

В. Ю. ЗАБРОДИН
В. И. ОНОПРИЕНКО
В. А. СОЛОВЬЕВ

ОСНОВЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТОГРАФИИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО
И СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

В. Ю. ЗАБРОДИН
В. И. ОНОПРИЕНКО
В. А. СОЛОВЬЕВ

ОСНОВЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТОГРАФИИ

Ответственный редактор
д-р геол.-мин. наук Б. М. ЧИКОВ



НОВОСИБИРСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1986



4806

**Забродин В. Ю., Оноприенко В. И.,
Соловьев В. А. Основы геологической картогра-
фии.**— Новосибирск: Наука, 1986.

Монография посвящена историческим, методологическим и теоретическим основам геокартографии.

Историческую основу развития идей геокартографии заложили принципы историзма и уникализма, фиксизма и мобилизма, иерархизма и структурализма, особенно ярко проявившиеся в тектонической картографии.

Методологическую основу геокартографии как науки составляют ее цели и задачи, объект и предмет, методы и средства, а также регулятивные принципы системности, иерархии, элементности и формализации.

Теоретическая основа геокартографии рассматривается как научный язык с фундаментальными понятиями «тело», «система», «структура», «форма», «модель», «карта», «разрез», «колонка» и др.

Книга представляет интерес для составителей геологических карт самой разной спецификации и особенно для преподавателей курса геокартирования, общей геологии и геотектоники.

Рецензенты *А. М. Боровиков, С. А. Мороз*

ВВЕДЕНИЕ

Прежде всего хотим убедить читателя в том, что мотивы, побудившие авторов взяться за книгу «Основы геологической картографии», оправданы хотя бы в некоторых отношениях. Сделать это необходимо, поскольку публикаций по геокартированию много. Одних учебников на русском языке насчитывается более десятка; если к ним прибавить сборники, методические пособия и инструкции, то список литературы превысит сотню наименований. При таком объеме информации места для сомнений в нерешенности каких-либо проблем геокартирования как будто не остается. И это действительно так, если иметь в виду только технологию геокартирования, т. е. деятельность по составлению и изданию геологических карт. Но у геокартографии как тематического раздела общей картографии есть другие стороны — методологическая и теоретическая. Внимание к этому вызвало появление в общей картографии новых направлений, называемых «картологией», «метакартографией» или «теоретической картографией». Изобилие печатных работ на эту тему ни в отечественной, ни в зарубежной литературе пока не наблюдается, в чем можно убедиться, обратившись к публикациям по методологии и истории геокартографии. Относительно лучше положение в общей картографии. Здесь уже можно встретить интересные работы. Первой назовем монографию А. Ф. Асланикашвили «Метакартография» [1974]. Из зарубежных публикаций внимания заслуживает книга В. Бунге «Теоретическая география» [1963], в которой метакартографии посвящена специальная глава. Знаковую природу картографической информации раскрывает М. К. Бочаров в «Основах теории проектирования систем картографических знаков» [1966]. Методологические и теоретические вопросы картографии ставят П. Хаггет в «Пространственном анализе в экономической географии» [1968] и Д. Харвей в «Научном объяснении в географии» [1974]. Интересные статьи на эту тему можно найти в двухтомнике «Картография» [1983].* Так или иначе, для нас весь этот материал послужил хорошим стимулом к осмысливанию методологических и теоретических проблем геокартирования. В решении этих проблем приоритет принадлежит тек-

* Заслуживает внимания также книга А. М. Берлянта «Образ пространства: карта и информация» (М.: Мысль, 1986.—240 с.).

тонистам. Это и понятно, так как картографический метод является основным в геотектонике. Фундаментальным понятиям тектонической картографии уделяет внимание Т. Н. Спичарский [Обзорные тектонические карты СССР, 1973]. Материалы справочного характера содержатся в книге Ю. А. Косыгина и В. А. Кулындышева «Введение в тектоническую картографию» [1981]. Много полезного мы извлекли из монографии Б. М. Чикова «Основы методологии тектонического районирования» [1985].

Вернемся к названию нашей монографии. Теперь читателю уже ясно, какие «основы» имеются в виду — это методологические и теоретические.

Под методологическими мы понимаем вопросы определения геокартграфии как науки. Каковы цели и задачи геокартграфии? Что выступает в качестве ее объекта и предмета? Какими методами и средствами она располагает? Как геокартграфия связана с другими отраслями знаний? В чем состоит ее практическое значение? Попытка ответить на эти и другие вопросы предпринята в разделе «Методология».

Под теоретическими мы понимаем вопросы, лежащие в основе разработки научного языка, т. е. системы понятий геокартграфии. Что такое «карта» вообще и «геологическая карта» в частности? Что такое «легенда»? Что такое «стратиграфическая колонка» и «геологический разрез»? В каком соотношении находятся понятия «масштаб» и «генерализация»? Чем принципиально отличаются «геологическая карта» и «тектоническая карта», «карта полезных ископаемых» и «металлогеническая карта»? На эти и другие вопросы научного языка геокартграфии ответы содержатся в разделе «Теория».

Итак, в усовершенствовании методологических и теоретических основ геокартграфии хотелось бы видеть и практическое значение нашей работы. В СССР начался качественно новый этап изучения недр, нашедший отражение в программе «Геолкарта-50». Успешно выполнить эту программу можно, если к ней подойти всесторонне. Известно, какие усилия предпринимаются стратиграфами для обеспечения съемки детальными схемами стратиграфии. Тектонисты издали специальное методическое пособие «Изучение тектонических структур» [1984]. Не отстают от активного участия в выполнении программы геокартирования геофизики и геохимики, минералоги и петрографы. Думается, что методологические и теоретические работы также должны рассматриваться как вклад в общее дело. Уверенность в этом возрастает, когда осознаешь, что геологическая съемка хотя и осуществляется производственными организациями, но по своей сути является научной деятельностью. В результате открываются новые геологические тела, новые структуры и, как следствие, — новые типы месторождений полезных ископаемых. Поскольку геологическая съемка по форме является производственной, а по содержанию — научной деятельностью, то проблемы методологии и теории геокартирования неизбежно заинтересуют всех, кто причастен к ней.

Несколько слов следует сказать о философских предпосылках этой работы. В онтологическом плане мы исходим из того, что геологический мир (а в настоящее время это почти во всех случаях земная кора) ранжирован — в том смысле, что составляющие его естественные (твердые) геологические тела образуют иерархический ряд с уровнями от минерального до геосферного. Границы тел каждого уровня — выделенные природой образования, которые мы моделируем некоторыми поверхностями, в общем случае весьма сложной формы. Цель геолога — выявить эти границы и показать в виде контуров на геологической карте и разрезе.

Кроме естественных геологических изображению на картах подлежит множество тел, произвольно выделяемых геологом в тех или иных целях (в первую очередь это тела полезных ископаемых, границы которых в большинстве случаев определяются экономическими соображениями).

