарированные гряды, сложенные карбонатными породами (1 — «Утесовая», 700 м, 2 — Ивановская, 900 м); Б — раздробленные горстовые массивы, сложенные кристаллическими породами PR и PZ, глубоко расчлененные (3 — Раховский, 1900 м, 4 — Чивчинский, 1600 м). VII — горы вулканической зоны: А — вулканические хребты и массивы, сложенные андезито-базальтами N_2 и Q_{II} , с поперечными долинами (1 — Вигорлат-Гутинская, 1100 м, 2 — Шелесская, 800 м); Б — вулканическое мелкогорье, сложенное липаритами и их туфами N_1 (3 — Береговское, 400 м); В — вулканические гряды и горст-интрузивные куполы, сложенные андезитами, дацитами, липаритами и их туфами N_1N_2 и Q_{II} (4 — Вышковский, 450 м). VIII — равнина Закарпатского межгорного прогиба: А — террасовая равнина аккумулятивных и цокольных террас, сложенная молассами N и аллювием N_2^3 и Q (1 — Мукачевская, 300 м, 2 — Иршавская, 250 м, 3 — Латорицкая, погружающаяся, 100 м, 4 — Терелянская, со слабым проявлением соляной тектоники, 450 м); Б — Солотвинская, с отпрепарированными соляными куполами, 600 м); В — гряды, сложенные молассами N (6 — Апшицкие куэстовые гряды, 650 м, 7 — Тячевские поперечные гряды, 500 м); В — террасовая равнина (аккумулятивных террас) погруженного Венгерского срединного массива (8), сложенного молассами N и аллювием Q, 150 м. IX — аккумулятивно-денудационная равнина Русской платформы

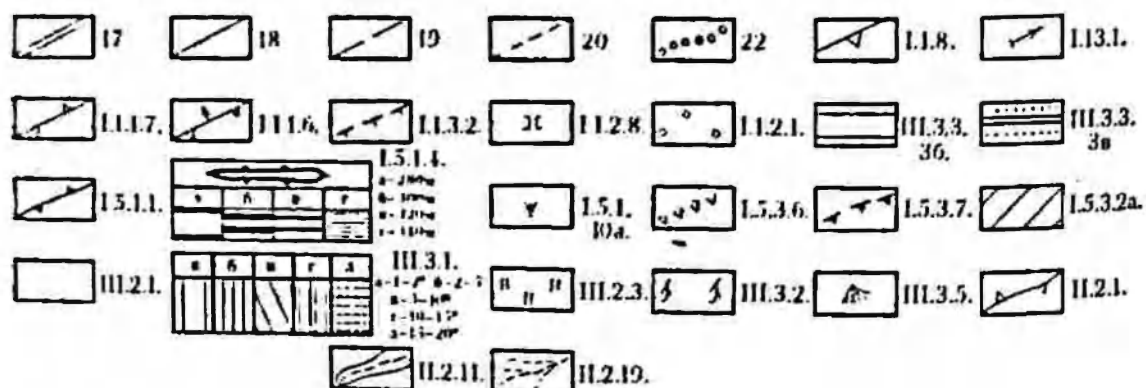
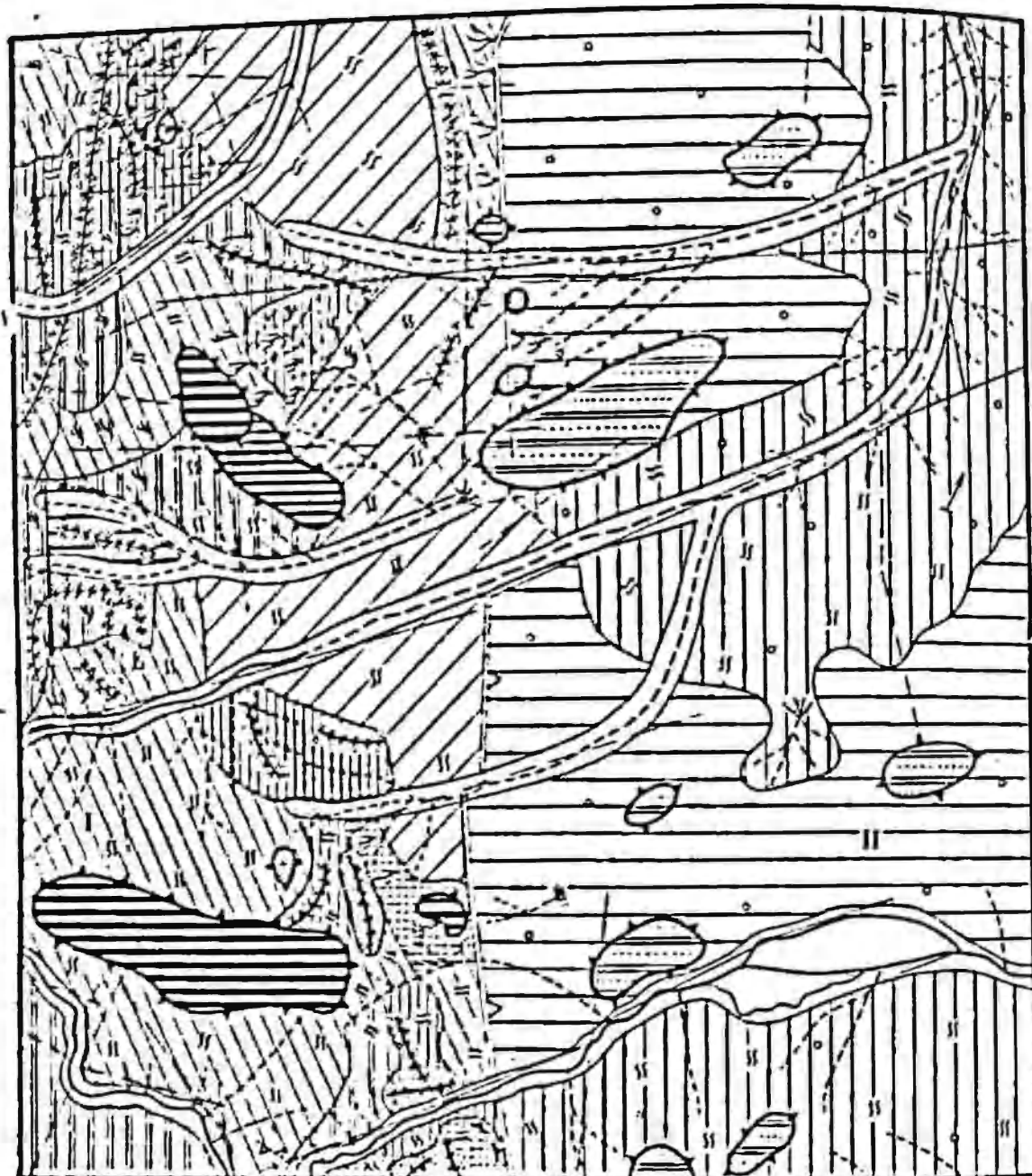


Рис. 50. Геоморфологическая карта (Н. И. Орлова, Г. А. Лучина). Условные 17—20 — см. в легенде 2; 22 — гребня мелкопочтовых гряд и гряды; 1.1.8 — сбросовые склоны, отпрепарированные; 1.1.3.1 — тектонические наклоны; 1.1.1.7 — гребни отпрепарированных складчато-блоковых гряд; 1.1.1.6 — блоковые куэсты; 1.1.3.2 — структурные ступени; 1.1.2.8 — тектонические седловины; 1.1.2.1 — галечник на равнине; III.3.3.36 — кольчатая террасовая равнина; III.3.3.3a — цепочка откопанных; 1.5.1.1 — гряды отпрепарированных горст-антиклиналей; 1.5.1.4 — склоны (разной крутизны) вершинных поверхностей отпрепарированных блоково-складчатых гряд и границы возвышенностей; 1.5.1.10a —

ментами, вплоть до планетарных, и характеризовать их элементы до деталей, выраженных микрорельефом. Это разделение отчасти обосновывает и разделение морфоструктур (например, горстовых хребтов и межгорных впадин — грабен) на порядки и типы.

Зоны разломов I и II порядка нельзя показать на крупномасштабных геоморфологических картах съемочных масштабов. Имея большую ширину, они выделяются в областях новейшего тектогенеза и активизации особо сложным и контрастным тектоническим рельефом: чередованием хребтов-горстов, грабен и малых рифтовых долин, часто расположенных кулисообразно. Особенно четко выделяется этот рельеф, если в пределах карты проходит граница зоны, на которой высоты и контрастность рельефа сразу изменяются. Хотя такие черты хорошо читаются на карте, для разъяснения морфоструктурного плана нужно составлять мелкомасштабную карту-врезку регионального морфоструктурного плана, на которой следует показывать зоны крупных разломов и их границы.

Итоговая и по сути синтетическая карта блоковых структурных (неоструктурных) форм, не моделированных денудацией, также завершается уже в послеполевой камеральный период, когда ясно, какие тектонические формы моделированы, в какой степени и какими процессами денудации или аккумуляции, какие формы расчленения являются тектоническими (грабены, рифтовые зоны и др.), а не эрозионными.

Очертания блоков определяются, как указывалось, комбинациями участков глубинных разломов и разрывных нарушений разных направлений и порядков и соответственно представляют блоки как сложные, так и простые. Зоны блоков первого порядка (для данного района и масштаба) показываются разным цветом, а блоки второго и более низких порядков — оттенками цвета в пределах блоков первого порядка. Можно эту карту дать и в черно-белом исполнении (см. ниже). Линии зон разломов и разрывных нарушений, ограничивающие блоки, на карте блоков обычно более спрямлены, чем на геоморфологической карте (см. рис. 10, 11, 13, 14, 15).

Сопоставление карты блоков с геоморфологической дает интересный материал для оценки соотношения роли тектоники и экзогенных процессов в формировании рельефа. Итоговые карты, составленные на разные территории, могут дать новый интересный материал для суждения об истории формирования рельефа. Мы не предлагаем единой легенды для карт блоковых неоструктурных форм, так как они определяются разными задачами.

структурные конические вершины; I.5.3.6 — крупные структурные ступени; I.5.3.7 — склоны ступенчатых сбросов (реликтовые); I.5.3.2a — дефлюкционные склоны; III.2.1 — высокая пойма; III.3.1 — склоны комплексного делювиально-гравитационного сноса (различная крутизна); III.2.3 — знак комплексного сноса; III.3.2 — склоны делювиального и мелководного сноса; III.3.5 — шлейфы и конусы комплексного аридного накопления; II.2.1 — гребни эрозионных хребтов; II.2.11 — участки врезающихся русел; II.2.19 — овраги, рытвины

Дополнение к оформлению полевой итоговой геоморфологической карты

Подробно об этом сказано в главе VI. Следует только подчеркнуть, что принцип раскраски элементов рельефа, разных по генезису, на геоморфологической карте сходен с тем, который положен в основу раскраски карты элементов рельефа. Различия могут быть обусловлены тем, что карта элементов рельефа является вспомогательной и в итоговые документы не входит, поэтому при ее оформлении можно использовать произвольные цвета — лишь бы они четко отделялись друг от друга. Для геоморфологических карт цвета фиксированы (легенда 2). Как видно на рис. 50, геоморфологические карты могут быть выполнены и в черно-белом варианте, хотя при этом часть содержания они утрачивают. Отступления в принципе раскраски геоморфологических карт могут быть различными для рельефа гор и денудационных равнин в разных районах. Так, во многих горных странах (Карпаты, Алтай, Урал, Кавказ и др.) флювиальные формы могут быть неодинаковыми в разных активных блоковых морфоструктурах, развивающихся дифференциально. Террасы в пределах крупных блоков не увязываются между собой ни по количеству, ни по высоте (Башенная, Мирнова, Тальская, 1969). В таком рельефе поймы и террасы одних и тех же речных долин в основных крупных морфоструктурах следует показывать различными оттенками (см. легенду 2). Указанный способ изображения террас в разных блоках дает возможность передать неодинаковую направленность и интенсивность неотектонических движений разных морфоструктур.

На картах съемочных масштабов большое место занимают склоны (см. образцы геоморфологических карт 3, 4, 5, 6, 7). Даже там, где узкие хребты, крутые склоны и ступени рельефа чередуются с обширными межгорными впадинами, склоны резко преобладают в рельефе. На картах съемочных масштабов изображение склонов предусмотрено цветом, выбранным по ведущему генетическому фактору — тектоническому, вулканическому или какому-либо определенному экзогенному (флювиальному, обусловленному стоком по промоинам и смывом, гравитационному и др.).

Полное отображение генезиса склонов на картах достигается, как указывалось, сочетанием качественного фона и значков. Это сочетание осуществляется наложением на фоновую окраску цветных условных знаков, составляющих в легенде группу форм и элементов рельефа как выражающихся в масштабе, так и не выражающихся. Одни дополняют первичный генезис элементов рельефа: гребни, вершины разного генезиса и разной формы, тектонические седловины, отдельные утесы, останцы, ниши, промоины на флювиальных склонах и др. Другие — промоины на склонах не флювиального генезиса (например, на тектонических), мелкие ступени, карнизы, мелкие седловины, курумы, конусы — указывают на моделировку

(см. карты 3, 4 и др.). Например, на Южном Урале склоны существенно изменены процессами гольцовой денудации, ныне уже почти реликтовой. Тропическая солифлюкция и аридная денудация неузнаваемо меняют тектонические склоны в Африке (таких примеров можно было бы привести много). Если обратиться к легенде 2, то станет очевидно, что сама рисовка знаков дает возможность изобразить одну и ту же форму в разных масштабах. Так, в «Формах вулканических» для стенок кратеров и кальдер предусмотрены знаки, образующие замкнутый контур. Для карт масштаба 1 : 50 000 этот знак в зависимости от размера указанных форм рельефа можно развернуть и, если нужно, удлинить, что дает масштабное изображение склонов этих форм. Если те же формы картируются в более мелком масштабе (1 : 200 000), знак суживается, уменьшается и, наконец, может стать внесмасштабным. Например, в масштабе 1 : 500 000 некоторые тектонические склоны морфоструктур и форм рельефа другого происхождения — денудационные (разного типа) по условиям масштаба не могут быть изображены цветным фоном, а только значками. Поскольку знаки в легенде предусмотрены цветными, формы и элементы форм, сходные по облику, но разные по генезису, показывают знаком одного рисунка, но разного цвета.

Глава XIII

О НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ МОРФОСТРУКТУРНОГО КАРТИРОВАНИЯ

Морфоструктурный анализ предполагает комплексный подход к изучению и картированию элементов рельефа путем применения и взаимного контроля различных частных приемов геоморфологических исследований в сочетании с неперменным анализом аэрокосмических снимков, геологическими, геофизическими, картографическими материалами и др. Приемы, разработанные нами, просты и могут быть использованы при изучении и денудационных равнин, и горных стран с разным размахом высот (Башенина и Трещов, 1971). Совокупностью итоговых карт как основного результата анализа четко выявляется наглядное отражение истории развития рельефа и новейшей тектоники, которое труднее и дороже установить геологическими методами: 1) общая интенсивность новейшей тектоники; 2) степень дифференцированности новейших деформаций, их знак и направленность; 3) план деформаций; 4) тип движений по зонам нарушений — ослабление активности зон при отсечении нарушениями другого направления, равномерные вертикальные движения или перекосы блоков и т. п.

Ценность морфоструктурного анализа повышается с применением математических приемов исследования. Особенно интересна возможность определить информативность разных геоморфологических карт. Использование математических приемов в геоморфологическом картировании только начинается. Вероятно, именно они

помогут точно выявить *ведущий* генетический фактор рельефообразования того или иного элемента рельефа и многое другое.

Геоморфологическое картирование с применением морфоструктурного анализа позволило по-новому осветить многие проблемы геоморфологии: происхождение речных долин, хребтов, межгорных впадин, различных типов склонов, поверхностей выравнивания и седиментоза; причины перестройки речной сети и связанного с ней неравномерного коррелятивного отложения, корреляцию террас и ступеней рельефа, первичный генезис горноледниковых форм как форм, обусловленных трещинной тектоникой, и др.

В районах с блоковой тектоникой в процессе дифференциальных движений отдельных блоков создается чередование хребтов, массивов, впадин, образуется ступенчатость горного рельефа. Впадины-грабени в таком рельефе в зависимости от амплитуды движений могут быть выполнены рыхлыми отложениями, а могут представлять «отставшие» блоки, расчлененные эрозией по разрывным нарушениям на одноуровневые гряды, также ступенчатые (например, внутригорные котловины Восточных Карпат). Это доказывается наличием в них покатых террас и пойм, перепадов русел в коротких породах, отсутствием склоновых и аллювиальных отложений, за исключением грубых галечников.

Корреляция уровней в блоковом рельефе гор часто затруднительна и при отсутствии отложений возможна лишь по совокупности морфологических данных на основании углубленного регионального исследования. Примером может быть один из районов Алтая (см. рис. 45). Неотектонические движения здесь достигали большого размаха, о чем свидетельствует разница высот поднятых блоков до 1000 и более метров и мощность (более 400 м) плиоцен-четвертичных отложений во внутригорных впадинах. Дифференциальные движения происходили по омоложенным разломам, что подтверждается геологическими и геофизическими данными. Доказательств наличия поверхностей выравнивания, как указывалось, нет.

Поскольку установлено, что разломы Алтая, ограничивающие блоки с разной направленностью и интенсивностью движений, являются омоложенными древними, возможно, что и тектоническое блоковое расчленение представляет результат длительного посторогенного унаследованного развития, интенсивность которого лишь увеличилась в неотектонический этап.

Именно морфоструктурный анализ помог Н. В. Башениной установить отсутствие поверхностей выравнивания на Карпатах, в горном Южном Урале, на Кавказе.

Затруднительна и корреляция террас, так как, пересекая крупные блоки с неодинаковой интенсивностью и ритмом вертикальных движений, одна и та же река вырабатывает разное количество террас. Это наблюдается во многих горных странах: в Карпатах, как в Советских, так и в Чешских, и Венгерских, на Алтае, на Южном и Среднем Урале, Большом Кавказе, Тянь-Шане и др. Количество, высота и строение террас неодинаковы в опущенных и поднятых блоках. Аккумулятивные террасы опущенных блоков сменяются по-

кольными в поднятых блоках. На Южном Урале террасы всех рек поднимаются вверх по течению к растущим горст-интрузивным массивам Крака — Суртанды. Цокольные верхние террасы р. Белой достигают там почти 300 м, хотя и выше, и ниже по течению их высота не превышает 100—120 м. Подобное разнообразие террас в

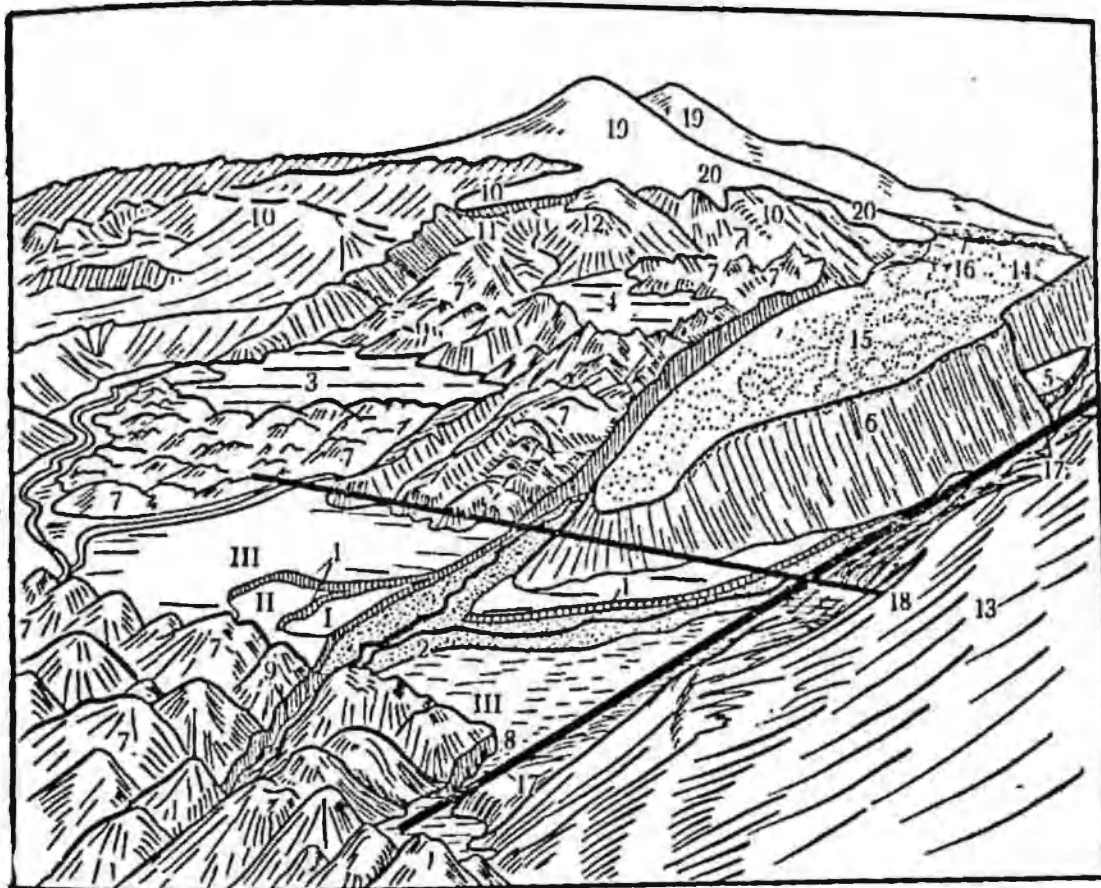


Рис. 51. Схема перестройки речной сети на северном склоне Эльбруса (Н. В. Башенниа, Е. А. Рубина):

I, II, III — голоценовые террасы р. Верхней Малки (дно древней долины); 1 — обрывы и уступы террас; 2 — пойма высокогорной реки Кизилкол; 3 — 4 — висячие днища древних притоков, перегороженные лавой и поднятые; 5 — палеозойский цоколь долины, разорванный по разлому и приподнятый (дно); 6 — поток глыбовой лавы (Q_2), перекрывающий днище древней долины (Ирахик-Сырт); 7 — лавы Q_1 , перегородившие древнюю долину; 8 — прежнее днище прорыва р. Малки (на уровне III террасы); 9 — современный прорыв р. Малки (глубокое ущелье); 10 — лавы Q_2 ; 11 — лавы Q_2 ; 12 — блоковая ступень в древнем кристаллическом фундаменте Эльбруса; 13 — гряда на правом борту р. Кизилкол, сложенная породами P_2-3 и отделенная от Ирахик-Сырты зоной разлома; 14 — чехол переселенных моренных отложений на Ирахик-Сырты; 15 — конгломератный рельеф на Ирахик-Сырты; 16 — свежие моренные гряды; 17 — граница зоны глубинного разлома, по которому следует р. Кизилкол и далее р. Малка; 18 — разлом, по которому разорвана и поднята доголоценовая долина; 19 — Эльбрус с шапкой льда; 20 — ледниковые «языки»

горных странах известно (Печи, 1959, и др.). Мы только подчеркиваем обусловленность его блоковыми движениями.

Крупные блоковые морфоструктуры и развивающиеся в их пределах более мелкие обуславливают сложнейшее горизонтальное и вертикальное расчленение. В блоковых массивах могут выдвигаться линейные горстовые хребты, нередко разветвленные, иногда типичные клавишные, отдельные горстовые вершины и т. д. Эрозия

использует впадины-грабены или приурочивается к глубинным разломам, разрывным нарушениям. В тектонически активных районах, например в горах Большого Кавказа, по разломам происходит сложная перестройка речной сети (рис. 51, 52, 53). В этом отношении интересны верховья р. Малки на Кавказе. Между отрогом Бокского хребта, сложенного породами фундамента, и крупной лавовой грядой расположена наклонная к северу платообразная возвы-

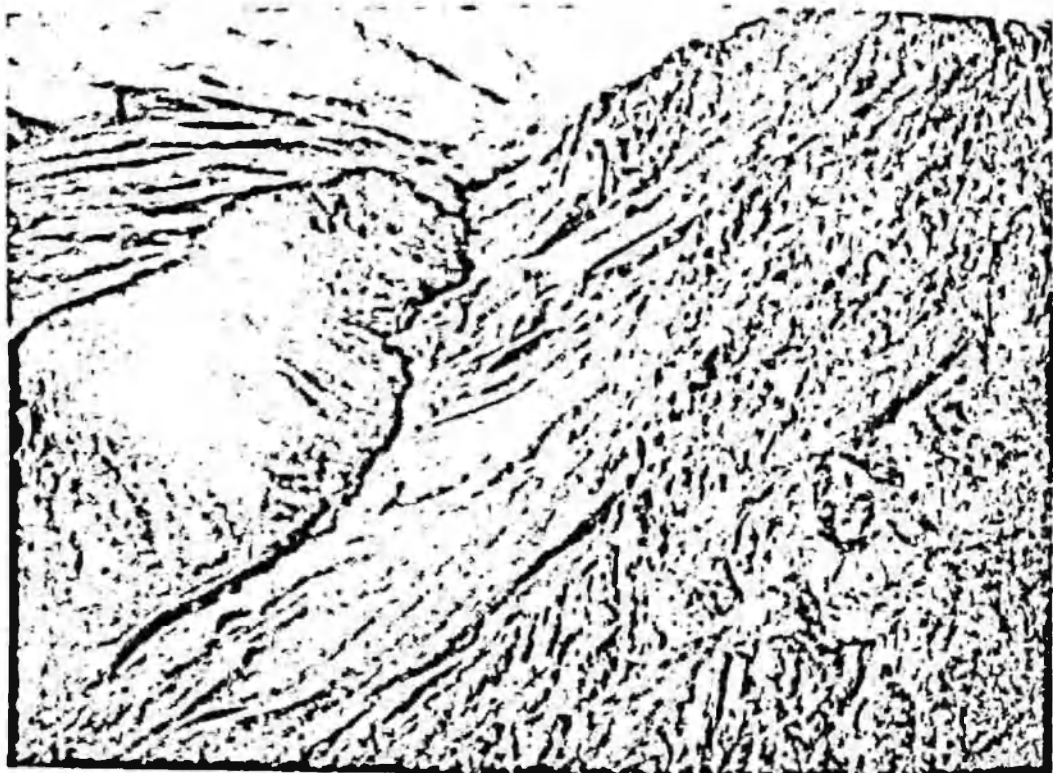


Рис. 52. Ирахик-Сырт (фото Ф. В. Никуллина)

шенность, известная под названием Ирахик-Сырт. С поверхности она сложена лавой. Один из левых отрогов Малки — р. Кизилкол вскрыла под лавой основание, сложенное породами палеозоя. Речка врезана глубоко, до 150 м в пределах Ирахик-Сырты, который она огнибает с юго-запада. С северо-востока течет другой исток Малки (условно — Верхняя Малка). Он врезан значительно меньше и пород палеозоя не вскрывает. Поскольку р. Кизилкол течет по разлому (доказан по геологическим данным), она легче и быстрее прорезала лавы (рис. 51). На восток — северо-восток Ирахик-Сырт опускается к долине, в которой сливаются обе указанные выше речки, и образует довольно крутую, задернованную ступень высотой около 200 м. Таким образом, долина как бы продолжает Ирахик-Сырт, но отделяется от него ступенью. Она имеет плоское дно и на расстоянии примерно 3 км ниже перегороджена поперек лавовой грядой. Она vyplнена мелким песчано-галечным материалом, вверх по разрезу переходящим в песчано-глинистые тонкослоистые озерные отложения. В этих отложениях слившиеся здесь Кизилкол и Малка вырезали три террасы. На уровне третьей отчетливо

видно узкое долинообразное понижение между отрогом Бокового хребта и подпрудившей долину лавовой грядой (см. рис. 51). Однако в настоящее время речка течет не здесь, а у восточного борта долины, между молодой нижнеплейстоценовой лавой поперечной гряды и более древней верхнеплиоценовой, слагающей ее восточный борт и выше отделяющейся Верхней Малкой от восточного края Ирахик-Сырты. Молодое русло прорезало все три террасы и врезалось в коренные породы. Причиной такой перестройки могла быть

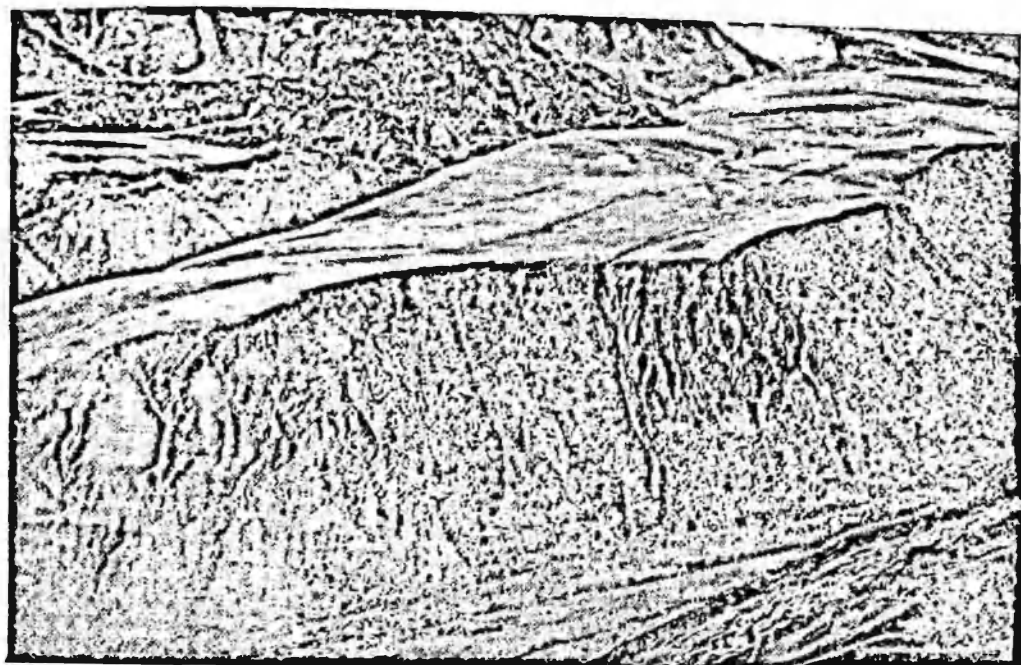


Рис. 53. Ирахик-Сырт (фото Ф. В. Никулина)

лишь активная блоково-разрывная тектоника с преобладанием поднятий. Над днищем долины, выполненной озерными отложениями, на широте Ирахик-Сырты, восточнее лавовой гряды, образующей правый склон Малки (см. рис. 51), на высоте 100 м над днищем за лавовой грядой находится еще одно плоское днище правого бокового притока, также выполненное и перегороженное лавой. Формирование этого весьма сложного рельефа можно представить лишь следующим образом. До верхнего плиоцена (таков возраст лав в гряде восточнее верхней Малки по данным Е. Е. Милановского и Н. В. Короновского) здесь была одна поперечная по отношению к Боковому хребту долина и вторая — продольная долина правого притока. Блоковые подвижки по разломам, как поперечным, так и продольным, с одной стороны, излияния лав — с другой полностью перестроили рельеф. Долина оказалась разорванной вдоль и поперек; в верхнем течении ее древнее днище, выработанное в породах палеозоя, погребено лавой и на его месте образовалось «плато» Ирахик-Сырт, а днище долины правого притока ныне подвешено над ней (см. рис. 53). Новые излияния отгородили вышнее днище притока, а затем и главную долину ниже по течению.

Эта подпруда вызвала выполнение участков перегороженных долин и образование недолговечных озер. По трещинам в лаве речки главной долины (слившиеся Кизилкол и Верхняя Малка) провалили преграду. Так образовался восточный прорыв в главной долине. Продолжающиеся подвижки фундамента и большое количество талой воды способствовали прорыву притока; вода падала с уступа, поэтому поток обладал быстрым течением и, видимо, немалой энергией. Поднятие отрога Бокового хребта способствовало некоторому перекосу днища главной долины и уклону его к востоку. Оба эти обстоятельства обусловили на уровне выполненного днища второй прорыв лавовой гряды на востоке.

Сопоставив приведенный пример возможной перестройки на северном склоне Эльбруса с морфологией долины бассейна Баксана и с фактами наличия прекрасно окатанного материала, неравномерно включенного и во флювиогляциальные отложения, и даже в виде единичных галек и валунов в морену (например, гальки биотитового гранита в морене ледника Большой Азау), наличие мощного горизонта окатанного материала на перевале Ирик (3600 м) и др., можно предположить, что до времени наиболее интенсивного проявления сводово-блоковой тектоники в исследованной территории была иная речная сеть. Ее морфологические реликты не сохранились в Приэльбрусье и в Главном хребте, потому что именно здесь тектоника была наиболее интенсивна и уничтожила прежнюю долинную сеть. Сохранились лишь реликты древнего аллювия.

Очевидно, реликтами переотложенного древнего аллювия являются отложения в нижнем течении р. Ирик (левый приток р. Баксан). Отложения несортированы и это противоречит их прекрасной окатанности. В настоящее время они залегают как на первой наиболее высокой устьевой ступени Ирика (350 м относительной высоты), так и выше по течению, на более низкой ступени. На устьевой ступени мощность отложений достигает 100 м. Отдельные гальки разбросаны и в днище долины среди почти неокатанного материала. То же наблюдается и в долине Ирикчат. В долине р. Ирик в этих отложениях образованы классические земляные пирамиды, сходные с таковыми в поперечных долинах известняковых и доломитовых Предальп. Высота пирамид в долине Ирик до 50 м.

Еще пример. Морфоструктурный анализ и изучение пород в поле показало, что куэсты Северного Кавказа — не куэсты в обычном толковании этого понятия. Боковой и Главный Кавказский хребты представляют собой высоко и неравномерно поднятое древнее основание (допалеозойское и палеозойское), сильно раздробленное и в продольном, и в поперечном направлениях, а на северо-западе, в зоне максимального поднятия, надвинутое на аспидные сланцы геосинклинальной формации нижней юры (Милановский, 1968). Здесь движения достигали максимума. Поднятие древнего фундамента Кавказа, спаянного на севере с фундаментом Скифской платформы, вызвало смену горизонтального залегания пород палеогена, мела и юры на моноклинальное. Чем бли-

же к Главному и Боковому хребтам, тем на большую высоту поднят фундамент. В 53 км на север от северного подножия Эльбруса фундамент появляется в нижних частях склонов долины и постепенно поднимается к югу, вверх по склонам Скалистого хребта, вытесняя моноклиналильные осадочные пласты. Фундамент обрывается к Северо-Юрской впадине и погружается под осадочные породы плато Бечасын, но и там поднимается к югу и на северном склоне Бокового хребта совершенно освобождается от молодых отложений.

Наряду с общим поднятием фундамента с северо-востока на юго-запад наблюдается его раздробленность и в продольном направлении по продольным глубинным разломам и разрывным нарушениям. В структуре и рельефе Северного Кавказа большую роль играют также и поперечные глубинные разломы, и разрывные нарушения более поверхностного заложения, по которым наклонный к северу фундамент расколот поперек. Расколы формировались на фоне общего сводового вздымания фундамента к юго-западу. Это и обусловило блоковое строение фундамента. Таким образом, «куэсты» Северного Кавказа образовались не только в результате препарирования и эрозийного расчленения, а прежде всего представляют косо поднятые блоки фундамента (косые горсты), в пределах которых осадочный чехол также косо поднят (что и обусловило его моноклиналильное залегание) и разорван. О том, что Скалистый хребет представляет «вздернутый горст», писал еще Л. А. Варданянц (1932), первым отметивший ведущую роль блоковой тектоники в формировании рельефа Кавказа. О роли разрывной тектоники в формировании рельефа куэст свидетельствует следующий пример. Сразу ниже города Тырныауз слева в долину р. Баксан выходит долина притока. На его левом склоне обнажены горизонтально и слегка моноклиналино залегающие пласты юрских отложений, а на правом — породы фундамента — от уреза речки до относительной высоты 250—300 м (рис. 54). По мере увеличения высоты левого склона долины р. Баксан вверх по течению в 4 км от описанной долины еще встречаются маломощные (остаточные) «нашлепки» пластов моноклиналино залегающих осадочных пород, а выше они исчезают совсем. Таким образом, боковая долина сформирована по разлому с односторонним смещением, амплитуда которого не менее 300 м.

По узлам пересечения разломов часто образуются впадины разного порядка — от крупнейших впадин Африки, Иранского нагорья, Гоби и других и до, например, впадины озера Зюрат-куль на Южном Урале и др.

В тектонически активных районах, где блоковые морфоструктуры господствуют в рельефе, склоны морфоструктур также тектонически активные, мало измененные денудацией. Они испытывают блоковые подвижки, в результате которых на пересекающихся разрывных нарушениях могут образоваться ступени, треугольные (клиновидные) горсты. Если крупный блок в целом испытывает неодинаковое поднятие, горсты могут надвигаться друг на друга в

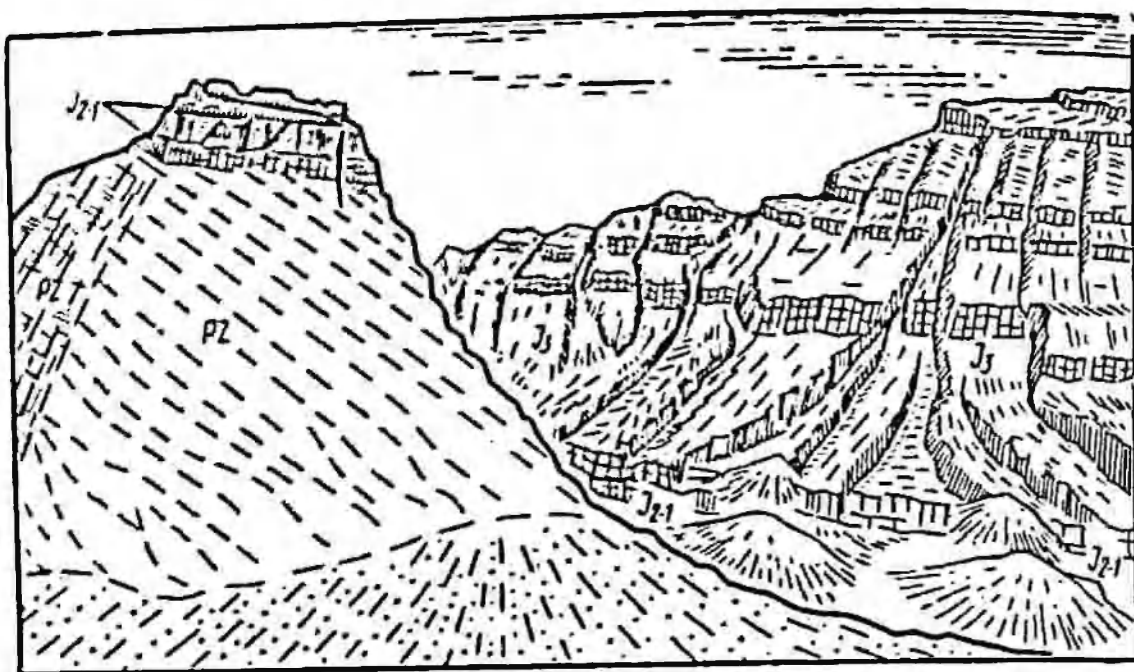


Рис. 54. Долина левого притока р. Баксан, заложенная по разлому (И. В. Башенна)



Рис. 55. Выдапнутая вершина-горст, «отставшие» вершины и клиновидные горсты склонов

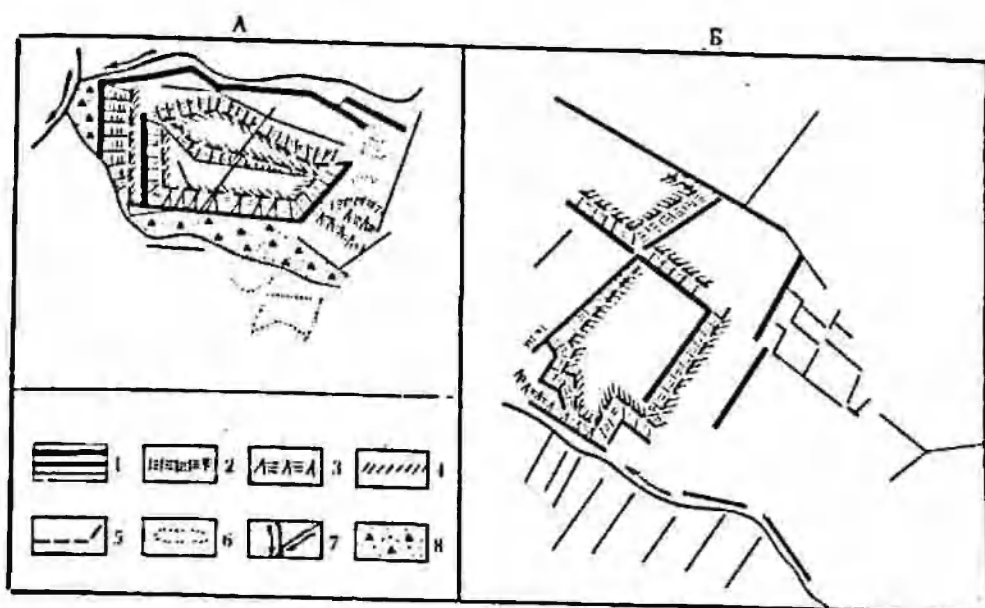


Рис. 56. «Решетчатый» склоновый рельеф (А) и «Решетка» в плане (Б) (Н. В. Башеннина):

1 — разломы и мелкие разрывные нарушения; 2 — крутые обрывы; 3 — крутые обрывы с промоинами, приуроченными к трещинам; 4 — крутые склоны; 5 — узкие гребни; 6 — леднички; 7 — водные потоки; 8 — морены

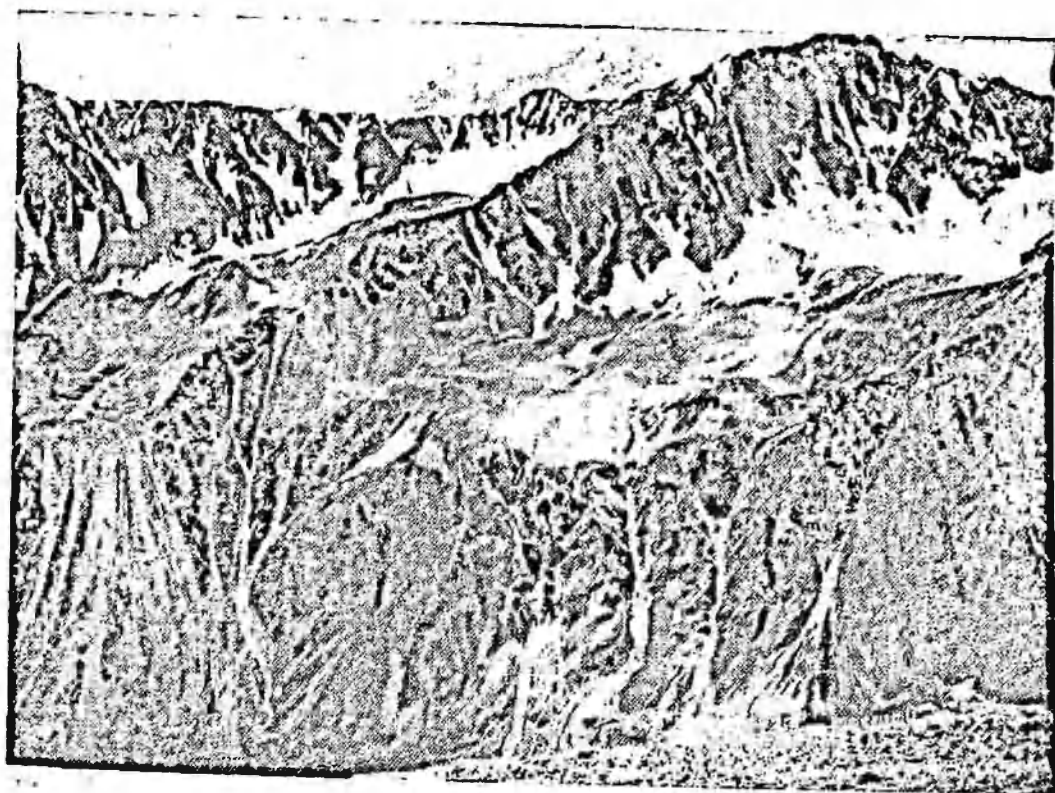


Рис. 57. Нивально-ледниково-конжелифлюкционный педимент (фото Ф. В. Никулина)

виде чешуй (рис. 55).. При интенсивном поднятии образуются раскрытые трещины на склонах и уже к ним приспосабливаются экзогенные процессы (лавины, курумы и др.). Сложное расчленение склонов «живыми» трещинами приводит к образованию (в том числе и на крутых склонах) как бы висячих решетчатых морфоструктур — миниатюрных подобий, описанных в главе X (рис. 56, А, Б). Сложная перпендикулярная система зон крупных глубинных разломов обуславливает сложнейший рельеф Большого Кавказа.

Педименты в таком рельефе часто представляют «тектонопедименты». Они образуются из блоковых ступеней, расположенных на

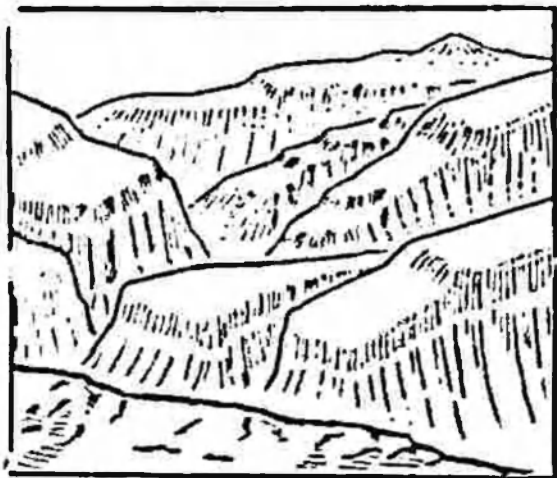


Рис. 58. Структурные педименты Северного Кавказа (рис. Н. В. Башенной)

разной высоте и неодинаковых по размерам, наклону и очертаниям в плане. Крутые сбросовые склоны, окаймляющие сверху ступени, отступают в результате денудации, ступени расширяются и растут далее как нормальные педименты. Тектонопедименты хорошо выражены в Рудном Алтае, Алдано-Становом регионе, Забайкалье, на Большом Кавказе (рис. 57) и др.

В куэстах Северного Кавказа педименты имеют другой генезис. Это — педименты структурные. Денудационная

препарировка произвела существенную отделку куэст, так как отступление склонов здесь, продолжающееся и в настоящее время, идет по поверхности твердого пласта (рис. 58). Северный склон Большого Кавказа — это царство структурных педиментов, равное которому трудно представить. Они господствуют в рельефе от Кисловодска до подошвы Эльбруса. Благодаря неодинаковой поднятости фундамента, блоковому строению и наличию пластов разной стойкости, все педименты разновысотные.

Склоновые процессы, формирующие структурные педименты, неодинаковы: они меняются по мере продвижения к югу и увеличения высот от делювиальных до конжелефлюкционных.

В горных районах со сравнительно незначительной тектонической активностью могут преобладать мало активные морфоструктуры, длительное время развивающиеся в главных частях унаследованно. В малоактивных морфоструктурах более заметна препарировка и переработка их отдельных элементов экзогенными процессами. Таков в главных чертах Южный и Средний Урал — горная страна эпиплатформенной и сравнительно слабо активизированной зоны. Морфоструктурный анализ показывает, что современный структурный и, соответственно, морфоструктурный план Южного Урала существенно предопределен рифейскими долгожи-

вущими глубинными разломами преимущественного субмеридионального направления и менее резко выраженными субширотными глубинными разломами. Глубинные разломы и разрывные нарушения доказаны геофизическими и геологическими исследованиями.

Причина яркого выражения «корней» древних структурных форм (хотя и сильно разъеденных денудацией) в современном рельефе Южного Урала — их унаследованное развитие, которому способствовало: а) распределение пород различной твердости (в целом ядра древних горст-антиклинорий в отличие от грабен-синклинорий сложены более стойкими породами), б) сравнительно небольшая интенсивность посторогенных движений, в) подновление горной страны преимущественно по прежнему структурному плану. Новейшие вертикальные движения носят блоковый характер, и в морфоструктурном плане четко проявилось смещение субмеридиональных морфоструктур разного порядка по субширотным разломам и разрывным нарушениям, хотя в целом и доминируют субмеридиональные морфоструктуры. Это обусловлено большей активностью долгоживущих субмеридиональных разломов.

В рельефе Южного Урала выделяются тринадцать главных сложных морфоструктур (рис. 59). Несмотря на резкое различие рельефа каждой морфоструктуры и почти неповторимую специфику таких различий, преобладание субмеридионального структурного плана отражается в каждой из них (см. карта 5, рис. 15).

Южный Урал по рельефу и структуре отличается от других горных стран эпиплатформенных орогенических зон. В самых общих морфоструктурных чертах сходство можно найти лишь с юго-восточными Аппалачами, горами Мак-Доннел в Центральной Австралии и, возможно, горами Западного Китая (недостаточно еще изученными). Как и Южный Урал, это остаточные горные страны, даже «остовы» гор (Мак-Доннел), в которых посторогенная (в том числе и новейшая) недостаточно интенсивная тектоника не помешала длительной, далеко зашедшей препарировке древних структурных форм. На Урале отсутствуют активные тектонические склоны, за исключением склонов блоково-интрузивных массивов Крака, поднимающихся более интенсивно (см. карту 5). Изменение структурных форм Южного Урала обусловлено блоковым характером новейших движений (начавшихся еще в мезозое). От древних горст-антиклинорий и грабен-синклинорий в настоящее время остались разбитые на блоки и отпрепарованные «корни», осложненные наложенными впадинами-грабенами, горстовыми хребтами, грядами и ступенями.

Наложенные структурные формы также построены сложно, так как все континентальные фации мезокайнозоя (главным образом аллювиальные и пролювиальные) распространены локально. Они приурочены или к грабенам, осложняющим крупные впадины (продольные — грабены, кулисообразно сдвинутые малые рифты, см. рис. 11, 15), или к высоким цокольным террасам долин некоторых рек. Блоковые движения не слишком интенсивны и идут в основном по «старым швам», поэтому в главных чертах сохраняется рисунок

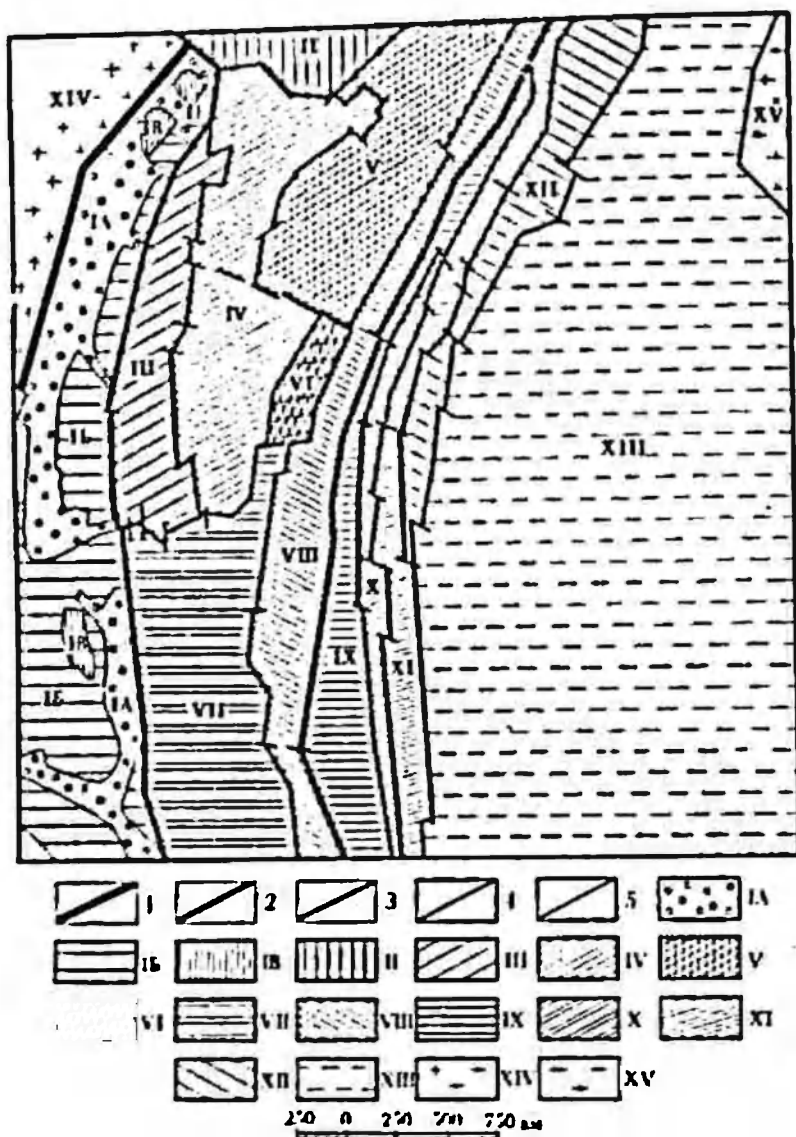


Рис. 59. Карта морфоструктурного районирования Южного Урала (Н. В. Башенкина, А. В. Мирнова):

Глубинные разломы и разрывные нарушения, ограничивающие морфоструктуры: 1 — отделяющие горную страну от Русской платформы; 2 — отделяющие равнину прогиба от гор; 3 — выделяющие сложные морфоструктуры; 4 — определяющие блоковое строение морфоструктур; 5 — границы морфоструктур. I — равнины Предуральяского красного прогиба (преимущественно молассы Р и аллювий Q): А — цокольная террасовая равнина, 90—200 м, В — денудационная равнина, 200—400 м, В — останцовые складчато-блоковые массивы, песчано-глинистые и карбонатные породы РЗ, 400—600 м; II — горстовый массив Каратау (осадочные породы РЗ и метаморфические породы Сп), 400—800 м; III — Кадералийское низкое горье, складчато-блоковое (осадочные породы РЗ), 400—700 м; IV — Зильмердакское низкое горье, складчато-блоковое (метаморфические породы Сп и РР), 600—900 м; V — складчато-блоковое центрально-южноуральское среднегорье с малыми рифтовыми впадинами, метаморфические породы РР, 1300—1600 м; VI — горстово-интрузивные массивы Крака, ультраосновные породы, 800—1000 м; VII — Зилаирское плоскогорье, складчато-блоковое (осадочные породы РЗ), 400—700 м; VIII — хребет Уралтау, сводово-блоковый, относительно монолитный (метаморфические породы Сп и РР), 550—1000 м; IX — Вознесенско-Присакмарская зона малых рифтовых долин (вулканогенно-осадочные породы РЗ), 500—700 м; X — хребет Ирендык-Крыкты, блоковый (вулканогенные породы РЗ), 600—1000 м; XI — блоково-грядовый мелкосопочник с малыми рифтовыми долинами (вулканогенные и осадочные породы РЗ), 400—700 м; XII — озерно-мелкосопочный блоковый рельеф, дробно расчлененный (метаморфизованные осадочные и вулканические породы РЗ), 350—600 м; XIII — «сыртовая» равнина Зауралья на складчатом основании, осложненном блоковой тектоникой (вулканические и метаморфические породы РЗ), 300—400 м; XIV — денудационная равнина Русской платформы; XV — аккумулятивно-денудационная равнина Западно-Сибирской платформы

древнего структурного плана — «скелет» его, хотя и деформированный (Башенна, 1976).

На Южном Урале в известной мере унаследован в главных чертах и порядок интенсивности движений. Это нашло отражение

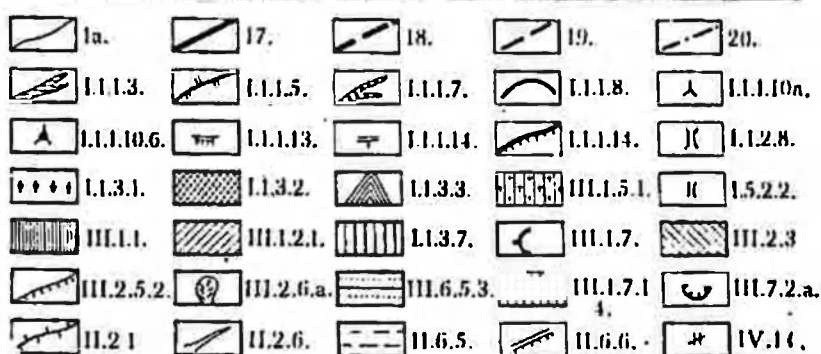
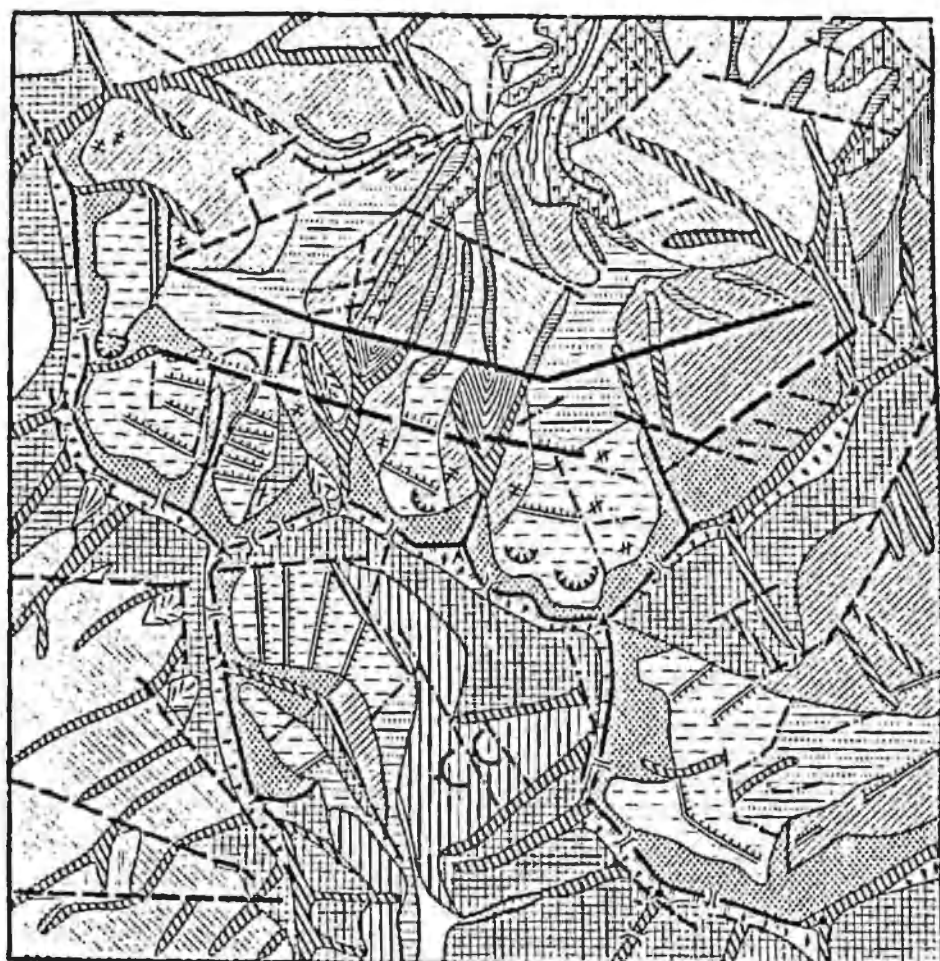


Рис. 60. Геоморфологическая карта Карпат. Условные обозначения см. в легенде 2 (III.1.7.1.4-III.7.1.4) (М. Г. Михайловская)

в экзогенной моделировке морфоструктур. Относительное распределение высот в пределах остаточной горной страны как бы наследует то, которое имело место в палеозое. Этим объясняется отсутствие поверхностей выравнивания в горном Южном Урале и развитие их только в предгорьях, наличие в горах молодых гольцовых педиментов, флювиальных педиментов в Восточных предгорьях,

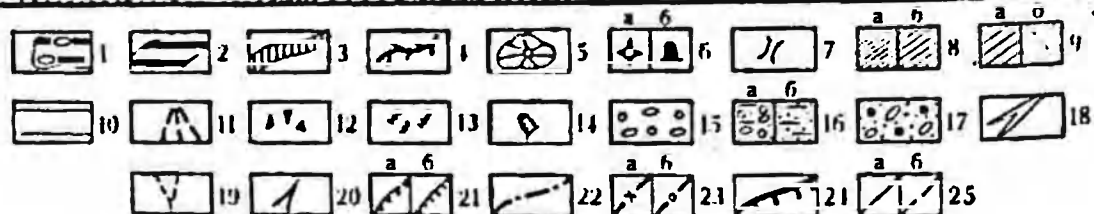
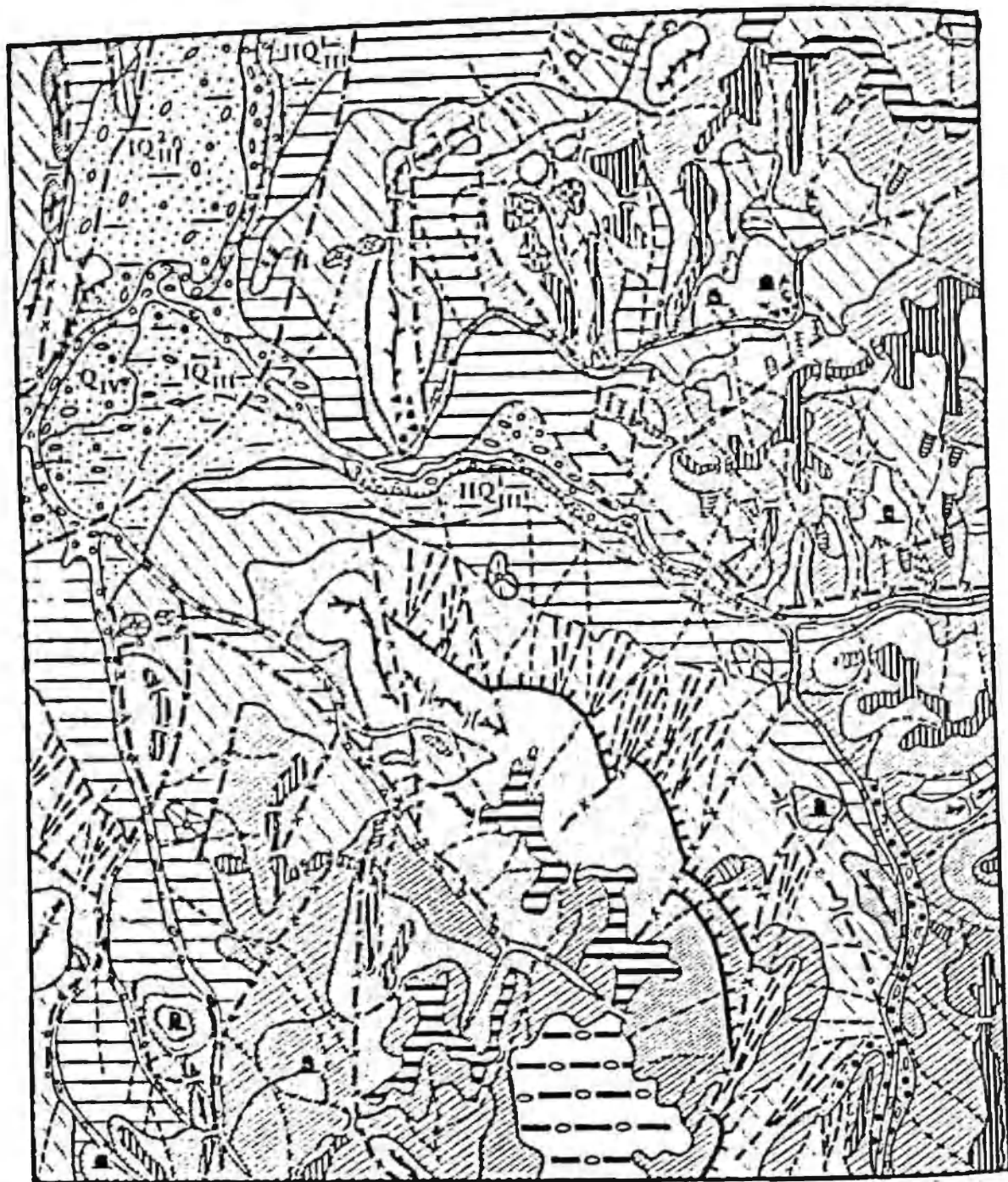


Рис. 61. Геоморфологическая карта одного из районов Южного Урала. Условные обозначения в целом соответствуют легенде 2 (Н. Н. Тальская):

Вершинные поверхности и гребни: 1 — поднятая реликтовая морская аккумулятивная равнина (K_2 —Pg); 2 — откопанная древняя денудационная равнина (до K_2). *Сниженные вершинные поверхности хребтов, вырезанные из морской и откопанной равнины (P_2 —Q);* 3 — гребни округлые, плоские; 4 — гребни острые, узкие; 5 — останцовые вершины отдельных сопок; 6 — малые вершины (а — острые, скалистые, б — округлые); 7 — седловины. *Склоны сноса и транзита:* 8 — делювиально-ложковые (а — более 20—25°; б — 15—20°); 9 — делювиальные (а — 9—14°; б — 6—8°). *Склоны накопления:* 10 — делювиальные (3—5°); 11 — педименты комплексные (снос и накопление, 6—8°); 12 — осыпи; 13 — гривки по отпрепарированым выходам коренных пород; 14 — структурные ступени. *Флювиальные формы рельефа:*

привязанных к террасам, и обширных педиментов сыртовой равнины Зауралья.

В рельефе Рудного и Горного Алтая, Большого Кавказа палеозойские складчатые структурные формы (горст-антиклинории, грабен-синклинории) не выражены. Выражены блоковые формы, выкросенные в палеозойском складчатом фундаменте по омоложенным глубинным разломам и разрывным нарушениям, секущим структурные формы палеозоя. Сетка разломов Рудного и Горного Алтая многопорядковая и по-разному (соответственно порядку) активная. От сетки и разломов Южного Урала она отличается близкой активностью продольных и поперечных разломов. Часто «пары» разломов двух перпендикулярных направлений активны одинаково. Движениями по таким разломам создан совершенно иной (по сравнению с Уралом) морфоструктурный план Алтая. Интенсивная блоковая тектоника не только «перемолола» древние структурные формы, изменив структурный план, но и привела к формированию сложных решетчатых и кольцевых морфоструктур, выдвинутых (нередко в плане также решетчатых) сложных горстовых хребтов и массивов, «живых» тектонических склонов (сбросовых, склонов ступенчатых сбросов) и др. Таков же и рельеф Карпат, в котором складчатая структура не выражена (рис. 60). Она наблюдается лишь внутри блоков и подчинена им.

Существенно иная картина формирования рельефа наблюдается в низких предгорьях Западного склона Южного Урала (рис. 61). Основую площадь занимает почти плоская равнина, на которой лежат морские отложения верхнего мела и палеогена. Долины рек, заложенные по разрывным нарушениям (доказано геологическими и геофизическими данными), глубоко врезаются в морскую равнину (рис. 62). Густая сеть долин обусловила местами смыв морских отложений и откапывание домеловой выровненной поверхности. В долинах по системе мелких разрывных нарушений, сопряженных с крупными (по которым и сформировался эрозионный рельеф), образовалась сложная система мелких блоков. О времени преобразования рельефа морской равнины и о величине сводового поднятия можно судить по наличию цокольной террасы у р. Сакмары, высотой 135 м, возраст аллювия которой верхнеплиоценовый.

Следуя основному принципу — картированию элементов рельефа по ведущему генетическому фактору, для такой территории мы не можем выделить в легенде к карте блоковые морфоструктуры и их элементы. Здесь преобладало сводовое поднятие, на фоне ко-

15 — пойма; 16 — аккумулятивные террасы (а — I (Q_{III}^2), б — II (Q_{III}^1); 17 — III цокольная терраса; 18 — днища малых рек и ручьев; 19 — русла временных водотоков; 20 — молодой врез; 21 — эрозионные уступы (а — в коренных породах, б — в рыхлых породах). Разрывные нарушения: 22 — определяющие долины крупных рек; 23 — определяющие долины притоков, ступени, перегибы склонов, седловины (а — доказанные геологически, б — выделенные по геоморфологическим данным и дешифрированию аэрофотоснимков); 24 — вадвиговые уступы по разрывным нарушениям, 25 — границы (а — достоверные, б — предполагаемые)

торого формирование эрозионного рельефа происходило по омоложенным разломам (рис. 61).

Сравнение морфоструктурных планов разных территорий дает много нового, особенно если на одну и ту же территорию составляются карты разных масштабов. Выявление конформных морфоструктур разного порядка (ячеистых, решетчатых, кольцевых, разветвленных горстов и др.) может направлять геофизические и геологические исследования и тем самым способствовать определению глубинности их заложения, механизма образования и генезиса.

Чем мельче масштаб, тем более крупные черты морфоструктурного плана можно выявить. На картах масштаба 1 : 2 500 000 вид-



Рис. 62. Расчлененная по разрывным нарушениям доверхнемеловая поверхность выравнивания. Видны склоны делювиального мелколожкового сноса (фото С. М. Кропачева)

ны довольно крупные морфоструктуры в целом (см. карту 2). На картах и схемах еще более мелких масштабов (см. рис. 19) выявляются сложные системы блоковых морфоструктур, обрисовывающие различные морфоструктурные планы. На рис. 19 это два крупных региональных блока — Кодаро-Удоканской и Алдано-Становой и разделяющая их Олекминская зона блоковых поднятий. Видно, что некоторые морфоструктурные направления пронизывают все три блока. Например, оси впадин отставания ориентированы преимущественно в северо-северо-восточном и субширотном направлениях. Видно также, что морфоструктуры, вытянутые в каком-либо общем направлении, представляют набор блоков, вырезанных по разломам различных направлений.

Итак, карты, которые составляются при рациональном сочетании морфоструктурного предполевого и послеполевого анализа и

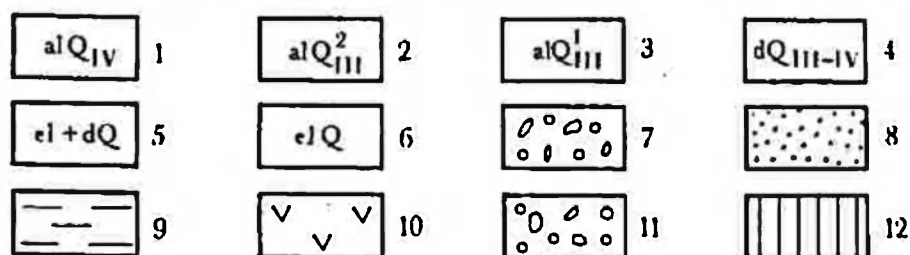
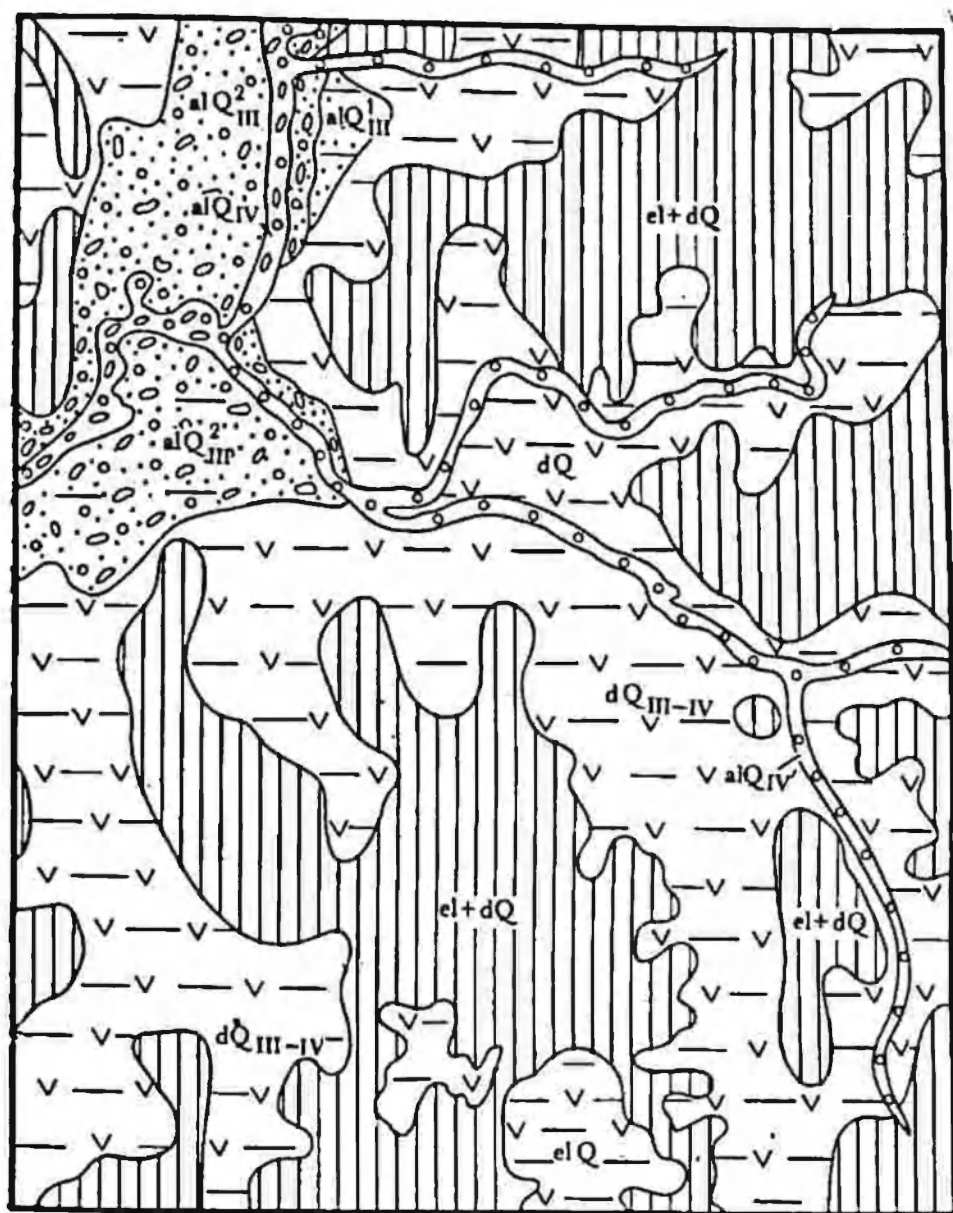


Рис. 63. Фрагмент карты четвертичных отложений, Южный Урал:
 Генетические типы и возраст отложений: 1 — современные аллювиальные отложения; 2, 3 — верхнечетвертичные аллювиальные отложения; 4 — современные и верхнечетвертичные делювиальные отложения; 5 — перасчлененные элювиально-делювиальные отложения; 6 — перасчлененные аллювиальные отложения. Вещественный состав и литология: 7 — галечники; 8 — пески; 9 — глины и суглинки; 10 — щебень; 11 — глыбы; 12 — элювиально-делювиальные отложения



Рис. 64. Фрагмент карты четвертичных отложений (Н. Н. Тальская):

Генетические типы и возраст отложений: 1 — современные пойменные отложения; 2 — современные и голоценовые пойменные отложения; 3 — верхнеплейстоценовые аллювиальные отложения; 4 — I—II террасы; 5 — голоценовые и верхнеплейстоценовые делювиально-пролювиальные отложения; 6 — современные маломощные транзитные делювиальные отложения; 7 — плейстоценовые элювиально-делювиальные отложения пологих склонов; 8 — плейстоценовые элювиально-делювиальные отложения крутых склонов (с выходами коренных пород); 9 — нерасчлененные элювиальные отложения на мел-палеогеновых породах; 10 — нерасчлененные элювиальные отложения на вулканогенно-осадочных породах; 11 — галечники (речные); 12 — пески, 13 — глины в суглинках, 14 — щебень, 15 — глыбы, 16 — галечник (морской)

полевых исследований и позволяют прочесть общий морфоструктурный план, выявляют различия в активности движений блоков и степени их экзогенной моделировки, роль литологических различий и препарировки, унаследованность или неунаследованность современного морфоструктурного плана и далее намечают направленность формирования рельефа. Сравнение морфоструктурных планов разных по истории развития территорий позволяет перейти к прогнозу и оценке перспектив поисков полезных ископаемых, связанных с разломами (см. главу XV).

Изучение роли экзогенной моделировки морфоструктур, интенсивности процессов этой моделировки и их типов не только в связи с климатическими различиями, но и неодинаковой интенсивностью и направленностью тектонических движений позволяет также делать выводы прогнозного характера о перспективах поисков россыпных полезных ископаемых, их возможном обогащении или разубоживании, погребении, сохранности в ловушках — грабенах — «ящиках» и др.

Карты, составленные по морфоструктурному принципу, нередко могут быть основой для согласования комплекса карт при геологической съемке с целью поисков. На рис. 63, 64 показано, как геоморфологическая карта, составленная Н. Н. Тальской (см. рис. 61), позволила пересоставить и улучшить составленную ранее карту четвертичных отложений (рис. 62, 63).

Практическое значение морфоструктурного анализа в геоморфологическом и комплексном геологическом картировании увеличивается, если вспомогательные и итоговые карты согласованы между собой по основе, содержанию, последовательности и т. п. В таком случае все картографические материалы (карты, схемы, профили) дают основу для составления металлогенических, оценочных и прогнозных карт. Этому способствует выявление разломов и разрывных нарушений по разным материалам — космическим снимкам, геофизическим, геологическим, геоморфологическим данным и использование аналогичных природных ситуаций. Например, известно, что в участках сочленения глубинных разломов восточного склона Южного Урала распространены наиболее мощные коры выветривания, к которым приурочены месторождения железа, бокситов, горного хрусталя и т. д. (Халиловское, Магнитогорское и др.). Методика, направленная на выявление таких полезных ископаемых, дополняется определенным набором поисковых признаков. Так, методика морфоструктурного анализа при поисках угольных месторождений направлена на выявление сложных приразломных грабенов с достаточной мощностью осадочных образований (Приуралье).

Картирование блоковых морфоструктур — один из путей поисков рудных месторождений, оценок эрозионного и денудационного среза (по блокам), условий сохранности и погребения месторождений, оценок сейсмичности и инженерно-геологических условий, изучения динамики тектонических движений (например, признаков ослабления разломов) и т. д.

Глава XIV

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ в ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОМ КАРТИРОВАНИИ И АНАЛИЗЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Применение математических методов в любой области должно опираться на объективную их необходимость. Обычно используется определенная система методов, учитывающая особенности предмета исследования. В данном случае речь пойдет о геоморфологической карте, процессе ее составления и анализа. Об особенностях карты, в том числе геоморфологической, уже много написано (Салищев, 1970). Много сказано и о математических приемах анализа карт. Создано научное и прикладное направление картографии — картометрия. Вместе с этим в специальной геоморфологической литературе, тем более учебной, вопросы использования математических методов в геоморфологическом картировании обсуждаются редко. Это и определило круг вопросов, изложенных в данной главе. Применение математических методов в геоморфологическом картировании и анализе карт, как и в любых других отраслях науки, связано со стремлением повышения объективности наших представлений о том или ином предмете. Кроме того, математика, исследуя различные виды отношений между предметами и явлениями, накопила большой арсенал приемов для изучения пространства. Этим и следует воспользоваться геоморфологам.

При отборе вопросов были в первую очередь выдвинуты те, которые подчеркивают необходимость определения системы субъективности суждений, установления различного рода ошибок, количества и качества информации. Необходимость решения именно этих вопросов связана с особенностью геоморфологической карты. Подробно эти вопросы были рассмотрены в предыдущих главах. Здесь хотелось подчеркнуть двойственный характер информации, содержащейся в картах: 1) объективное отражение реально существующего объекта; 2) субъективное истолкование некоторых черт объекта при составлении карты — может меняться в зависимости от индивидуальных особенностей исследователя, от научной школы, к которой он относится, и т. п. Следует также иметь в виду, что карта после ее составления, как и другие виды научной документации, может обрести «самостоятельную жизнь». И тогда стирается грань между объективной и субъективной информацией. Пользователем карты вся содержащаяся на ней информация воспринимается как объективная, если составитель не подчеркнул в знаках, в языке карты своих сомнений. Применение математических методов при анализе карт, степень субъективности которых не определена, естественно, могут не в полной мере установить объективные закономерности. Они могут быть затушеваны или подчеркнуты субъективным содержанием карты.

Современное научное исследование включает три стадии: 1) подготовка к исследованию (в том числе выбор задачи); 2) про-

ведение эксперимента; 3) оценка полученных результатов. В геоморфологическом картировании им соответствуют: 1) выбор типа карты и принципов картирования; 2) процесс составления карты; 3) ее анализ. Применение математических методов возможно на каждом из этих этапов.

Определение задач при выборе типа карт и принципов геоморфологического картографирования

В рамках первого этапа исследования осуществляется выбор: 1) принципа составления геоморфологической карты; 2) изобразительных средств для передачи разнокачественной информации; 3) выбор конкретной легенды. Современная геоморфология наиболее часто использует четыре основные категории карт: морфологические или морфографические, возрастные, генетические и морфогенетические. Каждая из них обладает своей внутренней логикой. Преимущества той или иной категории карт неочевидны и поэтому этот вопрос в течение долгого времени является предметом дискуссий. Каждый из сторонников той или иной концепции оперирует теоретической и практической необходимостью выдвинутых принципов и настаивает на исключительной плодотворности того подхода, приверженцем которого он является.

Эту дискуссию можно было бы прекратить, признав допустимость всех предложенных принципов (тем более, что карты всех четырех видов составляются) и установив, для каких видов практической деятельности и для каких разделов теории геоморфологии важнее тот или иной принцип. В решении этих задач известную роль могут сыграть математические методы. Например: 1) в выборе мер для подсчета количества и качества информации для карт, составленных по разным принципам, и 2) в определении степени субъективности информации на картах.

При выборе изобразительных средств для передачи информации на картах современная полиграфическая база представляет, как уже упоминалось, широкий арсенал неоднозначных изобразительных средств (цвет, штриховка и др.), среди которых основную функцию выполняет цвет. Информация, передаваемая на карте с помощью значков, штриховок, изолиний и т.п., несмотря на ее важность, воспринимается как второстепенная. О каждом из способов передачи информации много уже написано. Нас интересует лишь то, в каком соотношении находится количество информации, которую следует передавать на геоморфологической карте, и возможность их одновременной передачи на одной карте.

Полная геоморфологическая характеристика рельефа включает не менее шести признаков: 1) облик рельефа; 2) экзогенезис; 3) участие тектонических процессов; 4) литологическая предопределенность (связь со свойствами коренных пород); 5) рыхлые отложения, связанные с рельефообразованием; 6) возраст. Картографические возможности передачи информации, как правило, ограничены четырьмя основными изобразительными средствами:

цвет, штриховка, изолинии, значки. Поскольку шесть признаков не могут быть показаны четырьмя способами так, чтобы каждому способу соответствовал один строго определенный признак (качество) рельефа, то возникает необходимость или создания серии геоморфологических карт, или передача одним способом нескольких свойств рельефа. Например, цветом можно показать сразу форму, экзогенное происхождение и возраст (как это часто делается на картах, составленных по морфогенетическому принципу).

Математические методы на стадии подготовки к геоморфологическому картированию можно использовать для оценки различных способов передачи разнокачественной информации и нахождения оптимальных вариантов сочетания существующих в картографии способов изображения.

II, наконец, о выборе легенды карты. Проблема составления легенды тесно связана с разработкой классификации рельефа (см. главу V). Это весьма сложная проблема. В ряде наук ее рассматривают как одну из актуальнейших. Даже в биологии, где, казалось бы, уже многое в этом направлении сделано, вновь поставлена проблема составления классификации, основанной на объективных различиях степени сходства по большому числу признаков. Аналогичный процесс наблюдается и в геологии. Предложено большое число различных коэффициентов сходства (коэффициенты ассоциации и корреляции, показатели расстояния и т. п.). Существует и большое число алгоритмов объединения и разделения объектов по множеству признаков с использованием ЭВМ (Смирнов, 1969; Бейли, 1970; Воронин, Еганов, 1974, и др.).

Таким образом, главными задачами при математизации первого подготовительного этапа в создании геоморфологических карт являются: 1) разработка критериев для введения мер количества и качества (ценности) геоморфологической информации; 2) определение критериев сходства отдельных форм рельефа и их группировок; 3) количественная оценка уровня субъективности составленной карты.

Процесс составления геоморфологических карт и применения математических методов

Процесс составления геоморфологических карт в камеральных и полевых условиях известен. Он неоднократно обсуждался в различных изданиях. Поэтому, может быть, следует остановиться на одном вопросе — оценке точности составления карт. В большинстве случаев этот вопрос остается вне внимания геоморфологов. Но отсюда не следует, что при составлении карты не могут возникать некоторые ошибки: 1) из-за нечеткости границ некоторых геоморфологических объектов; 2) из-за нечеткости определения происхождения, возраста или другого признака формы и, наконец, 3) недостаточности теории.

Во всех случаях ошибки проявляются в несовпадении границ отдельных контуров, в выделении разного числа и набора контуров

(одни исследователи выделяют поверхности выравнивания, другие — не видят для этого достаточных оснований и пр.). Само наличие ошибок не может поставить под сомнение возможность существования карты. Ошибки есть в любой карте. Необходимо добиваться определения величины этих ошибок и того, чтобы они не превышали некоторого уровня. Составление карты чем-то напоминает процесс измерения. Математические аспекты при этом сводятся: 1) к определению величины ошибок; 2) установлению необходимого и достаточного объема наблюдений — точек описания, образцов рыхлых отложений и пр. Поскольку информация, которая собирается в поле для составления карт, имеет статистический характер, то и вид задач, и способы их решения определяются нормами математической статистики. Кроме того, на этой стадии может возникнуть потребность определения масштаба карты для правильной передачи той или иной геоморфологической ситуации. С математической точки зрения к этому классу задач близки задачи о возможностях сохранения объема информации карты при уменьшении масштаба.

Анализ геоморфологических карт и возможность применения математических методов

Составление геоморфологической карты (в поле, на основании дешифрирования аэрофотоснимков, изучения тематических карт и т. п.) всегда является завершением некоторого этапа исследований. Обычно карта сопровождается таблицей условных обозначений и текстом, в котором даются пояснения к карте и развернутое описание рельефа территории. После этого проводится анализ карты автором или потребителем геоморфологической информации. Простейший вид анализа — описание, в которое входит изучение таблицы условных обозначений (легенды), визуальное рассмотрение карты и собственно описание.

При изучении легенды по существу выявляется набор геоморфологических образов, который можно увидеть на карте. Кроме того, в легенде содержатся элементы классификации форм рельефа, которые помогают увидеть и определенную точку зрения составителя, определить принадлежность автора карты к той или иной научной школе и в известном смысле оценить степень субъективности информации. Два исследователя из одной и той же легенды без предварительной подготовки извлекают неодинаковый объем информации, поэтому важно определить *меру количества информации*, содержащуюся в легенде.

Второй этап анализа карты заключается в ее прочтении. Рассмотрение карты дает два рода информации: 1) сведения, собранные автором для составления карты (размер формы рельефа, ее очертания в плане, характер границ); 2) информация, возникающая в результате картирования (взаимное расположение объектов, их содержательное соотношение и др.). Если информация первого рода обычна, то вторая напоминает явление, хорошо из-

вестное из анализа геологических карт. При их составлении картируется возраст пород, а в итоге на карте могут выявляться тектонические структуры, наделенные пространственно-временным содержанием. До создания карты исследователь нередко просто не может представить себе этой информации, которая становится обозримой в результате того, что большая территория умещается на листе. Происходит как бы сжатие пространства.

Визуальный анализ карты обычно заканчивается описанием размеров форм рельефа, их конфигурации, размещения в пространстве, их соотношения. Известно, что два исследователя с одной и той же карты получают неодинаковый объем информации (и качественно и количественно). Математические методы могут способствовать отбору информации с карты.

Законы получения информации определены *картометрией* — важной отраслью современной картографии (Берлянт, 1971; Салищев, 1971). Картометрическая информация также, по существу, возникает лишь после составления карты. В этом смысле она близка к информации второго рода, хотя ряд параметров (длину, площадь и т. п.) можно получать непосредственными измерениями на местности.

Полный анализ геоморфологической карты предполагает и более трудоемкие, и более сложные операции: составление морфометрических карт, обработку картометрических данных методами статистики или теории поля и др. В результате такого анализа могут возникнуть «производные карты» (Салищев, 1975), или «карты второго поколения». Они в свою очередь могут быть предметом анализа и измерений. И вновь могут возникать производные карты. Кроме собственно геоморфологических карт могут быть созданы и более сложные их модификации: карты оценки территории по условиям строительства, прогнозные динамические и прогнозные оценочные карты.

Для детального анализа карты используются приемы статистики и теории вероятностей: дисперсионный, корреляционный, факторный анализы, анализ тренда поверхностей и т. п. Целью детального анализа геоморфологической карты является установление пространственных, временных, генетических и других закономерностей статистического или функционального характера. Это уже более совершенный — *третий род* картографической информации. В математическом плане для выявления информации третьего рода соблюдаются определенные правила и решаются промежуточные задачи: о необходимом и достаточном объеме измерений, о достоверности выводов и некоторые другие. Это остается справедливым и тогда, когда предметом анализа оказывается не одна, а серия карт различного масштаба и содержания. Правда, различия в масштабе накладывают свои ограничения и не все задачи могут быть разрешены с помощью имеющейся серии карт: для задач одного типа может не хватать материала (мала площадь исследования), для других — мала точность и др. Поэтому характер анализа геоморфологических карт зависит и от поставленной цели.

и от качества картографического материала. Кроме того, используя тот или иной математический аппарат при обработке результатов измерений (площадей, длин и др.), мы вводим между этими величинами и нами промежуточный преобразователь информации. Его свойства обязательно скажутся и на окончательных выводах. Так, среднее арифметическое в малых выборках (а иногда и в больших) может сильно отличаться от моды или медианы, от среднего геометрического, среднего гармонического и т. д. Именно эти отличия заложены в алгоритме обработки материалов и могут оказать влияние на характер последующих выводов, а также и на качество информации третьего рода.

Подводя итоги, можно сказать, что математические методы могут быть использованы на всех стадиях составления и анализа геоморфологических карт. Затруднения часто вызывают отсутствие необходимой системы мер (мера сходства, мера количества и качества информации, мера степени достоверности, мера субъективных ошибок и др.). Для использования математических методов необходимо бывает применить уже готовые приемы и способы измерений и их обработки (мера достоверности выборки, дисперсионный, корреляционный анализ и т. п.).