В гносеологическом аспекте мы исходим из того, что подавляющая часть геологических тел недоступна непосредственному изучению геологом — как из-за огромных размеров, так и из-за того, что они представлены нередко фрагментами. Поэтому геологическое познание все время опирается на реконструкции, как пространственные, так и временные (синхронные и диахронные). Основным инструментом познания в геологии выступает модель — будь то карта, разрез, аэро- или космоснимок.

Долг авторов — показать не только важность задачи, за которую они взялись, но и свою потенциальную компетентность в этой области. Нас объединил интерес к методологии и теории геокартирования, и каждый как специалист внес свой вклад в общее дело. В сочетании с увлеченностью методологией бесценным оказался опыт геолога-съемщика В. Ю. Забродина. Профессиональное освещение истории и методологии геокартирования трудно себе представить без участия В. И. Оноприенко. В. А. Соловьев, четверть века связанный с составлением тектонических карт и преподаванием курса «Геокартирование», взял на себя роль научного руководителя и организатора. Хотя предлагаемая книга и плод совместного труда, ответственность перед читателем за те или иные разделы несут их авторы.

Многие из поставленных вопросов в 1971—1981 гг. обсуждались на colloquiaх лаборатории теоретической тектоники ИГиГ ДВНЦ АН СССР, а в последнее время — в отделе тектоники, литологии и осадочных формаций ИГиГ СО АН СССР. Наиболее активными участниками острых дискуссий были А. М. Боровиков, Ч. Б. Борукаев, О. А. Вотах, Г. Л. Кириллова, В. А. Кулындышев, В. Н. Силюков, Р. Ф. Черкасов, Б. М. Чиков, которые своими замечаниями, волюн или неволюн, способствовали улучшению работы. Ряд проблем обсуждался с философами, методологами, специалистами по семиотике и информатике — С. В. Мейеном, М. А. Розовым, И. С. Сидоровым, Ю. А. Шрейдером. В техническом оформлении работы приняли участие Г. И. Ермикова, А. А. Нестеров, А. А. Запорожченко, Э. Л. Якименко.

Глава 1

**ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ
КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ****§ 1. Предыстория**

Первые геологические карты, на которых изображались условными знаками тела горных пород и минералов, составлены во второй половине XVIII в. во Франции и Англии. В России появление первых геологических карт относится к середине XIX в. Очевидно, планы рудников и месторождений полезных ископаемых появились намного раньше. Однако геологические карты в современном их понимании, основанные на прослеживании слоев на местности с попытками расчленения и корреляции их по палеонтологическим признакам, следует связывать с именами В. Смита и Ж. Кювье. В России систематические работы по геологической съемке горных округов на основе биостратиграфии проводил Д. И. Соколов. Важным вкладом в становление геологической картографии явились исследования по горной геометрии, осуществленные у нас в стране еще в 30-е годы прошлого века [Апродов, 1952].

Для возникновения и становления геологической картографии большую роль сыграла топография, поскольку составление тематических геологических карт в существенной мере регламентируется надежной топографической основой. Учрежденное в России в 1797 г. Депо карт с обязанностями «полного государственного архива всех планов и карт» занималось составлением и изданием новых карт и атласов. Так, в 1801—1804 гг. появилась первая государственная 100-листная карта Российской империи в масштабе 20 верст в дюйме (1 : 840 000). Учреждение в 1822 г. Корпуса военных топографов еще более стимулировало картографические работы. Особое значение имело создание 500-листной трехверстной карты Европейской России и Специальной десятиверстной (масштаб 1 : 420 000) карты Европейской России на 152 листах. Последняя послужила основой десятиверстной геологической карты Европейской России. Она переиздавалась вплоть до 30-х годов нашего столетия и использовалась при составлении Гипсометрической карты европейской части СССР масштаба 1 : 1 500 000.

В истории геологического картирования и картографии намечается несколько этапов, обособляющихся по характеру съемочных работ.

§ 2. Геолком

Первый этап связан с деятельностью Геологического комитета. Он охватывает весь дореволюционный период развития геологической картографии вплоть до 1918 г.

Еще до создания Геологического комитета (1882 г.) подготовлен целый ряд геологических карт, имевших большое значение. Среди них должна быть названа «Генеральная карта горных формаций Европейской России», опубликованная Г. П. Гельмерсеном в 1841 г. в «Горном журнале» (масштаб карты 60 верст в дюйме). В 1845 г. Р. Мурчисон издал в Англии обзорную геологическую карту Европейской России (масштаб 140 верст в дюйме), а в 1846 г. она была переиздана на русском языке. Велико значение для развития геологической картографии работ Н. Барбот-де-Марни, специально изучавшего вопросы построения геологических разрезов и геометрии при проведении на картах геологических границ. Им же поставлены вопросы о снятии с геологических карт наносов, что стимулировало исследование еще слабо изученных геологических систем, а также об отражении на картах тектонических структур.

Хорошей базой для развертывания Геологическим комитетом геолого-съемочных работ послужили проведенные в России во второй половине XIX в. выдающиеся исследования в области стратиграфии, литологии, петрографии, исторической геологии. Следует упомянуть исследования Н. А. Головкинского в Казанской и Вятской губерниях, приведшие к установлению различия между трансгрессивным и регрессивным залеганием пород и миграции фаций при движении береговых линий. Закономерностям колебаний земной коры на примере Русской платформы посвящены работы А. П. Карпинского, оказавшие существенное влияние на методику геолого-съемочных работ и составление палеогеографических карт.

Съемка и составление геологической карты были начаты комитетом в европейской части России в масштабе 1 : 420 000 на основе десятиверстной топографической карты Европейской России. Согласно проекту Геолкома, территория Европейской России была разделена на 170 листов, площадь каждого из них составляла около 55 000 км². Первое описание листа десятиверстной геологической карты дано С. Н. Никитиным в 1884 г. для 56-го ее листа.

Незадолго до создания Геологического комитета на первых сессиях Международного геологического конгресса поставлены очень актуальные для практической и теоретической геологии вопросы унификации геологической и палеонтологической терминологии и условных обозначений к картам. Конгресс принял (1881 г.)

предложение Русского комитета об утверждении группы, системы, отдела и яруса в качестве основных стратиграфических подразделений и предложение А. П. Карпинского об их обозначении на геологических картах. Принятые предложения имели большое значение для дальнейшего развития геолого-съемочных работ.

В связи с ростом горно-добывающей промышленности, строительством железных дорог геологические съемки получили мощный импульс в развитии. В 1892 г. Геолком издал 60-верстную (1 : 2 520 000) геологическую карту Европейской России, второе издание которой — дополненное и уточненное — вышло из печати в 1915 г. В таком же масштабе составлена и карта полезных ископаемых. Значительно слабее исследована и закартирована азиатская часть России, северная часть которой изучалась лишь маршрутным способом. В 1914 г. опубликована геологическая карта юга Российской Азии, до 60-й параллели в масштабе 100 верст в дюйме (1 : 4 200 000).