Включение математических методов в анализ карт будет способствовать более полному использованию геоморфологической информации, которая часто добывается с трудом и требует значительных материальных затрат. На это важно обратить внимание именно сейчас, когда развитие электронно-вычислительной техники раскрывает новые возможности сбора, накопления и обработки научной информации. Необходимо продумать все возможные пути использования геоморфологической информации и подготовить логические и технические средства для подключения геоморфологического анализа к автоматическим считывающим устройствам и ЭВМ.

Некоторые геоморфологические задачи и возможности их математического решения

Некоторые из задач типичны для любого исследования, а их решение обязательно в том числе и для составления геоморфологических карт. Наиболее простая из них — определение необходимого числа наблюдений. Ее следует решать и при определении числа точек полевых наблюдений, и при полном анализе геоморфологической карты для получения информации третьего рода.

Задача 1. Определение необходимого и достаточного числа наблюдений (или задача о достоверности выборки). Пусть нам требуется узнать степень каменистости морены по находкам валунов на поверхности. Обычно выбирают несколько площадок определенного размера (1 м^2 , 4 м^2 , 10 м^2). На каждой из них считается число валунов, а затем вычисляется среднее арифметическое для трех — пяти площадок. Если число валунов на каждой площадке различно, то известно, что значение среднего будет зависеть от

числа площадок и степени изменчивости количества камней от площадки к площадке. Это обычная, часто встречающаяся в статистике задача, которая связана с достоверностью определения значения среднего. Последовательность действий принимается следующей:

1. Делается несколько пробных измерений. Предположим, что измерено четыре площадки размером 1 м² и на каждой из них оказалось разное количество валунов: на первой — 7, на второй — 3, на третьей — 6, на четвертой — 4. Составим табл. 2 и вычислим среднее арифметическое ($\bar{x}$), а также один из показателей изменчивости ряда, стандартное отклонение (σ), ошибку среднего ($\epsilon_{\bar{x}}$) и погрешность измерения (T).

Таблица 2

Операции по вычислению среднего, его ошибки и погрешности измерения

№ п/п	x_i	$x_i - \bar{x}$ (Δx)	Δx^2	
1	7	2	4	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \Delta x^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{10}{3}} = 1,82$
2	3	-2	4	
3	6	+1	1	
4	4	-1	1	$\epsilon_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 0,91$
$n = 4$	$\sum_{i=1}^n x_i = 20$ $\bar{x} = \frac{20}{4} = 5$	$\sum \Delta x = 0$	$\sum \Delta x^2 = 10$	$\bar{x} = 5 \pm 0,91$ $T = \frac{\epsilon_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100 = 18\%$

Из статистики известно, что этих данных достаточно для того, чтобы определить достоверность выборки. По номограмме достаточно больших чисел можно установить, что при данных свойствах ряда наблюдений для определения достоверного значения среднего необходимо не менее 250 измерений и суждение о каменности при четырех измерениях следует признать недостоверным, а наблюдение следует продолжить.

Точно таким же образом следует вести расчеты, если нужно измерить среднюю ширину речной террасы или ее среднюю абсолютную высоту. Набор точек на карте стараются сделать по их местоположению случайным, а число измерений для определения достоверного среднего необходимо рассчитать по приведенной выше схеме (табл. 2).

Число наблюдений зависит от изменчивости параметров (σ) и от точности наблюдений ($\epsilon_{\bar{x}}$). Чем большая точность нужна, тем

больше число наблюдений необходимо произвести. При одинаковой точности необходимое число наблюдений будет тем больше, чем больше изменчивость наблюдаемого признака.

Задача 2. Определение точности составления геоморфологической карты. Решение задачи определения меры субъективной ошибки при выделении границ геоморфологического контура на карте близко первому. Для этого необходима специальная повторная работа. Поскольку в настоящее время большинство границ проводится по данным дешифрирования, то решение задачи сводится к повторному (многократному) независимому дешифрированию контрольного участка.

Для решения второй задачи на составленной геоморфологической карте необходимо выбрать несколько участков с таким расчетом, чтобы некоторые из них могли охарактеризовать элементы рельефа с четкими границами, с наиболее часто встречающимися элементами и те, которые дешифрируются менее надежно. Для каждого из участков следует подобрать аэрофотоснимки и провести первый тур дешифрирования. Опишем операции лишь для одного участка. На остальных они будут идентичными. Рассмотрим пару снимков под стереоскопом и мягким карандашом проведем границы интересующего нас контура (делювиального склона, когуса выноса, террасы). Затем перенесем полученные границы на кальку, предварительно привязав ее к жестким контурам рельефа (резким вершинам, изгибам русла). После этого сотрем карандаш с аэрофотоснимка и по прошествии некоторого времени повторим на том же самом снимке дешифрирование выбранного нами объекта. При повторном перенесении границ на кальку очень легко убедиться, что полного совпадения с первым опытом не получается. Естественно, что величина несовпадения и будет мерой искомой ошибки. Если принять длину контура за 100%, то можно вычислить и ошибку в процентах. Пусть длина контура l , а длина (сумма длин) несовпавшей части m , тогда коэффициент достоверности (K_d) можно вычислить по формуле

$$K_d = \left(1 - \frac{m}{l}\right) \cdot 100\%. \quad (1)$$

Для определения точности проведения геоморфологических границ по всей площади составленной карты следует провести аналогичные вычисления для нескольких участков, а затем рассчитать среднее значение точности проведенных границ (K_d). Величина K_d будет зависеть от изменчивости этого признака по территории и от количества выбранных участков. Естественно, что наряду со значением среднего необходимо указать ошибку среднего и достоверность проведенной выборки.

Задача 3. Определение степени геоморфологического сходства (или различия). Эта задача чаще всего возникает при оценке целесообразности разделения (проведения границ) одного контура на два или объединения двух смежных контуров в один. Аналогичные вопросы возникают при создании классификации, при состав-

лении пространственно-временных рядов, раскрывающих ход эволюции рельефа.

Задача может быть решена несколькими способами.

1. Пусть у нас имеется два смежных участка моренного рельефа с неодинаковой степенью каменности поверхностного слоя (вместо каменности может быть принят любой другой, но обязательно один признак — расчлененность, задернованность и т. п.). Проведем между ними границу, руководствуясь какими-то наблюдениями или просто наугад. Далее вычисления строятся таким образом, чтобы или подтвердить значимость границы, или ее отбросить, или провести ее в другом месте и испытания продолжить. Вначале проведем вычисления по схеме, указанной в задаче 1, и получим значения средней величины каменности (расчлененности, задернованности и т. п.) первого участка ($\bar{x}_1$), ошибку среднего ($e\bar{x}_1$) и, соответственно, эти значения для второго участка ($\bar{x}_2$ и $e\bar{x}_2$). После этого вычисляется основная ошибка разности средних, которая равна

$$e(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = \sqrt{e_{\bar{x}_1}^2 + e_{\bar{x}_2}^2}. \quad (2)$$

Если абсолютное значение разности двух средних ($\bar{x}_1 - \bar{x}_2$) больше удвоенного значения ошибки разности средних

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) > 2e(\bar{x}_1 - \bar{x}_2),$$

то различие между средними признается существенным и граница остается. Наилучшему значению границы будет соответствовать и максимальное значение разности

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - 2e(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \rightarrow \max.$$

2. Если сравнение объектов идет не по одному, а несколькими признакам, то можно эту задачу решать последовательно. Сперва территорию разделить по одному признаку, затем, если деление по нему проведено удачно, то каждый из вновь образованных участков можно попытаться разделить на части по второму признаку и так далее вплоть до последнего. На основании этого деления предполагается, что в конце будут получены относительно однородные участки. Сама операция деления проводится с помощью выявления достоверности различий средних по процедуре, описанной выше.

Существует еще несколько процедур деления с помощью критерия Стьюдента, критерия Фишера и Романовского. Их использование требует определенного уровня подготовленности в математической статистике. Есть и еще два способа членения территории по величине их параметров на контуры с более высокой степенью внутренней однородности (рис. 65).

Предположим, что мы ведем исследования склонов и нам нужно разделить участок территории на однородные в генетическом отношении части. Пусть в нашем распоряжении имеется вначале только топографическая карта. Предположим, что происхождение

склонов может отражаться в одном из внешних признаков, например в уклонах. Проведем следующие измерения и расчеты. Вначале измерим уклоны в 20—30 случайно выбранных точках (измерения обычно проводятся по системе координат, отобранных с помощью случайных чисел — см. рис. 65). Пусть значения измеренных уклонов образуют ряд чисел: $a_1, a_2, a_3, \dots, a_{n-1}, a_n$. Тогда можно сосчитать среднее арифметическое ($\bar{a}$), ошибку среднего ($\bar{\varepsilon}_a$) и основное отклонение (σ).

Удостоверившись, что выборка достаточна по числу измерений (репрезентативная выборка), можно перейти к следующей стадии измерений. Из статистической геологии (Крамбейн, Грейбилл, 1969, с. 90) известно, что этот ряд описывается совершенно определенной кривой распределения, которая в математической статистике называется *нормальной*. Кривая (плотностей вероятности) описывается некоторой функцией (функцией случайной величины X), имеющей вид

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\Delta x^2}{2\sigma^2}}, \quad (3)$$

где Δx — отклонение от среднего, а σ — основное отклонение.

Одним из свойств этой функции является то, что она симметрично убывает от средних значений к большим и от средних к малым. При этом в размах значений $\bar{a} \pm 3\sigma$ входит 99,7% всех возможных значений этой величины. Это свойство позволяет ряд полученных значений уклонов разделить на три части 1) $x_i < \bar{a} - \sigma$; 2) $\bar{a} - \sigma < x_i < \bar{a} + \sigma$; 3) $x_i > \bar{a} + \sigma$. Из статистики известно также, что первая группа будет включать около 16% значений, встречающихся на территории. Склоны этой группы следует рассматривать как аномально пологие и предполагать, что есть причина, объясняющая их высокую выположенность. Склоны третьей группы можно рассматривать как аномально крутые. Наиболее многочисленна вторая группа, для которой свойственны значения уклонов $\bar{a} \pm 2\sigma$. Отклонения такой величины принято считать случайными и их можно рассматривать как относительно однородную группу.

Для дальнейшего членения групп можно выбрать другой признак. Пусть это будет мощность склоновых отложений. Изучим мощность склоновых осадков для первой группы и поступим также, как делали это с уклонами. В результате получим три подгруппы первой группы: а) пологие склоны с аномально малым по мощности чехлом осадков; б) пологие склоны с нормальным для этой

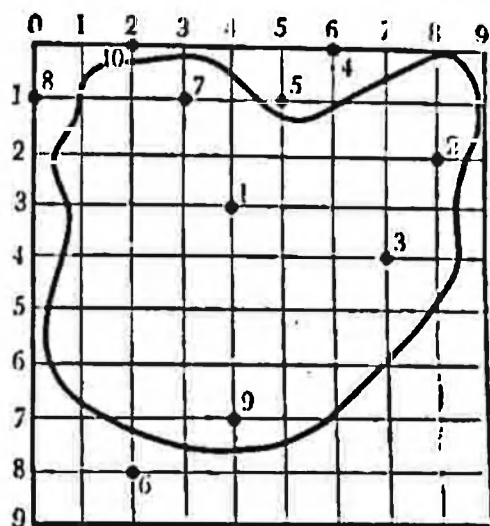


Рис. 65. Выбор точек по системе координат и таблице случайных чисел. Случайные числа:

1 — 34; 2 — 28; 3 — 47; 4 — 06; 5 — 15;
6 — 82; 7 — 13; 8 — 10; 9 — 94; 10 — 02

территории чехлом и в) пологие склоны с аномально мощным чехлом осадков. Прделав аналогичные операции с двумя оставшимися группами склонов (нормальными и крутыми), можно получить уже 9 участков, каждый из которых должен обладать более высокой степенью внутренней однородности. Далее можно избрать третий, четвертый признак и получить необходимое число участков.

3. Более простые способы выбора меры сходства рассмотрены в работе Н. Бейли (1970). Ссылаясь на ряд работ (Сокэла, Спикта и др.), Н. Бейли предлагает для оценки степени сходства двух объектов сравнивать их по числу совпадающих и отсутствующих признаков. Например, мы имеем две формы рельефа, которые необходимо сравнить и выяснить степень сходства между ними. Пусть они обладают общими признаками, число которых равно m , а число несовпадающих признаков равно n . Тогда $m+n=n$, где n — число признаков, принимавших участие в сравнении. Следует при этом иметь в виду, что в число могут быть включены как положительные совпадения (когда у обоих форм рельефа анализируемые признаки присутствуют), так и отрицательные (в том случае, когда какой-либо признак отсутствует). Например, если оба склона задернованы и незалесены, можно говорить, что у них два общих признака: один положительный (оба задернованы) и один отрицательный (оба незалесены). При таком подходе отношение

$$S = \frac{m}{n} \quad (4)$$

может быть принято в качестве меры сходства. Мера удобна, так как изменяется от 0 до 1 и выражается в долях единицы или процентах.

При использовании меры, предложенной Н. Бейли, необходимо иметь в виду, что признаки, выбранные для сравнения, должны быть примерно одинаковыми по значимости. Если в определении степени подобия они играют разную роль, то их значимость (вес) должна быть уравновешена с помощью весовых коэффициентов. Практика показывает, что выбор весовых коэффициентов дело сложное, часто не лишенное субъективизма. Во всяком случае выбор каждого из весовых коэффициентов должен быть обстоятельным образом объяснен. Существуют другие способы решения этой задачи, известные в литературе.

Задача 4. Определение меры внутренней однородности геоморфологического объекта. Эта задача представляется существенной для большого круга задач. Считается, что любой геоморфологический объект, выделенный на карте, относительно однороден (для данного масштаба). Так обстоит дело, например, с формами происхождения, когда рельеф возникает под действием одного рельефобразующего агента. Если же рельеф имеет сложный генезис, то мы, говоря, например, об озерно-аллювиальной равнине, или обвальном-осыпном склоне, или о ледниково-морской ак-

кумулятивной равнине, понимаем, что в этом объединении речь идет лишь о некотором уровне однородности, что само понятие однородности здесь условно. Также условно понятие однородности для крупных геоморфологических объектов, например вулканов. Породы одни и те же, а элементы рельефа экзогенного происхождения меняются от гляциальных наверху до аридных внизу.

Попробуем дать определение понятию «однородность» для малых объектов. Геоморфологический и геологический объекты полностью однородны, если они представляют собой объекты одного рода, в пределах контура которых все измеряемые параметры имеют одинаковую величину (высоту, уклон, мощность и состав отложений и т. д.). Понятие «неоднородность» противоположно по смыслу первому. Чтобы представить себе его физически, рассмотрим это понятие на примере геологических объектов. Предположим, что у нас имеются три образца, каждый из которых представляет смесь песка и глины в соотношениях, указанных в табл. 3.

Таблица 3

Соотношение фракций песка и глины (в %) у образцов различной сортированности

Наименование образца	Доля песка	Доля глины
I	50	50
II	75	25
III	25	75

Первый образец обладает наименьшей сортированностью (не песок, не глина); второй более песок, чем глина и поэтому он кажется более однородным; третий более глина, чем песок. Сравнивая второй и третий образцы между собой, нельзя не заметить, что они качественно отличаются друг от друга, хотя и обладают одинаковым соотношением долей (одной какой-то доли 25%, другой — 75%). Это равенство соотношений различных долей без учета различий по качеству и следует рассматривать как некоторое особое свойство — *степень сортированности*.

Если образец состоит из трех разнокачественных компонентов, то, чтобы получить смесь наименьшей сортированности, нужно каждого из них взять по одной трети от желаемой массы. Соотношение долей здесь так же будет 1:1:1. Если это правило записать в общем случае для n -компонентной смеси, то доля каждого из них будет равна $1/n$.

Для измерения степени сортированности рыхлых пород в литологии в настоящее время принято несколько коэффициентов. Для их получения вначале строится кумулятивная кривая гранулометрического состава. На ней по-разному выбираются характерные точки с различной степенью обеспеченности, выраженной в процентах: 10, 25, 60, 75, 90. На оси абсцисс каждой из них соответ-

вуют характерные диаметры: d_{10} , d_{25} , d_{60} , d_{75} и d_{90} . Диаметры d_{25} и d_{75} называются *квартилями* и обозначаются соответственно как Q_1 и Q_3 . Широко распространены четыре коэффициента сортированности, четыре своеобразные меры:

- 1) $S_0 = \frac{Q_3}{Q_1}$ — коэффициент сортированности Траска,
- 2) $S_0 = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$ — коэффициент сортированности Рухина,
- 3) $\eta = \frac{d_{75}}{d_{10}}$ — коэффициент несортированности Хазена,
- 4) $S_p = \frac{d_{90}}{d_{10}}$ — коэффициент сортированности песков Фадеева.

Все четыре коэффициента являются следствием одних и тех же математических операций: 1) вначале все данные располагаются в ряд (определяется последовательность значений); 2) проводится суммирование членов ряда; 3) в нарастающей сумме выбираются две характерные точки. Математические операции накладывают определенный отпечаток на величину коэффициента. Они выявляют некоторые свойства ряда распределения, но это не то, что мы имели в виду, раскрывая смысл понятия однородности. В данном примере выбранные произвольно две точки раскрывают какой-то свой смысл, названный авторами сортированностью. Самыми большими неудобствами выбранных точек является то, что они нелогичны. Так, например, все они меняют свое значение от 1 до ∞ . Известно, что однородные образцы состоят из одной какой-либо фракции. Отсюда и S_0 , и η , и S_p должны быть равны единице ($S_0 = \eta = S_p = 1$).

Несортированные образцы в системе этих мер должны были бы иметь коэффициент несортированности, равный бесконечности. Но этого не получается. Ни одна из этих мер в своем экстремальном значении не выявляет максимальной степени несортированности. В этом легко убедиться, если проанализировать условия, при которых значение любого коэффициента стремится к своему максимуму. Рассмотрим это на примере коэффициента несортированности Фадеева.

Коэффициент S_p представляет собой дробь d_{90}/d_{10} , а дробь стремится к своему максимуму в том случае, если числитель $d_{90} \rightarrow \max$, а $d_{10} \rightarrow \min$. Очевидно, что это условие не требует соблюдения равенства разнокачественных долей, а стало быть при достижении максимума может и не принадлежать образцу, являющемуся эталоном истинной несортированности. Коэффициент Фадеева — это показатель присутствия в смеси песка частиц разного размера, показатель изменчивости величин ряда, а не коэффициент сортированности. Аналогичные недостатки содержат в себе и показатели Траска, Рухина и Хазена. Чтобы правильно по-

строить меру неоднородности, нужно отказаться от направленного суммирования. Наиболее полно это учтено в мере неопределенности системы (мера энтропии системы), предложенной в теории информации Шенноном. Она имеет вид

$$H = - \sum_{i=1}^{l=n} P_i \log P_i, \quad (5)$$

где H — мера неоднородности (неопределенности), а P_i — доля каждого элемента, выраженная в частях единицы. Сумма P_i всегда должна быть равна единице:

$$\sum_{i=1}^n P_i = 1. \quad (6)$$

Если образец состоит из четырех фракций, соотношение которых равно 10%, 20%, 30% и 40%, то можно записать: $P_1=0,1$; $P_2=0,2$; $P_3=0,3$; $P_4=0,4$. Неоднородность фракций будет определяться суммой:

$$H = -(0,1 \log 0,1 + 0,2 \log 0,2 + 0,3 \log 0,3 + 0,4 \log 0,4).$$

Обычно для вычисления неоднородности пользуются двоичными логарифмами. Так как каждый из P_i — дробь, а логарифм дроби — величина отрицательная, то сумма $\sum P_i \log P_i$ также величина отрицательная. Знак минус перед суммой в формуле (5) ставится для того, чтобы придать величине H положительное значение.

Эта мера неопределенности (несортированности) удобна, так как она не страдает отмеченными выше недостатками. Для однородного образца, состоящего из одной фракции ($n=1$ и $P=1$), $H=0$, так как $\log 1=0$ и $1 \log 1=0$. Для неоднородного образца коэффициент H стремится к максимуму ($H \rightarrow \max$). Пусть у нас имеется двухкомпонентная максимально неоднородная смесь, тогда по определению $P_1=P_2=1/2$. Определим H :

$$H = - \left(\frac{1}{2} \log \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \log \frac{1}{2} \right) = - \log \frac{1}{2} = -(\log 1 - \log 2) = \\ = -(0 - 1) = 1, \quad H_{\max} = 1.$$

Нетрудно убедиться, что любое другое соотношение частей даст нам величину меньшую, чем единица. Пусть $P_1=0,25$, а $P_2=0,75$. Коэффициент H будет равен:

$$H = -(0,25 \log 0,25 + 0,75 \log 0,75) = -(-0,5000 - 0,3113) = \\ = 0,8113.$$

Для смесей, состоящих из четырех разнокачественных компонентов, максимальная неоднородность будет в случае $P_1=P_2=P_3=P_4=1/4$. Определим величину H_4 :

$$H = - \left(4 \cdot \frac{1}{4} \log \frac{1}{4} \right) = - \log \frac{1}{4} = -(\log 1 - \log 4) = \log 4 = 2.$$

Для более сложной смеси, состоящей из 8 разнокачественных компонентов, в случае максимальной неоднородности показатель H будет соответственно равен:

$$H = -\left(8 \cdot \frac{1}{8} \log \frac{1}{8}\right) = -\log \frac{1}{8} = \log 8 = 3.$$

Для любой смеси, состоящей из n компонентов, при условии максимальной неоднородности коэффициент H равен:

$$H_{\max} = -\left(n \frac{1}{n} \log \frac{1}{n}\right) = -\log \frac{1}{n} = \log n. \quad (7)$$

Таким образом, коэффициент H обладает рядом свойств:

1. Он зависит от соотношения долей различных компонентов, входящих в смесь (или систему). Для двух систем, состоящих из равного числа различных элементов, он будет больше в той из них, в которой соотношение долей наиболее приближается к равенству $P_1 = P_2 = \dots = P_{n-1} = P_n$.

2. Он будет больше в той системе, которая состоит из большего числа входящих в нее разнокачественных элементов. Поэтому для сравнения различных систем удобнее пользоваться показателем относительной несортированности $\frac{H_1}{H_{\max}}$, где $H_{\max} = \log n$. Теперь, принимая, что несортированность — это противоположное по значению свойство сортированности, можно предложить меру относительной сортированности:

$$S_0 = 1 - \frac{H_1}{H_{\max}} = 1 - \frac{H_1}{\log n}. \quad (8)$$

Эта мера имеет свойство меняться от 0 до 1. Если образец сортирован (состоит из одного однородного элемента), то H_1 , как это было показано выше, равно нулю. Тогда второй член формулы равен нулю и $S_0 = 1$. В случае максимальной неоднородности $H_1 = \log n$, а второй член $\frac{H_1}{\log n}$ равен единице и соответственно $S_0 = 0$.

Примеры, разобранные выше, для простоты рассуждений взяты из гранулометрического анализа. Этот подход можно распространить и на анализ геоморфологической карты. Пусть мы имеем на ней малый объект, условно генетически однородный. Предположим, что это форма, созданная только ледниковой аккумуляцией. Естественно, что условно ее можно признать генетически однородной ($S_0 = 1$). Можно представить и большой участок такой территории, например моренной равнины. Если ледниковый рельеф в дальнейшем был изменен (вторичная ледниковая равнина), то наряду с ледниковыми на ней могут встречаться элементы рельефа флювиального, гравитационного, эолового и любого другого происхождения. Такая территория может уже иметь различную генетическую неоднородность.

Если все формы рельефа ледникового происхождения объединить в одну группу, а неледникового — в другую, то с помощью меры сортированности можно определить степень переработанности исходной ледниковой равнины (степень генетической однородности). Для этой цели измерим раздельно площадь, занятую элементами рельефа первой и второй групп. Пусть площадь 1 равна величине S_1 , а площадь элементов рельефа второй группы S_2 . Их сумму ($S_1 + S_2$) примем за единицу. Тогда отношение

$$\frac{S_1}{S_1 + S_2} = m (0 < m < 1)$$

будет выражать долю ледникового рельефа, а отношение

$$\frac{S_2}{S_1 + S_2} = n$$

долю неледникового рельефа ($0 < n < 1$). А $m + n = 1$.

$$H_1 = -(m \log m + n \log n); S_0 = 1 - \frac{H_1}{\log 2} = 1 - H_1.$$

С помощью коэффициента сортированности можно составлять геоморфологические карты второго поколения. Для этой цели лист карты разобьем на квадраты заранее подобранного размера (он не должен быть меньше самого малого контура по площади, но достаточно мал, чтобы с его помощью можно было территорию разделить на 20—30 частей), для каждого из квадратов подсчитаем S_0 . Значение S_0 относится к центру квадрата. Далее строим картограмму коэффициента сортированности (однородности). Ее познавательная ценность зависит от свойств территории, а также от того, как были выделены элементы геоморфологической карты. Если карта построена в генетической легенде, то будет выявлена гетерогенная структура территории. Если карта возрастная, то картограмма однородности рельефа подчеркнет пространственно-временную структуру территории.

Кроме определения степени (стадии) переработки рельефа с помощью коэффициента геоморфологической однородности (сортированности) могут быть выявлены соотношения областей новейшего поднятия и опускания денудации и аккумуляции. В ряду этих задач может быть поставлена и более сложная — о влиянии неоднородности субстрата на неоднородность рельефа. Для ее решения нужно получить картограмму литологической неоднородности коренных пород (субстрата) и сравнить ее с картами гипсометрической однородности, однородности уклонов, возрастной и генетической однородности.

Мера геоморфологической однородности удобна для анализа геоморфологических карт и решения различного рода задач. Их решение зависит в значительной мере от скорости измерения площадей сложной геометрической конфигурации. Поскольку эта задача технически решена и замеры может производить специальная

Таблица 4

Площади основных типов геотектуры и морфоструктуры

№ п/п	Типы геотектуры и морфоструктуры	Площадь по материкам, %							СССР
		Европа	Азия	Африка	Северная Америка	Южная Америка	Австралия	суша в целом	
I	Равнинно-платформенные области	70,3	43,0	84,1	61,0	76,6	73,8	64,0	66,0
1	Цокольные равнины и плоскогорья древних щитов	11,9	3,0	25,8	23,0	18,6	37,0	16,6	2,8
2	Равнины и плато древних плит (платформ)	34,5	13,8	48,4	28,8	47,8	24,3	31,0	25,5
3	Равнины, низменности и мелкосопочные молодых платформ	12,9	12,9	—	—	3,0	—	5,6	26,1
4	Кряжи и плоскогорья внутри молодых платформ	1,9	0,3	—	—	—	—	0,3	0,7
5	Красивые низменности	8,0	9,7	9,0	9,2	3,3	11,8	8,6	7,2
6	Вулканические плато	11,1	3,3	0,9	—	3,9	0,7	1,9	3,7
II	Горные (орогенические) области	29,7	57,0	15,9	39,0	23,4	26,2	36,0	34,0
8	Горы и нагорья областей докембрийской складчатости	—	2,8	7,2	1,7	3,4	—	3,3	10,3
9	Горы и нагорья областей палеозойской складчатости	12,8	8,6	0,6	4,3	3,3	10,1	5,8	4,2
10	Горы и нагорья областей мезозойской складчатости	—	6,0	—	23,5	0,6	—	6,0	6,9
11	Горы и нагорья областей кайнозойской складчатости	15,8	15,3	2,1	4,3	14,7	10,1	10,1	3,4
12	Вулканические горы	0,2	3,0	—	1,3	—	—	1,2	3,6
13	Вулканические горы и плато	—	1,2	3,3	3,9	1,4	2,0	2,1	—
14	Внутриплатформенные горы	0,9	10,6	2,7	—	—	4,0	4,4	5,4
15	Межгорные равнины и плато	—	9,5	—	—	—	—	3,1	0,2
Всего		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

Заказ 2258

считывающая машина, то можно надеяться, что использование меры неоднородности рельефа принесет новую интересную геоморфологическую информацию. Чтобы показать возможности этого коэффициента, разберем один из возможных примеров.

В книге «Рельеф Земли» изданной Институтом географии АН СССР, приводится таблица Г. М. Беляковой площадей основных типов геотектуры (мегаморфоструктуры) и морфоструктуры. Воспользуемся табл. 4 для расчета морфоструктурной неоднородности материков. Табл. 4 позволяет установить две интересные характеристики неоднородности: 1) по соотношению горных и равнинных областей $S_0^{гг}$ (однородность геотектур); 2) по 14 более дробным соотношениям — морфоструктурных областей $S_0^{мс}$ (однородность морфоструктур). Рассчитанные коэффициенты S_0 приведены в табл. 5.

Таблица 5

Показатели геотектурной ($S_0^{гг}$) и морфоструктурной ($S_0^{мс}$) однородности материков, суши в целом и территории СССР

Показатели однородности	Европа	Азия	Африка	Северная Америка	Южная Америка	Австралия	Суша в целом	СССР
1	0,12	0,01	0,37	0,04	0,22	0,17	0,06	0,08
2	0,31	0,10	0,45	0,30	0,45	0,64	0,18	0,21

Из данных табл. 5 видно, что материки сильно отличаются друг от друга по средней морфоструктурной однородности. Наиболее неоднородна Азия; Африка и Южная Америка по морфоструктурной однородности похожи. Наиболее просто устроенный материк Австралия обладает и наиболее высокой однородностью. Территория СССР в морфоструктурном отношении близка к средним показателям суши в целом. Изучение однородности морфоструктуры материков позволяет сделать вывод о том, что в эволюции рельефа Земли в неотектоническое время отмечается тенденция к увеличению морфоструктурной неоднородности.

Задача 5. Определение меры географического соседства геоморфологических объектов. С помощью задачи о географическом соседстве (географической близости) можно выяснить пространственную близость (сопряженность, соседство) ряда контуров. Это бывает необходимо при составлении пространственно-временных рядов геоморфологических объектов (Симонов, 1970) или выделении на карте пространственно наиболее тесно связанных геоморфологических систем.

В качестве меры географической сопряженности двух объектов наиболее логично принять отношение доли совместных границ к общей протяженности границ анализируемых элементов рельефа. Пусть общая длина границ первого элемента рельефа равна l , второго m , длина сопряженного участка q . Тогда коэффициент взаимной сопряженности (K_c) будет равен:

$$K_c = \frac{2q}{l + m} \quad (9)$$

Понятно, что для каждого из контуров значение общей границы может оказаться неодинаковым, так как l неравно m . Тогда отношение q/l и q/m можно рассматривать как весовые коэффициенты (или вероятности встречи). Если $q/l = q/m$, то значимость общей границы для обоих элементов одинакова. Если $q/l \neq q/m$, то для одного из элементов рельефа эта граница окажется важнее.

Протяженность границ зависит от площади и формы контура. Изометричные фигуры имеют более короткую удельную протяженность. Как известно, самую короткую удельную длину по отношению к площади имеет окружность. Поэтому, чтобы правильно оценить важность сопряженных границ для каждого из элементов рельефа, необходимо их уравновесить по площади. Пусть для первого элемента, у которого отношение совместных и общих границ равно q/l , площадь равна S_1 , а у второго — q/m и S_2 . Тогда можно сопоставить удельную значимость каждого из коэффициентов с помощью следующих отношений:

$$P_1 = \frac{q}{l \cdot S_1}, \quad P_2 = \frac{q}{m \cdot S_2}. \quad (10, 11)$$

Группа задач по определению меры количества и качества информации, содержащейся на геоморфологической карте

Как было показано, определение количества и качества информации представляет интерес на всех стадиях составления и использования геоморфологических карт. Эта задача имеет несколько аспектов.

Слово «информация» может быть переведено как составление понятия или осведомление. В русском звучании эти два способа перевода имеют различную смысловую нагрузку. Первое из них — составление понятия — имеет отношение к самому существенному действию, которое лежит в основании любой науки. Цель определения понятий — выделение из всеобщей совокупности явлений и предметов одного, заслуживающего особого рассмотрения. В геоморфологии таким предметом может быть любой элемент рельефа определенного происхождения (пойма, речная терраса, карстовая воронка и т. п.). Описывая этот элемент рельефа, мы выделяем его признаки, которые могут быть количественными или качественными. Каждый из признаков передает нам какие-то свойства элемента, т. е. информацию о нем. Можно думать, что количество информации должно совпадать с количеством признаков.

Разные элементы рельефа могут обладать неодинаковым количеством признаков. Чем больше их число, тем большая информация содержится в данном элементе рельефа. Выделяя тот или иной элемент из совокупности других элементов рельефа, мы постоянно сравниваем однокачественные признаки двух (и более) элементов рельефа. Признаки позволяют судить о достаточности оснований для выделения нового объекта, нового понятия. При геоморфологическом картировании об этом приходится думать при проведении границ каждого из выделенных элементов релье-

фа на карте. Предположим, нужно выделить в пределах днища долины пойму. Пользуясь набором признаков поймы, мы отделяем ее от склонов, от поверхностей террас, от конусов выноса и других элементов рельефа. Рассматривая значение признаков поймы (ширина, высота, залесенность, задернованность, наличие следов блуждания русел, аллювиальное происхождение осадков, их мощность и вещественный состав и др.), можно заметить, что для решения поставленной задачи — выделить на карте пойму — не все они имеют одинаковую информационную ценность. Кроме того, в процессе диагностики признаки выполняют различные функции: одни позволяют отделить пойму от элементов рельефа не флювиального происхождения, другие осуществляют деление внутри единой флювиальной генетической группы форм рельефа, третьи сообщают сведения о свойствах поймы, которые могут быть использованы для дальнейшего членения пойм (сетчатых, сегментных), четвертые могут раскрывать те свойства поймы, которые нужны не для картографических, а иных целей. Поэтому важно выработать меру для определения не только количества информации, но и ее ценности (информативности признаков).

Интерес к вопросам информации в настоящее время велик. Ее измеряют, хранят, передают, но, к сожалению, как это часто случается в точных науках, плохо заботятся о терминах. В настоящее время принято различать техническую и семантическую проблемы теории информации, аффективную и эффе́ктивную стороны этой теории. Две последние рассматривают воздействие информации на потребителя. Эффективная информация — это та ее часть, которая оказывается существенной, т. е. обладает для потребителя особой ценностью. Но в этом случае не указывается способ для объективного измерения ценности информации. Ценность информации находится в зависимости от характера задачи, для решения которой производится сбор информации. Оценивая те или иные признаки, необходимо иметь в виду, что сбор информации требует затраты времени и средств. Мы особенно высоко ценим ту информацию, которая приводит к решению задачи с возможно меньшими материальными затратами. Поскольку исследования проводятся в различных условиях, можно думать, что ценность одной и той же информации неодинакова. Например, проводится исследование двух территорий. Для одной имеется геологическая карта того же масштаба, а для другой отсутствует. Может случиться, что полученные каким-либо образом сведения, например, о том, что крутизна склона зависит от состава коренных пород, для первой территории окажутся само собой разумеющимися, а для второй они будут содержать ценную информацию. Кроме того, полученная информация в момент решения задачи имеет одну ценность, а после ее решения ценность этих сведений уменьшается, так как исследователь, как правило, ставит перед собой новую задачу.

После рассмотрения общих положений остановимся подробнее на некоторых конкретных задачах, расположив их в порядке возрастания трудностей.

Определение количества информации. Наиболее простой является задача по определению количества информации, содержащейся в описании определенного элемента рельефа. Пусть имеется описание делювиального склона: «Склон (1), делювиальный (2), прямой (3), пологий (4), южной экспозиции (5), слабо задернованный (6), прикрытый плащом рыхлых отложений (7), песчано-глинистого состава (8), мощностью 30 см (9)». Предложенная информация о склоне имеет девять информационных единиц. Много это или мало? Ясно, что приведенное описание легко дополнить. Например, можно добавить, что этот склон располагается в пределах выходов скальных пород магматического происхождения. Количество информации при этом увеличится на единицу. Описание станет лучше, т. е. количество информации имеет некоторое отношение к ее качеству. Можно думать, что большая информация имеет преимущества перед малой, но это справедливо не всегда.

Если обратиться к геоморфологической карте, то на ней видны разные способы передачи информации, которую можно либо считать, либо измерить. Иногда с помощью математической обработки результатов картометрических работ можно выявить наличие более сложной информации — информационной системы.

Информацию, которую можно сосчитать, назовем информацией первого рода и обозначим индексом I_1 . В ее число входят четыре вида информации.

1. Число обозначений различного типа, содержащихся в условных обозначениях: m — цветных знаков, n — штриховок, k — типов внемасштабных знаков, границ и прочих обозначений. Их сумма I_1' даст представление о смысловой части информации:

$$I_1' = m + n + k. \quad (12)$$

2. На карте можно сосчитать число контуров, которые образуются благодаря пересечению цветных контуров, контуров штриховки и др. Эта информация также характеризует территорию и является признаком ее разнообразия. Обозначим ее индексом I_2' .

3. Различные пересечения контуров образуют на геоморфологической карте определенное количество отрезков границ. Их число также может рассматриваться как некоторая информационная мера. Обозначим ее индексом I_3' . Виды информации I_2' и I_3' связаны между собой следующей зависимостью

$$2I_2' \leq I_3' \leq 3(I_2' - 1). \quad (13)$$

При большом количестве контуров и неупорядоченном их расположении

$$I_3' = 3(I_2' - 1). \quad (14)$$

Если границы, пересекаясь, дают узлы, состоящие из трех и более отрезков, чаще соблюдается следующее правило:

$$I_3' = 2I_2'. \quad (15)$$

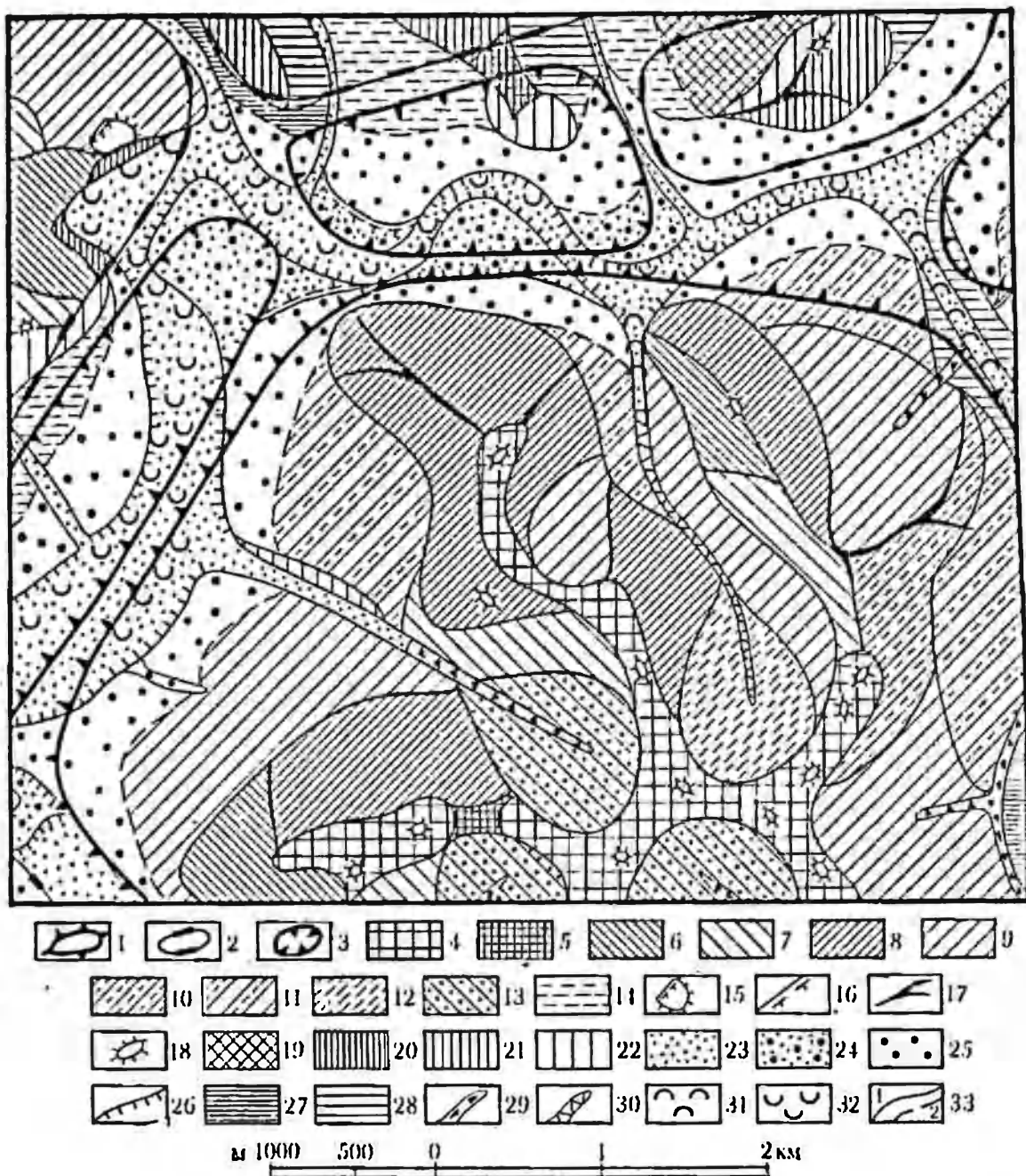


Рис. 66. Морфогенетическая карта (Ю. Г. Симонов, С. И. Бунякова):

Формы общего проявления молодых тектонических движений: 1 — блоки, поднимающиеся в КЗ; 2 — стабильные в КЗ; 3 — относительно опускающиеся в КЗ. Формы рельефа, созданные экзогенными процессами. Вершинный комплекс форм морозно-солифлюкционных и мерзлотно-нивационных: 4 — выровненные вершинные поверхности, подработанные процессами ложковой нивации; 5 — седловины. Склоны и комплекс форм склонового рельефа. А. Морозно-солифлюкционные и мерзлотно-нивационные: 6 — курумово-дефлюкционные, крутые склоны; 7 — курумово-дефлюкционные, пологие; 8 — солифлюкционно-курумовые с мерзлотно-нивационными уступами, пологие; 9 — солифлюкционно-курумовые с мерзлотно-нивационными уступами, пологие; 10 — курумо-солифлюкционные выровненные, пологие; 11 — курумово-солифлюкционные выровненные, пологие; 12 — водосборных воронок, курумово-солифлюкционные; 13 — водосборных воронок, курумово-дефлюкционные склоны; 14 — шлейфы солифлюкционные; 15 — нагорные террасы; 16 — мерзлотные забои; 17 — останцы и останцовые формы рельефа — 17 — гребни останцовых хребтов; 18 — отдельные останцы нивационного разбедания; 19 — днища мерзлотно-нивационных лотков. Б. Гравитационные формы рельефа: 20 — дефлюкционно-осыпные склоны; 21 — дефлюкционные, крутые; 22 — дефлюкционные, пологие склоны. Долинный комплекс форм. А. Флювиальные формы плейстоценового возраста; 23 — поймы; 24 — I надпойменная терраса; 25 — II надпойменная терраса; 26 — бровки террас. Б. Морозно-солифлюкционные и мерзлотно-нивационные формы. 27 — мерзлотные педименты; 28 — мерзлотные педименты, переработанные солифлюкцией; 29 — каменные россыпи; 30 — долинные марн. Техногенные формы рельефа: 31 — отвалы россыпей, отработанных старательским способом, 32 — отвалы россыпей, отработанных дражным способом. Геоморфологические границы — 33 — установленные (1) и предполагаемые (2).

4. Еще один вид информации I_4' первого рода составляет число немасштабных знаков на карте.