В 1886 г. И. В. Мушкетовым и Г. Д. Романовским составлена первая геологическая карта Туркестана в масштабе 30 верст в дюйме (1 : 1 260 000). Г. В. Абих составил в 1887 г. сводную геологическую карту Армении, а А. П. Карпинский опубликовал геологическую карту западного склона Урала.

Большие геолого-съемочные работы проводились в связи со строительством железных дорог. И. Д. Черский в 1886 г. произвел съемочные работы по трассе Екатеринбург — Иркутск и издал геологическую карту береговой полосы оз. Байкал. Постройка Сибирской железной дороги потребовала широкого картирования Сибири в одно- и двухверстном масштабе, в котором принимал активное участие В. А. Обручев. Велась геологическая съемка и вдоль строившихся Амурской, Закаспийской и Оренбургско-Ташкентской железных дорог.

Геологическим комитетом было предпринято и детальное геологическое картирование промышленных и горно-рудных районов. Эта работа, начатая в 1882 г., проводилась под руководством Л. И. Лутугина и П. И. Степанова, впервые применивших метод прослеживания маркирующих пластов на местности и инструментального нанесения их на планшеты. Кроме того, была проведена большая работа по точному определению места маркирующих горизонтов, в качестве которых рассматривались пласты угля, известняка и песчаника в стратиграфической колонке. Следует отметить, что качество картирования было очень высоким, и эти карты не потеряли своего значения в наше время.

В 90-х годах XIX в. и в первое десятилетие XX в. было предпринято составление геологических карт в масштабе 1 : 42 000 и 1 : 21 000 Криворожского железорудного района и железорудных районов Южного Урала. К этому же периоду относится детальное геологическое картирование нефтеносных площадей Кавказа. В 1904 г. Д. В. Голубятниковым был издан атлас карт нефтеносных площадей Апшеронского полуострова. Позже были начаты

исследования нефтяных месторождений Грозного, Челекена, Ферганы, Эмбы, Ухты. Детальными съемочными работами, проводимыми под руководством Геологического комитета, были охвачены некоторые платино-, золото- и угленосные районы Урала и Сибири. Составлены детальные (1 : 42 000) геологические карты окрестностей Москвы и Петербурга. Проводились работы по обобщению и унификации тектонической номенклатуры, имевшие большое значение для детального геологического картирования.

Важной вехой данного этапа развития геологической картографии явилась Седьмая сессия Международного геологического конгресса, состоявшаяся в Петербурге под председательством А. П. Карпинского. На ней были продемонстрированы крупные успехи русской геокартографии. К сессии была издана обзорная геологическая карта Европейской России в масштабе 1 : 6 300 000. Ф. Н. Чернышов на сессии конгресса, подводя итоги пятнадцатилетней деятельности Геологического комитета, отмечал, что русская геология выступила на конгрессе как равная с западноевропейской и американской.

В 1912 г. был составлен «План работ Геологического комитета на десятилетие 1912—1922 гг.», в котором предусматривалось планомерное геологическое изучение как европейской, так и азиатской частей России, причем главное внимание уделялось слабоизученной азиатской части. Для северной части Российской Азии предполагались лишь маршрутные исследования с целью составления обзорной карты в масштабе 1 : 4 200 000. Для южной же части было произведено районирование по геологическому строению с выделением пяти основных областей и планировалось составление геологической карты в масштабе 1 : 420 000.

Геологический комитет, несмотря на свою малочисленность, оставил глубокий след в истории геологии, в частности в развитии геологической картографии. Особое значение имели методологические, методические и организационные принципы картографирования, многие из которых были реализованы в советский период.

Несмотря на усилия, предпринятые Геологическим комитетом, общая геологическая изученность страны в дореволюционный период характеризовалась большим количеством белых пятен, неравномерностью. В результате работы Геолкома на 1.1.1918 г. геологической съемкой всех масштабов было покрыто 30,3% общей площади России. Геологическая карта в масштабе 10 верст в дюйме была составлена лишь для 10% общей территории России. Более детальной съемкой, отвечающей масштабу 1 : 210 000 и крупнее, было освещено около 2,4% территории, а в масштабе 1 : 84 000 и детальнее — всего 0,2%. Следовательно, более 70% всей территории, в особенности обширные пространства восточнее Урала, оставались совершенно не изученными. Такое положение в целом объяснялось недооценкой царским правительством геологических работ, когда Россия тратила на них в 62 раза меньше ассигнова-

ний, чем Канада, в 20 раз меньше, чем США, в 8 раз меньше, чем англичане в Индии.

В советское время социалистическая система хозяйствования позволила претворить в жизнь и значительно развить такие принципы геологических исследований, открытые еще на этапе работы Геологического комитета, как плановость, систематичность нарастания детальности работ, сочетание науки и практики, а также придала им целеустремленную направленность и быстрые темпы развития.

§ 3. Геолкарта 1 : 1 000 000

Второй этап развития геологической картографии в нашей стране охватывает период с 1918 по 1947 г., когда произошли качественные изменения в организации геологической службы и в реализации ею картографического обеспечения народного хозяйства. Именно в советское время геологическая съемка стала рассматриваться как первый этап и основное звено в комплексе работ по геологическому изучению страны и выявлению ее минеральных ресурсов. В условиях планового хозяйствования было уделено должное внимание составлению сводных картографических материалов, в значительной степени выступающих как необходимый базис для организации планирования развития народного хозяйства. Определяющим в этот этап явилось решение о составлении карт масштаба 1 : 1 000 000, поэтому этот этап условно можно назвать «Геолкарта — 1 000 000».

Уже в первые годы советской власти были значительно расширены штаты Геологического комитета и в 1,5—2 раза увеличены объемы его работ. Кроме того, геологическим картографированием стали заниматься возникшие в это время территориальные отделения Геолкома — Московское, Среднеазиатское, Дальневосточное и др. В целом в это время продолжали осуществляться планы Геолкома, составленные на предыдущем этапе: геологическое картирование в масштабе 10 верст в дюйме наряду с европейской частью страны и Уралом стало охватывать и районы Сибири и Дальнего Востока. Вместе с тем была начата систематическая геологическая съемка территории страны в масштабах 1 : 210 000 и 1 : 120 000, охватившая значительные площади на Украине, Урале и в Средней Азии. Последовательно увеличивались объемы детальной съемки в масштабе 1 : 42 000 в горно-промышленных районах. В результате уже к 1929 г. произошли существенные сдвиги: общая заснятость территории СССР достигла 18%, в том числе в масштабе 1 : 200 000 — 1,1% и в более детальных масштабах — 1%.