Отсюда можно определить объем информации первого рода:

$$I_1 = I_1' + I_2 + I_3 + I_4' \quad (16)$$

Информацию первого рода легко преобразовать в плотность информации. Для этого следует разделить на площадь карты левую

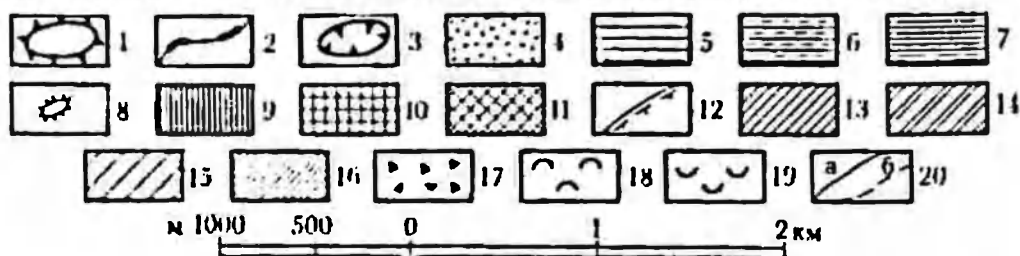
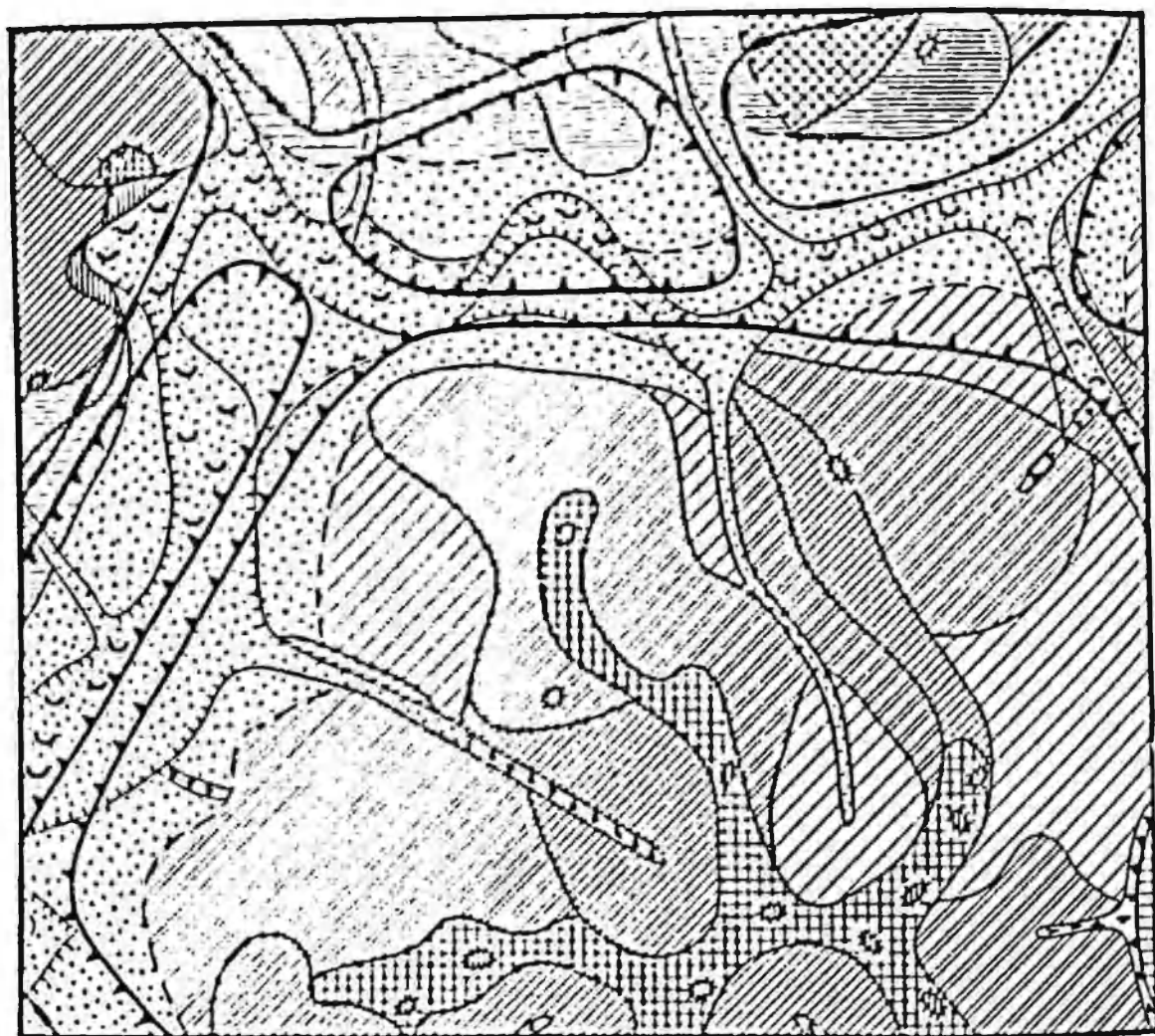


Рис. 67. Генетическая карта (Ю. Г. Симонов, С. И. Буякова):

Тектогенные элементы рельефа: 1 — участки поверхностей, поднимающихся в КЗ, 2 — стабилизирующих в КЗ; 3 — относительно опускающихся в КЗ. Элементы рельефа, созданные экзогенными процессами: А. Моногенетические поверхности: 4 — аллювиальные; 5 — мерзлотные; 6 — солифлюкционные; 7 — дефлюкционные; 8 — дефлюкционные, немасштабные; 9 — гравитационные; Б. Полигенетические поверхности: 10 — морозно-мерзлотные; 11 — мерзотно-плавационные; 12 — мерзотно-плавационные, немасштабные; 13 — морозно-дефлюкционные; 14 — солифлюкционно-морозные с элементами мерзотно-плавационного рельефа; 15 — морозно-солифлюкционные; 16 — мерзотно-солифлюкционные; 17 — аллювиально-мерзлотные; В. Техногенные поверхности: 18 — созданные старательскими работами; 19 — созданные дорожными работами; 20 — геоморфологические границы (а — установленные, б — предполагаемые)

и правую части равенства (16). Могут быть получены и другие информационные коэффициенты.

С помощью мер информации первого рода можно решить две задачи геоморфологического картографирования: 1) задачу пра-

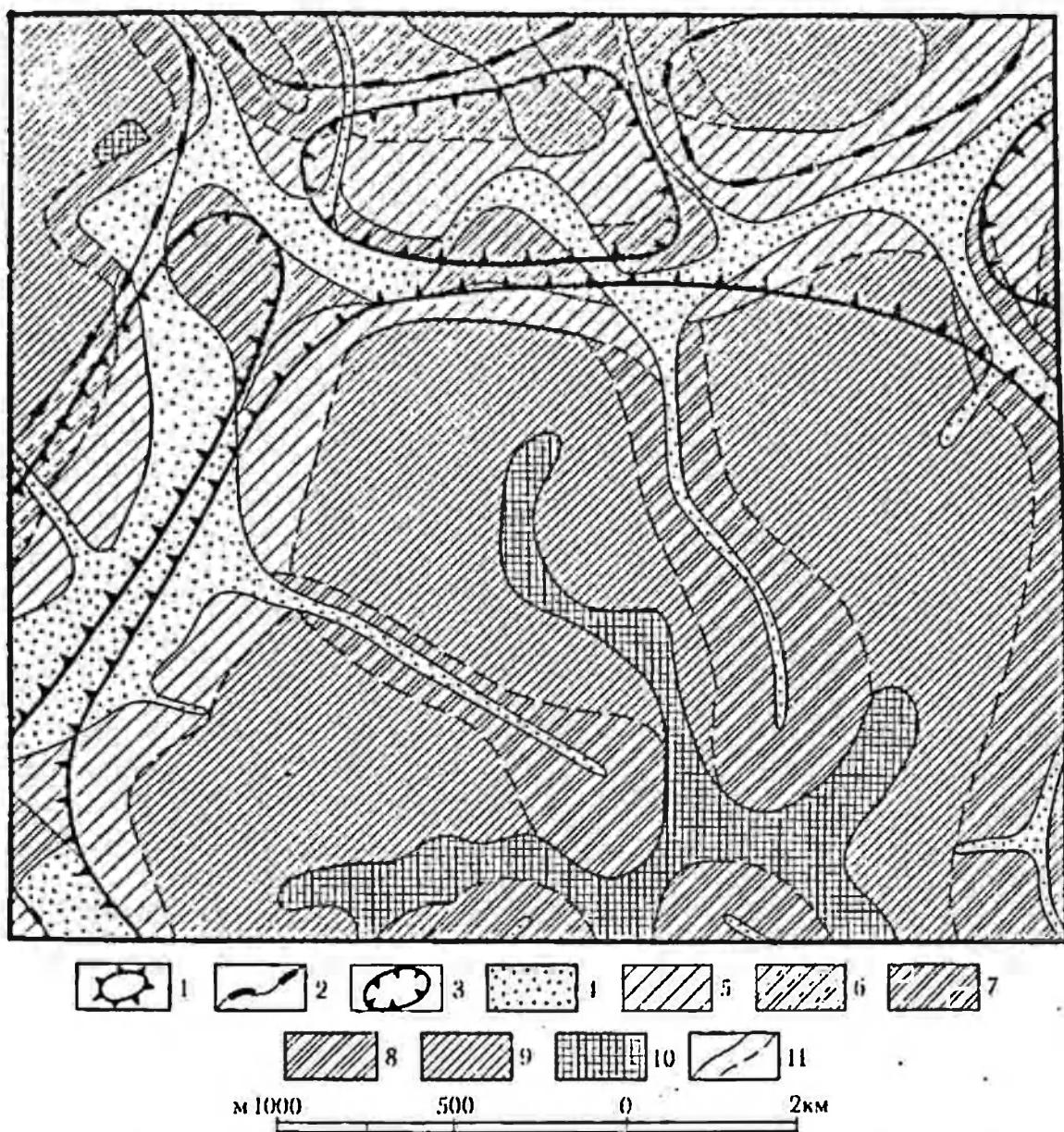


Рис. 68. Возрастная карта (Ю. Г. Симонов, С. И. Буныкова):

Тектогенные элементы рельефа: 1 — участки поверхностей поднимающихся в КЗ; 2 — стабильных в КЗ; 3 — относительно опускающихся в КЗ; возраст геоморфологических поверхностей: 4 — голоценовый; 5 — поздне-верхнеплейстоценовый; 6 — средне-верхнеплейстоцен-голоценовый; 7 — средне-верхнеплейстоценовый; 8 — ранне-верхнеплейстоцен-голоценовый; 9 — ранне-верхнеплейстоцен — средне-верхнеплейстоценовый; 10 — ранне-верхнеплейстоценовый; 11 — геоморфологические границы (установленные и предполагаемые)

вильности выбора масштаба геоморфологической карты и 2) задачу о целесообразности выбора принципа составления геоморфологической карты.

Задача о правильности выбора масштаба геоморфологической карты решается путем сравнения серии карт разных масштабов, составленных по одинаковому принципу. На каждой карте изме-

ряются количество информации первого рода и ее плотность. При уменьшении масштаба плотность информации должна возрастать. Структура информации (соотношение I_1', I_2', I_3', I_4') некоторое время сохраняется, а затем величина первых трех видов информации начнет меняться из-за выпадения мелких контуров. Так как потеря информации нежелательна, то необходимо выбрать соответствующий масштаб геоморфологической карты, обладающей и максимальной плотностью, и значительным разнообразием информации.

Задача по определению целесообразности выбора принципа составления геоморфологической карты решается следующим способом. Пусть картированию подлежит территория горной страны. Для нее в масштабе 1:50 000 составлены морфогенетическая, генетическая и возрастная разновидности геоморфологических карт (рис. 66, 67, 68). По каждой из них измерена информация первого рода. Результаты измерений сведены в табл. 6.

Таблица 6

Количество информации (в единицах) первого рода (I_1) на геоморфологических картах различного типа, составленных в масштабе 1:50 000 на одну и ту же горную территорию

№ п/п	Тип анализируемой карты	Количество пазитных контуров в легенде I_1	Количество частных контуров на карте I_2	Количество отрезков границ на карте I_3	Количество немасштабных знаков I_4	Общее количество информации первого рода I_1
1	Морфогенетическая	31	106	212	51	436
2	Генетическая	21	82	187	47	337
3	Возрастная	12	52	153	0	217

Примечание. В черно-белом оформлении штриховка различного вида соответствует цвету основной легенды карты.

Из данных таблицы видно, что количество информации и ее структура на картах, составленных по различным принципам, неодинаковы. Наибольшим разнообразием информации обладает, как и следовало ожидать, морфогенетическая карта. Однако это определяется не только принципом составления карты, но и характером территории. На других территориях возможно иное соотношение и количества, и отдельных видов информации первого рода.

Информация второго рода I_{II} — это та, которую можно измерить. К ней относятся параметры: площадь контура S , его длина l и ширина b ; длина отрезков границ и линий m ; угол наклона α , азимут экспозиции склонов A ; абсолютная высота H , относительная высота h и др. Каждый параметр представляет информационную единицу, описывающую отдельный контур элемента или формы рельефа. Каждая информационная единица второго рода требует больших затрат труда, т. е. стоимость каждой единицы

увеличивается. Однако это не имеет пока еще отношения к ценности информации (см. ниже). Кроме того, измерение всегда может быть проведено лишь с некоторым уровнем точности и содержит ошибку, величину которой полагается указывать. Точность зависит от способа измерения и от характера измеряемого объекта: линии, площади, угла и т. п. Измерение одного и того же геоморфологического объекта на картах разного масштаба дает неодинаковые результаты. Поэтому информация второго рода может накладывать определенные ограничения на выбор масштаба карты.

Информация третьего рода (I_{III}) возникает при детальном анализе геоморфологических карт. Наиболее простые ее виды связаны с выявлением информации в виде различных коэффициентов: формы, извилистости, плотности и т. п. Более сложные ее виды (установленные статистикой распределения) — *корреляционный, дисперсионный, информационно-логический анализ* и др. — требуют больших картометрических работ. Измерения количества информации третьего рода возможны. Если ее обработку вести с помощью ЭВМ, то различия программ, заложенных в ЭВМ (их сложность и т. п.), могут обеспечивать определение количества информации.

Самым высоким видом информации третьего рода является выявление на карте информационно-геоморфологических систем, отражающих реально существующие в природе морфосистемы. Познательная ценность измеренного количества информации третьего рода в настоящее время неочевидна, так как такие работы только намечаются, но можно предполагать по аналогии с использованием двух первых родов информации, что количество информации третьего рода будет иметь отношение к выбору масштаба и принципам составления геоморфологической карты или их серии.

Определение качества информации. Наряду с измерением количества информации необходима оценка ее качества. Если вернуться к описанию делювиального склона (см. выше), то его можно улучшить, заменив в описании четвертый признак на более конкретный: вместо «склон пологий» напишем «склон крутизной 12°». Такое изменение описания улучшит качество информации о склоне, не меняя ее количества. Следовательно, качество (ценность) информации изменяется при замене неопределенных признаков определенными. Если проанализировать любое описание, можно увидеть, что каждый признак выполняет некоторую функцию. Вернемся еще раз к описанию делювиального склона (см. с. 290) и проанализируем его с этой точки зрения. Первые два признака — «склон делювиальный» — относятся к категории окончательных суждений. По-видимому, автор осмотрел поверхность и на основании каких-то опущенных в описании признаков пришел к выводу о том, что это склон, а не речная терраса, склон именно делювиальный, а не обвальный или какого-либо другого происхождения. Автор определил этот элемент рельефа так, что читатель не имеет оснований его опровергнуть, если нет данных, ставящих это опреде-

ление под сомнение. Однако такая информация не обязывает читателя соглашаться с автором определения, т. е. эта информация безоговорочная, но в какой-то мере неопределенная. В этом же описании содержатся и другие разновидности неопределенности (пологий, слабо задернованный, песчано-щебнистого состава). Неопределенность заключается в том, что различные исследователи могут вкладывать неодинаковое содержание в термины «пологий», «слабо» и т. д. В описании содержится и более точная информация: склон прямой (а не вогнутый или выпуклый); склон южной (а не какой-нибудь другой) экспозиции. Таких определенных признаков четыре.

Таким образом, информация может быть определенной, основанной на измерении, на сравнении с каким-либо эталоном, а может быть неопределенной. Присутствующие в информации определенные и неопределенные признаки (информационные единицы) удобно называть *положительными*. Если в информации указывается, что какой-то признак отсутствует, то это важная часть определения, но имеющая *отрицательный* характер.

В описании делювиального склона все девять информационных признаков положительные. Если его дополнить отрицательным признаком, то описание могло бы выглядеть уже иначе: «Склон делювиальный прямой, пологий, южной экспозиции, слабо задернованный, прикрытый плащом рыхлых отложений песчано-щебнистого состава, мощностью 30 см; следы солифлюкционного перемещения материала в микрорельефе и в текстурах рыхлых отложений отсутствуют». Три новых информационных признака об отсутствии следов солифлюкционного перемещения материала представляют ценную информацию. Они улучшают описание склона, поэтому при определении количества информации после сделанного добавления мы должны прибавить три информационных единицы и количество информации во втором определении уже будет равно двенадцати. Этот вид информации также может быть определенным и неопределенным. Следует иметь в виду, что отсутствие каких-либо признаков в описании не может быть тождественным отсутствию этого признака в природе. Он мог быть пропущен исследователем при сборе информации.

Итак, мы подошли к *первой мере*, определяющей качество информации. Она отражает долю определенной информации ко всей информации, содержащейся в описании

$$V_0 = \frac{k}{n}, \quad (17)$$

где V_0 — мера определенности описания, k — количество определенных признаков, n — число признаков, содержащееся в описании (т. е. равно количеству информации). Мера эта удобна, так как изменяется от 0 до 1.

Известно, что любое описание может быть исчерпывающим, однозначно определяющим тот или иной изучаемый предмет. Считается, что количество признаков должно быть достаточным и необхо-

дным. Естественно, что в число необходимых и достаточных признаков могут входить лишь признаки, передающие определенную информацию. Но не вся определенная информация может входить в число необходимых и достаточных признаков, поэтому k можно разделить на две составляющие части:

$$k = k_n + k_l, \quad (18)$$

где k — количество определенных признаков; k_n — количество необходимых признаков, а k_l — количество лишних признаков. После этого можно ввести *вторую меру суждения о качестве описания*:

$$V_d = \frac{k - k_l}{k} = \frac{k_n}{k}, \quad (19)$$

где V_d — вторая мера суждения о качестве (о достаточности) описания, k_l — количество лишней информации, k — количество необходимой и достаточной информации. Вторая мера меняется также в интервале $0 \leq V_d \leq 1$ и поэтому удобна для использования.

Определение качества информации, содержащейся на геоморфологической карте, напоминает анализ качества геоморфологического описания. Но есть и существенные отличия. Измерение начинается с определения количества информации. В любом контуре карты информации содержится столько, сколько ее заложено при составлении. Однако при составлении карты теряются те тонкости, которые можно уловить при анализе геоморфологического описания. В частности, автор карты всю информацию может показать как определенную, лишнюю, неясную, хотя некоторые (например, возрастные) характеристики на самом деле при составлении карты могли быть определены лишь весьма приблизительно. Рассмотрим это на примере.

На крупномасштабной морфогенетической карте цветом показаны и формы рельефа, и генезис, т. е. два информационных признака. Нам необходимо определить количество информации, содержащейся, например, в контуре делювиального склона. Если рельеф дан в горизонталях, рыхлые отложения и их механический состав штриховкой, мощность их вынесена в легенду, возраст показан в индексах, то мы можем измерить и считать с карты следующие признаки, несущие определенную информационную ценность: 1) площадь; 2) коэффициент формы в плане; 3) коэффициент формы контура границы; 4) степень выраженности границы; 5) абсолютную высоту; 6) относительную высоту над ближайшим тальвегом; 7) характер продольного профиля; 8) характер поперечного профиля; 9) средний уклон поверхности; 10) экспозицию; 11) название элемента рельефа; 12) его происхождение; 13) состав рыхлых отложений; 14) их мощность; 15) положение в системе элементов рельефа; 16) возраст. Если использовать для анализа аэрофотоснимки и специальные карты, то количество информации об элементе рельефа может быть увеличено и доведено до 30, максимум 50 информационных единиц (информации первого, второго и третьего рода).

Степень определенности содержащейся на карте информации зависит от ряда показателей, которые не всегда удастся установить, если автор не раскрывает их в пояснительной записке. Например, если границы контура проведены с ошибкой, то такие показатели, как площадь контура, форма в плане, характер контура границы и т. п., могут быть отнесены к разряду неопределенной информации. Подсчитав ее количество, можно использовать меру V_0 .

Об определении целесообразности разделения или объединения контуров на геоморфологической карте. В практике геоморфологического картирования часто встречаются объекты, обладающие территориальной целостностью и большой внутренней однородностью. Их картирование не представляет трудностей. Вместе с тем нередки и элементы, обладающие меньшей степенью однородности и не четко отделенные друг от друга. Они встречаются там, где ряд рельефообразующих процессов (или условий) накладывается друг на друга, не совпадая в контурах ареалов действия процессов, или последовательно сменяет друг друга во времени. В этом случае возникает необходимость выделения стадий развития, которое проводится на основании как качественных, так и количественных признаков.

Почти всегда имеется возможность разделить изучаемый объект на некоторое число частей. Предположим, что требуется как можно более дробно разделить склоны. Для этого выделим их по топографической карте и разделим по крутизне на некоторое число групп. Если этого недостаточно, можно каждую из полученных по крутизне групп склонов разбить более дробно по другому признаку: по различной пород, например, в пределах распространения которых возникли склоны (качественный признак). Деление можно продолжать до тех пор, пока не встанет вопрос о целесообразности дальнейшего деления.

Противоположная по смыслу задача возникает тогда, когда нужно объединить несколько контуров в один более крупный. Объединение тоже может быть многоступенчатым и до тех пор, пока не возникнет вопрос о целесообразности дальнейшего объединения. Чтобы ответить на вопрос о целесообразности деления или объединения контуров и найти математическое решение его, необходимо иметь в виду, что любое объединение или разделение должно основываться на сборе информации, описании и сопоставлении признаков того или иного элемента рельефа.

Описание признаков или сбор информации об элементе рельефа должен быть направлен на создание его определения, позволяющего выделить элемент из совокупности других. Это всегда может быть связано с задачей исследования (объединения или разделения контуров).

Допустим, необходимо определить, не является ли видимый на местности участок депрессии речной террасой. Для этого следует собрать информацию, отвечающую на вопросы: 1) каково положение данного участка в более крупных элементах рельефа (не принадлежит ли он речной долине); 2) какова морфология этого эле-

мента (не является ли он террасой: не обладает ли он уступом и площадкой); 3) каковы его гепетические признаки (нет ли морфологических следов русловой деятельности или соответствующих осадков). Каждый из перечисленных признаков — качественный, и можно сосчитать лишь количество этих признаков. Каждый из них может содержать как положительное, так и отрицательное суждение. Ответы на эти вопросы могут быть альтернативными (да или нет) или выражать неуверенность: ни да, ни нет.

Значение каждого признака для решения задачи, их оценка зависят от формулирования задачи. Если нас интересует, не относится ли этот участок к элементам рельефа флювиального происхождения, то важнее всего третий признак. Если нужно ответить на вопрос, является ли изучаемый объект террасой (а не поймой или увалом), то наиболее важным окажется морфометрический признак. Если избранный элемент рельефа — терраса речной долины (а не озерная, морская впадина), все три категории признаков могут считаться равнозначными. Таким образом, значимость информации зависит еще и от характера задачи.

Кроме необходимой для решения задачи информации могут быть получены дополнительные сведения (признаки), которые для решения поставленной задачи значения не имеют. Это будет избыточная или лишняя информация.

Важная операция геоморфологического картирования — выделение элемента рельефа на карте. Обычно это достигается проведением его границ. При этом исследователь постоянно сравнивает уже выявленный контур с другими участками местности, информацию, полученную об одной форме рельефа, с информацией о той, которая служит эталоном. Здесь уместно и применение задачи о мерах сходства. Значимость того или иного признака оценивается уже с позиции, является ли он свойственным узкому кругу элементов рельефа или многим элементам рельефа.

Иногда возникает ложное представление о ценности того или иного признака. Например, при сравнении различных описаний для последующего деления нельзя информацию об уклонах склонов возводить в разряд особо значимых, если она уже была использована на более ранней стадии решения задачи. Иной ценностью будет обладать тот же признак, если предыдущее деление прошло на другом основании, т. е. все склоны разделены по иному признаку, например по приуроченности к тем или иным коренным породам, и после этого установлено, что они отличаются и по крутизне. Тогда ценность информации признака о крутизне увеличивается (для данной территории), так как в таком случае он как бы несет двойную информацию и может компенсировать отсутствие сведений о горных породах (отсутствие геологической карты). Наконец, ценность этого признака будет меньше, если с его помощью можно лишь частично решить задачу о геологическом строении. Например, уклоны склонов могут выявить ареалы распространения пород, контрастно отличающихся друг от друга, а более тонкие различия пород с помощью этого признака окажутся неустановленными. Но

и в этом случае появляется дополнительная информация о влиянии коренных пород на формирование морфологических особенностей склонов.

При геоморфологическом картировании предполагается, что каждый контур характеризуется относительной однородностью признаков, однородностью информации. На самом деле всегда имеются некоторые колебания уклонов, залесенности, каменистости, мощности рыхлых отложений и др. Размеры этих колебаний различны и точно выявляются лишь измерениями. Для одних из признаков они могут быть большими, для других — меньшими (даже для одного и того же типа контура).

Размер колебаний несет полезную информацию, которую можно количественно оценить. Допустим, нужно определить ценность информации, которая содержится в описании двух разновидностей склонов A и B . Склон A может быть охарактеризован одним числом признаков $(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$, а склон B другим $(b_1, b_2, \dots, b_n)$. Предположим, что несколько признаков $a_1 = b_1, a_2 = b_2, a_k = b_k$ у них окажется общим. Число k может быть и мерой информативности. Такую меру удобно сделать относительной. Разделим k на числа m и n , тогда величины k/m и k/n будут выражать неопределенность информации по числу признаков, так как информация эта будет принадлежать двум различным склонам.

Неодинаковое число признаков может быть свойством самого изучаемого объекта, а может отражать качество наблюдений исследователя. Например, при изучении возраста склоновых отложений мы можем в одном случае иметь необходимые сведения (погребенная почва, захоронение древесины и т. п.), а в другом нет. В этом случае можно говорить о неполной информации или о ее разной полноте. Число пропущенных признаков l , отнесенное к общему их числу $l/m; l/n$, можно рассматривать как меру неполноты информа-

Таблица 7

Сравнение числа общих признаков, как мера определенности информации

Признаки		Склон типа А	Склон типа В
1. Длина, м:	до 100	+	+
	100—500		
2. Крутизна, град:	более 500	+	.
	до 3		
	3—7		
	7—12		
	12—30		
	более 30		
3. Залесенность		—	+
4. Задернованность		+	—
5. Мощность	менее 0,2	+	+
рыхлого чехла, м:	0,2—0,5		
	0,5—0,7		
	1—2		
	более 2		

ции. Приведем конкретные примеры. Для этой цели сравним информацию о двух склонах A и B . Их признаки приведены в табл. 7.

Число признаков у обоих склонов равно 5: $m=n=5$. У склона типа A положительных информационных признаков оказалось четыре, отрицательных — один. У склона типа B из пяти изученных информационных признаков три положительных, два отрицательных и только один признак (длина) у них общий. Мера неопределенности информации для обоих склонов равна 0,2. Если оба склона будут выделены, как самостоятельные, а для этого есть все основания, информативность карты окажется высокой. В качестве меры информативности для выделения указанных склонов можно предложить дробь, дополняющую коэффициент неопределенности до единицы: $(1 - 1/5)$. Обозначим эту величину через V_p . Тогда при равном числе признаков $m=n$ и числе общих признаков k мера информативности будет равна:

$$V_p = 1 - \frac{k}{m} \quad (20)$$

Задача намного усложнится, если на карте имеется несколько контуров склонов типа A и несколько контуров типа B (отличаться могут по числу признаков не только типы склонов, но и внутри каждого типа признаки могут испытывать колебания). Определение информативности (информационной ценности) карты в этом случае несколько усложнится. Так, анализ данных табл. 8 показывает, что неопределенность информации возникает не только из-за наличия общих признаков, но и из-за того, что при попарном сравнении численных параметров каждого из них (длины, крутизны и др.) не исключены перекрытия. В этом случае информативность каждого признака может претерпеть изменения.

Из данных таблицы видно, что для склонов типа A информативность отдельных признаков колеблется от 0,52 до 1,0. Только крутизна склона в приведенном примере полностью обеспечивает деление этих двух разновидностей склонов. Измерение длины склонов решает задачу лишь наполовину. Сопоставление информативности каждого из признаков склонов позволяет определить его собственный вес, а также среднюю информативность признаков каждого из выделенных групп контуров ($\bar{V}_A, \bar{V}_B$). Видно, если средняя информативность контура мала, то неизбежно велика ошибка определения контура. Это в свою очередь открывает широкие возможности для субъективного толкования явлений. Из данных таблицы видно, что величина неопределенности и, следовательно, оценка информативности признаков, каждого в отдельности и их совокупности, позволяет решить вопрос о целесообразности разделения сравниваемых объектов. Можно предполагать, что при средней информативности, меньшей 0,5 ($\bar{V} < 0,5$), разделение этих двух групп нецелесообразно.

Средняя информативность контура будет зависеть от числа признаков и от степени их определенности. Любой признак с малой степенью неопределенности будет подтверждать целесообразность

Определение информативности карты при разделении двух совокупностей склонов

№ п/п	Наименование признака	Склоны типа А			Склоны типа В			Перекрываю- щийся интервал значений призна- ка двух совокупностей склонов			Показатели инфор- мативности признака		Средняя инфор- мативность признака		Средняя инфор- мативность признака		
		Склоны типа А			Склоны типа В			Перекрываю- щийся интервал значений призна- ка двух совокупностей склонов			Средняя инфор- мативность признака		Средняя инфор- мативность признака		Средняя инфор- мативность признака		
		Склоны типа А			Склоны типа В			Перекрываю- щийся интервал значений призна- ка двух совокупностей склонов			Средняя инфор- мативность признака		Средняя инфор- мативность признака		Средняя инфор- мативность признака		
		Склоны типа А			Склоны типа В			Перекрываю- щийся интервал значений призна- ка двух совокупностей склонов			Средняя инфор- мативность признака		Средняя инфор- мативность признака		Средняя инфор- мативность признака		
1	Длина, м	70	300	230	190	350	160	190	300	110	0,18	0,78	0,52	0,22	13,5	0,22	7,1
2	Крутизна, град	1	8	7	15	40	25		0	0	0	0	1,0	25,9	1,0	32,4	
3	Залесенность, %	15	100	85	0	25	25	15	25	10	0,12	0,40	0,88	0,60	22,9	0,60	19,5
4	Задержива- емость, %	85	100	15	20	70	70	85	90	5	0,33	0,07	0,67	0,93	17,4	0,93	30,2
5	Мощность рых- лых отложений, м	0,5	5	1,5	0,5	1,5	1,5	0,5	1,5	1,22	0,22	0,67	0,78	20,3	0,33	10,8	
											$\sum = 1,15$	$\sum = 1,92$	$\sum = 3,85$	$\sum = 3,08$	$\sum = 100,0$	$\sum = 100,0$	$\sum = 100,0$
											$\bar{x}_A = 0,23$	$\bar{x}_B = 0,33$	$\bar{V}_A = 0,77$	$\bar{V}_B = 0,62$			

Примечание.
 $\Delta a = \max a - \min a$;
 $\Delta b = \max b - \min b$;
 $S = \max a - \min b$, если $\max b > \max a > \min a$;
 $S = \max b - \min a$, если $\max a < \max b < \min a$;
 $S = 0$, если $\max a > \min b$ или $\max b < \min a$.
 $\bar{V}_A$ — средняя информативность признака склонов группы А;
 $\bar{V}_B$ — средняя информативность признака склонов группы В.

Таблица 9

Определение средневзвешенной информативности карты при разделении двух совокупностей склонов с учетом их встречаемости

№ п/п	Наименование признака	Число склонов типа А	Число склонов типа В	Показатели информативности признаков		Средневзвешенные показатели	
				склон типа А	склон типа В	склоны типа А	склоны типа В
				$V_1 = 1 - \frac{S}{\Delta a}$	$V_2 = 1 - \frac{S}{\Delta b}$	$I_1 = \frac{V_1}{m}$	$I_2 = \frac{V_2}{n}$
1	Длина, м	3	5	0,52	0,22	0,17	0,04
2	Крутизна, град	3	5	1,00	1,00	0,33	0,20
3	Залесенность, %	3	5	0,88	0,60	0,29	0,12
4	Задернованность, %	3	5	0,67	0,93	0,22	0,19
5	Мощность рыхлых отложений, м	3	5	0,78	0,33	0,26	0,07

Среднее $\bar{I}_1 = 0,26$ $\bar{I} = 0,12$

разделения. Чем выше неопределенность, тем менее желательно разделение склонов.

Различия значений информативности каждого из признаков могут зависеть от числа сравниваемых контуров. Допустим, на анализируемой карте число контуров склонов типа А равно трем, а типа В — пяти (табл. 9). Тогда разнообразие признаков может быть связано с числом случаев наблюдений. В этом случае полезно осреднить цифры, стоящие в графах 5 и 8, а это в свою очередь наложит свой отпечаток на показатели общей информативности признаков. Пересчитаем данные таблицы с учетом повторяемости склонов. Однако правильнее делить показатели информативности не на число контуров склонов того или иного типа, а на показатели изменчивости признаков, в частности на коэффициент их вариации C_v .

Важно также учесть размеры площади, которую занимают каждая из групп склонов. Если показатели информативности осреднить по площади (получить долю информативности, приходящуюся на единицу площади), то их информативность будет тем больше, чем меньшую площадь занимают группы склонов на карте и чем реже они встречаются. Следовательно, наибольшей относительной эффективной информацией будут характеризоваться редко встречаемые контуры малых размеров.

Измерения информативности такого рода особенно важны для аналитических геоморфологических карт, основное назначение которых — передавать раздельную информацию.

Применение ЭВМ для статистической обработки карт рельефа и выделения морфоструктур разного порядка

Приемы анализа топокарт, гипсометрических и других карт рельефа разнообразны. На некоторых, чаще начальных этапах анализа решающая роль в преобразовании или интерпретации карты

принадлежит исследователю, следовательно, такие результаты обработки зависят от позиции исследователя, его опыта и интуиции и не являются вполне объективными. Иногда одни и те же формы рельефа разными исследователями в зависимости от исходных взглядов объясняются по-разному: одни — существованием блоковых структур с линейными разломными ограничениями, другие — сводовыми поднятиями с плавными овальными очертаниями в плане.

Не подвергая сомнению такие приемы, особенно результативные при большом опыте работ и компетентности исследователя, мы рекомендуем при анализе рельефа по картам использовать формализованные приемы, результаты которых не зависят от априорных взглядов исследователя. Этими приемами могут пользоваться специалисты разного опыта и уровня знаний. Их стандартность обуславливает сопоставимость результатов исследования в разных районах. Такие приемы должны базироваться на формализованных математических методах обработки. Развитие электронно-вычислительной техники упрощает применение последних к материалам, заданным в виде гипсометрических карт, аэрофотоснимков и т. п. Для этого необходимы специальные считывающие устройства, с помощью которых информация вводится в ЭВМ. При отсутствии подобных устройств математические методы обработки могут быть применены к характеристикам, задаваемым в цифровой форме (количественным). Проще всего количественно задавать абсолютные высоты рельефа местности.

Задание рельефа местности в виде изолиний предполагает знание непрерывного распределения абсолютных высот на некоторой исследуемой площади. При математической обработке непрерывное распределение высот заменяют значениями последних в отдельных (дискретных) точках. Точки располагаются по регулярной, чаще всего квадратной сетки, покрывающей всю площадь. Значения высоты рельефа в дискретных точках получают путем интерполяции между ближайшими изогипсами. (Все методы математического анализа разработаны с условием, что каждая точка имеет одно значение высоты; вертикальные уступы или поверхности с обратным падением склонов не могут анализироваться при помощи рассматриваемой методики. Однако такие формы встречаются довольно редко.)

Важен выбор расстояния между дискретными точками задания исходной информации (в нашем случае — высот местности) или, как говорят, шага задания. В количественном анализе не найдут отражения элементы рельефа, размеры которых в плане меньше используемого шага. Минимальными, характеризующими данную сеть задания будут элементы с поперечником, равным шагу. Ясно, что в этом случае и информация о структуре будет минимальной. Установлено, что элементы рельефа получают достаточное отражение в исходном материале, заданном в дискретной форме, если в их пределах располагается как минимум 6—10 точек. При исследовании локальных особенностей густота точек должна

быть большей. Иными словами, шаг задания выбирается исходя из тех задач, которые стоят перед геоморфологом. Получаемые результаты математического анализа относятся только к тем формам, которые выделяются при выбранном шаге интерполяции. Наиболее выгодным при геоморфологическом картировании является задание информации по точкам, расположенным по сети $0,5 \times 0,5$ см или 1×1 (см. карты того или иного масштаба). Положение каждой точки на карте задается ее прямоугольными координатами.

Таким образом, вместо исследуемой карты мы получаем совокупность значений прямоугольных координат и абсолютных высот в точках регулярной сети. Эта совокупность образует *числовой массив* — исходный материал для всех последующих операций на ЭВМ. Дальнейшее решение широкого круга задач исследования рельефа сводится к определенным математическим действиям над массивом чисел. Для этого надо установить последовательность математических операций, реализация которых решает поставленную задачу. Такая последовательность, записанная на машинном языке, называется *программой*. Программа вводится в ЭВМ вместе с числовым массивом.

Современные ЭВМ отличаются быстроедействием и на решение каждой из рассматриваемых ниже задач при обработке одного топопланшета (по сети точек 1×1 см) тратится от нескольких до 20 мин (на машинах типа БЭСМ-4).

Числовой массив, характеризующий высоты местности, может быть использован для получения любых статистических оценок рельефа. Правомочность их обусловлена тем, что реальный рельеф, представляющий морфоструктуры и их элементы разных порядков, сложно и разнообразно распределенные в пространстве, можно рассматривать как случайную функцию. Как известно, статистические оценки производятся по некоторому объему статистических данных, называемых выборкой. Объем выборки (в нашем случае — это площадь исследования) определяется как задачами исследования, так и характером рельефа. Выборкой может быть территория, соответствующая одной морфоструктуре того или иного порядка или целому региону. Получаемые средние для всей площади статистические характеристики обретают реальный смысл только тогда, когда рассматриваются геоморфологически условно однородные явления. Понятие о среднем элементе рельефа, о средней его величине освобождает исследователя от рассмотрения отдельно взятых элементов рельефа.

Имея определенного размера выборку, можно вычислить, например, среднее значение в $\bar{H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_i$, где H_i — значение высоты в отдельных точках, n — число точек (объем выборки), и

дисперсию $S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2$. Величина S называется

стандартным отклонением, характеризует изменчивость высот.

В геоморфологических исследованиях широко используют прием статистических оценок простирания речных долин, хребтов и т. д., которые выполняются с большим объемом выделения элементов рельефа и вычислений вручную. Однако закономерные простирания, обычно обусловленные тектоникой, проявляются в разных элементах рельефа, отраженных горизонталями карты. Поэтому, когда необходимо выявить общее значение разных проти-

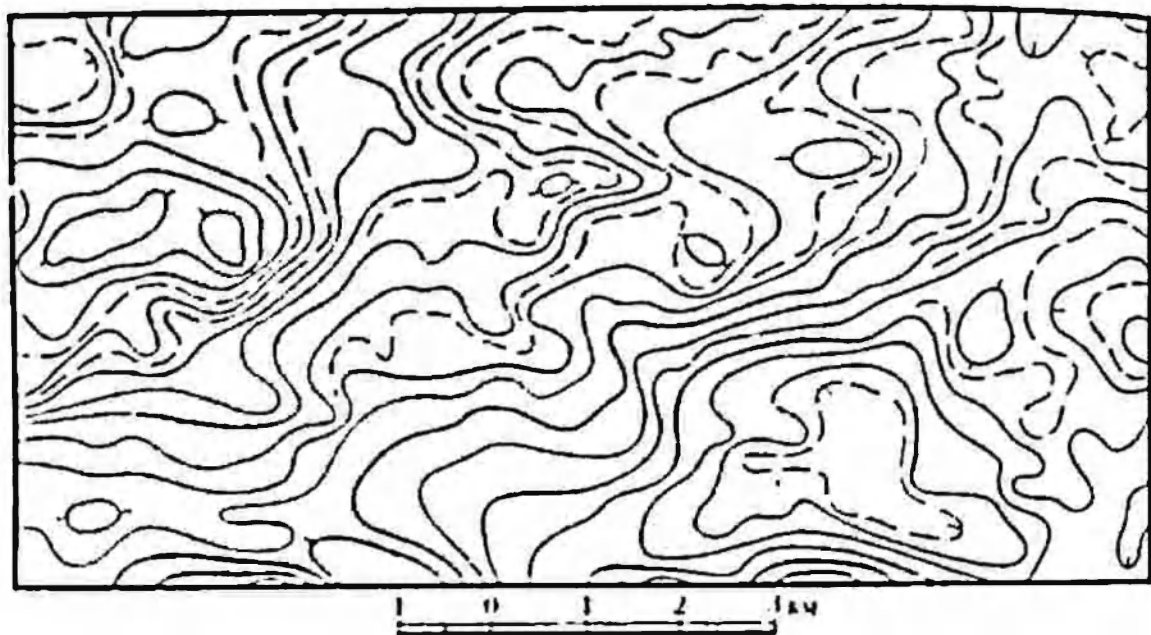
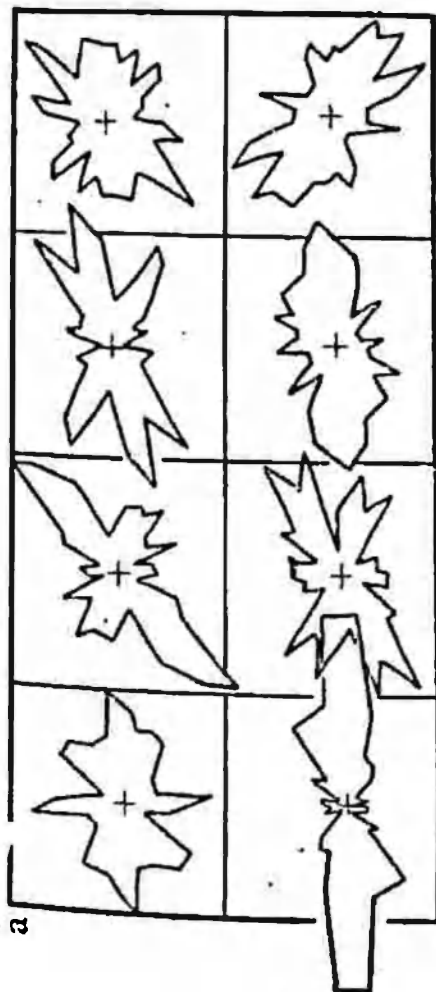


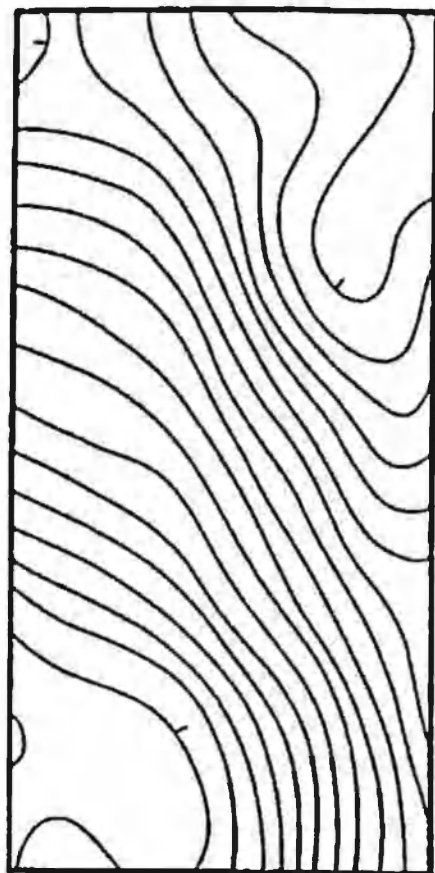
Рис. 69. Карта рельефа в горизонталях (через 5 м)

раний, гораздо проще не выделять те или иные элементы рельефа, а получить статистическую картину простираний горизонталей. Это можно сделать стандартными приемами, получив розы-диаграммы простирания машинным способом. Для примера возьмем карту рельефа (рис. 69) и условно разделим ее на восемь квадратов, каждый из которых представляет собой выборку. По ней производят статистические оценки. Для получения розы-диаграммы по любому квадрату-выборке в каждом элементарном квадратике со стороны, равной шагу интерполяции, вычисляют направление изогипс. Обычно результаты группируют по некоторым интервалам, например, по 10° . Доля простираний каждого азимута в общей системе направлений оценивается по числу элементарных квадратиков, в которых она проявлена, т. е. по площади. Розы-диаграммы, полученные по рельефу, представлены на рис. 70, а.

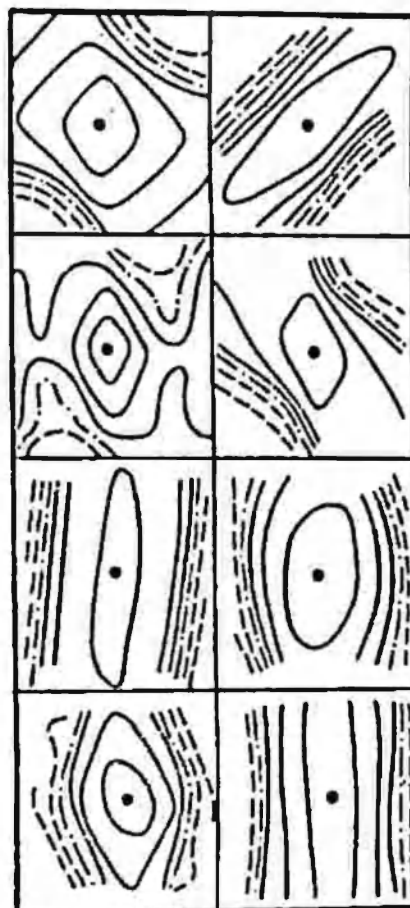
Розы-диаграммы дают объективную количественную оценку направлений изогипс. Это позволяет сопоставлять рельеф различных областей. Если в пределах изучаемой площади изогипсы, а следовательно, и очерченные ими элементы рельефа имеют округлую или овальную форму, то роза-диаграмма будет характеризоваться примерно равным проявлением всех направлений. Если в формировании рельефа ведущая роль принадлежит разрывной тектонике,



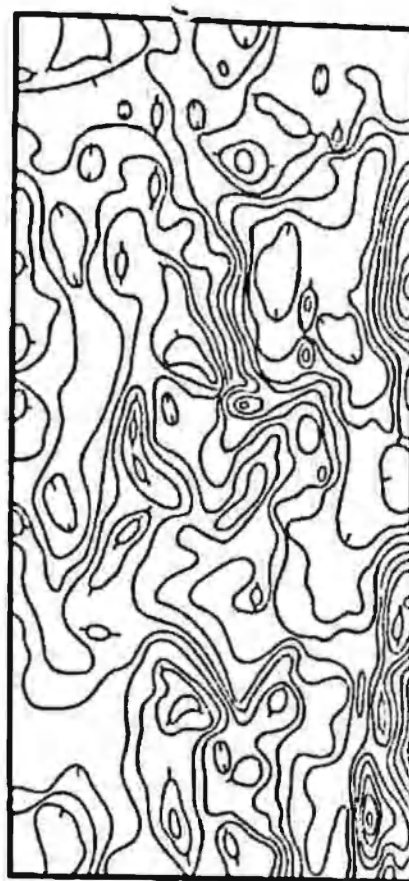
а



б



г



д



Рис. 70. Результаты математической обработки карты рельефа рис. 69 с помощью

а — розы-диаграммы пространств горизонталей, б — изолинии двумерных нормированных АКФ; проведены изолинии ± 0.6 ; ± 0.3 ; ± 0.1 ; 0 (полюс); жилаемые — сплошной линией, отрицательные — пунктиром, нулевые — штрихпунктиром); в — крупное поднятие, выделенное с помощью интегральных преобразований (горизонталей проведены через 2,5 м); г — карта локальных форм рельефа, осложняющих крупное поднятие (горизонталей проведены через 2,5 м)

определившей морфологию склонов, долин и других элементов рельефа, то на розах-диаграммах будут преобладать некоторые определенные направления, соответствующие простиранию систем разрывных нарушений.

В примере, приведенном выше, рисунок роз-диаграмм позволяет сделать вывод о значительной роли в формировании рельефа блоковых подвижек по разрывным нарушениям. Наиболее отчетливо это видно на розах-диаграммах, расположенных в центральной части района, где ярко выражены северо-восточные и юго-западные простирания изолиний. В розе-диаграмме, характеризующей северо-восточную часть территории, наблюдается почти равное проявление всех направлений.

Связь рельефа с тектоникой геоморфологи изучают также по топокартам, на которые нанесены разрывные нарушения (см. главы VII и XI). Статистическая обработка рисунков позволяет получить более объективные, однообразные оценки, которые дают возможность сравнивать разные площади и районы.

Важнейшими характеристиками рельефа являются размеры и очертания в плане его элементов. Они бывают закономерно связаны с генезисом, возрастом и историей развития рельефа. В частности, как правило, чем крупнее элемент рельефа, тем он и древнее.

Для оценки пространственных характеристик может быть использована двумерная автокорреляционная функция (АКФ): $B(r, \varphi = \overline{ii(x, y)H(x-r, y-\varphi)}$. Из выражения АКФ видно, что она характеризуется средней (на что указывает черта) величиной произведений функции $H(X, Y)$ на саму себя, но со сдвигом по оси X на величину r , а по оси Y на величину φ . Вычисленная таким образом АКФ отражает степень корреляционной связи между значениями высот, отстоящими друг от друга на расстоянии сдвига.

При делении АКФ со сдвигом (r, φ) на значение автокорреляционной функции с нулевым сдвигом мы получаем так называемую нормированную функцию автокорреляции. Чтобы представить ее смысл, возьмем два одинаковых экземпляра карты и разместим их друг над другом. При этом корреляция между ними будет максимальной, равной 1. Значение 1 относим к центру квадрата-выборки. При смещении одной карты относительно другой корреляция между участками карт, расположенными друг над другом, уменьшается и определяется как размером форм, отраженных на картах, так и величиной и направлением сдвига этих карт. Расстояние (сдвиг), на котором статистическая связь в значительной мере теряется и значение нормированной АКФ уменьшается от 1 до 0,3, носит название радиуса автокорреляции. С его помощью и производится количественная оценка коррелируемости, т. е. степени изменчивости по площади.

При одной и той же величине сдвига в зависимости от размера элементов рельефа в плане нормированная АКФ изменяется по-разному: значение АКФ быстро уменьшается, если в рельефе преобладают мелкие формы: если рельеф характеризуется большими по площади формами, значение АКФ изменяется медленно. Как

принято говорить, при относительно больших размерах радиуса автокорреляции рельеф характеризуется большой коррелированностью и, наоборот, радиус автокорреляции примерно соответствует размерам элемента рельефа. Эта характеристика средняя, обобщенная для всех форм, присутствующих на площади выборки. Наиболее проявленными в АКФ являются формы рельефа, характеризующиеся наибольшими относительными превышениями.

На рис. 70, б по тем же квадратам-выборкам, для которых были подсчитаны розы-диаграммы простираний изогипс (рис. 70, а), изображены изолинии значений нормированной АКФ. Видно, что рельеф характеризуется формами с размерами 600—800 м в поперечнике, вытянутыми в западной и изометричными в северо-западной частях площади. По рисунку изолиний АКФ можно предположить, что формирование рельефа на северо-востоке происходит под влиянием разрывных нарушений двух ортогональных направлений.

При решении многих геоморфологических задач представляет интерес отдельный анализ элементов рельефа разных порядков, особенно морфоструктур, различающихся своими размерами. Из сказанного выше ясно, что они будут выделяться по различному радиусу автокорреляции или по степени коррелированности.

Часто встречается ситуация, когда достаточно изрезанный рельеф характеризуется монотонным, систематическим увеличением высот в определенном направлении. В статистике о такого рода явлениях говорят, что они характеризуются *трендом*. Особенно широко это понятие в отношении рельефа употребляется в зарубежной литературе, рассматривающей приемы выделения поверхностей тренда, описываемых уравнениями разной степени относительно координат x, y . Однако и такие ситуации можно рассматривать как совокупность элементов рельефа, характеризующихся существенно разными радиусами автокорреляции. Например, если в районе исследования крупные сводовые поднятия (рис. 70, в) осложнены сетью узких оврагов, то рельеф может быть представлен как наложение форм малой коррелированности (овражная сеть) на формы с большим радиусом автокорреляции (поднятия).

Наиболее простым приемом выделения элементов рельефа большой коррелированности является осреднение значений высот по окружности некоторого радиуса. На картах трансформированного таким образом рельефа находят преимущественное отражение формы, радиус автокорреляции которых больше радиуса осреднения. Вычитая осредненные значения высот из исходных, получаем картину распределения мелких локальных элементов (рис. 70, г) рельефа с радиусом автокорреляции, меньшим радиуса осреднения (рис. 70, в, г). Элементы рельефа, по размерам в плане близкие к радиусу осреднения, присутствуют как на той, так и на другой картах.

На рис. 71, а представлен исходный рельеф, на рис. 71, б — результаты его осреднения с радиусом $R=1$ км, на рис. 71, в —

карта локальных форм, представляющих собой разность между исходным и осредненным рельефом. Карта на рис. 71, а отражает понижение абсолютных высот в восточном и юго-восточном направлениях (склон). Осреднение делает возможным исследование элементов рельефа, подобных поднятию, восточный фрагмент которого и представлен на рис. 71, б. На рис. 71, в хорошо видно, что склон осложнен в северной части широтной депрессией и це-

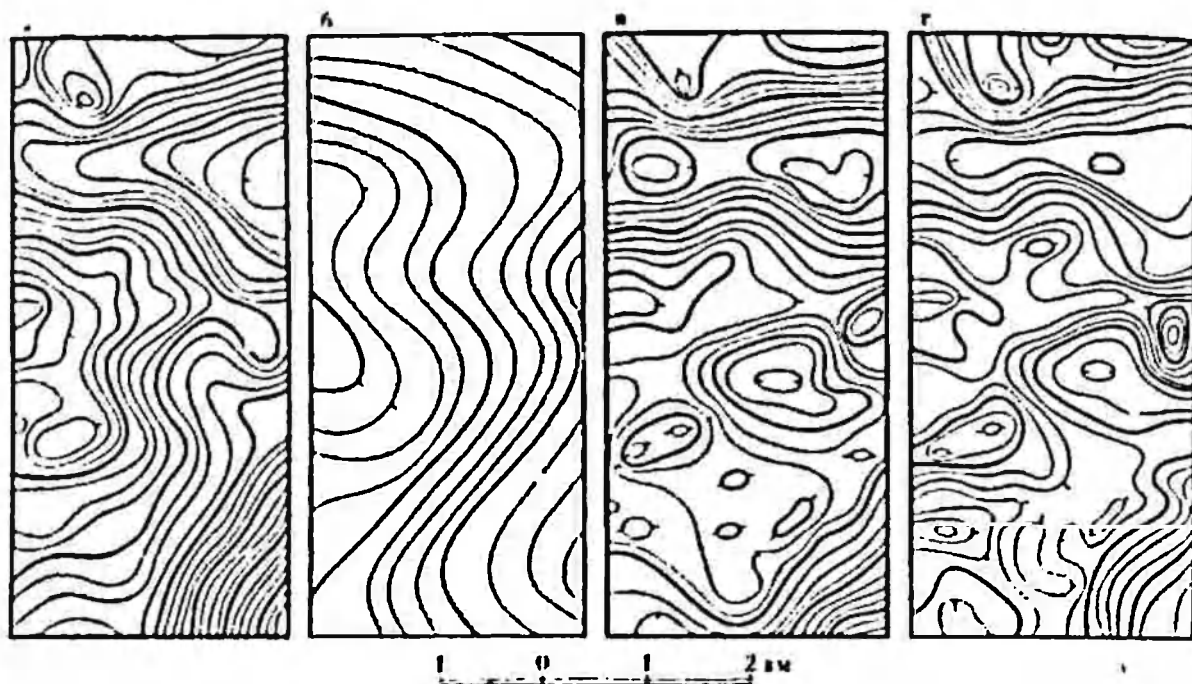


Рис. 71. Примеры трансформации рельефа:

а — исходный рельеф, б — результаты его осреднения с радиусом 1 км, в — карта локальных форм, полученных вычитанием из исходного рельефа осредненного, г — карта локальных форм, полученных с использованием интегральных преобразований

почкой мелких локальных форм северо-восточного направления в центральной части. Если на исходной карте указанные формы отмечаются изгибами изогипс, то здесь они обрисовываются замкнутыми контурами, их границы становятся более четкими, размеры и амплитуда легко определяемыми.

Способ деления на составляющие элементы форм рельефа разной коррелированности прост и возможен без использования вычислительной техники. Однако он не наилучший, так как не учитывает всех особенностей рельефа. Более рационально использование линейных интегральных преобразований, трансформаций

вида: $H_{\text{тр}} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} H(X, Y) K(X_0, Y) dX dY$, где $K(X, Y)$ — некото-

рая функция, называемая *ядром преобразования*. В зависимости от вида функции интегральное преобразование приводит к выделению элементов рельефа большой или малой коррелированности, а также таких, чей радиус лежит в некоторых заданных пределах. Преобразования такого рода используются в теории потенциальных полей в разведочной геофизике, где они имеют определенный физический смысл (Литвищенко и др., 1973). В данном случае

преобразования представляют формальный аппарат выделения элементов рельефа разной коррелированности.

Особенностью рельефа, представленного на рис. 69, является широкое развитие долины и мелкогорий с изолированными массивами низкогорий. Рельеф сильно изрезан эрозией, иногда временной. Морфологические особенности рельефа обусловлены избирательной эрозией и денудацией по разрывным нарушениям, а также составом пород и структурными формами, а для аккумулятивных равнин — генезисом их отложений. Поскольку рельеф сложен, выявление генеральных тенденций и особенностей крупных морфоструктур графическими способами весьма неоднозначно.

Решить задачу позволяет использование линейного интегрального преобразования, выделяющего элементы рельефа большой коррелируемости. Как видно из данных рис. 70, а, где представлен результат такого преобразования, определяющей формой рельефа является крупное поднятие, вершина которого располагается на северо-западе района. Поднятие отличается большей крутизной южных склонов по сравнению с восточными, причем смена крутизны и азимута падения склона наблюдается вдоль линейной зоны широтного простирания.

На рис. 70, б представлена карта «разностного» рельефа: из исходных высот $H(X, Y)$ вычтены преобразованные $H_{тр}(X, Y)$. Локальные элементы рельефа на карте наглядны, обрисованы замкнутыми контурами, и их анализ может быть произведен более результативно, чем по исходной карте. В частности, на карте более отчетливо проявляется влияние на рельеф блоковых подвижек вдоль разрывных нарушений северо-западного и широтного простирания. Рассмотрим пример линейного интегрального преобразования, которое позволяет выделить мало коррелированные элементы рельефа и дать четкий и выразительный рисунок локальных форм в плане. Недостатком приема является невозможность оценки амплитуд, так как они выражаются в условных единицах линейного преобразования рельефа рассмотренного района. Результат линейного интегрального преобразования рельефа представлен на рис. 70, в. Следует обратить внимание на близость результатов такой трансформации с результатами выделения разностных форм по методу осреднения (рис. 71, в). Исключения составляют некоторые мелкие детали, ярче выраженные на рис. 70, г. Это свидетельствует в пользу объективности используемых приемов.

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

СПЕЦИАЛЬНОЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ

Глава XV

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ ПРИ ПОИСКАХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Общие особенности исследования и картирования

Геоморфологические исследования и картирование находят все большее применение при поисках и изучении полезных ископаемых. Это обусловлено тем, что формирование, локализация, сохранность, условия поисков и эксплуатации месторождений определяются факторами, которые в той или иной мере участвуют в формировании рельефа и коррелятивных отложений. В настоящее время имеется много работ, освещающих геоморфологические исследования при изучении отдельных полезных ископаемых, их группы и типов месторождений (начиная с классических работ Ю. А. Билибина). В этой главе дается лишь краткое рассмотрение проблемы и отдельных примеров, с которыми студент сталкивается и на учебной, и на производственной практике.

Связь различных полезных ископаемых и типов месторождений с рельефом различна, однако почти все типы месторождений закономерно связаны со структурными и соответственно морфоструктурными планами территорий. Если многие типы месторождений отчетливо обусловлены современными или древними зонально-географическими условиями и соответствующими экзогенными процессами (месторождения торфа, кор выветривания, строительных материалов, ледникового и флювиального генезиса и др.), то накопление отложений и формирование этих месторождений также идет в определенных морфоструктурах. Поэтому рационально поставленные поиски и разведка месторождений с использованием геоморфологических методов должны опираться на *общее геоморфологическое картирование*, которое в свою очередь основано на морфоструктурном анализе и на принципе взаимосвязи эндогенных и экзогенных факторов в формировании рельефа.

«Сквозной» основой связи месторождений с рельефом являются системы долгоживущих структур; на эту основу накладываются экзогенные факторы, связанные с климатическими условиями или с палеоклиматическими. Полной геоморфологической классифика-

ции месторождений полезных ископаемых еще нет. Ниже кратко описаны три схемы, которые могут стать основой классификации.

Первая схема характеризует общую степень связи месторождений с формированием рельефа. В ней выделяются три основные группы: 1) месторождения, генетически непосредственно связанные с формированием рельефа; 2) месторождения, не образованные непосредственно рельефообразующим процессом, но связанные с комплексом явлений, в который входит и рельефообразование; 3) месторождения, генетически не связанные с формированием рельефа: а) косвенно и вторично выражающиеся в рельефе, б) не выражающиеся в рельефе.

Группы подразделяются на связанные с современным рельефом, реликтовым, погребенным, откопанным и ископаемым.

Погребенный — это рельеф, перекрытый рыхлыми или слабо сцементированными отложениями или вулканогенными породами, реже — корами выветривания. Погребенный рельеф может частично наследоваться современным (современные долины нередко наследуют погребенные). Погребенный рельеф может быть отчасти нарушен дислокациями (например, сбросами).

Ископаемым можно назвать рельеф, представленный только поверхностями контактов коренных пород, нарушенный дислокациями в целом и не имеющий связей с современным рельефом, кроме косвенных, через свойства пород. Между погребенным и ископаемым рельефом возможны переходы. Так, современная впадина в целом может наследовать мезозойскую, ранее представлявшую аллювиально-озерную равнину, но современное рельефообразование в ней отлично от мезозойского. Например, дно впадины может представлять денудационную равнину и испытывать эрозийное расчленение; мезозойские отложения могут быть дислоцированы и поверхности древнего рельефа в их разрезах не будут прямо параллелизоваться с современным рельефом, срезающим структуры.

Термины «реликтовый» и «откопанный» рельеф не требуют оговорок. Нужно только подчеркнуть большое практическое значение *частичного* откапывания и частичной переработки погребенного и реликтового рельефа. С этими явлениями связана естественная вскрыша, срез (полный, неполный, отсутствие его) и иногда обогащение или разубоживание месторождений.

В первой группе к месторождениям, связанным с современным рельефом, принадлежат современные и четвертичные россыпи, рыхлые отложения и молодые вулканогенные породы, использующиеся как строительные материалы, месторождения торфа, известкового туфа и отложения самосадочных озер.

К месторождениям той же группы, связанным с реликтовым рельефом, принадлежат палеоген-неогеновые и часть мезозойских (главным образом позднемезозойских) месторождений тех же типов, а также буроугольные месторождения, бокситы, огнеупорные и керамические глины кор выветривания и некоторые другие. Среди перечисленных месторождений, как мезозойских и палеоген-

неогеновых, так и четвертичных, встречаются и погребенные, например, под ледниковыми, морскими отложениями или вулканогенными породами. Встречаются, хотя и несколько реже, откопанные месторождения, ранее погребенные, а затем выведенные на дневную поверхность денудацией. Примерами месторождений этой группы, связанных с ископаемым рельефом, являются каменноугольные, некоторые типы железнорудных, бокситовых и фосфоритовых.

Ко второй группе месторождений, косвенно связанных с рельефообразованием, принадлежат многие важные типы. Основой этой связи является докайнозойская тектоника, особенно блоково-разрывная, определяющаяся глубинными разломами. Она отражает глубинные процессы и определяет характер магматизма, локализацию и залегание магматических тел и месторождений эндогенного, экзогенного и смешанного генезиса и одновременно в том или ином преломлении и, как правило, существенно отражается в новейшей морфотектонике.

Наиболее типичными месторождениями второй группы являются рудные эндогенные. К ней примыкают (как смешанный тип) и месторождения нефти и газа. Образование их большинство исследователей объясняет накоплением масс органического вещества и последующим захоронением под осадками. Таким образом по первичному генезису эти месторождения относятся к первой группе. Однако нефть и газ образуются из органического вещества уже в глубинных условиях, затем могут испытывать значительные миграции и скапливаться в благоприятных структурных формах, которые могут быть выражены в современном рельефе. Обычно эти структурные формы связаны с блоковой тектоникой фундамента, также отражающейся в поверхностном рельефе. Наконец, погребенные аккумулятивные формы рельефа, благоприятные для аккумуляции нефти, могут быть связаны с палеоморфотектоникой.

К третьей группе месторождений, генетически не связанных с рельефом, можно отнести глубинные магматические породы, особенно древние, разрабатываемые как строительные материалы, и некоторые рудные месторождения, для которых трудно установить соотношение с активной морфотектоникой. Однако и для них возможно наметить связи с широким морфоструктурным планом и вторичное отражение в рельефе через преразработку структур.

Подземные воды в зависимости от генезиса и условий залегания также можно отнести к тем или иным подразделениям перечисленных групп.

Некоторые типы месторождений относятся одновременно к разным группам. Примером могут быть отмеченные выше нефтегазовые месторождения. Рудные месторождения кор выветривания обусловлены, с одной стороны, первичным содержанием металлов в магматических породах, а с другой — срезанием этих пород относительно выровненным рельефом с образованием кор в условиях ослабленной денудации. По первому признаку эти месторождения можно отнести ко второй и даже к третьей группе, а

по второму — к первой, связанной непосредственно с рельефообразованием.

В основу второй схемы геоморфологической классификации месторождений может быть положено разделение их на генетически связанные с эндогенными, экзогенными факторами рельефообразования и с теми и другими (смешанные).

Третья схема может быть основана на выделении генетических рядов месторождений, в которых последующие члены являются дериватами предыдущих. Лучшим примером таких рядов являются рудные месторождения и россыпи различных типов. На рудных месторождениях образуются эллювиальные россыпи, за счет них — склоновые, ложковые и далее аллювиальные, которые могут неоднократно пересотлагаться при омоложении рельефа и образовании более молодых террас.

Конечным типом этого ряда могут быть морские россыпи. Ряд может быть значительно осложнен и разорван во времени. Так, четвертичные россыпи иногда образуются за счет ископаемых, связанных с древними (например, палеозойскими) дислоцированными породами. Ряд нередко разорван и в пространстве. В последнее время появляется все более данных о том, что крупное золото почти не переносится вниз по течению (Н. Г. Бондаренко и др.). Это свидетельствует об ином пути формирования аллювиальных, особенно русловых россыпей, об их образовании вблизи коренных источников в основном переотложением аллювия террас.

Выделение генетических рядов месторождений имеет теоретическое и практическое значение. Оно вносит систему в анализ истории рельефа и формирования месторождений и может определять методику и организацию комплексных работ по поискам и изучению месторождений таких рядов (полностью или по частям рядов). Изучение и поиски могут идти и вперед и назад по ряду: от месторождений — первичных источников и предыдущих дериватов к более поздним дериватам и от поздних к ранним дериватам и первичным источникам. Принцип рядов может направлять и геоморфологическое картирование на усиленное отражение возрастных соотношений рельефа и месторождений, составление серии палеогеоморфологических карт и схем и т. д. и обусловить весь ход анализа: от более древнего к более молодому рельефу, в направлении миграции полезных компонентов, или от более молодого рельефа к более древнему.

Полная классификация, объединяющая все изложенные схемы, может, следовательно, включать: разделение главных типов месторождений по степени их генетической связи с рельефом, подразделение по главным генетическим факторам образования и детализацию по месту в ряду — первичные источники — дериваты. Дальнейшая, принципиально неограниченная детализация возможна по конкретным формам рельефа и строению россыпей (например, с выделением террасовых россыпей в целом, россыпей различных типов террас и пойм, россыпей пластов различных типов и т. п.).

Поисковое геоморфологическое картирование должно опираться на характеристику регионального геоморфологического «фона». Этот принцип, ныне широко используемый и для общего геоморфологического картирования, и для поискового, обоснован также геологическими данными о рудных поясах, угле- и нефтегазоносных провинциях и т. д. Объективная основа и геоморфологического и минералогического «фона» общая — долгоживущие структурные планы.

Особенности поискового геоморфологического картирования следующие. Во-первых, на специальных картах элементы геологического строения (тектоники и литолого-петрографического состава) отражаются более подробно, чем на общих геоморфологических картах. Они показываются выборочно, в соответствии с изучаемыми или возможными типами месторождений. Так, при поисках рыхлых строительных материалов на карты могут наноситься данные механического состава рыхлого покрова; при поисках эндогенных рудных месторождений и россыпей — контуры магматических пород, с которыми может быть связано оруденение. Одновременно для разгрузки карт с них могут быть сняты некоторые геоморфологические обозначения, ненужные для целей составления данной карты. Некоторые специальные карты соединяют геоморфологическую и геологическую нагрузки приблизительно поровну или даже с перевесом геологической. Примером могут быть карты районов россыпных месторождений, на которых показаны коренные породы, рудопроявления, россыпи и рыхлые отложения, к которым они приурочены. Автором на примере Алдан-Станового региона также разработаны карты, соединяющие отражение геологического строения, морфотектоники и полезных ископаемых (см. главу VII).

Второй особенностью специальных карт является нанесение данных по самому полезному ископаемому. Выборочно показываются те данные, которые характеризуют связь полезных ископаемых с геоморфологическими условиями. Так, например, даются размеры частиц полезного ископаемого (тонкая дисперсность или, наоборот, крупные агрегаты), которые могут характеризовать особенности ореолов рассеяния и особенности естественного обогащения или разубоживания в определенных геоморфологических условиях территории. Однако не всегда можно определить заранее, какие данные могут оказаться важными. Поэтому на картах, как правило, должен быть нанесен максимум данных, достаточный для характеристики общего распределения полезных ископаемых на территории съемки и по типичным элементам рельефа, основные поисково-разведочные линии с результатами опробования и установленные месторождения с разделением их по типам и запасам (по крупным грациям). Особенно подробно должны показываться данные по участкам высокой концентрации полезных ископаемых, которые являются ключами для характеристики минерализации территории и для поисков месторождений, и по предполагаемым перспективным участкам.

Третья особенность специальных карт — возрастающее применение палеогеоморфологического картирования. Тот или иной путь истории формирования рельефа характеризует не только условия образования ряда типов месторождений, но и сохранность и возможность их эксплуатации. Для погребенного рельефа палеогеоморфологический анализ становится столь же (или даже более) важным, как и анализ современного. Если при этом анализ остается по существу геоморфологическим, то фактический материал по погребенному рельефу и покрывающим его образованиям собирается и обрабатывается в основном геологическими методами.

Для ископаемого рельефа и связанных с ним месторождений палеогеоморфологический анализ, картирование и геологическая методика сбора и обработки материалов становятся основными, хотя они могут существенно опираться на геоморфологические карты современного рельефа. Среди экзогенных месторождений, связанных с погребенным и ископаемым рельефом, возрастает относительная доля озерных и морских месторождений, а следовательно, и роль их фацциально-геоморфологического анализа, а также изучения палеоклиматов.

Типы месторождений полезных ископаемых и рекомендуемые виды геоморфологических исследований при их изучении отражены в приложении 2, которое представляет таблицу И. Б. Орлова (Башенина и др., 1962), переработанную автором.

Специальное геоморфологическое картирование в принципе должно быть частью комплекса исследований, в который входят также специальные геологические и минералогические исследования и картирование, геологоразведочные и геофизические работы, металлометрическая и геохимическая съемки и другие специальные работы. При такой организации специальная геоморфологическая карта должна составляться вместе со специальными геологическими картами минералогического и прогнозного направления. При этом специальное картирование может проводиться вместе с общим геоморфологическим картированием, которое обеспечивает широкую характеристику территории и разгружает специальную карту от части общих обозначений. Если общего картирования не проводится, специальная карта сама должна быть более полной. Часто необходимо составлять не одну, а ряд специальных карт, в том числе палеогеоморфологических и погребенного рельефа.

Исследование и геоморфологическое картирование разных полезных ископаемых и типов месторождений

Первое место в общем генетическом ряду занимают эндогенные месторождения, за ними идут месторождения кор выветривания: никеля, бурых железняков, марганца, бокситов, кобальта, каолинов и др.

Месторождения кор выветривания по возрасту образуют длинный ряд: от ископаемых, залегающих под палеозойскими и даже

протерозойскими породами, до четвертичных. Большей частью они имеют мезозойский и палеоген-неогеновый возраст. Для их формирования, по современным данным, более благоприятны не низкие пенеплены, а мягкий расчлененный рельеф. В тропических климатах коры выветривания образуются даже на крутых склонах. Геоморфологические и климатические условия, благоприятные для образования кор, существовали в ряде областей современного умеренного климата, в мезозое, палеогене и неогене. В районах сильно расчлененного рельефа коры выветривания могут сохраниться в исключительных случаях и на небольших участках, однако возможность первичного образования их в таких условиях следует иметь в виду при изучении истории рельефа и источников переотложенного материала кор. Иногда промышленные месторождения бывают образованы переотложенными корами.

Условия формирования месторождений могут значительно различаться в зависимости не только от мезоформ, но даже микроформ рельефа (Смирнов, 1969). При специальном картировании главная задача — выделение сохранившихся участков тех элементов рельефа, на которых формировались коры выветривания, и тех, совпадение которых с контурами пород определенного генезиса позволяет предположить возможность образования месторождений. Соответственно на поднятых блоках картируются нерасчлененные участки древних поверхностей выравнивания; среди опущенных блоков выделяются участки, где коры выветривания могли сохраниться от эрозии и абразии морских и озерных бассейнов и быть неглубоко погребены. Наиболее благоприятны и для формирования, и для сохранности месторождений блоки, промежуточные между поднимающимися и опускающимися блоками, образующие зоны «вложенного рельефа» по терминологии В. Клюпфеля (Schachtelrelief). Детальное геоморфологическое и палеогеоморфологическое картирование может быть особенно эффективным именно в этих зонах, образующих мозаику сближенных по уровням и вложенных друг в друга форм рельефа и отложений разного возраста.

Конкретные формы, которые должны особенно тщательно картироваться, зависят и от типа кор выветривания, с которыми связаны изучаемые полезные ископаемые (площадного, линейного или приконтактового), и от типа месторождений (остаточного или инфильтрационного). Так, для линейных кор, развитых по разрывным нарушениям, характерны понижения рельефа: седловины, ложбины и вершины долин. Понижения иногда окаймляются уступами очень небольшой высоты (1—2 м). По аэрофотоснимкам можно установить характерные прямые и ломаные очертания, указывающие на нарушения и возможное присутствие линейных кор.

В целом проблема локализации и сохранения кор, а тем более месторождений, очень сложна и при всей пользе руководящих схем требует конкретных исследований и точного геоморфологического картирования. Так, для участков поверхностей выравнивания важно разделять неровности их рельефа на остаточные и вторич-

ные, образовавшиеся в результате расчленения и переработки поверхностей. Многие поднятые поверхности выравнивания, которые выглядят хорошо сохранившимися, могут оказаться «базальными», т. е. поверхностями слабо выветрелых пород, в общем параллельными прежним поверхностям выравнивания и откопанным из-под смытой коры выветривания. Однако локальные участки коры, особенно линейной, могут сохраняться здесь и даже среди мелкоблокового ступенчатого рельефа, образующегося при новейших деформациях поверхностей выравнивания.

Проблема денудационного среза вообще еще недостаточно изучена. Размеры среза, данные разными исследователями для одних и тех же территорий, колеблются от десятков — сотен метров до километров (судя по сохранности мезозойских и третичных кор и их «корней»).

Эта проблема требует изучения разных территорий и сравнения разных принципов оценки среза. Комплексные поисковые исследования могут внести в решение ее конкретный вклад.

Ряд характерных задач специального картирования можно разобрать на примере *рудных и россыпных месторождений золота*.

Рациональное исследование золотоносности включает составление региональных карт золотоносности на специальной геолого-тектонической основе. Геоморфологические карты на морфоструктурной основе, освещающие морфоструктурный план и «фон» районов, существенно дополняют карты золотоносности. На них могут быть намечены неизвестные ранее разломы, особенно «скрытого» типа.

По картам «фона» можно выделить основные блоки с разными условиями денудационного вскрытия, среза и погребения рудных и россыпных месторождений, миграции и переотложения полезных компонентов с естественным вторичным обогащением или разубоживанием. По этим картам выделяются перспективные районы для более детального картирования.

На средне- и крупномасштабных картах следует точно отражать сложную мозаику сводово-блоковой морфотектоники: выровненные участки междуречий и ступени склонов, с разделением их (по мере исследования) на обусловленные новейшей тектоникой или денудацией; границы зон разломов и разрывных нарушений, выраженные в рельефе и изменениями фототона на аэрофотоснимках; тектонические склоны (сбросовые и перекошенные поверхности блоков) и т. д. Для удобства прямого сравнения выборочно необходимо нанести главные элементы тектоники по геологическим картам.

Повторяемость интервалов между долинами, уступами, водораздельными грядами и т. д., которую можно наметить по составленным картам, может указать на возможные глубины элементов решетки разломов. По картам можно также выделить кольцевые и дуговые морфоструктуры и по размерам попытаться наметить их связь с подкоровыми и внутрикоровыми уровнями. При этом получаемые результаты необходимо по возможности сопоставлять с геофизическими данными. Геоморфологические элементы особен-

но детально должны показываться в пределах известных рудных полей и участков долинной сети с россыпями.

Вскрытые рудные месторождения в большинстве связаны с мезозойским и более древними этапами тектогенеза и значительно реже — с кайнозойским. Поэтому обычной задачей морфотектонического поискового картирования является изучение вопроса: в какой мере и с какими поправками можно судить по новейшему тектоническому рельефу о структурах, локализации магматизма и рудопроявлениях эпохи оруденения. Сравнение, как правило, оказывается успешным.

Изучение активизированных шитов обнаруживает, что решетки глубинных разломов в большой мере унаследованы от древнейших долгоживущих разломов. Соответственно и узлы сводово-блоковых мезокайнозойских морфоструктур, оруденения и магматизма на пересечениях этих разломов как бы продолжают развитие «долгоживущих» элементов структурного плана. Интервалы решеток разломов, поперечники блоков и морфоструктурных зон, дифференцированных по структуре, тектоническому режиму и рельефу, и поперечники локальных морфоструктур, в том числе кольцевых, образуют дискретный ряд, численно равный ряду глубин разделов и уровней коры и верхней мантии. Например, для Алдано-Станового региона намечается следующий ряд (Пинотровский, 1971): 300—150 км — глубокая астеносфера; 120—180 км астеносфера; 50—80 км — подкорový слой верхней мантии; 40 км — раздел Мохо; 18—25 км — раздел Конрада; 12—14 км — уровень гранитизации; 3,5—8 км — уровни приповерхностных магматических очагов. Такая связь морфоструктур и коро-мантийных уровней, по-видимому, является общей закономерностью и имеет генетический характер. Конкретные характеристики могут быть несколько разными для разных районов. Она указывает на новые возможности морфоструктурного анализа при изучении долгоживущих планов, локализации магматизма и оруденения и глубинных процессов.

Наследование новейшими морфоструктурами мезозойских структурных форм (в частности, сводов-горстов, куполов и впадин с кольцевыми планами) может быть прямым или инверсионным, полным или частичным, но имеет место. Разрывные нарушения, омоложенные новейшими движениями и выраженные в рельефе (долинами и др.), повторяют план нарушений, с которыми связаны мезозойские магматические тела и рудопроявления, однако с некоторыми расхождениями: кулисообразными смещениями по другим нарушениям тех же общих зон, перекрещиванием под острыми углами, активизацией иных поперечных нарушений и т. п. Иногда новейшее омоложение точно захватывает те же нарушения, которым следуют мезозойские рудные зоны. Примером являются долины с россыпями золота, идущие по разрывным нарушениям, по которым в коренном ложе долины прослеживаются рудные зоны. Образование богатых россыпей при отсутствии богатых рудных источников в настоящее время объясняют проектированием на

дно долины золота из многочисленных мелких рудопроявлений в зонах нарушений, по которым разрабатывались эти долины.

Мезозойские интрузии, с которыми нередко связано оруденение, часто препарируются в виде останцов, гряд и ступеней (пластовые интрузии). На специальных картах надо показывать контуры и тех интрузий, которые не выступают в рельефе.

Необходимо изучать в поле и отражать на картах немасштабными знаками формы микрорельефа, которые могут указывать на рудные тела и участки околорудных изменений. Залеченные рудные зоны на склонах часто выражаются слабо заметными понижениями или грядами. Зоны сильного окварцевания выражаются характерными останцами и грядами. Сами они часто лишены рудных тел, но указывают на общее положение зон нарушений, другие участки которых могут быть рудопосными. На выходах пород, обогащенных сульфидами, образуется микрорельеф «железных шляп». Разложение сульфидов с образованием серной кислоты приводит к быстрому выветриванию пород и формированию глин, выработке ложбин в рельефе, образованию зон повышенной подвижности грунтов с формами оплывания.

Россыпи золота открываются поисками легче, чем рудные месторождения. Поэтому поиски рудных месторождений чаще ведут от известных уже россыпей, чем наоборот. Исключением являются месторождения с тонкодисперсным золотом, не образующим богатых россыпей. Иногда в рудных узлах совмещается оруденение разных типов. Открытие россыпей приводит к обнаружению их рудных источников с крупным золотом. При геологическом и геоморфологическом изучении может быть открыто и оруденение с тонкодисперсным золотом.

Геоморфологические условия концентрации и разубоживания основного комплекса россыпей золота (а также ряда других полезных ископаемых) — элювиальных, склоновых, ложковых и аллювиальных — определяется флювиально-денудационными циклами с чередованием расчленения и выравнивания (обычно неполного) рельефа. В периоды выравнивания и образования кор выветривания происходит освобождение золота, а также других стойких к выветриванию минералов из вмещающих пород, в периоды расчленения рельефа — сполз этих минералов в долины и (при благоприятных условиях) образование концентрированных россыпей. Эта общая схема может осложняться. Так, Н. И. Нестеров указывает, что большая часть рудного золота является тонкодисперсной и в условиях относительно выровненного рельефа мигрирует в коре выветривания, образуя в ее основании сильно обогащенный слой. Такое явление известно, но Н. И. Нестеров придает ему большее значение, чем придавалось раньше, и предполагает, что крупное золото, вплоть до больших самородков, образуется в зоне вторичного обогащения путем вторичной кристаллизации и что именно оно переоткадывается в россыпях при расчленении рельефа.

При специальном картировании выделяются участки относительно выровненного рельефа с установленным и возможным за-

леганием неразмытых кор выветривания и слабо врезаемые верховья долин, где снос золота в долины может быть незначителен, но сохранились участки зоны вторичного обогащения руд. Далее картируются формы рельефа участков значительно расчлененных, с хорошо разработанными долинами, с относительно пологим падением. Эти долины наиболее перспективны на обогащенные россыпи. Наконец, выделяются резко расчлененные участки с узкими гребнями, крутыми склонами и каньонообразными долинами, где обогащенные россыпи возможны лишь на отдельных участках и нередко имеются только непромышленные проявления россыпной металлоносности. Изучение их становится лишь приемом поисков коренных месторождений. Главное значение здесь может приобретать изучение металлоносности склоновых отложений и элювиальных образований на вершинных поверхностях и гребнях и под аллювием долин, идущих по разрывным нарушениям, с целью выявления рудных месторождений.

Для участков аккумулятивного рельефа на опускающихся блоках составляются карты погребенного рельефа, на которых прослеживаются погребенные долины, их тальвеги и террасы. На картах по формам рельефа (логам, делям и т. п.) и по данным изучения рыхлых отложений намечаются направления переноса золота и возможные линии его концентрации, которые позволяют направлению проводить металлометрические съемки, интерпретировать их данные и показать на картах ореолы рассеяния и возможные точки оруденения.

Особенно детально картируются аллювиальные формы долин, которые могут вмещать россыпи. Наличие цокольных террас указывает на прогрессивное углубление долины и перебив россыпей предыдущих циклов. Умеренное углубление долины и сужение более молодых террас и поймы может указывать на прогрессивное обогащение более молодых россыпей; большое и резкое углубление может сопровождаться сносом россыпей и разубоживанием их грубым обломочным материалом.

Детально картируются педиментоподобные склоны («террасовалы»), которые разделяются на картах на настоящие педименты, мало перспективные на россыпи, и участки слившихся террас, вмещающих россыпи. С формами рельефа долин сопоставляются профили разведочных линий и данные о распределении в них золота. В частности, анализируется план струйчатости россыпей. Так могут быть выделены типы слабо изогнутых и реже — меандрических струй.

Иногда составляются карта и профили погребенного рельефа плотика (коренного ложа; рис. 72, 73), с формами которого сопоставляется план струйчатости россыпей. Особое внимание при картировании уделяется сильно обогащенным участкам россыпей. Если это обогащение удастся объяснить геоморфологическими факторами, такие участки становятся эталонами для выделения других перспективных участков по геоморфологическим признакам. Одновременно изучается возможность поступления золота из

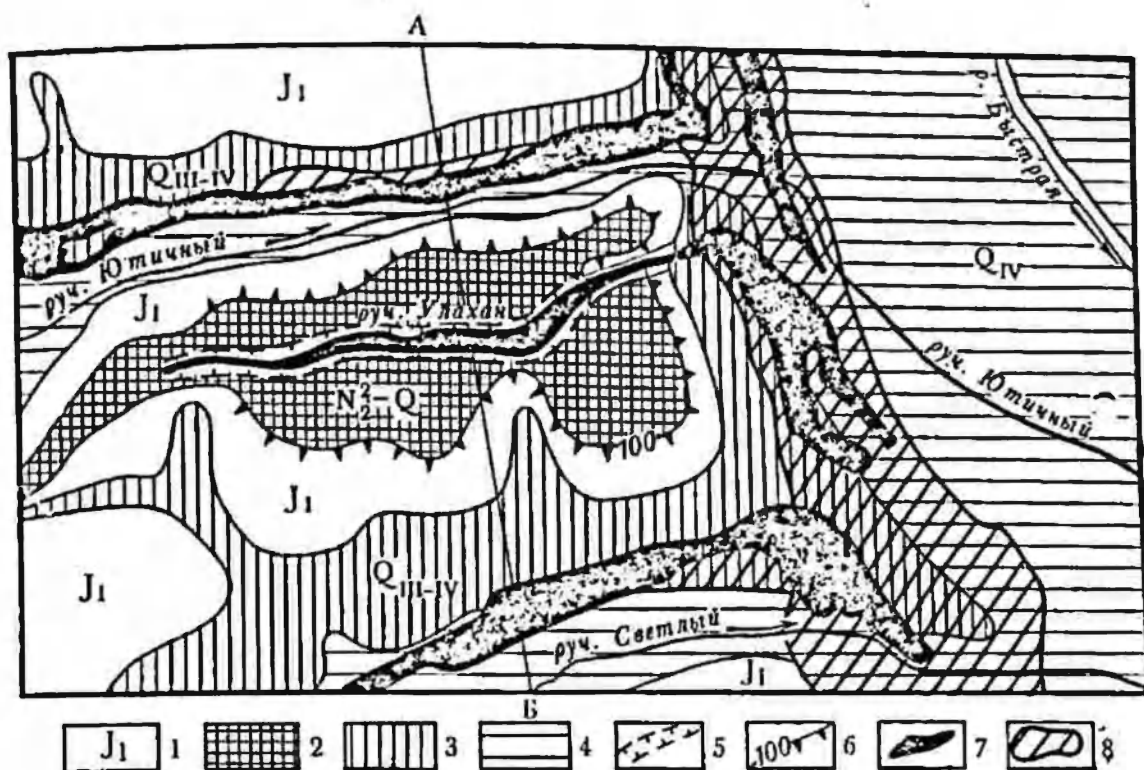


Рис. 72. Геоморфологическая схема древней долины руч. Улахан (С. Д. Венд-кевич):

1 — склоны флювиальных форм низкогогорья на породах верхоянского комплекса; 2 — аллювиальные отложения (N_2-Q); 3 — нерасчлененные по генезису склоны низких террас и высокой поймы; 4 — низкая пойма; 5 — бровка цокольной террасы и ее высота; 6 — россыпи с высокими содержаниями полезного компонента; 7 — россыпи с низкими содержаниями полезного компонента; 8 — положение профиля А — Б

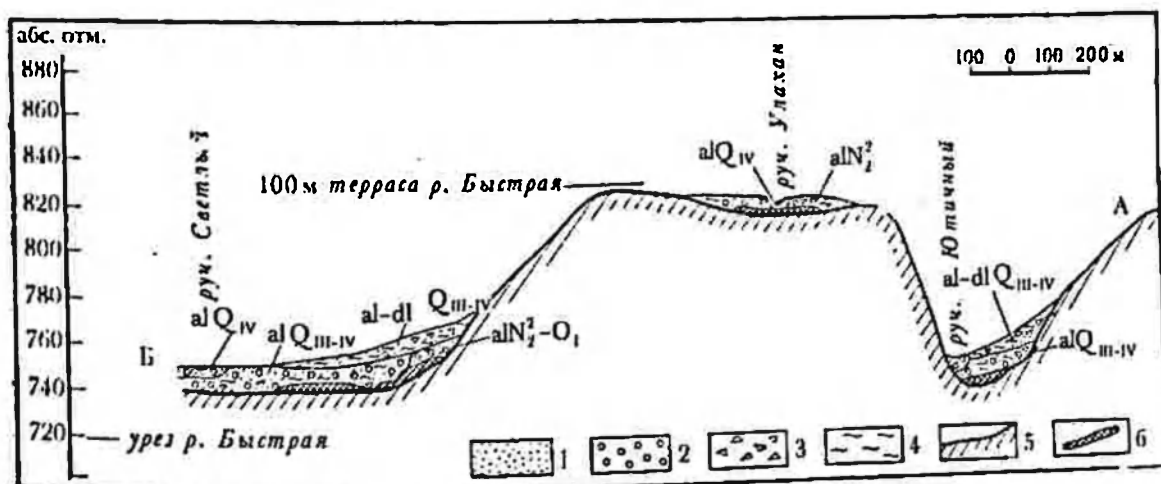


Рис. 73. Поперечный профиль через древнюю долину руч. Улахан (С. Д. Венд-кевич):

1 — разнозернистый песок; 2 — галька разного размера, редко гравий; 3 — щебень; 4 — глина; 5 — коренные породы; 6 — россыпи золота

известных местных источников, в том числе расположенных в ложе россыпи. Для этого важно отражать на специальных картах обогащенность россыпей по отдельным участкам и разведочным линиям и характер золота, особенно черты его, указывающие на близкое залегание коренных источников.

Аналогичная методика используется при изучении россыпей других полезных ископаемых с паранитами, которые определяются свойствами ископаемых и характерными для них типами россыпей. Так, касситерит, титано-содержащие и тантало-содержащие минералы, монацит, циркон и алмазы значительно легче золота, поэтому их естественное гравитационное обогащение осуществляется слабее, а разнос и разубоживание быстрее.

Большое значение имеет стойкость минералов против выветривания и истирания. Например, касситерит легко разрушается при переносе, поэтому он образует преимущественно элювиальные, делювиальные, ложковые и короткие аллювиальные россыпи. Это определяет необходимость детального картирования водораздельных гряд, поверхностей склонов и верховий долин.

Алмазы крайне стойки против истирания и могут далеко переноситься и переотлагаться из первичных источников в современный аллювий не только из террас, но и из палеоген-неогенового и мезозойского аллювия (остатки которого встречаются иногда только на водораздельных формах рельефа) и даже из дислоцированных нижнепалеозойских пород (морских прибрежных кварцевых песчаников, гравелитов и конгломератов). Поэтому изучение алмазности также должно быть комплексным, включающим специальное геоморфологическое и геологическое картирование первичных источников и россыпей разного возраста, включая ископаемые. Для последних могут быть составлены лишь схемы расположения первичных источников, направлений переноса и древних россыпей. Так, при поисках мезозойских и палеоген-неогеновых россыпей могут быть составлены карты отмерших долин с выделением их установленных и гипотетических участков.