В 1922 г. Геолком выпустил второе издание стоверстной геологической карты азиатской части СССР и обзорную геологическую карту этой же территории в масштабе 250 верст в дюйме (1 : 10 500 000), а в 1925 г. — в масштабе 100 верст в дюйме (1 :

: 4 200 000). Эти издания отразили новые данные по геологической изученности и достижения стратиграфии, тектоники, литологии и других. На них, например, для всех систем выделены континентальные и морские отложения. Впервые отчетливо определены основные особенности геологического строения обширной территории, хотя многие районы были отображены схематично и существовало немало белых пятен. В 1926 г. переиздана, с учетом новых данных, геологическая карта европейской части СССР в масштабе 1 : 6 300 000, в содержательном плане качественно отличавшаяся от предыдущих изданий.

Существенной чертой картографирования на этом этапе является более тесная связь его с решением практических задач, стоявших тогда перед народным хозяйством. В связи с решением топливной проблемы большое внимание было обращено на геологическую съемку угольных бассейнов. Началась обработка материалов геологических съемок Донбасса, проведенных под руководством Л. И. Лутугина и имевших большое практическое и научное значение. Была развернута съемка в Кузбассе, в Якутии и других угольных районах.

Широкий фронт геолого-съемочных и картографических работ потребовал научного решения многих вопросов стратиграфии, тектоники, петрологии, учения о полезных ископаемых и специального обобщения методики картирования и картографирования. Последняя задача решалась в первых руководствах по геокартированию В. Н. Вебера [1923 г.] и В. А. Обручева [1927 г.].

В 20-е годы большое внимание начало уделяться картированию четвертичных отложений. Составление карты четвертичных отложений стало рассматриваться как обязательное при геологической съемке наряду с геологической картой. Были разработаны первые проекты условных обозначений для карт четвертичных отложений и принципы составления таких карт. В 1932 г. на Второй международной конференции по изучению четвертичного периода Европы (Ленинград) была показана только что изданная карта четвертичных отложений европейской части СССР и сопредельных с ней районов в масштабе 1 : 2 500 000 (редактор С. А. Яковлев). В основу составления этой карты положен генетический принцип подразделения четвертичных отложений, в соответствии с которым выделено 15 разновидностей четвертичных отложений вместо четырех, выделявшихся на подобных картах ранее.

Понимание геологического картирования как необходимейшего этапа геологического изучения территорий и рассмотрение его в тесной связи со всем комплексом геолого-разведочных работ уже в годы довоенных пятилеток привели к существенному росту объемов геологической съемки. Большое значение имело также то, что этими работами начали заниматься многочисленные территориальные организации геологической службы СССР, организации Академии наук СССР, вузов и других ведомств. Объем работ по

геологической съемке уже в первую пятилетку возрос почти в 5 раз и в дальнейшем увеличивался еще более высокими темпами, особенно за счет районов Сибири, Дальнего Востока, Казахстана, Средней Азии. В результате уже к двадцатилетию Советской власти были составлены геологические карты разных масштабов для 44,8% всей территории СССР, в том числе в среднем масштабе для 8,9% и в более крупных масштабах для 4,3% всей площади. К 1945 г. была заснята площадь около 14 млн. км², или 66% территории Советского Союза, в том числе в масштабе 1 : 200 000 и крупнее — 23,1% площади СССР (без Арктики). Быстрыми темпами шло картирование горно-рудных районов. Урал был покрыт среднемасштабной съемкой на 60% (против 12% на начало 1918 г.), Кавказ — на 45 (против 19), Алтай на 47, Забайкалье — на 30%.

С 1933 г. начинается систематическое составление обзорных геологических карт для регионов СССР. В том же году было издано более тридцати таких карт, в том числе карты Кольского полуострова и Карелии, Казахстана. В 1934 г. были составлены геолого-петрологическая карта Армянской ССР, геологические карты Киргизской ССР, Западного Саяна и мн. др. В 1936 г. появилась обзорная геологическая карта Украины в масштабе 1 : 1 500 000.

Важной вехой в развитии геологии в СССР явился 1937 год. В этом году принято постановление Правительства о сосредоточении в Главном геологическом управлении НКТП СССР всех геолого-съемочных работ и о выполнении их по единым требованиям и плану. Унификация требований к картографическим материалам к этому времени стала весьма актуальной, особенно в условиях ведения съемки большими коллективами. С упомянутым постановлением связано создание и внедрение первых обязательных инструктивных и методических работ, в частности в 1938 г. издана инструкция по комплексной геологической съемке.

Крупным событием было проведение в Советском Союзе XVII сессии Международного геологического конгресса, на которой была продемонстрирована целая серия новых карт. Успехи советского геологического картографирования прежде всего нашли свое отражение в изданной к сессии конгресса под редакцией Д. В. Наливкина геологической карте всей территории страны в масштабе 1 : 5 000 000. Впервые была создана картографическая сводка геологической изученности для площади, равной одной шестой земного шара, хотя и с некоторыми проблемами на Северо-Востоке страны. Вышла из печати в новом издании геологическая карта европейской части в масштабе 1 : 2 500 000, карта арктических районов СССР в том же масштабе. Составлена геологическая карта Дальневосточного края в масштабе 1 : 1 500 000. Была составлена и подготовлена к печати серия региональных геологических карт и карт полезных ископаемых: в масштабах 1 : 5 000 000 — Якутской АССР, Западно-Сибирской низменности, Дальневосточного края; 1 : 2 500 000 — Западной

Сибири (исключая горную часть) и Восточной Сибири; 1 : 2 000 000 — Северного края; 1 : 1 500 000 — Таджикской ССР, Узбекской ССР, Западного и Восточного Казахстана, Большого Донбасса. Зарубежные участники сессии Международного геологического конгресса были поражены размахом и темпами геологической съемки в СССР. Достигнутые успехи позволили перейти к составлению крупного обобщающего труда — Геологической карты Советского Союза в масштабе 1 : 2 500 000 на 32 листах, изданной в 1940 г. под редакцией Д. В. Наливкина.

Новый стимул геокартография получила в связи с организацией в 1939 г. Комитета по делам геологии. По инициативе А. П. Герасимова было начато составление геологической карты СССР с обязательными объяснительными записками, а также систематическое составление и издание других тематических геологических карт. Огромные материалы по полезным ископаемым представлялись в виде специальных карт и карт прогнозов по отдельным металлам и другим полезным ископаемым. В 1941 г. была издана Обзорная карта прогноза углей в СССР в масштабе 1 : 5 000 000 (редактор А. К. Матвеев).

В период Великой Отечественной войны региональное картографирование резко свернуто, главное внимание геологической службы страны было направлено на обеспечение промышленности стратегическим сырьем. Геологическая съемка мелкого и среднего масштаба велась в весьма ограниченных объемах, преимущественно в перспективных районах Сибири, Казахстана, Дальнего Востока и Северо-Востока страны. Большое значение приобрела детальная съемка в горно-промышленных районах Урала, Казахстана, Дальнего Востока. Получило развитие инженерно-геологическое картографирование для обеспечения нужд фронта.