Изучение слабо выраженных или совсем не выраженных в современном рельефе долин вообще является нередкой задачей при поисках россыпей. Долины, выполненные рыхлыми отложениями при усиленной аккумуляции, обычно сохраняют некоторую выраженность в рельефе или выделяются по ландшафтным признакам и часто хорошо дешифрируются на аэрокосмических снимках. Погребенные долины, перекрытые чуждыми им породами, обнаруживаются гораздо труднее, с помощью общего анализа рельефа, буровой и геофизической разведки (некоторые долины дальневосточного побережья, перекрытые четвертичными морскими отложениями, долины северо-востока Армении, перекрытые лавами, и др.). Выполненные и погребенные долины часто являются объектами поисков не только россыпей, но и подземных вод, особенно в пустынных и полупустынных районах (Казахстан).

Сказанное выше кратко обобщает широкий опыт изучения главным образом аллювиальных россыпей, формирующихся в процессе

гравитационного обогащения аллювия относительно тяжелыми полезными компонентами, притом сравнительно крупными его частицами. Так называемое видимое золото даст наиболее ясную картину такого обогащения. Подобные аллювиальные россыпи были основным промышленным типом. В настоящее время широко выдвигается проблема морских россыпей: касситерита, титано-содержащих и редкометаллических минералов, алмазов, золота, яштыра и других полезных ископаемых.

Проблема морских россыпей ставит вопросы не только связи их с конкретными формами рельефа, но и с другими, чем для аллювиальных россыпей, но и поведения тонкодисперсных фракций полезных компонентов и связи их с отложениями тонкого состава: илами и глинами. На такую связь указывает приуроченность полезных минералов аллювиальных россыпей к глинистому заполнителю галечниковых пластов. Возможная закономерность обогащения глинистых отложений полезными минералами может поставить задачу усиленного изучения и картирования тех форм рельефа и коррелятивных отложений, которые сейчас считаются неперспективными на россыпи. Развитие этого направления пока сдерживается неразработанностью техники рентабельного извлечения тонкодисперсных фракций полезных минералов россыпей.

Обогащение морских отложений относительно крупными частицами полезных компонентов происходит на пляжах и на внешних (мористых) сторонах береговых валов, кос и баров. При этом идет значительное истирание материала и обогащение его более стойкими компонентами, образование россыпей минералов, различных по первичным геологическим условиям образования, но объединенных общим свойством механической стойкости. Так обогащаются прибрежные россыпи алмазами и другими стойкими драгоценными и полудрагоценными минералами.

Морские россыпи могут образовываться не только за счет концентрированных источников, но и в результате сноса кор выветривания с больших площадей магматических пород прилегающей суши (например, россыпи монашита, циркона и титановых минералов).

Площади питания, основные пути сноса и промежуточные бедные россыпи (например, древних долин и дельт) должны быть отражены на обзорных картах «фона».

Быстрая изменчивость береговых аккумулятивных форм и приуроченных к ним россыпей обуславливает важность крупномасштабного картирования, особенно для ключевых участков. На картах должны быть показаны береговые надводные и подводные формы и участки концентрации полезных компонентов (например, внешние склоны баров), охарактеризована динамика форм и ее факторы (преобладающие направления фронта волн, их балльность, направление вдольберегового потока наносов и т. д.). Эта работа требует специальных приемов исследования, разведки и опробования (вплоть до работы с аквалангами). Использование аэро- и космических снимков необходимо.

Изучение современных береговых форм и россыпей является основой для исследования погребенных морских россыпей, приуроченных к морским равнинам от четвертичных до палеогеновых и мезозойских, не выраженных в современном рельефе. Для этого необходим углубленный фациальный анализ разрезов береговых отложений и составление палеогеоморфологических карт с выделением погребенных береговых форм и возможных россыпей, с указанием глубины их залегания.

Рациональное изучение морских россыпей требует сотрудничества геоморфологов, океанологов — специалистов по береговым формам, литологов и разведчиков. Это сотрудничество в настоящее время развивается в СССР.

Месторождения каменных углей делятся на геосинклинальные и платформенные. Промежуточными являются месторождения предгорных прогибов и межгорных впадин, в том числе в зонах кайнозойской эпиплатформенной активизации. Некоторые из этих месторождений в частях, прилежащих к слабо активизированным блокам, имеют спокойное строение платформенного типа, а в частях, прилежащих к горным поднятиям, строение приразломных грабен с дислоцированными угленосными толщами, местами сходное со строением геосинклинальных месторождений (Чульманская впадина Предстанового прогиба в Южной Якутии). Месторождения бурых углей принадлежат к платформенному и промежуточному типам.

Палеогеоморфологическое картирование связано с задачами фациального анализа угленосных толщ, характеристики углей и их изменение по разным частям месторождений и разрезу. Палеогеоморфологические карты и схемы должны помочь правильно выделить продуктивные структуры с оптимальными условиями прогибания и угленакпления и непродуктивные — древние поднятия и впадины усиленного прогибания с озерным и морским режимом, долины палеорек, мощные конусы выноса и дельты, где происходило разубоживание угленосных толщ обломочным материалом (а иногда — накопление растительного материала) и т. д. — анализ может существенно помочь в оконтуривании продуктивных площадей, интерполяции и экстраполяции разведочных данных и рациональном планировании дальнейших разведочных работ.

Современный рельеф месторождений геосинклинального типа, как правило, значительно отличается от рельефа, в котором происходило накопление угленосных толщ. Обычно это системы гряд и долин, типичные для поднятых и расчлененных складчатых и складчато-блоковых структурных форм. Морфоструктурным анализом можно установить закономерные вторичные соотношения залегания угленосных пластов с новейшим планом рельефа. Он помогает в прослеживании отпрепарированных элементов тектонической структуры, в том числе продуктивных пачек и пластов. Они обычно более водоносны, чем пачки песчаников, алевролитов и аргиллитов, и образуют более пологие формы рельефа. На их

склонах развиваются оползни, оплывины и заболоченные пологие ступени.

Месторождения платформенного типа представляют обычно брахисинклинали, а промежуточного — брахисинклинали-грабены. Они связаны с прогибами-грабенами фундамента, рельеф которого смягченно повторяется в залегании угленосных толщ.

Впадины, к которым приурочены месторождения областей новейшей активизации, по тектонической структуре обычно асимметричны. С одной стороны, они представляют блоковые полубрахисинклинали со спокойным залеганием пород, с другой — впадины углубляются и переходят в приразломные грабены с дислоцированными угленосными отложениями. При резкой асимметрии приразломные крылья срезаются надвигами бортов. Обычно края горных поднятий, окаймляющих впадины, бывают надвинуты, как, например, надвинут край Становых поднятий на впадины Предстанового прогиба. Однако надвиги бортов мезозойских и палеогеновых впадин зауральского пенеплена направлены от Западно-Сибирской низменной равнины в сторону Урала. Иногда наблюдаются не только надвиги бортов на впадины, но и зоны опрокинутых складок внутри впадин, (в Чульманской впадине — на расстоянии до 50 км от ее южного борта). Их можно объяснить надвигами, срывавшими «головы» блоков погребенного фундамента. Надвиги характерны для раннемеловой тектоники таких впадин.

С раннемеловым тектогенезом связан метаморфизм углей, в некоторых впадинах иногда необычно сильный. Такой метаморфизм иногда объясняют нагрузкой отложений мощностью до 1 км и больше, впоследствии смытых. Однако геоморфологический анализ заставляет сомневаться в таком большом срезе. Выводы морфоструктурного картирования, напротив, хорошо согласуются с объяснением метаморфизма глубинным теплотоком, усиленным в период раннемелового тектогенеза и дифференцированным по блокам и разломам.

В современном рельефе описываемые впадины (мезозойские и палеоген-неогеновые) большей частью сохраняются унаследованно или выражаются как унаследованными, так и вторичными понижениями. Иногда они представляют расчлененные плато, пониженные относительно окружающего горного рельефа, иногда заболоченные впадины — грабены отставания с денудационным днищем, в которых современные торфяники могут располагаться над погребенными пластами мезозойских и третичных углей. Однако такие понижения не являются бесспорным признаком. Небольшие угленосные впадины могут и не выделяться среди общего выровненного рельефа. В то же время понижения с выровненным дном, расположенные среди низкогогорного рельефа, бывают отпрепарированы не только в угленосных впадинах, но и в других структурах, сложенных относительно слабыми породами (например, палеозойскими известняками в районе угленосных впадин Северного Урала).

В областях новейшей активизации края впадин вдоль окаймляющих горстовых поднятий часто вовлечены ими и образуют блоково-ступенчатые предгорья. В самих впадинах также наблюдаются повышенные участки и внутренние малые впадины, по которым обычно проходят участки долин. В некоторых впадинах несколько долин сходятся и образуют долинные узлы. Разница высот между повышениями и малыми впадинами достигает первых сотен метров.

Долинная сеть (особенно в областях активизации) следует глубинным разломам и разрывным нарушениям. Местами выделяются блоковые ступени междуречий, бортов впадин и склонов долин. При пологом залегании угленосных толщ наблюдается типичная пластовая ступенчатость. Уступы между ступенями следуют зонам разрывных нарушений, по трещинам которых на уступах происходит отседание пород (см. II и III части книги).

Описанный рельеф переработан в разной мере денудацией и тектоникой, причем соотношения тектоники и денудации изменчивы и часто замаскированы. Для их расшифровки необходимо точное геоморфологическое картирование. Оно выявляет мозаично-блоковый характер рельефа, позволяет параллелизовать его линейные элементы с разломами, выявленными геологической съемкой и геофизическими работами, и установить соотношение морфотектоники с разломами и рельефом погребенного фундамента. Именно такое картирование и позволяет определить основные формы рельефа как активные морфоструктуры, в разной мере моделированные денудацией. Так, малые впадины могут быть намечены тектоникой, а их днища разработаны как локальные поверхности выравнивания.

Тектонический характер малых впадин может подтверждаться их замкнутостью в рельефе, отсутствием связи с более слабыми породами и приуроченностью к зонам разломов и их пересечений, а иногда и значительной мощностью рыхлых отложений. Блоковый характер внутренних поднятий и некоторых ступеней также подтверждается отсутствием связи с литологией пород и общностью их плана с явными поднятиями краев впадин и окаймляющих горстов. Имеется пример брахисинклинали внутри юрско-меловой впадины, точно очерченной со всех сторон долинами по «решетке» разломов и отличающейся резко повышенной мощностью угольных пластов. В рельефе это междуречье понижено и к нему примыкают пологий склон и широкая терраса одной из долин. Эти черты позволяют связывать брахисинклиналь с блоком между разломами, сохранившим с периода углеобразования до настоящего времени тенденцию к слабому относительному дифференциальному опусканию.

Прослеживая такие связи рельефа (периода углеобразования и современного), необходимо учитывать, что мозаика блоков фундамента может сохранять в разные этапы тектогенеза основной долгоживущий план, но планы движений блоков могут несколько изменяться. Наиболее глубокие приразломные участки могут пре-

вращаться в края окаймляющих горстов, новые малые впадины возникать с меридиональной ориентировкой вместо прежней широтной и т. д. Поэтому необходима не механическая параллелизация морфоструктурных планов разного возраста, а их тщательное сопоставление и анализ.

Необходимо по возможности разделять разломы и разрывные нарушения на амплитудные и безамплитудные равной мощности. Работу горной техники затрудняют сбросы амплитудой порядка 10 м и более. Подобные сбросы вероятнее в склонах между поднятиями и малыми впадинами и особенно — в блоковых поднятиях вдоль окаймляющих горстов. Безамплитудные зоны усиленной трещиноватости (иногда шириной до 2 км), по-видимому, образуются в угленосных толщах вдоль разломов фундамента вибрационными движениями его блоков. Выделение таких и меньших зон важно из-за их возможной водоносности и газоносности, а также способности к обвалам в горных выработках. Они, как правило, образуются неровными трещинами отрыва, которые с трудом устанавливаются и поддаются замерам в обнажениях и потому могут пропускаться геологами, но легко устанавливаются по аэрофотоснимкам, общим очертаниям форм рельефа, а также электропрофиллированием. Безамплитудные зоны могут быть гораздо более ослабленными и проницаемыми, чем амплитудные, по которым происходят сбросы, поэтому возможна их значительная роль, например, в окислении угля.

Все изложенное не исчерпывает возможностей геоморфологического картирования при поисках полезных ископаемых. Однако приведенные положения и примеры показывают важность и необходимость геоморфологических исследований при поисках.

Глава XVI

ОСОБЕННОСТИ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭНДОГЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Геоморфологическое картирование при поисках эндогенного оруденения — новое направление в поисковой геоморфологии, делающее первые шаги. Накапливаются и отбираются первые наборы методик и приемов, которые опираются на общий геоморфологический анализ и картирование. Прямое использование общих геоморфологических карт для поисков затруднительно (см. главу XV). Поисковая геоморфологическая карта должна быть специальной и в известном смысле адаптирована для практического ведения поисков. Ее содержание может меняться в зависимости от задачи поисков. Так, если исследования охватывают большие площади, принципиальная оценка рудоносности которых отсутствует, геоморфологические работы должны отличаться от тех же работ на этапе прослеживания на местности конкретно выявлен-

ных рудных тел. Характер работ зависит от типов минерального сырья, морфологии тел полезных ископаемых, их минерального и химического состава, стадий и типа рудообразования, от приуроченности к определенным геологическим структурам и эпохам рудообразования и др. В соответствии с этим выбираются масштаб исследования, набор геоморфологических критериев поисков и методики их проведения. Например, руда может быть представлена как целым массивом горных пород, слагающих обособленный элемент рельефа (гору, сопку, террасу и др.), так и в виде жилы или сближенной серии прожилков и жил. Их выраженность в рельефе различна, а стало быть, и методика поисков не может быть одинаковой. Еще пример: в зависимости от минералогического и химического состава рудных тел каждое из них в определенных ландшафтно-климатических условиях может оказаться или относительно устойчивым, или выраженным зоной пород, ослабленной по сравнению с безрудным «пустым» фоном. Наконец, рудные тела могут быть приурочены как к положительным, так и к отрицательным элементам рельефа.

Геоморфологические поиски рудных месторождений можно вести двумя способами.

Первый способ — изучение особенностей рельефа на территории уже выявленных месторождений и на заведомо «пустых» участках, выявление черт рельефа, свойственных районам оруденения.

Этот способ опирается на многофакторный статистический анализ, цель которого установить наиболее значимые признаки. Большую роль при этом играют морфометрические характеристики; далее используется анализ дискриминантных функций. В основе дискриминантного анализа лежит представление о возможности использования для оценки и классификации явлений некоторого порога значений параметров, описывающих свойства рельефа. Этот порог является критерием для разделения перспективных и неперспективных территорий. Часто в основе прикладной геоморфологической карты содержится синтез материала, полученного при анализе серии морфометрических карт.

Второй способ — построение логических схем, вытекающих из специфических особенностей оруденения и возможных его связей с рельефообразованием. Рассуждения ведутся по следующей схеме. Месторождения, скажем, сульфидного типа, выведенные в приповерхностную зону (экономически рентабельную для разработок), должны заметно влиять на ход рельефообразования, так как наличие сульфидов снижает прочность вмещающих их пород. В зоне окисления при химическом выветривании сульфиды окисляются до сульфатов, при этом резко меняются условия химического выветривания вмещающих пород за счет резкого изменения pH среды. В результате интенсивного разложения полевых шпатов в склоновом чехле и элювии может образоваться большое количество глинистых минералов. Утяжеление механического состава рыхлых отложений должно проявиться себя в изменении на склоне

типов движения рыхлых образований (например, возникновение потоков конжельфлюкционного типа). Нужно стремиться выделить такие явления, которые для безрудного «фона» нетипичны в данных морфоструктурных ландшафтно-климатических, литологических и других условиях. Это сократит площадь более детального опоскования. Важно знать также морфометрические показатели, происхождение элементов рельефа, вещественный состав коррелятивных отложений. Оба способа ведения поисков можно объединить.

Рельеф и полезные ископаемые имеют сложную связь. Процессы, создающие промышленные месторождения, принимают участие и в рельефообразовании, но возникновение месторождений и рельефа совпадает лишь пространственно. Вещество рудного компонента входит в состав земной коры. Отличаясь теплофизическими, гидратационными и упругими свойствами от «пустых» пород, рудное вещество оказывает влияние на ход морфогенеза. Таковы все рудные месторождения. Чтобы оценить возможности использования геоморфологических методов для поисков эндогенных месторождений, проследим процесс их формирования.

Скопления минералов того или иного состава в экономически рентабельной концентрации связаны с очагами магматических пород. Они могут быть приурочены к определенным фациям магматических пород и располагаться или в апикальных частях интрузий, или вдоль их контактов. Нередко эндогенные месторождения формируются в зоне циркуляции горячих газодонных растворов, а также в связи с вулканическими проявлениями. Каждому типу магматических пород свойствен наиболее часто повторяющийся набор минералов, высокая концентрация которых образует месторождения. В настоящее время принято выделять магматические, пегматитовые, карбонатитовые, скарповые, альбититовые, грейзеновые, гидротермальные и колчеданные эндогенные месторождения (Смирнов, 1969).

Магматические процессы по-разному протекают в геосинклиналях и на платформах. Платформенные магматические образования обычно представлены двумя типами: 1) лавами основного состава и 2) гипабиссальными и субвулканическими интрузиями.

В геосинклиналях, как известно, тип магматизма зависит от стадии развития. На ранней стадии возникают следующие формации: 1) субмаринных вулканогенных спилито-кератофировых и порфириновых пород, с которыми могут быть связаны руды меди, цинка, железа и марганца; 2) перидотитовых пород с возможными месторождениями элементов платиновой группы (осмий, иридий); 3) габбро-пироксенит-дунитовых пород с месторождениями титаномагнетитов и элементов платиновой группы (платина, палладий); 4) плагногранит-сиенитов с возможными месторождениями железной и медной руды.

На средней (биотитовой) стадии возникают крупные батолитические массы гранитоидов, которые обычно разделяют на две субформации: 1) умеренно кислых гранитоидов (от габбро до грано-

диоритов и гранитов) со скарновыми месторождениями вольфрама, гидротермальными месторождениями золота, меди, молибдена, свинца и цинка и 2) нормальных и крайне кислых гранитоидов (аляскинтов), для которых характерны месторождения пегматитового и альбито-грейзенового ряда (олово, вольфрам, тантал, литий, бериллий).

На поздней стадии образуются формации: 1) малых интрузий различного состава от диорит-порфиров до гранит-порфиров и сиенит-порфиров, с которыми связаны крупные, богатые и разнообразные эндогенные гидротермальные месторождения руд цветных, редких, радиоактивных и благородных металлов, а также скарновые месторождения комплексных руд (свинцово-цинковые, вольфрама, молибденовые и др.); 2) наземных эффузивных пород андезит-дацитового состава с вулканогенными гидротермальными месторождениями (Смирнов, 1969).

Магматические породы платформ также могут образовывать месторождения гидротермального ряда (руды олова, вольфрама, свинца и цинка и др.). На платформах различия в формировании эндогенного оруденения зависят от степени тектонической активизации. II всюду магматическая деятельность и рудообразование контролируются зонами разломов и разрывных нарушений. Кроме того, различные части, например, геосинклиналей — периферические зоны, геосинклинальные рвы, срединные массивы, геоантиклинальные блоки, внутренние участки, пограничные глубинные разломы — характеризуются своим тектоническим режимом, условиями возникновения рудных зон и локализации месторождений и особыми морфоструктурами, по которым их можно распознавать геоморфологическими методами.

При отборе геоморфологической информации особое внимание должно уделяться изучению структуры разломов и разрывных нарушений. Необходим материал об их общем плане, простирании, длине, ширине; о их соподчиненности; возрастных и генетических соотношениях и др. Для этого можно использовать материалы морфоструктурного анализа (см. часть третью). Наиболее протяженные зоны разломов, открытые и водопосные, в первую очередь «обнаруживаются» избирательной денудацией. Для оценки их поискового значения важно установить, не имеют ли они связи с магматическими телами. Тип магматических образований позволит сделать предположение о возможной ассоциации рудопроявлений. Нередко магмоподводящие разломы сами не несут оруденения. Оно сосредоточено в различного рода сопряженных структурах. Такие данные также нужны для поискового геоморфологического картирования.

Месторождения полезных ископаемых эндогенного происхождения формируются на различных глубинах: от поверхности до глубины 15 км, редко глубже. Каждой формации магматических пород свойствен свой «этаж», уровень возникновения. Для того чтобы определенный рудный «этаж» был выведен на дневную поверхность или приближен к ней, необходимо, чтобы этот участок

земной коры (блок или группа блоков) был поднят, а породы, перекрывающие продуктивный слой, уничтожены денудацией. Уничтожение слоя пород толщиной в сотни метров и даже километры требует значительного времени. Для оценки перспектив того или иного района нужно учитывать своеобразие послерудной истории геологического развития. Если оруденение имеет кайнозойский возраст, то геоморфология обладает достаточным арсеналом методов для восстановления истории денудации рудных образований. Для прогнозно-оценочных работ необходим анализ всей истории развития рельефа (см. вкладку, приложение II).

На поисковой геоморфологической карте важно выделить направление и объем сноса, определить различия положительных элементов рельефа, созданных новейшей тектоникой, и «твердышей». Геоморфологическая карта должна, таким образом, содержать информацию о «живых» морфоструктурах и литоморфоструктурах, о терригенно-питающих провинциях и основных направлениях сноса, линейных элементах, размещении массивов магматических пород. Если имеются сведения о наличии россыпей или уже выявленные рудопроявления, данные гидрохимического опробования и т. п., то этот материал необходимо также показать на специальной геоморфологической карте.

Если оруденение относится к более ранним эпохам формирования (мезозойской, герцинской и т. д.), то наряду с указанной информацией важно установить степень соответствия современного структурного плана с планом эпохи рудообразования. Опыт работ в Забайкалье показывает, что связь развивающихся неоструктур с мезозойскими структурными формами высока, особенно в плановых очертаниях. Различия обнаруживаются в тенденциях тектонического развития.

Наряду с участками, сохранившими направленность развития с эпохи рудообразования, можно наблюдать и блоки с инверсионным развитием: ранее опускавшиеся — ныне поднятые, ранее стабильные — ныне поднимающиеся и т. п. Можно предполагать, что эти структурные формы будут отличаться по степени денудированности. Максимальный послерудный срез, по-видимому, будет приходиться на унаследованно поднимающиеся блоки. Информация об этом может быть получена на основании сопоставления. Так, наличие мощных толщ осадочных или вулканогенно-осадочных пород эпохи рудообразования или пострудного возраста на вершинах современных гор может быть объяснено лишь инверсией тектонического развития. Необходимо выяснить, насколько это обусловлено новейшими тектоническими движениями, так как инверсия рельефа может возникнуть и как результат препарировки пород различной стойкости.

Унаследованно или инверсионно развивающиеся блоки могут располагаться в центральных частях сводов или горст-антиклиналей, на крыльях, а также на их обрамлении или даже в пределах впадин. Крупные структурные элементы чаще бывают обрамлены и более глубокими долгоживущими зонами разломов.

Характер тектонического развития в послерудный этап отдельных участков территории может быть положен в основу легенды поисковой геоморфологической карты съемочных масштабов. На ней полезно сохранить перечисленные выше сведения и прибавить данные металлометрического и шлихового опробования.

Для геоморфологических карт крупных масштабов нужны данные по минералогическому и химическому составу руд, а при поле-вом картировании — анализ отложений склонов, седловин, характеристика микрорельефа, выраженности в рельефе зон дробления, брекчирования и милонитизации, зон окварцевания, каолинизации, беризитизации, кварцевых и кварц-турмалиновых жил, зон грейзенов и т. п. (см. главы XII и XV).

Сведения о размещении рудных зон, полученные с помощью металлометрии, сопоставляются с типами перемещения склонового материала, которые определяют разные способы образования вторичных ореолов рассеяния.

Специальные геоморфологические карты могут составляться и в масштабах 1 : 25 000 и 1 : 10 000. Они должны быть направлены на выявление деталей строения структурного плана рудного поля. Интересная информация может быть получена при сопоставлении форм рудных тел и элементов рельефа разного порядка. Каждому морфологическому типу рудных тел могут соответствовать определенные элементы и формы рельефа.

Крупномасштабные геоморфологические работы проводятся на уже выявленных рудных полях. Они направлены на прослеживание рудных тел, зон оруденения, а также сопутствующих им образований. Главная задача сводится к экономии дорогостоящих земляных работ при прослеживании рудных объектов в пространстве и выявлении новых объектов, почему-либо пропущенных. В этой стадии ведения поисковых работ необходимо иметь данные о глубине оруденения и прослеживать выявленные на поверхности зоны оруденения в глубину. Материалы документации штолен и бурения содержат много сведений о «пустых» нарушениях, которые позволяют правильно оценить перспективность разных морфоструктур.

Из изложенного в последних двух главах видно, что геоморфологические исследования на разных стадиях ведения поисков имеют различные задачи, обуславливающие и дополнительную нагрузку для поисковых специальных геоморфологических карт. При поисках эндогенного оруденения геоморфологам необходимо определить структурный план территории поисков для разделения этапов образования структурных элементов; определить, насколько это возможно, геоморфологическими методами величину денудационного послерудного среза; прослеживая пути миграции потоков рассеяния, выяснить области сноса, в частности, коренные рудопроявления, питающие россыпи и шлиховые ореолы. Экономическая оценка рудопроявлений с помощью разведки, технологических испытаний и т. п. должна установить, являются ли они месторождениями.

Глава XVII

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ ПРИ ПОИСКАХ НЕФТИ И ГАЗА

Месторождениями в нефтяной геологии называют ассоциации залежей (скоплений) нефти и газа, связанные общим участком территории и приуроченные к ловушкам, контролируемым единым локализованным структурным или неструктурным элементом земной коры (Бакиров и др., 1968). Ловушки, контролируемые теми или иными деформациями земной коры, называются *структурными*. Их генетическая связь с тектоническим строением региона очевидна. *Неструктурными* называют ловушки экзогенного происхождения, большей частью палеогеоморфологические. Таковы ловушки, приуроченные к понижениям древнего рельефа, выполненным проницаемыми породами, ловушки, связанные с подводными отмелями, барями, береговыми валами и др., образующиеся в рифовых массивах и т. п. Хотя перечисленные ловушки образовались под воздействием экзогенных процессов, возможность их существования и положение в пространстве контролируются тектоническими условиями, определявшими положение береговых линий, палеорек и т. п.

Поскольку местоположение структурных и неструктурных нефтегазовых ловушек прямо или косвенно определяется тектоническими (геоструктурными) условиями, главная задача геоморфологического картирования при поисках нефти и газа заключается в выявлении по геоморфологическим признакам современных региональных и локальных тектонических структур и обнаружении и уточнении строения локальных структурных форм — возможных ловушек нефти и газа. Второй по важности является задача качественной и, по возможности, количественной оценки активности, унаследованности и структуроформирующей роли дифференцированных новейших тектонических движений, влияющих на формирование и расформирование залежей, особенно связанных со структурными ловушками. Кроме того, как и при общем геоморфологическом картировании, необходимо собрать материал по истории развития рельефа (морфоструктур) территории для палеогеоморфологических реконструкций и выявления неструктурных ловушек.

Как известно, месторождения нефти и газа редко бывают единичны. Чаще они образуют группы и зоны, приуроченные к крупным региональным геоструктурным образованиям — нефтегазоносным бассейнам. По определению И. О. Брода, нефтегазоносными бассейнами являются разнообразные по геотектоническому положению, строению и размерам впадины в современной структуре земной коры, выполненные относительно мощной осадочной толщей метаморфизованных пород, содержащих скопления нефти и газа. По характеру новейшего тектонического развития, определяющего и современную структуру земной коры и общий облик рельефа поверхности Земли, большинство нефтегазоносных бассейнов относится к областям преобладающих новейших опусканий или сравнительно слабых новейших поднятий. Соответственно в современном

рельефе нефтегазоносные бассейны чаще всего представлены низкими аккумулятивными равнинами различного экзогенезиса, аккумулятивно-денудационными, денудационными, в том числе и структурно-денудационными равнинами как на горизонтальных (плато), так и на слабо дислоцированных пластах, реже складчатыми и складчато-блоковыми низкогорьями межгорных и краевых прогибов.

При однотипности задач и общих методических установках возможная практическая отдача геоморфологического картирования для поисков нефти и газа в пределах каждой из этих крупных морфоструктур не одинакова.

В условиях низкогорья, денудационных и структурно-денудационных равнин и плато, где многие черты рельефа являются прямым отражением формирующихся (новейших) или отпрепарированных (литоморфных) структурных форм и их элементов, геоморфологическое картирование сравнительно легко решает задачу выявления перспективных структурных ловушек. Труднее определить степень новейшей активности и тип унаследованности выявленных структурных форм. Для этого необходимы специальные геоморфологические исследования, в том числе и изучение величины денудационного среза, роли литологии и т. п. с учетом данных о геолого-геофизическом строении территории (см. часть третью).

В пределах аккумулятивных равнин четкое прямое выражение в рельефе локальных структурных форм — явление редкое. Новейшие локальные поднятия, опускания, разрывные нарушения, соответствующие погребенным структурным ловушкам, обычно имеют косвенное отражение в рельефе и это затрудняет их обнаружение. В то же время слабые локальные деформации современной поверхности и изменения мощности и литофаций новейших отложений, сопутствующие косвенным геоморфологическим показателям структурных форм, способствуют определению степени их новейшей тектонической активности. Возможности обычной геологической съемки по выявлению перспективных структурных форм в таких районах невелики, поэтому значение геоморфологических исследований и геоморфологического картирования для поисков нефти и газа здесь особенно велико.

Во всех случаях методические установки геоморфологического картирования при поисках нефти и газа опираются на следующие основные положения.

1. Главному способу непосредственного обнаружения месторождений — глубокому бурению предшествуют поиски структурных и неструктурных форм в земной коре, которые могут служить ловушками для нефти и газа. Несмотря на немаловажное практическое значение неструктурных ловушек, поиск структурных форм остается главной задачей, так как именно с ними связана подавляющая часть крупных промышленных месторождений нефти и газа.

2. Структурные формы — возможные нефтегазовые ловушки представляют собой сложный, системный объект, наделяемый многосторонними внутренними и внешними связями. Отдельные свойства структурных форм проявляются как по изменению состава, мощ-

ности, характера залегания геологического субстрата, морфологии, генезиса, возраста рельефа и экзогенных рельефообразующих процессов, так и по аномалиям геофизических полей, изменениям гидрогеологических, геохимических характеристик, аномалиям почвенного и растительного покрова.

3. Геоморфологическим картированием выявляются и изучаются участки рельефа (морфоструктуры) в данном регионе, не соответствующие общему «фону». Местоположение и характер последних позволяет обнаружить перспективные структурные формы, уточнить их строение и историю новейшего тектонического развития. Неструктурные ловушки непосредственно геоморфологическим картированием в большинстве случаев не выявляются и требуют для своего обнаружения и изучения применения палеогеоморфологического анализа, опирающегося на данные структурного бурения.

4. При геоморфологическом картировании перспективные структурные ловушки могут опознаваться: а) по специфическим чертам морфологии структурной формы, отраженной в облике земной поверхности (т. е. морфоструктуры); б) по динамике, т. е. направленности, характеру и степени интенсивности формирования морфоструктуры, обусловленной дифференцированными новейшими тектоническими движениями и выразившейся в особой расчлененности рельефа, его морфогенезисе, специфике проявления экзогенных рельефообразующих процессов и почвенно-растительных ассоциаций.

Для выявления геоморфологических признаков структурных нефтегазовых ловушек используют две группы методических приемов морфоструктурного анализа, достаточно подробно описанные в предыдущих главах.

1. *Приемы, направленные на опознание морфологии искоемых структурных форм:* их плановых очертаний и формы изгиба поверхности (положительная, отрицательная, разрывная). За исключением специального инвентаризирования, приемы этой группы являются камеральными и связаны с изучением рельефа по его отображению на картах (топографических, геоморфологических и др.) и дистанционных (аэро, орбитальных) фотографиях.

Приемы анализа планового рисунка рельефа позволяют обнаружить специфические особенности плановых очертаний структур по соответствующему рисунку тех или иных элементов рельефа (рисунку гидросети, структурно-денудационных гряд, ориентировке уступов, озерных котловин, соров, береговых линий и т. п.). Округло-овальная конфигурация рисунка свойственна пикативным структурам, прямолинейная или в виде ломаных линий — дизъюнктивным — блоковым.

Для выявления формы структур по изгибам дневной поверхности служат разнообразные приемы, связанные с изучением высот рельефа. Они заключаются в визуальном анализе топографической карты, различного рода морфометрических построениях, статистическом анализе высот, построении карт деформаций различных одновозрастных геоморфологических уровней. Если учтены данные

по истории формирования рельефа, влиянию литологии рельефообразующих пород и величине денудационного среза, приемы этой группы кроме местоположения и типа структуры позволяют качественно (а иногда и количественно) оценить интенсивность ее локальных тектонических движений.

2. Приемы, направленные на изучение характера расчленения, морфогенезиса и типа экзогенных рельефообразующих процессов, обусловленных новейшей тектонической активностью — динамикой структурных форм.

Теоретической основой приемов этой группы, весьма разнообразных по конкретным камеральным и полевым способам анализа, является признание определяющего влияния на характер и динамику экзогенных процессов тектонических движений разного знака и амплитуды. При этом характер морфогенезиса и тип расчлененности отражают суммарный результат длительного (за весь период континентального развития рельефа) взаимодействия тектонических движений с экзогенными процессами, тогда как в известной мере аномальные относительно «фона» проявления современных экзогенных процессов (и почвенно-растительных ассоциаций) фиксируют результаты такого взаимодействия лишь за самый последний отрезок геологического времени.

Использование любых приемов геоморфологического анализа, направленных на выявление и изучение структурных форм, обязательно должно опираться на общий анализ рельефа на базе всех методов и приемов геоморфологии.

Таким образом, в целом геоморфологическое картирование при поисках нефти и газа включает как общий морфогенетический анализ рельефа, так и специальный структурно-геоморфологический, направленный на выявление и оценку неотектонической активности локальных структурных форм — возможных нефтегазовых ловушек. Однако структурно-геоморфологический (морфоструктурный) анализ сам по себе позволяет обнаружить и изучить локальные структурные формы только верхнего структурного этажа, поэтому геоморфологические исследования при поисках нефти и газа необходимо сочетать с анализом материалов геологических, геофизических, геохимических и др. Лишь сочетание данных геоморфологического анализа с результатами изучения других сторон (свойств) структурных форм позволит оценить строение последних на глубине залегания нефтесодержащих горизонтов, выделить структуры унаследованные и наложенные и тем самым ближе подойти к оценке степени их перспективности как месторождений нефти и газа.

Итоги геоморфологического картирования при поисках нефти и газа представляют на нескольких картографических документах. Важнейшими среди них являются: 1) специальная геоморфологическая карта; 2) карта структурных форм или (и) неотектоническая; 3) карта сопоставления структурных форм, выявленных по геоморфологическим данным со структурными и тектоническими картами (схемами) по нижним, более древним, структурным этажам. При

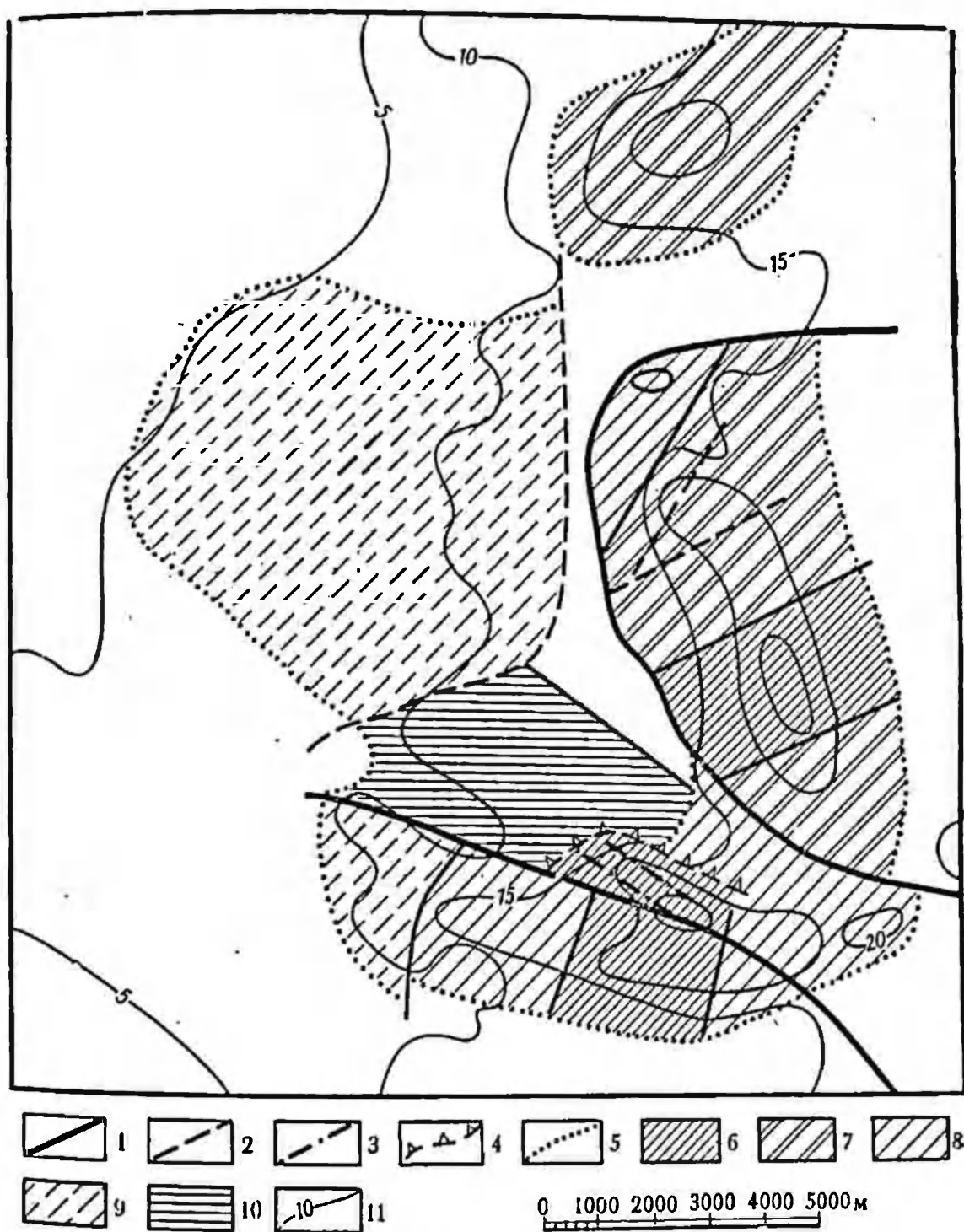


Рис. 74. Фрагмент карты морфоструктур (Л. Б. Аристархова, И. Г. Авенарнус, Т. С. Андреева):

Линейные элементы по разрывным нарушениям: 1 — активным; 2 — умеренно активным; 3 — практически неактивным; 4 — линейные элементы предположительно соответствующие новейшим флексурам; 5 — границы активной локальной морфоструктуры и ее отдельных элементов. Элементы морфоструктуры, испытывавшие в четвертичное время поднятия и опускания; 6 — весьма активное; 7 — активное; 8 — умеренно активное; 9 — слабоактивное; 10 — активное опускание; 11 — морфоизогилсы (через 5 м)

наличии дополнительных данных (геологических, геофизических, гидрогеологических, геохимических и др.), важных для прогноза собственно нефтегазовых залежей, желательного составлять прогнозную геоморфологическую карту, на которой структурные формы, выявленные при геоморфологическом картографировании, должны быть оценены не только по степени достоверности, но и по перспективам присутствия в них нефти и газа.

Специальная геоморфологическая карта, составляемая при поисках нефти и газа, отличается от обычной геоморфологической карты выбором легенды, обеспечивающей максимальную общую структурно-геоморфологическую информативность карты, и изображением на ней структурных форм, выявленных по геоморфологическим признакам и охарактеризованных по достоверности, типу, а иногда и новейшей тектонической активности. Часто такие специальные геоморфологические карты называют *структурно-геоморфологическими* (Якушова и др. 1962, Чистяков, 1970).

Высокая структурно-геоморфологическая информативность геоморфологической карты обеспечивается тремя путями. Во-первых, максимально возможной (в данном масштабе) полнотой показа фактических данных о прямых и косвенных связях рельефа с элементами активной и пассивной тектоники и препарировки структурных форм. Таковы всевозможные литогенные формы рельефа (гряды, уступы, понижения и др.); участки аномального сужения долины водостоков или углубления вреза русла; экстремальные значения высоты и крутизны уступов разного генезиса; участки повышенной активности современных процессов денудации и аккумуляции; следы перестроек речных систем; различные линейные элементы рельефа и т. д.

Во-вторых, способом изображения общего историко-морфогенетического фона. Наибольшей структурно-геоморфологической информативностью обладают карты, на которых главное изобразительное средство — цвет, отдален генетическим показателям рельефа, а оттенками цвета показаны основные морфологические характеристики (см. главу VI).

В-третьих, кроме геоморфологической необходима, как указывалось выше, и карта структурных форм (рис. 74).

Содержание неотектонической карты, во всяком случае для равнины, могут составлять изолинии, отражающие прямо или косвенно амплитуду относительных новейших тектонических движений, а также разрывные нарушения и контуры локальных структурных форм разных порядков с подразделением их по степени новейшей тектонической активности. На такой карте структурные формы, выраженные в рельефе, но не активные в новейшее время (литоморфные), не показываются.

На карте сопоставления древних и новейших структурных форм показываются выявленные по геоморфологическим данным структурные формы, подразделенные по типу и степени их унаследованности от структурных форм более древних структурно-литологических комплексов платформенного чехла, представляющих интерес

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ ПРИ ПОИСКАХ БОКСИТОВ

Геоморфологические карты в целях поисков бокситов целесообразно составлять для территорий, которые признаны перспективными по геологическим данным и данным регионального морфоструктурного анализа. Основными задачами структурно-геоморфологических исследований являются: выделение неотектонических структурных форм, контролирующих (при прочих благоприятных геологических условиях) локализацию и сохранность бокситоносных отложений; изучение направленности и интенсивности тектонических движений этих форм, истории развития рельефа; выявление связи современного рельефа с древним. Последнее необходимо, так как именно с формами палеорельефа и связаны в той или иной мере месторождения бокситов различных типов.

Важной основой оценки перспективности территорий является типизация месторождений бокситов. Существует ряд их классификаций, основанных на различных принципах — генетических, тектонических, морфологических и др. С изложенных выше позиций представляется наиболее важной классификация, разработанная С. Л. Спирным на генетическо-морфологических принципах.

В настоящее время большинство исследователей считают, что почти все известные месторождения и рудопроявления бокситов сформированы в результате латеритного выветривания алюмосиликатных малокварцевых пород. В одних случаях латеритная кора выветривания сохранилась до настоящего времени и бокситы, непосредственно связанные с ней, представляют группу латеритных бокситов *in situ* (большинство месторождений Африки, Австралии, в СССР — Курской магнитной аномалии и единичные рудопроявления в Западном Казахстане). В других — в результате размыва и переотложения продуктов латеритной коры происходило формирование осадочных месторождений бокситов, типы которых следует выделять по характеру подрудного рельефа, определяющего распространение и формы рудных тел и условия их залегания (С. Л. Спирн).

На территории СССР выявлены бокситоносные отложения различного возраста (от венда до эоцена). Месторождения мезо-кайнозойского возраста наиболее распространены в Восточной Сибири и Казахстане, хорошо изучены, поэтому на их примере и рассмотрена методика геоморфологического картирования при поисках и оценке сохранности месторождений бокситов.