Уже в первой послевоенной пятилетке работы по геокартированию стали осуществляться во все нарастающих темпах и в больших объемах. Послевоенным пятилетним планом предусмотрено геологическое картирование на общей площади в 3 000 000 км², из них в масштабе 1 : 200 000 — на площади 1 300 000 км², в масштабе 1 : 50 000 — на 100 000 км². В 1946 г. во ВСЕГЕИ составлена Геологическая карта европейской части СССР в масштабе 1 : 1 500 000 (редактор И. И. Горский), хотя первоначально предполагалось издать ее в масштабе 1 : 2 500 000, но геологическая изученность территории потребовала более крупного масштаба. На ней были показаны стратиграфические подразделения до отделов включительно с указанием литологической характеристики пород; дробно расчленены интрузивные породы по кислотности и возрасту; осадочные породы разделены на морские, континентальные, лагунные и смешанные; показан различный характер геологических границ и отражена тектоническая структура районов; нанесены важнейшие месторождения полезных ископаемых. По своему характеру данная карта пред-

ставляла собой качественно новый уровень геологического картирования.

Уже в первые послевоенные годы вся территория страны была заснята в различных масштабах, ликвидированы последние «белые пятна» в геологической изученности. Картирование в средних масштабах и детальное превысило 40%. Крупномасштабная съемка важнейших в народнохозяйственном отношении регионов сменила среднемасштабную. В эти же годы наметился переход к комплексным геолого-съемочным работам, все более тесно связанным с решением практических задач и с применением новых методов изучения региональной геологии. Для повышения эффективности региональных геологических исследований и принципов картирования большое значение имело широкое внедрение аэрометодов, геофизических и геохимических методов. Принципиальным поворотом явилось также изучение закрытых территорий. Составление карт различных геологических горизонтов означало новый мощный импульс для развития тематического геологического картирования. Однако широкое развитие этих исследований следует связывать уже со следующим этапом геологической картографии.

§ 4. Геолкарта 1 : 200 000

Третий этап развития геологической картографии в нашей стране начался в 1954 г. в связи с продолжением работ по геологической съемке. Были в краткие сроки проведены работы по завершению составления и издания Государственной геологической карты СССР масштаба 1 : 1 000 000. Но главное значение этого этапа было связано с коренным поворотом к развитию геологической съемки масштаба 1 : 200 000, резкому улучшению ее качества и к изданию геологических карт этого масштаба. Поэтому этот этап условно можно назвать «Геолкарта 1 : 200 000». Наследник Геологического комитета — ВСЕГЕИ — был определен как головной институт Министерства геологии по региональным исследованиям, и в нем учрежден Научно-редакционный совет по геологическому картированию, на который был возложен контроль за качеством геологических карт.

Были изданы инструкции по организации и проведению геолого-съемочных работ в масштабе 1 : 200 000 (1955 г.) и 1 : 50 000 (1956 г.), а также инструкции по подготовке и изданию геологической карты масштаба 1 : 200 000 (1965 г.) и 1 : 50 000 (1962 г.). Эти инструкции имели важное значение для развития и разработки принципиальных вопросов геологической съемки в среднем масштабе. Ими были унифицированы требования и кондиции геологических карт и карт полезных ископаемых, введены единые условные знаки и правила применения обозначений, разработаны

штриховые и цветные условные обозначения для карт полезных ископаемых.

В 50-е годы были опубликованы вторые, существенно дополненные и скорректированные, издания геологических карт СССР масштаба 1 : 5 000 000 (1955 г.) и 1 : 2 500 000 (1956 г.) с несравненно более сложной нагрузкой. На этих картах впервые показаны главнейшие тектонические разрывы, изолиниями изображен рельеф кристаллического фундамента Русской платформы и складчатого основания Западно-Сибирской низменности. В масштабе 1 : 1 500 000 подготовлены и изданы геологические карты европейской части СССР, Урала и Кавказа (И. И. Горский, Л. С. Либрович, Б. К. Лихарев, А. П. Марковский, В. П. Ренгартен), Сибирской платформы (Т. Н. Спикарский). В эти годы созданы геологические карты в масштабе 1 : 500 000 для многих горно-промышленных районов и крупных геологических регионов страны. Важной тенденцией на этом этапе стало всемерное расширение содержания общегеологических карт.

Рост геологической изученности страны и быстрое накопление фактического материала определили другую важнейшую тенденцию этого этапа развития геокартографии — составление специальных геологических карт разного содержания: сводных и серийных карт четвертичных отложений, геоморфологических, литолого-фациальных, палеогеографических, тектонических, геохимических, металлогенических, прогнозных и др. В эти годы идет постоянная работа в области методики составления специализированных геологических карт, уточняются принципы и методы составления карт четвертичных отложений и полезных ископаемых, разрабатываются принципы составления карт нового типа — палеотектонических, металлогенических, геохимических и др.

В результате разработки способов графического изображения и повышения уровня геологической изученности на карте четвертичных отложений европейской части СССР и сопредельных с ней территорий в масштабе 1 : 2 500 000 (1950 г.) впервые показаны возраст отложений, генезис, состав образований, некоторые геоморфологические элементы, полезные ископаемые. Еще более совершенны более поздние геоморфологические карты: Сибирской платформы в масштабе 1 : 1 500 000 (1959 г., редактор И. И. Краснов), Приамурья и смежных территорий в масштабе 1 : 1 500 000 (1959 г., редактор Ю. Ф. Чемяков), Советской Арктики в масштабе 1 : 2 500 000 (1959 г., редактор С. А. Стрелков), наконец, геоморфологическая карта всей территории страны в масштабе 1 : 5 000 000 (1960 г., редактор И. И. Краснов).

Принципиальное значение имело создание тектонических карт, означавшее достижения как в области познания структурных особенностей территории страны, так и методических основ тектонического картирования больших, геологически сложно построенных территорий. В эти годы были изданы тектоническая карта территории СССР и сопредельных стран в масштабе 1 : 5 000 000 (1956 г., редактор Н. С. Шатский), тектонические карты: Сибир-

ской платформы и прилегающих частей складчатых систем в масштабе 1 : 1 500 000 (1958 г., редактор Т. Н. Спизарский); Хабаровского края и Амурской области в том же масштабе (1959 г., редактор Л. И. Красный); карта новейшей тектоники территории СССР в масштабе 1 : 5 000 000 (1969 г., редакторы Н. И. Николаев, С. С. Шульц).

В это же время были изданы атлас литолого-палеогеографических карт Русской платформы и ее геосинклинального обрамления (1961 г., редакторы А. П. Виноградов, В. Д. Наливкин, А. В. Ронов, В. Е. Хаин), металлогеническая карта всей территории страны в масштабе 1 : 5 000 000 (1963 г., редакторы В. Г. Грушевой, Г. С. Лабазин, А. И. Семенов, П. М. Татаринцев); обзорная карта угольных бассейнов и месторождений СССР в масштабе 1 : 5 000 000, составлены и изданы карты прогноза углей для ряда районов в более крупных масштабах, прогнозные карты на нефть и газ, неметаллические полезные ископаемые.

Для третьего этапа развития геологической картографии характерен комплексный подход к картографированию всей территории страны и отдельных регионов, при котором составляется целый ряд карт разного содержания. В 60-е годы был издан комплекс карт территории СССР в масштабе 1 : 5 000 000, включающий геологическую карту, карты четвертичных отложений, геоморфологическую, тектоническую, новейшей тектоники, гидрогеологическую, гидрохимическую, металлогеническую, ряд геофизических карт и карт прогноза. Затем создан аналогичный комплекс карт в масштабе 1 : 2 500 000. Такой проект, означающий принципиально новый подход в геологической картографии, впервые осуществлен в нашей стране и имеет большое значение для науки и практики, определяя перспективы развития картографирования.

В 60-е годы созданы такие значительные картографические материалы: геологическая карта СССР без покрова четвертичных отложений (масштаб 1 : 2 500 000, главный редактор Д. В. Наливкин); тектоническая карта СССР (масштаб 1 : 2 500 000, главный редактор Т. Н. Спизарский); атлас литолого-фациальных карт (масштаб 1 : 7 500 000, главный редактор В. Е. Хаин); тектоническая карта Евразии (масштаб 1 : 5 000 000, главный редактор А. Л. Яшпип); тектоническая карта Европы (масштаб 1 : 2 500 000, главный редактор А. А. Богданов); серия карт глубинного строения различных регионов; карты блоков земной коры, строения складчатого фундамента, регионального метаморфизма; серия прогнозных карт на полезные ископаемые, связанные с осадкообразованием, в особенности на уголь, нефть; металлогеническая карта (в масштабе 1 : 2 500 000, редакторы В. Г. Грушевой, Г. С. Лабазин, А. И. Семенов, П. М. Татаринцев, Е. Т. Шаталов) и мн. др.

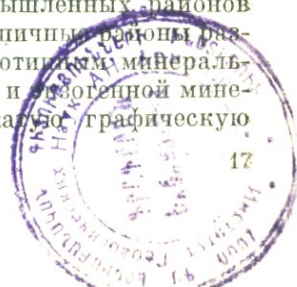
К концу 60-х годов геологическая изученность территории страны в мелком масштабе достигла 100%, в масштабе 1 : 200 000 — 70%, в масштабе 1 : 50 000 — 13%.

§ 5. Геолкарта 1 : 50 000

Четвертый этап развития геологической картографии, продолжающийся и в настоящее время, начался с 70-х годов в связи с окончанием геолого-съемочных работ масштаба 1 : 200 000 в важнейших народнохозяйственных районах. Основным видом геологической съемки территории СССР становится съемка масштаба 1 : 50 000—1 : 25 000, рассматриваемая как определенная стадия регионального геологического изучения, следующая за геологической съемкой масштаба 1 : 200 000 и предшествующая съемке масштаба 1 : 10 000. Поэтому этот этап можно условно назвать «Геолкарта 1 : 50 000».

Переход к систематическому картированию территории страны в крупном масштабе ознаменовался коренными изменениями в методах геологической съемки, связанными с развитием аэрофотосъемки, геофизических и геохимических методов съемок и поисков, коренными изменениями методов изучения вещественного состава горных пород и интерпретации полученных результатов. Выделение самостоятельных видов съемок — геоморфологической, гидрогеологической, геохимической, геофизической — привело к развитию специальных видов геологического картирования. Характерной чертой геологической съемки на этом этапе является увеличение глубинности исследования территории в процессе съемки благодаря широкому применению геофизических методов. Выражается эта тенденция не только в выходе геологических съемок на закрытые территории и в составлении, кроме геологических карт поверхности, карт со снятым покровом четвертичных или платформенных отложений, но и в стремлении создать карты глубинных горизонтов. Хотя такого рода карты начали делаться уже на предыдущем этапе, именно в последнее десятилетие они приобрели особое значение. Новой тенденцией являются также попытки перехода от плоскостных карт поверхности к объемным макетам, в которых геологические тела были бы показаны в трех измерениях в соответствующем масштабе. Методы объемного картографирования требуют разработки специальных картографических средств изображения, различного рода проекций.

Четвертый этап развития советского картографирования только начинается. Поэтому давать ему какую-либо развернутую характеристику не представляется возможным. Очевидно, что задачи, стоящие в настоящее время перед геологической картографией, принципиально отличаются от задач предыдущих этапов. Это объясняет и трудности, встретившиеся при организации изданий геологических карт масштаба 1 : 50 000 и систем их апробации. Особое значение приобретают вопросы издания. Обсуждается, например, проблема создания кадастра горно-промышленных районов страны, в котором нашли бы свое отражение типичные районы различных металлогенических провинций с разнотипным минеральным сырьем со всем разнообразием эндогенной и экзогенной минерализации. Цель этого издания — дать сжатую графическую



информацию об особенностях геологического строения и закономерностях размещения полезных ископаемых. В рамках этой программы предполагается для каждой отдельной трапеции создать от 3 до 9 специализированных карт, или примерно 25 000 карт на все горно-промышленные районы СССР. Грандиозность такой задачи вполне очевидна. Она требует выработки определенной картографической стратегии.

В связи с этим предлагается [Вознесенский, Добрецов, 1973] ограничиться лишь тремя картами: геологической, картой полезных ископаемых и картой закономерностей размещения полезных ископаемых. Вместе с тем набор основных карт и их содержание должны меняться соответственно типам районов проведения геолого-съёмочных работ. Предлагается совершенствовать геологическую карту и карту полезных ископаемых в основном путем повышения достоверности фиксации на них геологических объектов, а также разработать принципы составления карт прогнозов и размещения полезных ископаемых, которые пока разработаны недостаточно. Для каждого горно-промышленного района (рудного района, рудного узла, нефтегазоносной структуры) согласно данному проекту должен быть подготовлен атлас геологических карт, включающий листы трех указанных типов, в масштабе 1:50 000. В больших по площади и сложных по строению районах атлас будет включать 150—200 листов графики.

Кроме того, весьма актуально создание специфических гидро-геологических и инженерно-геологических карт для районов промышленного строительства и сельскохозяйственного освоения.

Нами приведен лишь краткий обзор истории геологической картографии, из которого видно, что и на современном этапе перед ней стоят задачи, успех решения которых зависит от многих причин, в том числе и от разработки в области методологии и теории геокартирования. При изложении истории картографической деятельности мы сконцентрировали внимание на основных этапах, характеризующихся изменением масштаба картирования. Но для понимания методологических и теоретических основ картографии более важно проследить развитие идей и принципов картирования.