По геолого-структурному положению они образуют несколько типов: 1) карстово-воронковый; 2) карстово-полевой; 3) карстово-долинный; 4) котловинный; 5) карстово-котловинный и 6) склоновый, или долинный. Три из шести типов как бы отражают стадии развития карста, образование которого тесно связано с разрывными нарушениями. К разломам приурочена и максимальная мощность бокситоносных отложений. Сохранность перечислен-

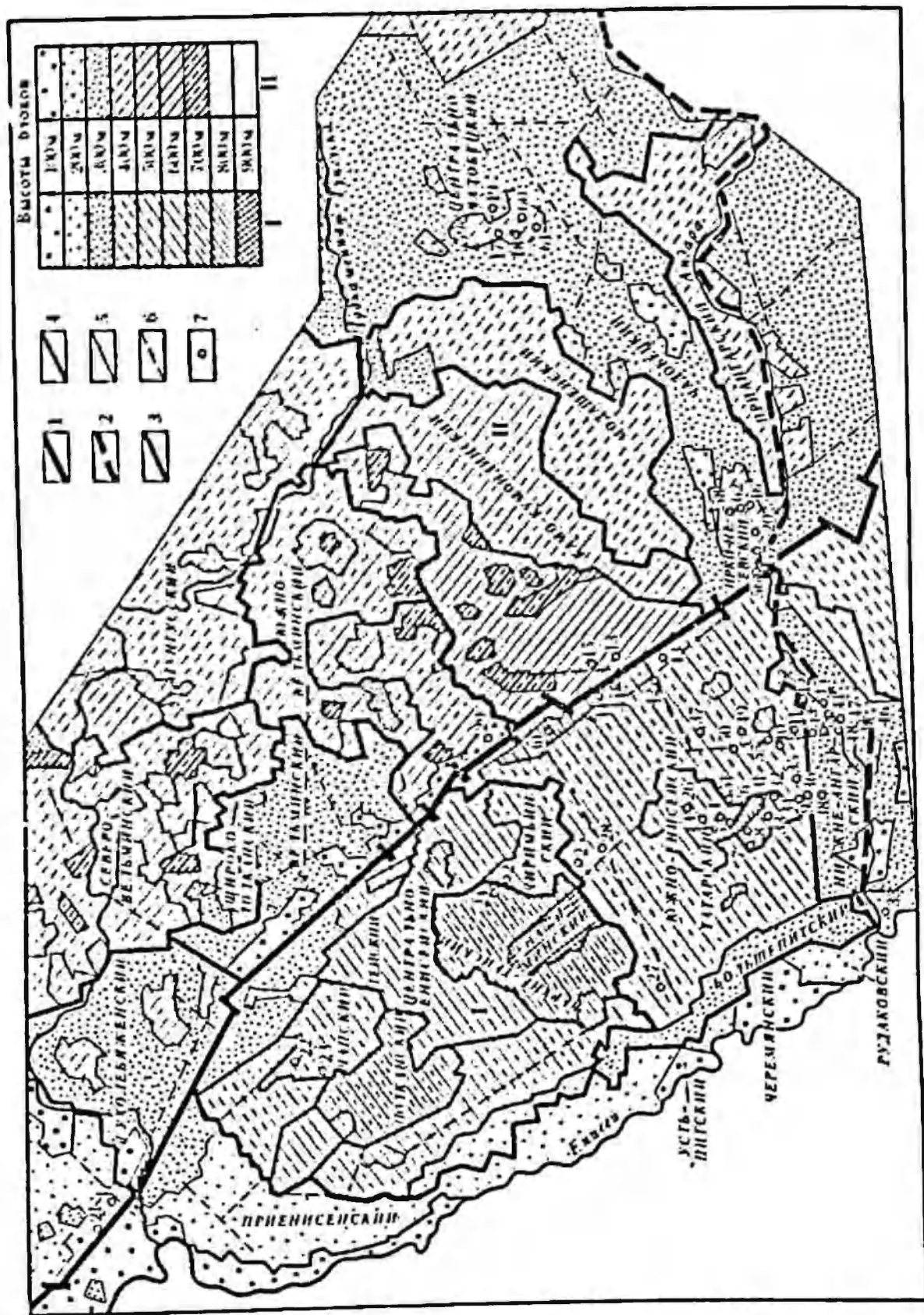


Рис. 75. Схематическая карта блоковых структурных форм юго-западной части Сибирской платформы (Ш. И. Орлова): Блоки первого порядка: 1 — Енисейский, 11 — Сибирский; 1 — региональный разлом; 3 — разломы второго порядка (блокоразделы того же порядка); 4 — разломы третьего порядка (блокоразделы того же порядка); 5 — разломы и разрывные нарушения, разделяющие блоки четвертого и более низших порядков; 6 — внутриблоковые разрывные нарушения; 7 — участки интенсивного проявления карста

ных типов месторождений зависит от их приуроченности к блоковым структурным формам разного порядка, характеризующихся различным знаком и интенсивностью неотектонических движений.

Основной способ выявления неотектонических структур — морфоструктурный анализ, основные приемы которого описаны в третьей части пособия. В основу методики, как уже ясно, должно быть положено представление о блоковом строении земной коры, о разломных ограничениях структурных форм и о связи долининой сети и ряда линейных элементов рельефа с разломами и разрывными нарушениями. В качестве примера остановимся на морфоструктурном анализе юго-западной части Сибирской платформы. Ее современный морфоструктурный план и распределение крупных элементов рельефа в значительной мере отражают характер древнего структурного плана. Начиная с мезозоя, древние структурные формы подверглись дифференцированным блоковым перемещениям, сопровождавшимся почти непрерывной денудацией. С верхнего мела процессам денудации подвергались и сформировавшиеся к тому времени бокситоносные отложения. Такая направленность тектонического развития продолжается и в новейшее время. Унаследованность неотектонических движений определила в известной мере степень размыва (и, соответственно, сохранности) бокситоносных отложений.

На карте блоковых структурных форм юго-западной части Сибирской платформы (рис. 75), составленной по изложенной выше методике, выявлена контролирующая роль глубинных разломов разного порядка в распространении основных структурных форм. На карте выделяются два крупных региональных блока первого порядка, разделенных серией кулисообразных разломов и соответствующих Енисейскому кряжу и участку собственно Сибирской платформы. В их пределах отчетливо выделяются блоки все более низших порядков, вплоть до пятого (для данной территории). Карта передает «восстановленный» тектонический рельеф, экзотическая переработка структурных форм не отражена на ней.

Влияние структур древнего складчатого фундамента проявилось в общей унаследованности современным рельефом Енисейского блока северо-западной ориентировки и кряжа в целом и отдельных его крупных блоков, особенно в западной (Приенисейский опущенный блок), центральной и северной частях (Центрально-енисейский блок). На южной Приангарской части Енисейского блока выделяются наложенные Нижнеангарский и Южноенисейский блоки второго порядка, ориентированные субширотно и секущие древние геологические структуры. Они сформированы в основном в неотектонический этап и связаны с субширотным глубинным Ангарским разломом. Рельеф Енисейского кряжа представляет низкие горы с частично омоложенной блоковой структурой.

Блок Сибирской платформы, часть которого выделена на карте, — возвышенная денудационная равнина на горизонтальных, моноклинальных и слабдеформированных пластах. Рельеф рав-

шины, сложный и разновысотный, отражает наложенную блоковую структуру.

Анализ выделенных на карте систем региональных блоковых структурных форм, разделенных на крупные блоки второго и более низших порядков, и сложная тектоническая расчлененность горстов и сводов-горстов (Центральноенисейский блок и др.) подтверждают дифференциальный характер вертикальных движений. Хорошо видны поднятые, опущенные и отстающие в поднятии блоки. Важным критерием выявления «отстающих» систем блоков является усиленная аккумуляция в долинах, их расширениях и во впадинах. Как видно на карте, такие системы могут в целом представлять опущенные блоки, а в их пределах по зонам разрывных нарушений, особенно на пересечении последних, образуются «наложенные» впадины (Привельминский, Среднетеринский блоки). В поднимающихся блоках выделяются отдельные высокоподнятые вершинно-горсты (Широкополканский и др.).

Таким образом, карта разновысотных блоковых структурных форм отражает в обобщенном виде особенности современного рельефа региона и элементы истории развития рельефа за неотектонический этап. Сравнение выделенных блоков с геологической картой показывает, что крупные региональные блоки различаются по геологическому строению, высотам, преобладающим простираниям разрывных нарушений и подчиненных блоков (северо-западному в Енисейском блоке и северо-восточному — в Сибирском). Нанесение на эту карту рудопоявлений бокситов позволяет установить их связь с блоками определенных размеров и знаков движений и дать оценку сохранности и перспектив поисков различных типов бокситоносных отложений (что было бы весьма затруднительно без этой карты).

Рассмотрим закономерности локализации карстовых рудопоявлений бокситов в условиях локального новейшего Чадобецкого поднятия (Центральночадобецкий блок, см. рис. 75). Поднятие показано на геоморфологической карте (карта 4) и карте структурных форм (рис. 76). В центральной части поднятия выявляется серия концентрических кольцевых структур несимметричного строения. Центральная часть Чадобецкого поднятия оконтурена кольцом долины, по отношению к которым можно выделить внутреннее «кольцо» и внешнее. Для внешнего кольца характерно центростремительное расположение речных долин, для внутреннего (в целом) — центробежное. Этот структурный план отражает тектоническое строение поднятия, сходное с магматическими кольцевыми структурами Алданского щита, Алтая и ряда других районов. Возможно, что и здесь деление поднятия на кольца разных порядков связано с дифференциацией скрытых магматических очагов. Малые кольца фиксируют центры усиленной магматической деятельности и повышенной раздробленности. Концентрические многокольцевые структуры могут указывать на ярусные системы магматических очагов на пересечении глубинных разломов (с пересечениями разломов могут быть связаны глубокие тектониче-

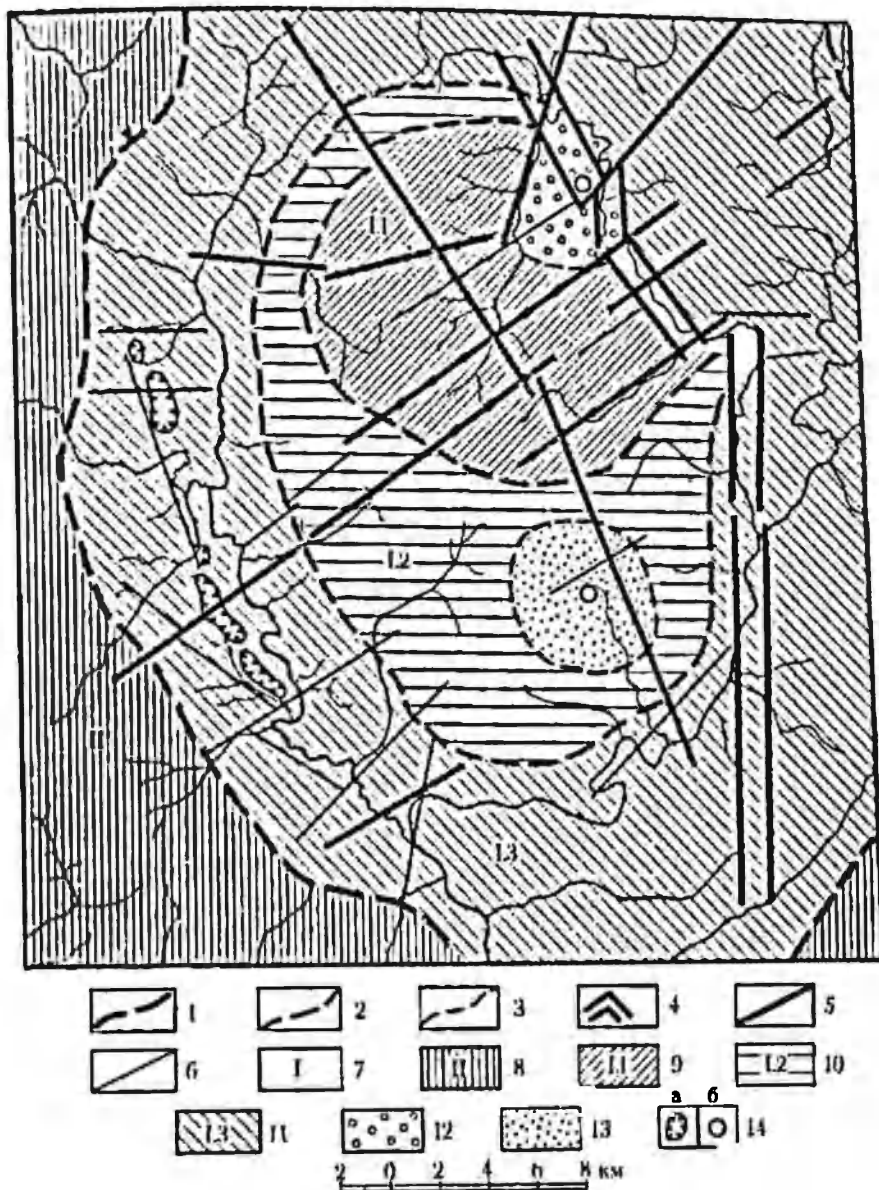


Рис. 76. Схема блоковых структурных форм центральной части Чадобецкого поднятия (Н. П. Орлова, Г. А. Лучина):

Границы: 1 — границы между боковыми структурными формами первого порядка; 2 — между структурными формами второго порядка; 3 — между структурными формами третьего порядка (порядки структурных форм даны только для данного региона); 4–6 — разломы и разрывные нарушения разного порядка; структурные формы первого порядка: 7 — центральная часть Чадобецкого поднятия; 8 — трапецовидное плато; структурные формы второго порядка: 9 — малое внутреннее кольцо — относительно поднятый блок; 10 — кольцевая зона основных поднятий; 11 — кольцевая зона придолинных понижений; структурные формы третьего порядка: 12 — Среднетеринская впадина; 13 — Чуктуконская впадина; 14 — рудопроявления бокситов (а — карстового типа, б — котловинного типа)

ские впадины, например Среднетеринская и Чуктуконская. наложенные впадины, рис. 76).

В распространении элементов рельефа описываемого поднятия заметна связь с литолого-стратиграфическими комплексами, но ведущая роль принадлежит тектонике и магматизму, обусловившим концентрическое залегание пород, глубину эрозионного среза, приуроченность карстовых форм к разрывным нарушениям и т. д.

Широкое распространение карстовых форм и связанных с ними рудопроявлений бокситов характерно для зоны распространения нижнекембрийских карбонатных отложений и пространственно связано с внешним кольцом. В современном рельефе эти карстовые формы четко дешифрируются на аэрофотоснимках в виде обширных пологих понижений, осложненных более молодыми карстовыми формами. Относительно хорошая сохранность рудопроявлений объясняется слабым воздыманием внешнего кольца в неотектонический этап.

Как пример *карстово-котловинного* типа рудопроявления можно привести рудопроявление центральной части поднятия. (Среднетеринский блок).

В современном рельефе центральная часть Среднетеринского блока представляет пологосклонную впадину, выраженную прежде всего расширенным участком долины р. Теринь. На нем отсутствуют террасы; пойма низкая, заболоченная, русло сильно меандрирует, много старичных озер. Детальное дешифрирование аэрофотоснимков и анализ топокарт позволяют выделить систему разломов субмеридионального и северо-восточного, а также субширотного простирання. Долины восточных рек четко следуют системе разломов в целом субмеридионального направления. Они намечают осевой разлом поднятия, смещенный к восточной периферии внешнего кольца.

Большинство выделяемых прямолинейных участков нарушений оперяют осевой разлом; нередко их можно проследить лишь в пределах одного из двух колец структурной формы. Судя по общему плану, все разломы омоложены в пределах поднятия, где и выделяются наиболее четко. Относительно хорошая сохранность бокситоносных отложений в описываемой карстово-тектонической впадине объясняется опусканием отдельных блоков с наложенным карстообразованием и последующим его неоднократным возобновлением. Мощность рыхлых отложений, включающих бокситоносные, во впадине более 500 м.

В целом рельеф Центральнотеринского блока частично унаследован с мезозоя. Современные долины явно следуют тем структурным чертам (кольцевые структурные разломы), которые определили положение и локализацию карстовых и карстово-тектонических впадин; речная сеть — возобновленная, проработавшая вновь систему разломов и разрывных нарушений.

Все известные проявления бокситоносности описываемого поднятия приурочены к зонам омоложенных разломов и их пересечений, а пологие отпрепарированные гряды и массивы со склонами до 3° располагаются на относительно спокойных в тектоническом отношении участках как во внутреннем, так и во внешних больших кольцах. Установлено, что карстово-тектонические впадины развиваются исключительно в местах пересечения глубинных разломов с оперяющими. Следовательно, морфоструктурный анализ для выявления новых впадин также необходим. Эти впадины рассматриваются при поисках осадочных месторождений бокситов как наи-

более перспективные морфоструктуры с переотложенными продуктами латеритных кор выветривания.

Другие рудопроявления *карстового типа* (карстово-воронковые и др.), приуроченные к сводовым частям поднятий (например, поднятому Приангарскому субширотному блоку, см. рис. 75), более предрасположены к разрушению благодаря интенсивной денудации, чем на описанном выше поднятии, где они приурочены к опущенному блоку. На западном продолжении тектонических прогибов, осложняющих поднятия юго-западной части Сибирской платформы, в пределах которых формируются долины крупных рек (Ангара, Большого Пята и др.), также резко уменьшается вероятность сохранности бокситоносных отложений. То же характерно для Южноенисейского блока и интенсивно поднятого Центральноенисейского (блоки второго порядка), особенно для осложняющих его блоков третьего порядка — Полканского и Енашиминского, поднятых на 200—300 м больше соседних и поэтому более денудированных. Последнее отрицательно сказалось на сохранности рудопроявлений в их пределах.

Интересно, что относительно хорошей сохранностью отличаются рудопроявления, приуроченные к поднятому Татарскому блоку третьего порядка. Это связано, вероятно, с первоначальной значительной глубиной и продолжительностью карстообразования, а также с тем, что участки бокситоносного карста защищены от проникновения регрессивной эрозии отпрепарированными грядками, сложенными более стойкими породами.

В большей части районов Сибирской платформы разрушение бокситоносных отложений связано с локальными блоковыми подвижками. Так, поднятия в раннем и среднем плейстоцене на Иркинцевском блоке сыграли решающую роль в разрушении ряда бокситопроявлений. Для Иркинцевского блока характерна большая тектоническая активность в неотектонический этап, чем прилегающим крупным относительно стабильным блокам Сибирской платформы — Чадобецкому, Модашенскому и другим блокам второго порядка. Подобные оценки показывают, что выявление и изучение поднятий даже малой амплитуды в пределах благоприятных для бокситонакопления территорий необходимо для оценки степени сохранности еще не найденных, предполагаемых бокситопроявлений.

Локальные блоковые подвижки, накладываясь на крупные региональные поднятия, могли увеличивать и без того большие амплитуды этих поднятий. А это вызывало усиление денудационного среза. При достаточно интенсивных общих поднятиях маломощные бокситоносные отложения вряд ли могут сохраняться и в относительно опущенных локальных блоках. Изучение подобных морфоструктурных условий карстовых месторождений позволяет прийти к выводу об их малой общей перспективности на поднятиях платформы.

Рудопроявления *котловинного типа* приурочены к юго-западной части Сибирской платформы, к очень пологим впадинам (пер-

вичным неровностям поверхности трапповых тел) на склонах относительно слабо поднятых блоков четвертого порядка. Эти месторождения подвергались значительной денудации в средневерхнеплейстоценовое время. Процессами конгелюляции и плоскостного смыва с междуречий была полностью удалена кора выветривания. Такой тип рудопроявлений также не является перспективным.

Рассмотрим далее пример локализации бокситоносных отложений Западного Казахстана, представляющего равнину на складчатом основании с отдельными невысокими блоковыми массивами и грядами. Там известны рудопроявления бокситов карстовых типов, склонового, а также единичные рудопроявления латеритного (Новобурановское) и латеритно-осадочного типа (Кредиковское, Восточно-Кызылсайское). Большинство их приурочено к сводовым блоковым поднятиям, которые характеризуются некоторой активизацией неотектонических движений и существенной экзогенной моделировкой. Указанные рудопроявления или обнажены, или перекрыты осадочными толщами верхнего мела — неогена. Рудопроявления сильно эродированы. В связи с тем, что масштаб рудопроявлений обусловлен их приуроченностью к современному рельефу, для оценки их сохранности и выявления закономерностей и локализации различных типов рудопроявлений также необходим морфоструктурный анализ. На его основе и построена карта блоковых структурных форм (см. рис. 16). Это наилучший путь установления приуроченности рудопроявлений к различным блоковым структурным формам.

На карте выделяются две крупные блоковые структурные формы первого порядка, соответствующие Уральской складчатой области и Русской платформе, разделяющиеся зоной глубинного разлома. В Уральском блоке выделяется пять крупных блоков второго порядка, которые в свою очередь ограничены региональными разломами низшего порядка и подразделяются на более мелкие блоки (вплоть до шестого). Интересно, что блоки-грабены третьего порядка, как правило, приурочены к омоложенным участкам древних субширотных разломов или зонам пересечения этих разломов с разломами основного Уральского направления (Уральский, Орь-Уральский и др.). Эти закономерности характерны для всех континентов.

В связи с тем, что в неотектонический этап даже такие устойчивые области погружения, как Орская впадина, на территории которой отмечаются рудопроявления, были частично вовлечены в общее поднятие региона, в настоящий момент там преобладает денудационный рельеф (кроме отдельных участков аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений).

Для выяснения закономерностей размещения рудопроявлений бокситов необходимо составление нескольких геоморфологических карт разного, в том числе и крупного, масштаба. Это позволит наиболее детально рассмотреть интересные рудопроявления (см. рис. 50). Аналоги этих рудопроявлений на Сибирской платформе

отсутствуют. Установлено, что одно из них расположено на границе двух блоковых структурных форм третьего порядка — воздымающегося Катынадырского блока и слабо погружающегося Орского грабена. Наиболее благоприятными для формирования и сохранности месторождений латеритно-осадочных месторождений являются блоки, относительно слабо поднятые — промежуточные между поднимающимися и опускающимися блоками, образующие участки так называемого «вложенного» рельефа, где формируется мозаика сближенных по уровням и вложенных друг в друга форм рельефа и рыхлых отложений разного возраста. Примером подобного «вложенного» рельефа и является район Кредиковского рудопроявления.

Латеритное рудопроявление надконтактового типа приурочено к относительно высокоподнятому Кимперсайскому блоку (см. рис. 16), характеризующемуся на протяжении неотектонического этапа стабильностью и значительной «приподнятостью». Это обусловило проявление процессов абразии только по периферии блока. Эрозионно-денудационные процессы были ослаблены вследствие относительной стабильности блока, что и способствовало сохранности бокситоносных отложений в его пределах.

Оценивая в целом связь месторождений и бокситопроявлений с блоковыми структурными формами и историей развития рельефа, можно сделать ряд выводов:

1. Так как глубина залегания бокситоносных отложений и на Сибирской платформе и в Западном Казахстане, как правило, нигде не превышает 250 м, ясно, что небольшие по мощности бокситопроявления могли сохраниться лишь благодаря неравномерному проявлению денудационных процессов в местах относительно слабого тектонического воздымания, т. е. на относительно опущенных (слабопогруженных) или отстающих в поднятии блоках.

2. Месторождения котловинного типа, вероятно, были широко распространены на Сибирской платформе, однако вследствие незначительной мощности бокситоносных отложений, формирующихся во впадинах на алюмосиликатных породах, большая их часть была уничтожена денудацией. В благоприятных условиях, связанных с «колеблющимися» блоками, где формировался «вложенный» рельеф, сохранились небольшие залежи бокситов этого типа. В Западном Казахстане своего рода аналогами сибирских котловинных месторождений являются месторождения склонового типа, которые сохранились лишь в приразломных зонах (в зонах блокоразделов) и локализуются, как правило, на современных склонах относительно слабо поднятых или отстающих в поднятии блоков.

3. Почти все месторождения карстового типа как на Сибирской платформе, так и в Западном Казахстане приурочены к приразломным зонам, ограничивающим блоки, или внутриблоковым разломам (см. рис. 16, 75). (Приуроченность бокситоносного карста к зонам разломов в Казахстане была выявлена ранее.)

4. Все типы бокситоносных отложений приурочены, как указы-

валось выше, к относительно опущенным или относительно слабо поднятым блокам, в пределах которых характерно тяготение бокситоносных отложений к склонам поднятий или впадин. Интересно, что если почти все карстовые месторождения Сибирской платформы приурочены к относительно поднятым блокам, то для месторождений этого типа в Казахстане характерна приуроченность к слабо погруженным блокам.

Б. Бокситоносные отложения распространены на сравнительно слабо расчлененных участках определенного гипсометрического уровня. Почти все месторождения сосредоточены в интервале 260—520 (Сибирская платформа) и 230—100 м (Западный Казахстан).

Б. В современном рельефе бокситоносные отложения занимают, как правило, ложбинообразные и блюдцеобразные понижения, часто заболоченные, что имеет значение поискового признака (особенно для Казахстана).

Таким образом, морфоструктурный анализ является важным приемом для целей прогнозирования и выделения перспективных на бокситы морфоструктур.

Картирование блоковых структурных форм позволяет выявить основные геоморфологические закономерности размещения и локализации бокситоносных отложений. Анализ неотектонических движений отдельных блоков дает возможность установить общие условия сохранности месторождений и степень денудационного среза. Все это позволяет наметить участки, наиболее перспективные для поисков.

Глава XIX

КРУННОМАСШТАБНОЕ СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ ШЕЛЬФА ДЛЯ ПОИСКОВ НЕФТИ

Основная задача структурно-геоморфологического картирования прибрежной части шельфа — выявление тех форм рельефа, образование которых предопределено особенностями геологического строения. Такие работы обычно преследуют практические задачи и ведутся для инженерно-технических целей, при поисках перспективных нефтегазоносных структур и россыпных месторождений в береговой зоне. Наиболее разработанной к настоящему времени является методика структурно-геоморфологического картирования для нефтепоисковых целей.

Постановка таких работ целесообразна в тех районах, где на дне выходят обнаженные коренные породы или коренной рельеф погребен под маломощной толщей молодых осадков. В обоих случаях донный рельеф в той или иной степени отражает геологическое строение. Сопоставление аккумулятивных форм рельефа, образованных в результате погребения под слоем наносов неровностей коренного рельефа, с рельефом, современный облик которого сформирован действием процессов денудации и абразии, не пред-

ставляет сложности, если участки аккумуляции соседствуют с участками хорошо обнаженного дна. Тогда возможно непосредственно проследить переход абразионно-денудационных форм коренного рельефа в аккумулятивные и связать некоторые аккумулятивные формы рельефа с особенностями геологического строения.

На участках преимущественной абразии и незначительной мощности рыхлых отложений в зависимости от задач исследований могут проводиться как мелкомасштабные, так и крупномасштабные работы. В областях значительной аккумуляции оправдываются (как и на суше) лишь средние- и мелкомасштабные съемки, в результате которых удастся выявить крупные черты тектонического строения.

Полевые работы при структурно-геоморфологических исследованиях прибрежной части шельфа сводятся в основном к выполнению «морских разрезов» и их геодезическому обеспечению. Морскими разрезами в геоморфологических исследованиях на море называют рабочие маршруты или галсы судна, на котором производится весь необходимый комплекс наблюдений (см. ниже).

Геодезическое обеспечение морских разрезов заключается в подготовке на берегу сети опорных точек и в производстве угловых измерений с берега или с судна для определения местоположения морских разрезов и точек наблюдений — «морских станций», а также в контроле за строгим соблюдением заданного азимута при прокладке рабочего маршрута к морю.

На морском разрезе выполняется следующий комплекс работ: непрерывное профилирование рельефа дна эхолотом, отбор образцов донных грунтов пробоотборниками и дночерпателями, водолазные погружения, во время которых водолазы отбирают образцы, замеряют залегания коренных пород, описывают обнаруженные на дне формы рельефа. Для подготовки на берегу опорных точек проводится сгущение существующей или создание собственной геодезической сети. Эти работы выполняются в соответствии с действующими инструкциями по производству геодезических работ.

Прокладка курсов морских разрезов осуществляется различными способами: по судовому компасу, по створным знакам, по направлению, указываемому с берега. Выбор способа прокладки зависит от расчлененности береговой линии, доступности берегов, типа судна, с которого производятся работы. Наиболее надежным и обеспечивающим достаточную точность при работах любого масштаба является способ прокладки по направлению, указываемому с берега.

С этой целью вдоль береговой линии разбивается теодолитный ход, закрепляемый через определенные промежутки (в зависимости от масштаба работ) реперами. Реперы служат начальными точками разрезов, если последние начинаются от берега, или конечными, если разрез делается с моря в сторону берега. На реперах выставляются теодолитные посты. На теодолите устанавливается угол, соответствующий направлению заданного азимута

морского разреза, и наблюдатель, непрерывно следящий в теодолит за судном, корректирует по рации его курс.

Обычно морские разрезы прокладываются по нормали в береговой линии. В некоторых случаях возможна также прокладка разрезов в виде системы радиальных линий, расходящихся из одной точки. Такой точкой могут быть естественные или специально выставляемые на берегу или в море ориентиры и створные знаки. При любом способе проложения действительной линией морского разреза считается линия, соединяющая точки, в которых производятся определения местоположения судна.

Определения местоположения морских станций и промежуточных для прокладки линий эхолотных профилей также выполняются различными способами: прямой, обратной и комбинированной засечками. При определении обратной засечкой с судна двумя секстантами одновременно измеряются два угла на береговые или морские ориентиры, при этом одна сторона двух измеряемых углов должна быть общей. Менее точным является определение по пеленгу при помощи судового пеленгатора. При определении комбинированной засечкой измеряются: на берегу теодолитом угол между береговым ориентиром и судном, и на судне — угол между теодолитным постом и опорным пунктом или угол между двумя хорошо видимыми опорными пунктами. Определение места прямой засечкой производится путем одновременных отсчетов с берега на судно двумя теодолитами, если разрез прокладывается по створным знакам, или тремя, если курс корректируется с берега с одного из теодолитных постов.

Для производства привязок обратной и комбинированной засечками на берегу должно быть достаточное количество опорных пунктов, хорошо видимых с моря. Однако не всегда на берегах имеются четкие ориентиры, могущие служить опорными пунктами, а их сооружение не всегда целесообразно. Поэтому наиболее применимым является способ привязки прямой засечкой в комплексе с прокладкой курса по направлению, указываемому с берега и контролируемому теодолитом.

В этом случае морской разрез и его геодезическое обеспечение выполняются следующим образом: на реперах выставляются три теодолитных поста. Один из наблюдателей является ведущим и выполняет коррекцию курса судна и засечки, два боковых наблюдателя выполняют только засечки. При переходе судна на другой разрез функции ведущего наблюдателя переходят к одному из боковых, а прежний ведущий становится боковым. Отсчеты тремя наблюдателями производятся одновременно по команде с судна, подаваемой по рации. При монотонном рельефе дна сигналы о взятии отсчетов подаются через более или менее равные промежутки времени. Станции при этом делаются на определенных глубинах — обычно 2, 5, 10, 12—13, 15, 20 м. При наличии на дне перегибов профиля для точного определения местоположения форму рельефа отсчеты выполняются чаще. Соответственно чаще делаются станции с отбором проб и подводным обследованием дна.

Засечки местоположения станций производятся после стабилизации положения судна. На станции отбираются пробы образцов, делаются водолазные погружения, измеряются глубины ручным лотом; для уточнения проводятся измерения эхолотом и вводятся соответствующие поправки.

Морские обследования в береговой зоне могут выполняться как на крупнотоннажных, так и на маломерных судах. Вопрос о применении тех или иных решается в зависимости от задач исследования и природных условий участка шельфа и прилегающего к нему побережья. Практически при любых обстоятельствах можно

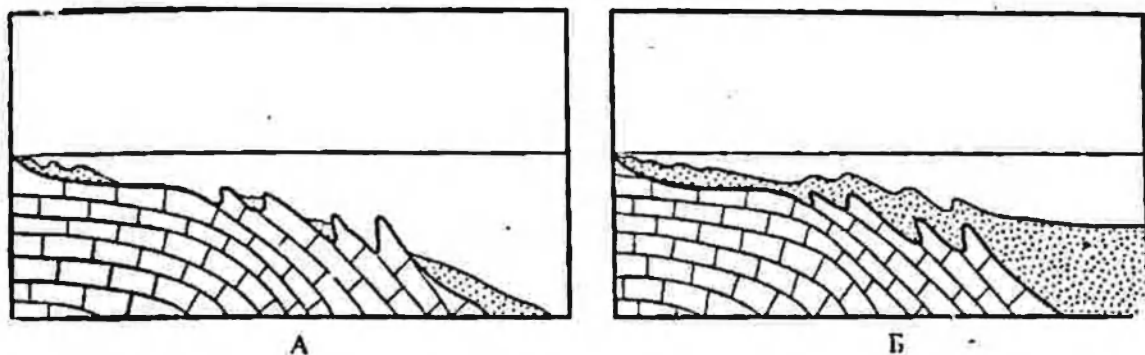


Рис. 77. Схематический профиль подводного склона с рядовым бенчем (А) и схематический профиль погребенного рядового бенча (Б)

выполнять морскую часть разреза на судне, а прибрежную — на шлюпке, спускаемой с судна. Базирование на судно целесообразно в тех случаях, когда исследуемые участки шельфа окаймлены малообжитыми труднодоступными побережьями, а также если в работе используется громоздкое и тяжелое оборудование (вибротрубки, геолокаторы, сонары, радиодальномеры).

Если побережье хорошо обжито, но на нем отсутствуют удобные для заходов крупных судов порты и устья рек или они расположены на больших расстояниях друг от друга, применяются маломерные суда. Маломерные катера и шлюпки незаменимы при проведении работ на акваториях, изобилующих подводными опасностями, и в пределах непосредственно прилегающей к берегу части шельфа. На маломерных судах используется малогабаритное оборудование: эхолоты, портативные рации, акваланги, малые дночерпатели.

Легкость и малогабаритность оборудования дает возможность оперативно перемещать базу отряда по мере завершения работ на том или ином участке и лучше использовать погодные условия.

Итог работы — структурно-геоморфологическая карта, составляемая на батиметрической основе. При мелкомасштабных или обзорных работах в качестве батиметрической основы могут служить морские карты и гидрографические планшеты. Однако их содержание не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к нагрузке батиметрической основы для детальных структурно-геоморфологических исследований. Основной задачей промерных работ является выявление навигационных опасностей.

Глубины на морские карты выносятся через определенные промежутки (а не по геоморфологической ситуации), а изобаты (особенно в прибрежной зоне) даются разреженно, в силу чего мелкие детали рельефа, часто весьма существенные для геолого-геоморфологических целей, но не относящиеся к категории навигационных опасностей, на этих картах не находят отражения. Поэтому крупномасштабные структурно-геоморфологические исследования обязательно сопровождаются промерными работами, на основе которых и строится батиметрическая основа. Промер делается одновременно со всем комплексом работ, выполняемых на морском разрезе.

Для составления батиметрической основы используются сведения по геолого-геоморфологическому строению исследуемой акватории и прилегающей суши, закономерности динамики подводного склона и данные по истории развития рельефа. Все эти сведения учитываются для уточнения рисовки изобат.

Методика рисовки изобат, по существу, представляет собой прибрежный вариант методики геоморфологической интерполяции, успешно применяемой при геоморфологических работах в открытом море.

Конечной целью структурно-геоморфологического картирования является изображение на карте различных генетических категорий рельефа, особенно тех, которые прямо или косвенно отражают тектоническое строение акватории. В рамках крупномасштабных структурно-геоморфологических исследований для нефтегазописковых целей возможности изложенной методики позволяют: 1) выявить на дне признаки локальных положительных структур и разрывных нарушений, 2) установить закономерности сочленения структурных форм друг с другом. Возможно решение и более частных вопросов, например, получить характеристику самих структурных форм: выявить амплитуду вертикальных и горизонтальных undulating шарнира антиклинальных складок, их форму и размер; оценить скорости поднятий.

Рельеф дна шельфа наиболее четко отражает особенности геологического строения в тектонически активных областях: где значительны скорости роста локальных положительных структурных форм, процессы абразии преобладают над аккумуляцией, где характерно погружение отрицательных структурных форм — впадин, может преобладать аккумуляция. Иногда это выражается в особом типе дельт. Для донного абразионного рельефа в этих областях характерны различные типы структурно обусловленных бенчей с формами выработанного рельефа.

Так, при достаточно большом падении коренных пород (от 10° и выше) и чередовании в разной степени податливых абразии литологических разностей формируются грядовые бенчи (рис. 77, А). Гряды имеют асимметричный профиль (более пологий склон — по падению пород) и разделены продольными ложбинами на месте выходов легко размываемых пород. Такие бенчи обычно соответствуют крыльям срезанных абразией складок. Если бенч вытянут в од-

ном направлении и сравнительно узок, то есть основание считать, что он соответствует приразломной зоне.

Менее резко выраженные грядовые бенчи могут оказаться погребенными под маломощной толщей донных наносов. Погребенные гряды будут внешне выглядеть как подводные аккумулятивные формы. Такие гряды называют «грядами облекания», а бенч, состоящий из них и разделяющих их понижений, — *погребенным грядовым бенчем* (рис. 77, Б).

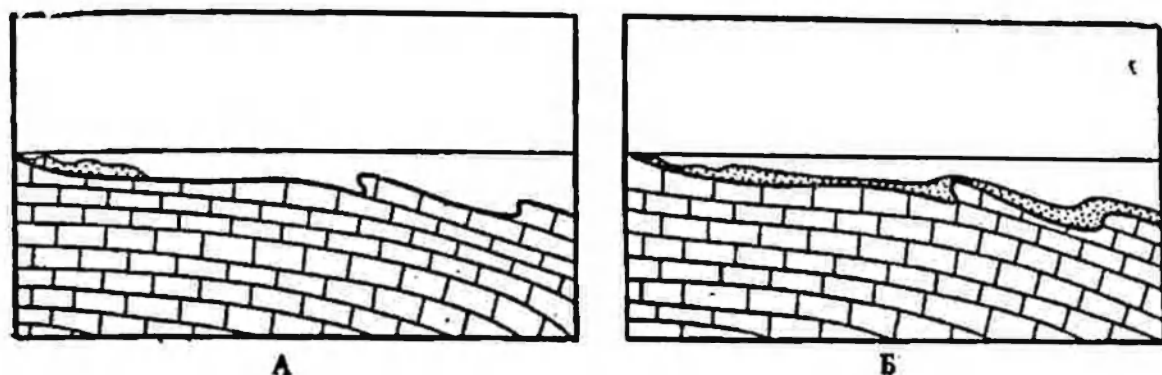


Рис. 78. Схематический профиль ступенчатого бенча (А) и схематический профиль погребенного ступенчатого бенча (Б)

При пологом ($7-5^\circ$ и менее) залегании пород стойкие пласты препарируются в виде широких ступеней, разделенных четкими, хотя и невысокими уступами. Такие поверхности называют *ступенчатыми бенчами* (рис. 78, А). Они могут быть приурочены к сводам широких антиклинальных и брахантиклинальных структурных форм, к поднятым блокам, к участкам типа «структурных террас» как в пределах геосинклинальных, так и платформенных структур. При плащеобразном погребении ступенчатого бенча ступени могут в смягченном виде вырисовываться и в рельефе рыхлого покрова. Такой тип бенча называется *погребенным ступенчатым* (рис. 78, Б).

В зависимости от залегания пород, их литологического состава, степени разрушения их выходов могут формироваться также *глыбовые* и *выровненные* бенчи.

Некоторые крупные аккумулятивные формы рельефа также могут рассматриваться в качестве критерия для выявления положительных структурных форм, не выраженных непосредственно в рельефе дна. К ним относятся береговые и островные бары, образующиеся в результате перемещения наносов с подводного склона в направлении к берегу. Их выявление ведется путем мелкомасштабных или обзорных работ. Бары довольно часто бывают приурочены к сводам растущих поднятий.

Крупномасштабное специальное геоморфологическое картирование и выделение различных форм рельефа позволяет выявить положительные структурные формы, а также зоны разломов, а это дает возможность целенаправленно планировать геофизические и буровые работы на перспективных в нефтегазоносном отношении площадях.

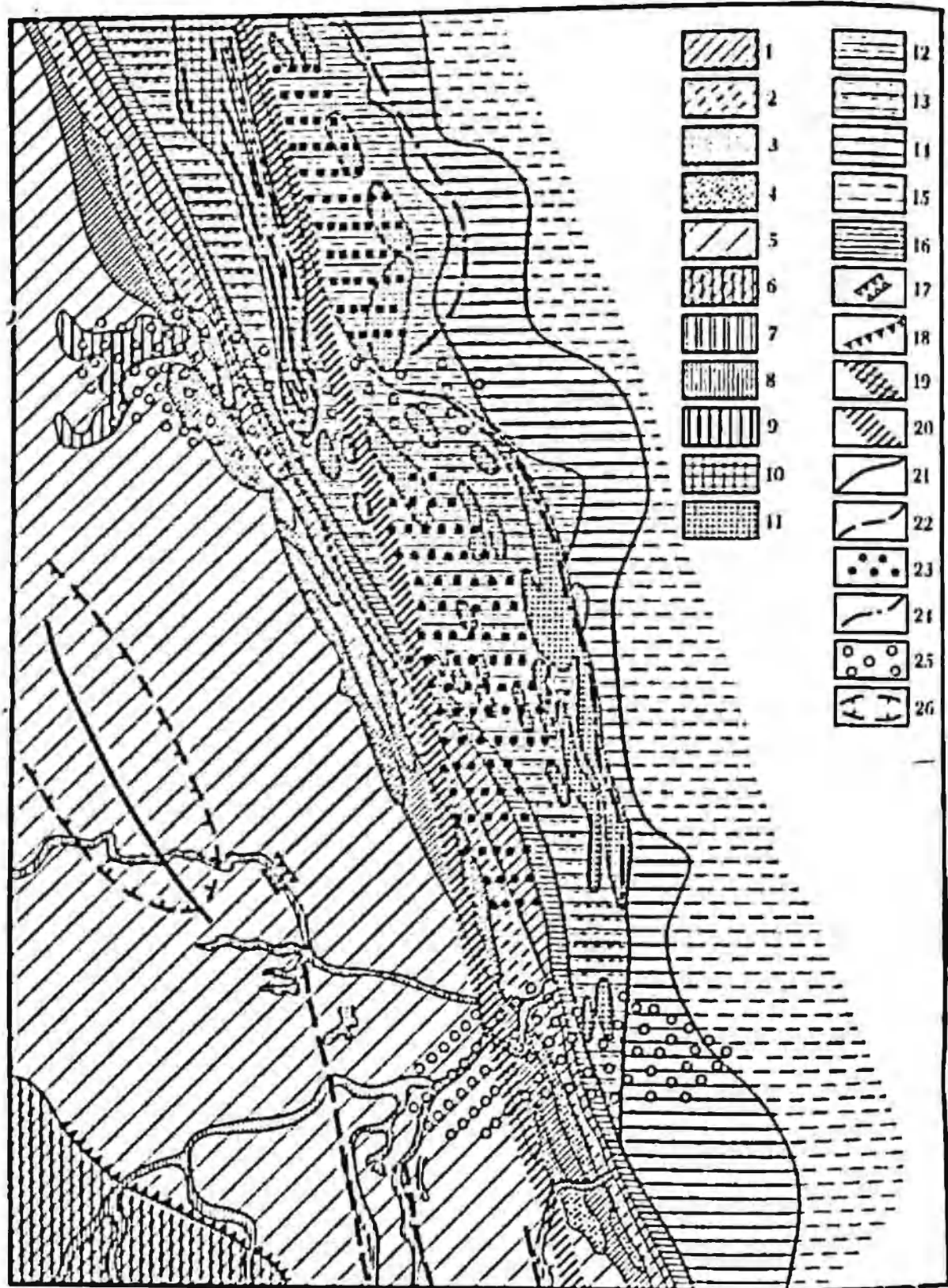


Рис. 79. Структурно-геоморфологическая карта участка шельфа и прилегающей к нему суши (О. К. Леонтьев, А. Н. Варушенко, В. С. Мякокин, В. А. Мусатов, Г. Д. Соловьева):

Рельеф прибрежной части суши: 1 — пляж и полоса новейшей береговой аккумуляции; 2, 3 — верхнечетвертичные аккумулятивные террасы; 4 — днища бывших лагун и крупных межваловых понижений верхнечетвертичного времени; 5 — абразионно-аккумулятивная верхнечетвертичная морская равнина; 6 — верхнечетвертичная абразионная равнина; 7 — участки долины постоянных водотоков; 8 — временных водотоков; 9 — отмершее русло реки; рельеф подводного берегового склона: 10 — абразионно-денудационные известковые гряды; 11 — гря-

Геоморфологическое картирование облегчается, если имеются аэрофотоснимки дна. На снимках получают фотоизображения дна до глубин 10—20 м. При наличии аэроснимков морского дна густота сети разрезов может быть разрежена, и морские разрезы приобретают значение дешифровочных маршрутов. Космические снимки дают возможность дешифровать и глубоководные участки шельфа.

Структурно-геоморфологическое картирование должно сопровождаться полным сбором данных по рельефу и геологическому строению прилегающей суши (с использованием данных бурения и геофизики).

Содержание легенды геоморфологической карты, составляемой по материалам крупномасштабной морской структурно-геоморфологической съемки, вытекает из прикладного назначения этих работ. Легенда в той ее части, которая касается рельефа дна, состоит из обозначений типов подводного рельефа с подразделением их по возрасту, по степени переработки абразией или по характеру позднейшего осадконакопления, по интенсивности современного волнового воздействия. Типы подводного рельефа обычно изображаются фоновой цветовой раскраской. Нанесение этих обозначений на карту, хотя и с разной степенью достоверности, позволяет оконтурить структурные элементы и наметить основные зоны разрывной тектоники. Далее на карте показываются значками или штриховыми обозначениями более мелкие формы и элементы рельефа, среди которых особенное внимание уделяется прямо или косвенно связанным с особенностями структуры и литологии коренного ложа прибрежной зоны шельфа. К ним относятся тектонически предопределенные и подчеркнутые абразией клифы — современные и затопленные (древние), различные грядовые формы рельефа, ложбины, глыбовые развалы и др. Грядовые формы коренного рельефа часто служат причиной образования специфических аккумулятивных форм в береговой зоне, которые также находят свое отображение на карте.

Кроме того, на карте должны найти отражение формы рельефа, связанные с влиянием прилегающей суши, русла подтопленных рек, авандельты и др. Все эти данные, нанесенные на карту, позволяют уточнить господствующие простирания коренных пород, а следовательно, и структурный план верхнего этажа осадочного чехла.