Глава 2

ИСТОРИЯ ОСНОВНЫХ ИДЕЙ И ПРИНЦИПОВ

§ 1. Историзм и уникализм

Существует мнение, что всякая наука имеет свою специфику. Когда речь заходит о геологии, то всегда подчеркивается ее **и с т о р и з м**. Как и в других отраслях геологии, «исто-

ризм» в геокартировании остается до сих пор самым главным методологическим принципом. «Следовательно, когда мы занимаемся вопросами структуры Земли, то прежде всего мы должны подходить к ней с исторической точки зрения» [Тетяев, 1934, с. 5]. «Этот исторический момент является особенностью геологии, основой ее методики» [Бубнов, 1960, с. 22]. Э. Ог [1914, с. 3—4] назвал задачи восстановления истории геологических объектов «возвышенными». «Долгое время научные исследования ограничивались описанием последовательности наложений в данной области, указанием их литологических признаков и ископаемых, которые в них встречаются, и стратиграфия представляла только простой перечень слоев..., но мало-помалу задачи стратиграфической геологии делались более возвышенными — она стала стремиться к тому, чтобы восстановить физическое состояние земного шара в различные периоды его истории».

Действительно, выступая в роли основного методологического принципа, «историзм», вольно или невольно, определяет образ мышления геолога-съемщика и его научный язык, влияет на отбор фактов при наблюдении в поле и даже на организацию геологосъемочных и поисково-разведочных работ. Казалось бы, что в этих условиях должна существовать полная ясность в понимании принципа историзма. Но что такое «историзм» в геокартографии? Как вычитываются знания о прошлом района из геологической карты? Зачем они нужны? Если к этим вопросам добавить еще и вопрос о «генезисе» картируемых объектов, то актуальность их постановки становится очевидной.

Для ответа вновь обратимся к истории геокартографии. Историки единодушны во взглядах, и появление первой геологической карты, составленной на основе принципа историзма, связывают с именем В. Смита. В 1799 г. гидротехник-самоучка В. Смит, работая в качестве рядового инженера на строительстве Сомерсетширского канала в окрестностях г. Бата, составил геологическую карту и таблицу последовательности слоев. При этом он использовал открытое им свойство слоев содержать «ископаемые органического происхождения, характерные именно для них» [Леонов, 1973, с. 64].

Случилось так, что первая геологическая карта В. Смита не была опубликована (единственный экземпляр ее хранится в Лондонском геологическом обществе). Однако сразу же после составления геологической карты окрестностей г. Бата у В. Смита зарождается план проверки своего биостратиграфического принципа картирования на большей площади. Обстоятельства позволили это сделать, так как с 1799 г. В. Смит назначается инженером-консультантом по мелиоративным работам в различных районах Англии. В 1812 г. В. Смит составил Карту слоев Англии и Уэльса с частью Шотландии в масштабе 1 : 316 800 (5 миль в дюйме), а в 1815 г. она вышла в свет. Карта сопровождалась объяснитель-

ным «мемуаром», в котором наряду с первоначальной (1799 г.) дана расширенная и уточненная таблица последовательности слоев и заключенных в них ископаемых для всей Англии и Уэльса [Леонов, 1973]. В последующие годы В. Смит издает еще серию карт, но все эти работы не прибавляют существенно нового к биостратиграфическому принципу картирования, а лишь апробируют его. Интересно отметить, что к этому же принципу независимо от В. Смита пришли в 1808 г. Ж. Кювье и А. Броньяр во Франции. Начинается период активного освоения принципа в других странах, в том числе в России. Признание заслуг В. Смита пришло не сразу. Только через 32 года (11 января 1831 г.) ему присуждается Лондонским геологическим обществом первая Волластонская медаль, и он входит в историю как «отец английской геологии».

Следующим важным моментом в истории идей и принципов геокартирования является утверждение биостратиграфического принципа Международным геологическим конгрессом. Огромная заслуга в этом принадлежит русским геологам. Действительно, во второй половине XIX в. в России сформировалась одна из сильнейших геологических школ. Достаточно сказать, что в ее состав входили А. П. Карпинский, А. А. Иностранцев, В. И. Меллер, С. Н. Никитин, Ф. Н. Чернышов, Ф. Б. Шмидт, А. П. Павлов, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, В. И. Вернадский, Я. В. Самойлов. Эта блестящая плеяда геологов содействовала быстрому развитию геологии России и существенно повлияла на развитие геологии вообще. В этом можно убедиться на примере участия русских геологов в Международных геологических конгрессах (МГК). Уже на первой сессии МГК, состоявшейся 29 августа 1878 г. в Париже, было решено выработать унифицированную геологическую терминологию, особенно в картографии. В комиссию по унификации геологической терминологии от России вошел профессор А. А. Иностранцев, а в комиссию по унификации условных обозначений к геологическим картам — Г. П. Гельмерсон и В. И. Меллер. Члены комиссий должны были провести организационную работу и подготовить ко второй сессии МГК предложения. Был объявлен конкурс на лучшую работу по выработке условных знаков к геологическим картам и профилям, в которых до этого времени существовал значительный разнобой [Келлер, 1953]. Основательная подготовка, проведенная комиссиями, обеспечила успех Второй сессии МГК, которая состоялась в 1881 г. в Болонье. На ней удалось добиться принятия решений как по согласованию унификации геологической терминологии, так и по унификации условных обозначений к геологическим картам и профилям. Первостепенная роль в решении этих вопросов принадлежала делегации русских геологов, возглавлявшейся В. И. Меллером. При этом по самому существенному вопросу, касавшемуся схемы стратиграфических подразделений, прошло предложение Русского комитета. Этот комитет в составе А. А. Иностранцева (председатель), В. И. Меллера, А. П. Карпинского, Ф. Б. Шмидта, М. А. Антоновича,

И. В. Мушкетова и В. В. Докучаева (секретарь) предложил ввести известные сегодня каждому геологу-съемщику подразделения: группа, система, отдел, ярус [Келлер, 1953]. Стоит отметить, что конкуренция была большая. Семь делегаций разных стран выставили свои предложения, в той или иной степени отличавшиеся от предложения русских геологов. В частности, для наименования подразделений третьего порядка сначала был принят термин «серия», и только после аргументированной защиты В. И. Меллера в качестве синонима был утвержден термин «отдел». Получило на МГК одобрение и второе предложение русских геологов — по выработке единообразных обозначений к геологическим картам под председательством В. И. Меллера. Кроме того, в конкурсе по разработке условных обозначений принял участие молодой русский геолог А. П. Карпинский. Он не был на конгрессе, но присланная им статья «Об унификации графических изображений в геологии» получила вторую премию (первая была присуждена швейцарскому геологу А. Гейму). Любопытно, что предложения А. Гейма и А. П. Карпинского по раскраске мезозойской группы (триас — фиолетовый, юра — голубой, мел — зеленый) совпали. Принятая сейчас раскраска палеозойской группы более близка предложенной А. Геймом. Третичные отложения красят так, как предлагал А. П. Карпинский. Он же предложил штриховкой обозначать различные фациальные типы отложений [Карпинский, 1949]. Решения МГК о стандартизации картографической методики создали предпосылки для составления Международных геологических карт, в частности геологической карты Европы в масштабе 1 : 2 500 000.