ды и валы, образованные погребением неровностей коренного рельефа; 12 — абразивно-аккумулятивная выровненная террасовидная поверхность; 13 — поверхность интенсивной аккумуляции ракушечного материала, обусловленного блокировкой грядами; 14 — поверхность нормальной волновой аккумуляции песка и ракушки; 15 — наклонная равнина подножья подводного берегового склона; зона волновой аккумуляции песчаного ила; 16 — рельеф прибрежных подводных валов и межваловых понижений; 17 — участки интенсивного врезания; 18 — уступ террасы; *структурно-геоморфологические обозначения*: 19 — региональный разлом, установленный по геоморфологическим данным; 20 — установленный по геоморфологическим данным; 21 — второстепенные разломы установленные; 22 — предполагаемые; 23 — контуры антиклинальных структур; 24 — свод предполагаемых антиклинальных структур; 25 — поперечные прогибы, выявленные по геоморфологическим и геологическим данным; 26 — поднятие по данным бурения

Третья часть легенды включает сведения о конкретных геологических наблюдениях, проведенных на суше и под водой (элементы залегания, линии и зоны разломов, наблюдаемые в обнажениях или на аэрофотоснимках), а также важнейшие данные, полученные при помощи геофизических методов разведки: различные геофизические (гравитационные, магнитные и электростатические) аномалии, зоны потери корреляции по условным отражающим горизонтам. Наносятся также буровые скважины, и по ним, если возможно, строятся стратонизогипсы. Резумирующей частью карты является выделение на основании всего комплекса признаков контуров локальных структурных форм и линий разрывных нарушений. В легенде они могут подразделяться по степени достоверности данных и по роли в рельефе.

В качестве примера исследований по описанной методике приведем некоторые результаты крупномасштабной геоморфологической съемки дна, проводившейся Лабораторией морской геоморфологии географического факультета МГУ:

1. Подтверждено существование крупного регионального разлома, осложняющего северо-восточный склон прибрежной антиклинальной зоны. Разлом четко прослеживается на подводном склоне по линейно вытянутым грядам миоценовых известняков и песчаников с аномально крутыми углами падения.

2. К северо-востоку от разлома, осложненного взбросо-надвигом, выявлены грядовые формы донного рельефа — гряды обложения. Эти структурно предопределенные образования вытянуты узкой полосой и в плане описывают две выпуклые в сторону моря дуги. Особенности плановых очертаний они обязаны погребенному под ними коренному рельефу и оконтуривают подвзбросовые сегменты двух брахиклиналей, известных на суше, своды которых расположены вблизи берега (рис. 79).

3. Севернее этих участков уточнено тектоническое строение крупного нефтегазонасного блока, наиболее продуктивная часть которого расположена в море. Ранее предполагалось, что этот блок состоит из двух изолированных складок. Структурно-геоморфологические исследования позволили установить, что блок состоит из двух блоков, прилегающих друг к другу по тектоническому шву и расположенных по отношению друг к другу кулисообразно. Поднятие со стороны моря ограничивается разломом, который имеет дугообразные очертания и выражен в рельефе резко асимметричными линейными грядами коренных пород с крутыми углами падения. Наиболее поднят южный блок поднятия, ранее считавшийся перспективным. Бурением, проведенным на этом морском поднятии уже после съемки, была доказана газонасыщенность этой структуры. Геологическая карта дает представление о сложном тектоническом строении этого блока.

В настоящее время, когда проблема выявления минеральных ресурсов шельфа приобретает все более актуальное значение, описанная методика может явиться важным средством выявления подводных продуктивных структурных форм в прибрежных районах

шельфов, примыкающих к крупным нефтегазоносным бассейнам суши.

Крупномасштабное геоморфологическое картирование прибрежной части шельфа может проводиться по описанной методике и при поисках россыпных месторождений, а также при решении некоторых гидротехнических задач.

Глава XX

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ ПРИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ

Требования к содержанию геоморфологических карт

Геоморфологический анализ и геоморфологическое картирование обычно входят в состав инженерно-геологических работ. Однако они могут иметь и самостоятельное значение. Круг вопросов, которые приходится решать геоморфологу при инженерной оценке местности, меняется в зависимости от типа инженерных сооружений, характера рельефа, а также стадии изысканий. Инженерная оценка направлена на выявление тех особенностей течения рельефообразующих процессов, которые могут оказать влияние на проектирование, строительство и эксплуатацию сооружений.

Рельеф в системе оценок местности может рассматриваться как фактор, оказывающий влияние на размещение сооружений. Большие уклоны служат естественным препятствием для строительства, прокладки дорог, размещения зданий, определяют потери полезных объемов сооружений. В большинстве случаев требуется подготовка местности для строительства, которая включает выравнивание территории, уменьшение уклонов. Эти работы называются *вертикальной планировкой*. Объем вертикальной планировки зависит от уклонов местности, а также вертикального и горизонтального расчленения. Чрезвычайно малые уклоны также могут быть неблагоприятными условиями для строительства, так как ухудшают возможности канализации. Неблагоприятны для сплошной застройки и длинные склоны: длина склонов определяет интенсивность и объемы стока поверхностных ливневых вод. На конструкцию систем водоснабжения оказывают влияние местные превышения. Уклоны определяют пути городского и заводского транспорта, срок службы дорожных покрытий и т. п.

Первое условие геоморфологических работ при инженерной оценке местности представляет выявление морфометрических особенностей рельефа, через которые рельеф оказывает *прямое воздействие* на строительство и эксплуатацию инженерных сооружений.

Существует еще две группы геоморфологических оценок местности при инженерных изысканиях, которые можно отнести к разряду косвенных, необходимых на ранних стадиях проектирования. Первая из них связана с оценкой степени устойчивости сооружений, их долговременности. Устойчивость сооружений зависит от свойств

грунтов в основании фундаментов, а также от возможности возникновения на территории освоения катастрофических природных явлений: обвалов, оползней, роста оврагов, снежных лавин и селей.

Определение несущих свойств грунтов входит уже в компетенцию специалистов по механике грунтов. Однако основные свойства грунтов отражают весь ход их возникновения и естественноисторической эволюции.

Строительство инженерных сооружений нередко осуществляется в обстановке, когда основанием для фундамента служат рыхлые отложения, поэтому при инженерной оценке в первую очередь выявляются несущие свойства грунтов рыхлого чехла, покрывающего склоны междуречий, речные террасы и поймы. Поскольку аллювиальные грунты образуются одновременно с террасами речных долин, морские грунты в ареалах своего распространения тесно связаны с элементами рельефа морских равнин и т. п., анализ рельефа и составление геоморфологических карт по морфогенетическим принципам позволяет выявить картину размещения в пространстве грунтов различного типа.

Большинство катастрофических природных явлений (оползни, обвалы, наводнения, землетрясения и т. п.) возникает в природе периодически. Во время изысканий под строительство эти процессы могут и не проявиться. При оценке возможности проявления этих явлений используют данные метеостанций, проводят опрос местных жителей и др. Геоморфологический анализ может существенно дополнить эти сведения, так как большинство указанных процессов является рельефообразующими и оставляет свежие следы в рельефе (обвалы, свежие оползни, овраги и др.), которые сравнительно легко устанавливаются на местности.

Вторая группа оценок рельефа при инженерных исследованиях связана с тем, что рельеф может оказать заметное влияние на условия труда и жизни людей, которые будут эксплуатировать и обслуживать построенные объекты. В одних случаях они будут связаны с эпизодическим влиянием, в другом — с длительным. Так, сильно пересеченный горный рельеф создает ограниченную видимость на поворотах, затрудняет работу водителей автотранспорта. В другом случае рельеф определяет микроклимат города или заводской площадки, может способствовать проветриванию города (площадки), освещенности и тем самым оказывать воздействие на его санитарное состояние. Здесь приходится учитывать крутизну и экспозицию склонов, а также наличие котловин и др. Иными словами, при постановке геоморфологических исследований необходимо исходить из функциональных особенностей проектируемых сооружений и подготовить ответы на вопросы, связанные с осуществлением проекта.

Так, проектировщиков и строителей могут интересовать сведения о морфометрии рельефа (уклоны, относительные превышения, экспозиция, длины склонов, густота и глубина эрозийного расчленения), о происхождении и возрасте рельефа, характеристика рыхлых отложений и ареалов распространения современных рельефообра-

зующих процессов, оказывающих влияние на устойчивость сооружений (обвалы, оползни, сели, лавины, карст, просадки и др.). На ранних стадиях изысканий, когда исследования ведутся в среднем и мелком масштабе, наряду с аналитическими картами важно составлять и синтетические карты, например, оценок территории по условиям строительства. На этих картах могут быть показаны более благоприятные и менее удобные площадки, желательный порядок освоения территории и т. п.

Различные типы инженерных сооружений и геоморфологический анализ местности

Для различных типов инженерных сооружений предъявляются неодинаковые требования к рельефу. Это необходимо учитывать при геоморфологических изысканиях. Например, требования к рельефу промышленных сооружений одни, гидротехнических, транспортных и других сооружений — другие. Различны условия строительства и эксплуатации транспортных путей, средств водоснабжения и канализации территории, а также бытовых и жилых построек. Если говорить о промышленном производстве, то требования каждого из отдельных сооружений всего промышленного комплекса еще не исчерпывают всей проблемы в целом. Важно исследовать весь комплекс с позиций технологии. Если рассматривать внутризаводские потоки сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, то можно заметить, что все производство обладает некоторым обязательным «технологическим рельефом». Например, в ряде производств имеются вертикально направленные потоки. Так, загрузка рудой, флюсами и твердым топливом домы осуществляется через колошник. Засыпной аппарат располагается на высоте нескольких десятков метров. На эту высоту необходимо поднимать сырье. Можно говорить, что доменный процесс обладает «производственным рельефом» с размахом высот в несколько десятков метров. Другие виды производств, скажем машиностроение, где основное место занимает большой конвейер, имеют «равнинный производственный рельеф».

Уклоны рельефа оказывают влияние на ориентировку гражданских сооружений жилых домов. На крутых уклонах растет объем полуподвальных помещений и земляных работ по выравниванию площадки. Дополнительный объем работ по выравниванию территории растет в соответствии со следующей зависимостью:

$$V = \frac{1}{2} S b \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (1)$$

где b — ширина площадки, м; S — площадь, м^2 ; α — угол наклона. Так, большинство жилых зданий в городе имеет длину не менее 50 м при ширине 12—16 м. Приведем объемы дополнительных затрат на земляные работы при выравнивании площадки размером 50×16 м в зависимости от уклонов.

Угол, град	Дополни- тельные работы, м ³	Угол, град	Дополни- тельные работы, м ³	Угол, град	Дополни- тельные работы, м ³
0	0	3	672	15	3140
0,5	112	7	1570	20	4660
1	224	10	2260	30	7400

Если сокращать объем земляных работ, то необходимо идти на потерю полезных площадей и частичное превращение первого этажа в полуподвалы. Для уменьшения нерациональных затрат принято, что при уклонах меньше 2% (меньше 1°) здания можно располагать, не считаясь с рельефом; при уклонах более 2% здание целесообразно располагать параллельно горизонталям на топографической карте. Большие уклоны лимитируют ширину зданий или, напротив, заданная ширина зданий определяет допустимые уклоны (табл. 10).

Таблица 10

Предельные уклоны в кварталах жилой застройки в зависимости от ширины зданий (по В. Г. Давидовичу)

Ширина корпуса, м	Наибольший допустимый уклон	
	%	град
16	6	3,5
14	7	4
12	8	4,5

Аналогичные требования к уклонам предъявляют и средства городского транспорта. Они неодинаковы и наиболее жестки у рельсового транспорта. Например, в некоторых городах Мира уклоны трамвайных путей достигали (По Каменскому, 1927) 0,68. Добавим, что на больших уклонах быстрее изнашиваются рельсы и в ходе эксплуатации необходимы дополнительные затраты на ремонтно-восстановительные работы.

Безрельсовый транспорт также имеет ограничения. Так, для автобусного движения предельный допустимый уклон не может быть больше 0,12 ($>7^\circ$), средний не более 0,05 (3°); то же для троллейбусов. Для автотранспорта максимально допустимый уклон 0,15 ($8,5^\circ$), средний 0,06 ($3,5^\circ$).

Городские улицы с уклонами более 0,15 ($8,5^\circ$) неблагоприятны для условий торможения городского транспорта.

Следовательно, можно говорить о желательном (идеальном) рельефе города. Параметры уклонов и превышений такого рельефа будут зависеть от размеров квартала. В целом для современного города наиболее благоприятным оказывается равнинный, пологоувалистый и холмистый рельеф.

Рельеф и рыхлые отложения как основания для определения степени устойчивости нижеперных сооружений

В оценке территории для инженерного освоения большое место занимает оценка несущих свойств грунтов как оснований для фундамента, которые можно разделить на несколько групп.

Чаще всего строительство начинается с рытья котлована. При этом обнажается часть рыхлых пород. Если глубина котлована достигает 2 м, то это значит, что снято давление веса лежавших ранее пород, равное 4 кг/см^2 . При снятии нагрузки все тела расширяются, расширяются и грунты будущего основания. Кроме того, изменяется гидротермический режим, нарушаются условия промерзания и оттаивания. Последнее особенно важно, если строительство начинается зимой.

Вместо вынутого грунта укладываются элементы фундамента и возводится сооружение. Его масса может отличаться от массы вынутого грунта. Кроме того, в ходе эксплуатации здания неизбежны потери воды из систем водоснабжения и канализации, большинство промышленных и гражданских сооружений отапливается. Все это оказывает влияние на прочность пород основания.

В результате накопленных грунтоведением сведений известно, что основные механические свойства грунтов тесно связаны с режимом увлажнения и периодическими колебаниями температур. Гидратация грунтов — их реакция и изменение свойств в результате контактов с водой — различна для грунтов разного механического и минералогического состава. Кроме того, она зависит от примесей органического вещества, от состава поглощенных оснований и др. На термические свойства грунтов оказывают влияние те же факторы. Наибольшее влияние имеет механический состав.

Обычно при инженерно-геологических исследованиях выделяют скальные, полускальные и рыхлые грунты. Поэтому и на геоморфологической карте могут быть показаны территории, где на поверхность выходят эти три категории пород. В зоне развития рыхлых отложений важно показать область, где мощность рыхлых отложений меньше глубины заложения фундаментов.

Рыхлые отложения делят на сыпучие и связные. К первым относятся супеси, пески, гравий, щебень и галька, ко вторым — суглинки, глины и лессы. Эти две категории грунтов отличаются и несущими свойствами, и реакцией на увлажнение, и температурным режимом. Сыпучие, более грубые осадки, несущие свойства которых во времени почти не изменяются, более благоприятны для строительства. Несущие свойства связных грунтов зависят от степени их увлажненности. Один и тот же грунт в сухом состоянии выдерживает значительные нагрузки, а в увлажненном может испытывать пластичные деформации без дополнительных нагрузок, только под действием своего веса.

Особенно неблагоприятны условия значительных изменений granulометрического состава. Поэтому для инженерной оценки грунтов важен показ на карте участков с различным механическим сос-

тавом, а также зон фациальных сопряжений, в пределах которых наблюдается чередование слоев различного состава. Генезис осадков и соответствующих им элементов рельефа позволяет косвенно судить о некоторых свойствах осадков. Так, среди речных отложений по-разному оцениваются фации старичные и прирусловые. Вторые, безусловно, более благоприятны как основание для фундамента. Повышенного внимания для инженерной оценки требуют зоны сопряжения озерных и пролювиально-дельтовых осадков. Геоморфологический анализ этих территорий будет способствовать проведению наиболее важных фациальных границ на местности. Для различного рода оценок необходимо изучение возраста элементов рельефа и рыхлых отложений; неплохо иметь данные о скорости осадконакопления и продолжительности эпигенетических преобразований осадков, с которыми связаны пористость и несущие свойства грунтов.

Рельеф и рыхлые отложения и связь с условиями затопления и подтопления

При оценке местности необходимо выявить два вида возможного действия процессов затопления и подтопления на инженерные сооружения: прямое и косвенное. И то, и другое требует разных мер защиты.

Зоны затопления геоморфологическими методами выявляются хорошо; обычно они совпадают с поймой. Однако даже в наиболее простых случаях затопление поймы на разных ее участках оказывается неодинаковым по глубине, продолжительности и повторяемости, поэтому геоморфологические наблюдения важно дополнить гидрологическими сведениями и разделить пойму на категории разной степени опасности. Причиной затопления могут служить не только паводки, вызванные выпадением атмосферных осадков, но и зажоры и заторы. Затопление, связанное с ледовыми явлениями, может выходить за границы поймы, поэтому оно требует дополнительных геоморфологических исследований.

Прямое воздействие подтопления территории на инженерные сооружения обычно связано с повышением уровня подземных вод, которое совпадает во времени с прохождением паводков в руслах ближайших рек. В результате подъема уровня подземных вод наибольшей опасности подвергается подземное хозяйство (подвалы, линии коммуникаций и др.), затрудняются условия ливневой канализации территории.

Если такие явления, как обрушение берегов, активизация оползневых процессов в областях незатапливаемых, но прилегающих к участкам затопления, находятся в поле зрения инженеров-геологов и геоморфологов, то выявление признаков косвенного воздействия подтопления сложно. Оценке влияния подтопления на степень устойчивости территории в первую очередь должны подлежать низкие террасы, а также территории, прилежащие к зонам разгрузки (выходов на дневную поверхность) подземных вод.

Особенного внимания заслуживают места выходов подземных вод, периодически персякающих. Они могут быть легко пропущены, если геоморфологическая съемка будет проводиться в относительно сухой период времени или в аномально сухой год. При достаточно большом опыте ареалы выходов грунтовых вод могут быть выявлены по элементам рельефа.

Рельеф и рыхлые отложения в связи с оценкой влияния катастрофических явлений природы на устойчивость территорий

Как указывалось выше, при инженерной оценке территории важен учет пространственного распространения, скорости течения и повторяемости ряда явлений, оказывающих воздействие на устойчивость территорий. Многие из них оставляют следы на тех или иных элементах рельефа. Геоморфологическое картирование может способствовать выявлению ареалов их распространения, истории возникновения и развития. Полученный материал может быть использован при выработке мер для локализации действия явлений, прогнозирования их наступления для определения работ по ликвидации последствий. Для решения некоторых из этих вопросов могут потребоваться стационарные наблюдения.

Для оценки степени опасности катастрофических процессов важны представления об их динамике. В ряде случаев ответ на эти вопросы могут дать: повторное картирование, анализ топографических карт и аэрофотоснимков за ряд лет, повторная фототеодезитная съемка. Хорошие результаты получаются при изучении роста оврагов, подмыва берегов и т. п. Однако всегда остается неуверенность в том, что выбранный для наблюдений отрезок времени охватил все случаи макемального развития процесса во времени. Дополнить недостающие сведения можно палеогеоморфологическим анализом территории. Для ряда процессов с помощью изучения рельефа и рыхлых отложений можно установить масштабы их действия в максимально активную фазу их проявления. Например, иногда удается установить максимальную дальность выброса снежных лавин, извержения сухих газокаменных потоков (лахаров), силу максимальных землетрясений. Следы отыскиваются в рельефе, прочитываются при изучении разрезов рыхлых отложений.

Типы специальных геоморфологических карт при инженерной оценке территории

Изложенное позволяет сделать вывод о содержании геоморфологических карт для инженерной оценки местности. Главная задача геоморфолога — предоставить в распоряжение проектировщика всю сумму информации о рельефе, которая позволила бы правильно оценить и морфометрию, и происхождение, и возраст, и современную динамику рельефа.

Проектирование строительства осуществляется в несколько стадий; в идеальном случае — в четыре: 1) стадию районной планировки (или генеральная схема расселения района); 2) стадию

составления генерального плана города. 3) стадию составления проекта детальной планировки, 4) стадию изысканий под отдельные промышленные и гражданские объекты. В четвертой стадии прослеживаются три этапа: 1) составление проектного задания, 2) составление технического проекта и 3) составление рабочих чертежей.

Наиболее общие вопросы решаются на стадии районной планировки, когда наиболее необходимо выявление геоморфологических особенностей местности. Две последующие стадии, как правило, требуют решения лишь некоторых вопросов. На четвертой стадии геоморфологические исследования уже не проводятся, так как территория уменьшается до такой степени, что в большинстве случаев представляется геоморфологически «однородной». Однако случается, что сооружение оказывается недолговечным. Иногда причиной разрушения сооружения является недостаточность учета условий проведения строительства. В этих случаях желательны дополнительные геоморфологические исследования.

Исследования на стадии районной планировки полезно проводить в масштабах 1 : 300 000 и 1 : 50 000. Среднемасштабное геоморфологическое обследование должно охватывать территории, выходящие за рамки районной планировки. Крупномасштабные работы (1 : 50 000) можно сосредоточить на участках проектируемых промышленных узлов. Геоморфологические исследования на второй стадии следует проводить в масштабе 1 : 25 000—1 : 10 000, на третьей — в масштабе 1 : 5000 и даже 1 : 2000.

Геоморфологический материал проектировщикам удобнее предлагать в двух видах: аналитическом и синтетическом. Набор аналитических карт должен включать следующие виды вспомогательных и итоговых геоморфологических карт: 1) гипсометрическую, 2) уклонов местности, 3) относительных превышений над ближайшим тальвегом, 4) густоты расчленения, 5) длины склонов, 6) состава и мощности рыхлых отложений, 7) современных рельефообразующих процессов, 8) геоморфологическую карту (составленную по морфогенетическому принципу) с элементами специальной нагрузки.

Синтетических карт обычно приходится составлять две: 1) карту инженерной оценки рельефа местности и 2) карту рекомендуемых мероприятий по улучшению использования территории.

В карте оценки обычно вся территория подразделяется на три категории: годные территории без значительных затрат, территории, требующие инженерной подготовки, и территории, непригодные для строительства. В карте рекомендуемых мероприятий даются рекомендации по проведению различных объемов выравнивания (вертикальная планировка), защит от подтопления и затопления.

Крупномасштабные карты для более поздних стадий проектирования отличаются детализацией проработки материала. Со временем должны составляться карты прогнозов результатов воздействия инженерных сооружений на рельеф.

Заключение

Геоморфологическое картирование в его современном виде представляет основную и в то же время концентрированную форму выражения результатов геоморфологического исследования, наиболее ценную практически. Оно усиленно развивается и в уже установившихся, и в новых направлениях. Это подтверждается все большим признанием значения геоморфологического картирования для геологических исследований, особенно если его проводить с использованием космических и высотных аэрофотоснимков. Прикладное геоморфологическое картирование в настоящее время начинает применяться для решения новых задач: охраны природной среды, рекультивации земель, нарушенных тем или иным видом горнопромышленной деятельности человека, экологического, рекреационного и медико-географического исследования территории и др. Большое место в прикладном геоморфологическом картировании в ближайшем будущем займет составление для этих целей оценочных и прогнозных карт, не освещенных в данном пособии, так как геоморфологическое картирование по таким проблемам только начинается. Оно будет иметь свою специфику и особый набор условных обозначений, которые еще не разработаны.

Развитие геоморфологического картирования, несомненно, повлияет на дальнейший прогресс как теории геоморфологии, так и ее внедрения в практику.

Предлагаемое учебное пособие дает определенную информацию по геоморфологическому картированию — его принципам, методике, типам карт и их практическому применению.

Современное развитие геоморфологии все чаще требует познания взаимоотношений рельефа, глубинных структур и процессов, происходящих во внутренних оболочках Земли. Отсюда ясна возникающая связь между геоморфологией и геофизикой, позволяющая понять глубину «корней» геоморфологических элементов. Этому также способствует дешифрирование космических снимков. Его возможности открывают новую эпоху в геоморфологии, тектонике и геологии. Уже сейчас пересматриваются многие положения классической геологии. И ключом к познанию геологического строения и тектоники по снимкам является рельеф. По рельефу выделяются и разломы разного порядка, к которым, как теперь известно, приурочены почти все месторождения полезных ископаемых: рудных, обусловленных их разрушением и переносом продуктов разрушения россыпей, угля, нефти, газа, соли, подземных вод, ценнейших минеральных источников, месторождений кор выветривания.

Авторы надеются, что предлагаемые легенды хотя бы в какой-то мере будут способствовать унификации принципов и методики общего геоморфологического картирования. Однако содержание всех легенд, в том числе и рекомендуемой, зависит от цели съемки и рельефа территории. По-видимому, существенную помощь могут

оказать и математические приемы исследования, позволяющие выделить количественные критерии информативности легенд и карт. Математические приемы, вероятно, помогут выявлению границ переходов одних генетических факторов в другие, т. е. границ между соседними элементами рельефа, созданными одним ведущим (главным) генетическим фактором и другим (см. главу VI). В настоящее время качественно выделить в поле эти границы не всегда удастся, так как переходы могут быть очень постепенными и соответственно недостаточно четкими.

Возможно, что студенты — будущие исследователи смогут не только апробировать предложенные нами легенды в разных районах и для разных целей, но и внести свой вклад в геоморфологическое картирование по указанным выше новым направлениям. Составление серии геоморфологических карт, бесспорно, будет способствовать дальнейшему развитию и углублению теории геоморфологии. Это непременно произойдет, если помимо указанных итоговых карт, включая и прикладные, составленные с целью поисков полезных ископаемых и инженерно-геологической оценки территорий, в серию войдут: 1) специальные геоморфологические карты для решения новых задач, 2) оценочные и прогнозные карты для каждой задачи, поставленной практикой.

На ближайшие годы в качестве основных задач геоморфологического картирования, которые неизбежно повлекут за собой и существенную перестройку программ соответствующих курсов, можно назвать следующие:

1. Дешифрирование многозональных космических снимков, в том числе и телевизионных; составление фотографических топокарт и всей серии геоморфологических, вспомогательных и итоговых карт на фотооснове.

2. Внедрение автоматизации и считывающих устройств для дешифрирования, особенно разломов и разрывных нарушений, отбора их по порядкам и простираниям.

3. На основе анализа космической информации и составления фотогеоморфологических карт проведение работы по унификации принципов разномасштабного геоморфологического картирования и легенд в странах Мира.

4. Разработка дополнительных обозначений к специальным геоморфологическим картам, которые будут составляться для целей, перечисленных выше.

5. Разработка легенд к оценочным и прогнозным картам, а также типов таких карт для конкретных прикладных задач.

6. Большее применение математических методов (в основном математической статистики) и электронно-вычислительной техники. Геоморфологи, как и геологи и географы, должны принимать участие в разработке программ, закладываемых в ЭВМ при исследованиях из космоса.

- Аксенов А. А. О рудном процессе в верхней зоне шельфа. М., «Наука», 1972.
- Аристархова Л. Б., Полканова Л. П. Задачи геоморфологических исследований при поисках нефти и газа. — «Вестник МГУ», сер. географ., 1975, № 2.
- Аэрометоды геологических исследований. Л., «Недра», 1971.
- Бальян С. П. Структурная геоморфология Армянского нагорья и окружающих областей. Ереван, 1969.
- Башенина Н. В. Формирование современного рельефа земной поверхности. М., «Высшая школа», 1967 (с геоморфологической картой Мира масштаба 1 : 40 000 000).
- Башенина Н. В., Заруцкая И. П. Принципы генерализации геоморфологических карт крупных и средних масштабов. — «Вестник МГУ», сер. географ., 1968, № 2.
- 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. Изд-во МГУ, 1962 (с легендой).
- Башенина Н. В., Пиотровский М. В. Генетическая классификация склонов как основа для легенды геоморфологических карт крупных масштабов. — «Вестник МГУ», сер. географ. 1969, № 3.
- Башенина Н. В., Трецов А. А. К методике морфоструктурного анализа для геоморфологической съемки горного рельефа. — «Геоморфология», 1971, № 3.
- Башенина Н. В., Геллерт И., Жоли Ф., Климашевский М., Шольц Э. Унифицированная легенда для детальных геоморфологических карт. — Сб. статей «Геоморфологическое картографирование в съемочных масштабах». Изд-во МГУ, 1975.
- Борисевич Д. В. Универсальная морфохроногенетическая легенда для геоморфологических карт крупного, среднего и мелкого масштабов. — «Географический сб. Вsesоюзного ин-та научной и технической информации», 1969, № 3.
- Виноградов Б. В., Григорьев А. А. Возможности геоморфологического дешифрирования космических фотографий Земли. — Изв. АН СССР, сер. геол. 1970, № 1.
- Вопросы методики проведения структурно-геоморфологических исследований в нефтегазоносных бассейнах зарубежных стран. Сб. статей под ред. Ю. Я. Кузнецова и А. Ф. Якушовой. М., 1970.
- Геоморфологическая карта СССР в м-бе 1 : 5 000 000. М., Госгеолтехиздат, 1960.
- Геоморфологическая карта Советской Арктики м-ба 1 : 2 500 000 под ред. С. А. Стрелкова и Н. Ю. Загорской. М., 1959.
- Геоморфологические методы поисков эндогенного оруденения. Забайкал. отд. Геогр. общ-ва СССР, Чита, 1968.
- Геоморфологическая карта европейской части СССР м-ба 1 : 2 500 000. М. В. Карапдеева, О. К. Леонтьев, С. В. Лютцау, 1966.
- Геоморфологическое картирование в съемочных масштабах. — Сб. статей, гл. ред. Н. В. Башениной, Изд-во МГУ, 1975.
- Геоморфология Амуро-Зейской равнины и низкогогорья Малого Хингана. Под ред. С. С. Воскресенского. Изд-во МГУ, 1973.
- Герасимов Н. П. Опыт геоморфологической интерпретации общей схемы геологического строения СССР. — «Проблемы физической географии», 1946, № 12.

- Глобальные закономерности размещения крупных рудных месторождений. Под ред. М. А. Фаворской и И. И. Томсона. М., «Недра», 1974.
- Деменецкая Р. М. Кора и мантия Земли. М., «Недра», 1967. «Живая тектоника». — Сб. статей. М., ИЛ, 1957.
- Зявцова Т. В. Прикладная геоморфология. М., «Высшая школа», 1970.
- Земная кора. — Сб. статей. М., ИЛ, 1957.
- Исследования природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология, т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1973; т. 2, 1971, т. 4, 1975, т. 5, 1976.
- Кинг Л. С. Морфология Земли. М., «Прогресс», 1967.
- Космическая фотосъемка и геологические исследования. Л., «Недра», 1975.
- Леонтьев О. К. Типы планетарных морфоструктур Земли и некоторые черты их динамики в кайнозое. — «Геоморфология», 1971, № 3.
- Лукашов А. А., Симонов Ю. Г. Геоморфологический анализ при изучении эндогенных рудных полей Восточного Забайкалья. — Вестник МГУ, географ., 1971, № 4.
- Мелкомасштабное геоморфологическое картирование. — Сб. статей, гл. ред. И. В. Башенина. М., Изд-во МГУ, 1976.
- Методика комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической съемки. М., Изд-во МГУ, 1970.
- Милановский Е. Е. Рифтогенез и геосинклинальный процесс. — Вестник МГУ, геолог., М., 1975, № 4.
- Миллер В., Миллер К. Аэрофотогеология. М., «Мир», 1961.
- Никифоров Л. Г. Структурно-геоморфологические особенности морских побережий. — «Геоморфология», 1974, № 2.
- Пейве А. В. Разломы и их роль в строении и развитии земной коры. Докл. сов. геологов на XXI МКГ, пробл. 18. М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Пенк В. Морфологический анализ. М., 1961.
- Петрусович М. И. Воздушная и наземная стереосъемка при геологических исследованиях. Изд-во МГУ, 1976.
- Потроцкий М. В. К методике картирования сводово-блоковой морфотектоники. — Сб. «Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек». Изд-во МГУ, 1973.
- Планетарная трещиноватость. — Сб. статей. Изд-во ЛГУ, 1973.
- Проблемы рифтогенеза. Иркутск, 1975.
- Причисление геоморфологических методов в структурно-геологических исследованиях. — Сб. статей под ред. И. П. Герасимова. М., «Недра», 1970.
- Проблемы поверхностей выравнивания. — Сб. статей. М., «Наука», 1973.
- Салищев К. А. Тематическая картография. — Сб. «Картография», т. 4, М., 1970.
- Салищев К. А. Взгляд на картографию в аспекте научно-технической революции. — В сб. «Пути развития картографии», Изд-во МГУ, 1975.
- Салищев К. А. Картография. М., «Высшая школа», 1971.
- Сварчевская Э. А. Легенда для геоморфологической карты крупного масштаба. Географо-экономич. III ЛГУ, 1937.
- Сергеев Е. М., Голодковская Г. А., Зянгиров Р. С., Осипов В. И., Трофимов В. Т. Грунтоведение. М., 1973.
- Сидоренко А. В. Геоморфология и народное хозяйство. — «Геоморфология», 1970, № 1.
- Симонов Ю. Г. Географическое соседство и методы его измерения. — «Вестник МГУ», сер. географ., 1970, № 4.
- Симонов Ю. Г. Региональный геоморфологический анализ. Изд-во МГУ, 1972.
- Смирнов В. И. Геология полезных ископаемых. М., «Недра», 1965.
- Соломенко Б. П. и др. «Живая тектоника», вулканы и сейсмичность Станового нагорья. М., «Наука», 1966.
- Спиридонов А. И. Геоморфологическое картографирование. М., 1952.
- Спиридонов А. И. Основы общей методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картографирования. М., «Высшая школа», 1970.
- Стелков С. А. Палеогеография и морфоструктуры Кольского полуострова. Л., «Наука», 1973.

- Структурно-геоморфологические исследования в Сибири и на Дальнем Востоке. — Сб. статей. Новосибирск, 1975.
- Фаворская М. А., Томсон Н. Н., Иванов Р. Г. Связь магматизма и эндогенной минералогии с блоковой тектоникой. М., «Недра», 1969.
- Физико-географический атлас Мира. АН СССР и ГУГК. М., 1964.
- Хаин В. Е. Глубинные разломы; основные принципы, признаки классификации и значение в развитии земной коры. — Изв. вузов, сер. геология и разведка. 1963. № 2.
- Чемяков Ю. Ф., Ганешин Г. С., Соловьев В. В., Бойцов М. Н., Селиверстов Ю. П., Плотникова М. Н. Методическое руководство по геоморфологическим исследованиям. Л., «Недра», 1972.
- Шаталов Е. Т., Орлова А. В. и др. Анализ рудоконтролирующих факторов в рудных районах. М., «Наука», 1972.
- Шубина Н. Г., Аристархова Л. Б. Методика восстановления «первичного тектонического рельефа по топографической карте». — «Вестник МГУ», сер. географ., 1965. № 2.
- Щеглов А. Д. Главные типы областей тектоно-магматической активизации. — «Геотектоника», 1970, № 3.
- Эрозия почв и русловые процессы. Под ред. И. И. Макавеева. Изд-во МГУ, 1974.
- Bashenina N. V., Trescov A. A. Geomorphologische Kartierung des Gebirgsreliefs im Maßstab 1 : 200 000 auf Grund einer Morphostrukturanalyse. 1972, Zeitschrift für Geomorphologie, N. F., Bd. 16, Heft 2.
- Birot P. Les méthodes de la morphologie. Presses universitaires de France, Paris, 1955.
- Bulla Bela, Pecsí Marton. Die Geomorphologische Übersichtskarte Ungarier: (1 : 200 000) «Prace geogr. PAN Inst. geogr.», 1963, Nr. 46.
- Gastiglioni G. Saggio di carta geomorfologica dell'Italia Nord. Orientale. Rivista Geografica Italiana. Annata LXXVI — Fasc. III, 1969, Firenze.
- Dainelli P. Phologeology of the Debra Marcos — Blue Nile area. Southern Gojjam, Ethiopia. Memorie della Società geologica Italiana Vol. 9, 1970.
- Demek J. Generalisation of geomorphological maps. «Proc. Made in Geomorphol. Mapping», Brno, 1967.
- Earth photographs from Gemini III, IV and V. National aeronautics and space administration, 1967.
- Galon R. Geomorphological map of the Polish Lowland on 1 : 50 000 scale. «Prace geogr. PAN. Inst. geogr.», 1963, Nr. 46. Geomap. Florence, Italy, 1969.
- Geomorfologia Polski. Vol. I., Warszawa, 1972; Praca zbiorowa pod redakcją M. Klimaszewskiego; Państwowe wydawnictwo.
- Joly F., Tricart J. Légende pour la carte géomorphologique de la France en 1 : 50 000, Paris, 1970.
- Klimaszewski M. Landform list and sign used in the detailed geomorphological map. «Prace geogr. PAN. Inst. geogr.», 1963, Nr. 46.
- Kugler H. Einheitliche Gestaltungsprinzipien und Generalisierungswege bei der Schaffung geomorphologischer Karten verschiedener Maßstäbe. Peterm. Geograph. Mitt.; Erg. H. 271, 1968.
- Manual of Detailed Geomorphological Mapping. «Academia», Prague, 1972, Editor J. Demek.
- Onge D. A. St. Geomorphic maps. The Encyclopedia of Geomorfology (Encyclop. Earth Sci., Ser. V. 3), Ed. RW. Fairbridge, 1968.
- Panizza M. Shema di legenda per carte geomorfologiche di dettaglio. Boll. Soc. Geol. Italiana, 91, Roma, 1972.
- Pécsi M. The geomorphological Map of the wider Region of Lake Balaton. Separatum ex «Foldrajzi Közbeamenyck», anno 1969, Nr. 2, Rudapest.
- Problems of geomorphological Mapping. Institute of Geography of the Polish Academy of Sciences. Geographical Studies, Nr. 46, Warszawa, 1963.
- Sauro U. Carta geomorfologica degli alti Lessini (Prealpi Venete). Presso d'Istituto di geografia dell'Università di Padova, 1971.
- Verstappen H. Th. Introduction to the ITC system of geomorphological survey. «KNAG, geogr. tijdschr.», 1970, 4, Nr. 1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие (Н. В. Башенина)	3
Введение (Н. В. Башенина)	6

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ

Глава I. Общие понятия о геоморфологических картах (Н. В. Башенина)	9
Предмет и методы геоморфологии	9
Приемы геоморфологического исследования	14
Геоморфологические карты и их типы	14
Возраст рельефа	19
О геоморфологической съемке	20
Глава II. Развитие геоморфологического картирования в СССР (Н. В. Башенина)	22
Картирование в съемочных масштабах	22
Мелкомасштабные геоморфологические карты	33
Глава III. Геоморфологическое картирование за рубежом (Н. В. Башенина)	33
Глава IV. Современное состояние геоморфологического картирования (Н. В. Башенина)	53
Международная работа по унификации геоморфологического картирования	53
Обзорное геоморфологическое картографирование в СССР	58
Геоморфологическое картирование в СССР в съемочных масштабах	61

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ, ЛЕГЕНДЫ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ В РАЗНЫХ МАСШТАБАХ

Глава V. Генетическая классификация рельефа как основа для разно- масштабного геоморфологического картографирования	69
Предпосылки и обоснование геоморфологической классификации (Н. В. Башенина)	69

Классификация морфоструктур для обзорного картографирования (Н. В. Башенина, О. К. Леонышев)	80
Предварительная классификация глубинных разломов и разрывных нарушений разного порядка по их роли в рельефе (по Н. В. Башениной)	81
О легендах к картам мелких масштабов (Н. В. Башенина)	88
Легенда 1 для геоморфологических карт масштабов 1:2 500 000—1:5 000 000 (составила Н. В. Башенина)	91
Глава VI. Принципы составления геоморфологических карт съемочных масштабов 1:50 000—1:500 000 (Н. В. Башенина)	100
Обоснование легенды	100
Построение легенды и генерализация	112
Краткое послесловие к легенде и картам съемочных масштабов	119
Легенда 2 для карт съемочных масштабов от 1:50 000 до 1:1 000 000	127

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

МЕТОДИКА ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ В СЪЕМОЧНЫХ МАСШТАБАХ

Глава VII. О методике морфоструктурного анализа (Н. В. Башенина)	166
Составление морфоструктурных карт на топооснове	168
Карты морфо- и тектоморфонозогипс	177
Глава VIII. Анализ тематических карт (Н. В. Башенина)	182
Глава IX. Изучение геофизических, геологических, геологоразведочных и горно-эксплуатационных данных (Н. В. Башенина, М. В. Пиотровский)	190
Сбор мелкомасштабных материалов	190
Сбор детальных материалов	196
Сбор и изучение материалов по разрезам и горным выработкам	198
Глава X. Дешифрирование космических снимков для геоморфологического картографирования (Н. В. Башенина)	202
Значение анализа космических снимков в геоморфологическом картировании крупных и средних масштабов	205
Дешифрирование систем разломов и разрывных нарушений	207
Пример анализа рельефа горных территорий по космическим снимкам	211
Дешифрирование экзогенного рельефа по космическим снимкам	218
Глава XI. Методика составления вспомогательной карты элементов рельефа и итоговых геоморфологических карт (Н. В. Башенина)	220
Глава XII. Полевое морфоструктурное картирование	235
Основные задачи полевого морфоструктурного анализа для крупных- и среднемасштабного картирования (Н. В. Башенина, М. В. Пиотровский)	235
Итоговые карты (Н. В. Башенина)	243
Дополнение к оформлению полевой итоговой геоморфологической карты (Н. В. Башенина)	250

Глава XIII. О некоторых результатах морфоструктурного картирования (Н. В. Башенина)	251
Глава XIV. Применение математических методов в геоморфологическом картировании и анализе геоморфологических карт (Ю. Г. Симонов)	270
Определение задач при выборе типа карт и принципов геоморфологического картографирования	271
Процесс составления геоморфологических карт и применения математических методов	272
Анализ геоморфологических карт и возможность применения математических методов	273
Некоторые геоморфологические задачи и возможности их математического решения	275
Группа задач по определению меры количества и качества информации, содержащейся на геоморфологической карте	288
Применение ЭВМ для статистической обработки карт рельефа и выделения морфоструктур разного порядка (С. А. Гонимпа, Ю. В. Юзковская)	303

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

СПЕЦИАЛЬНОЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ

Глава XV. Геоморфологическое картирование при поисках полезных ископаемых (М. В. Пиотровский)	312
Общие особенности исследования и картирования	312
Исследование и геоморфологическое картирование разных полезных ископаемых и типов месторождений	317
Глава XVI. Особенности геоморфологического картирования при поисках месторождений эндогенного оруденения (Ю. Г. Симонов)	329
Глава XVII. Геоморфологическое картирование при поисках нефти и газа (Л. Б. Аристархова)	335
Глава XVIII. Геоморфологическое картирование при поисках бокситов (Н. П. Орлова)	311
Глава XIX. Крупномасштабное структурно-геоморфологическое картирование прибрежной части шельфа для поисков нефти (О. К. Леонтьев, В. П. Мусатов)	350
Глава XX. Геоморфологическое картирование при инженерных изысканиях (Ю. Г. Симонов)	359
Требования к содержанию геоморфологических карт	359
Различные типы инженерных сооружений и геоморфологический анализ местности	361
Рельеф и рыхлые отложения как основания для определения степени устойчивости инженерных сооружений	363
Рельеф и рыхлые отложения в связи с условиями затопления и подтопления	364
Рельеф и рыхлые отложения в связи с оценкой влияния катастрофических явлений природы на устойчивость территорий	365
Типы специальных геоморфологических карт при инженерной оценке территории	365

Заключение	357
Литература	359
Приложения (вкладки):	
1. Геоморфологическая карта Мира масштаба 1:100 000 (Н. В. Башенина, О. К. Леонтьев, В. К. Бронникова)	
2. Геоморфологическая карта района молодой эпигеосинклиналь- ной страны масштаба 1:25 000 00 (Н. В. Башенина и др.).	
3. Геоморфологическая карта района гор Южной Сибири масшта- ба 1:50 000 (Н. Н. Тальская).	
4. Геоморфологическая карта района Сибири масштаба 1:200 000 (Н. Н. Орлова).	
5. Геоморфологическая карта района эпиплатформенной слабо активизированной горной страны масштаба 1:500 000 (Н. В. Башенина).	
6. Геоморфологическая карта района молодой эпигеосинклиналь- ной горной страны масштаба 1:1 500 000 (Н. В. Башенина и др.).	
7. Геоморфологическая карта района молодой эпигеосинклиналь- ной горной страны масштаба 1:1 000 000 (Н. В. Башенина).	
8. Приложение I. Предварительная классификация морфострук- тур разного порядка (Н. В. Башенина, О. К. Леонтьев).	
9. Приложение II. Применение геоморфологических методов при изучении и поисках полезных ископаемых (М. В. Пиотров- ский).	

Башенина Нина Вияторовна
Пятровский Михаил Владимирович
Симонов Юрий Гаврилович
Леонтьев Олег Константинович
Талская Наталья Николаевна
Рубина Елена Александровна
Аристархова Любовь Борисовна
Орлова Наталья Ивановна
Игомина Сильвия Александровна

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ

Редактор Н. М. Шагинова
Художник А. Е. Коленков
Художественный редактор Т. А. Коленкова
Технический редактор А. К. Нестерова
Корректор С. К. Марченко

ИБ № 919

Т-02237 Сдано в набор 10/11-77 г. Подл. к печати 4/XI-77 г.
Формат 60x90¹/₁₆ Бум. тип. №2. Объем 23,5 печ. л. + вкл. 1,82 печ. л. Усл. п. л. 25,32
Уч.-изд. л. 27,32+1,83 вкл. Изд. № Е-391 Тираж 800 экз. Цена 1 руб. 60 коп.
План выпуска литературы издательства «Высшая школа» для вузов и техникумов на 1977 г.
Позиция № 73

Издательство «Высшая школа».
Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
Хохловский пер., 7. Зак. 2258.



ВЫСШАЯ ШКОЛА
МОСКВА