Со времени ввода в геокартирование биостратиграфического принципа прошло более века, и он с честью испытал проверку временем; при этом оказался «работоспособным» в самых разных геологических условиях континентов, и, как сейчас выясняется, океанов тоже. Особенно плодотворное развитие он получил в результате деятельности сначала Геолкома, а в последнем десятилетии — Мингео СССР. Последнее издание Геологической карты СССР под редакцией Д. В. Наливкина (1980 г.) — яркое тому подтверждение.

Итак, краткий экскурс в историю науки показал, что «принцип историзма» в геокартировании имеет определенную дату возникновения (1799 г.), ясность в отношении автора открытия (В. Смит), четкую форму реализации (биостратиграфический метод) и, наконец, жизнестойкость (активное использование до сего времени).

Несколько сложнее обстоит дело с «принципом историзма» в тектоническом картировании. Появление новых тектонических систематик не всегда сопровождалось их графическим воплощением.

Для ответа на вопрос «с кого начать» обратимся к истории тектоники. Зарождение первой тектонической систематики обычно связывают с именами Д. Холла (1859 г.) и Д. Дэна (1873 г.). Первоначально принадлежит идея, а второму — заслуга в определении и вве-

дении термина «геосинклиналь» в язык геологов. Основу систематики Д. Холла и Д. Дэна составляет мысль о том, что большие мощности осадков, складчатость, морские фации, метаморфизм, магматизм и другие явления, наблюдаемые в горных системах вообще и в Аппалачах в частности, можно объяснить существованием когда-то на их месте глубоких («синклинальных») прогибов (по Д. Холлу), или «геосинклиналей» (по Д. Дэну), которые располагались по краям материков. Этим самым декларировалась связь между наблюдаемыми в настоящее время складчатыми системами и реконструируемыми на основе изучения их признаков (мощность, складчатость, метаморфизм, положение по отношению к океану) историческими объектами — «великими геосинклиналями» и их составными элементами — «геосинклиналями» и «геоантиклиналями». В этих рассуждениях нельзя не усмотреть «исторического подхода», но можно ли их возводить в ранг «принципа историзма» в тектонике и тем более в тектоническом картировании?

Еще в более явном виде исторический подход обнаруживается при знакомстве с систематикой Э. Зюсса (1875, 1883 гг.), после которого деление структурных элементов осадочной оболочки на платформенные и складчатые (геосинклинальные) прослеживается в разной форме у всех исследователей. Здесь исторический подход выразился в том, что «лик Земли» Э. Зюсс рассматривал как результат чрезвычайно сложных процессов, действовавших в течение всей жизни Земли и теперь еще продолжающих свою работу. «В физическом мире как и в жизни народов,— писал Э. Зюсс,— настоящее есть только поперечный разрез во времени, по одну сторону которого лежит будущее — нам неизвестное, а по другую — прошедшее, для нас весьма поучительное» (цитировано по Мушкетову, 1891, с. 601). Изучение прошедшего не только выясняет нам картину настоящую, но и, как считал Э. Зюсс, приводит к некоторым догадкам о будущем. Э. Зюсс блестяще осуществил исторический подход в своих работах «Происхождение Альп» и «Лик Земли». До и долгое время после него никто не осмеливался на столь обширный тектонический анализ. Поэтому понятны восторженные слова М. Бертрана, высказанные им в предисловии к французскому изданию «Лица Земли». «Создание науки, как и сотворение мира, требует более одного дня, но когда наши преемники напишут историю нашей науки, они скажут, я в этом уверен, что труд Зюсса отмечает в этой истории конец первого дня, когда появился свет» (цитировано по Обручеву, 1963, с. 292).

Провозгласив доктрину «историзма» и продемонстрировав ее на примере геологической истории Земли, Э. Зюсс, однако, не реализовал ее в форме метода тектонического картирования. В 1887 г. эта честь выпала на долю самого М. Бертрана. Многие геологи и до него обращали внимание на структурные несогласия в разрезах складчатых областей, но лишь М. Бертран придал им тот смысл, который заключается в понятии «в о з р а с т с к л а д ч а т о с -

ти». Тем самым были заложены основы метода тектонического картирования по «возрасту складчатости», возведенного впоследствии в особый принцип картирования. На схеме, предложенной М. Бертрамом, по этому методу выделялись гуронская (докембрийская), каледонская, герцинская и альпийская складчатые зоны. После рождения метода тектонического картирования по «возрасту складчатости» проходит достаточно много времени, прежде чем он находит широкое применение при составлении региональных тектонических карт. Но нельзя утверждать, что идея была предана забвению. В 1915 г. Ф. Н. Чернышев выделил в пределах Европы докембрийскую (гуронскую), девонскую (каледонскую), каменноугольную (арморикановерисийскую), альпийскую и динарскую складчатые области.

В 1924 г. была опубликована книга Г. Штилле «Основные вопросы сравнительной тектоники», которая получила широкую известность благодаря провозглашению «орогенического закона времени» и «канона орогенических фаз». В этой работе сделана попытка придать структурным несогласиям глобальный характер и доказать их одновременность. Качественно новый этап в практическом освоении метода тектонического картирования «по возрасту складчатости» наступает в 30-е годы и связан с именами А. Д. Архангельского, Н. С. Шатского, М. М. Тетяева и Д. В. Наливкина. Особенно значительна в этом отношении статья А. Д. Архангельского и Н. С. Шатского «Схема тектоники СССР», опубликованная в 1933 г. Новизна заключалась в том, что впервые на основе метода картирования по возрасту складчатости разработана легенда тектонической схемы СССР. При этом уточнено понятие «плита» (платформа) и выделены древние (докембрийские) и молодые (палеозойские) плиты. Районы с поверхностным залеганием докембрийских складчатостей названы «щитами», а с глубоким залеганием — «впадинами». Районы неглубокого залегания складчатого фундамента названы «выступами». Области мезозойских и кайнозойских складчатостей не вошли в состав «плит» и выделены в виде киммерийских, ларамийских складчатостей и альпийских геосинклинальных областей. При этом подчеркнута не только научная, но и практическая направленность исследований: тектоническое картирование рассматривалось как основа для выяснения закономерностей размещения полезных ископаемых. До А. Д. Архангельского и Н. С. Шатского такую важную практическую задачу никто перед собой не ставил. Отметим, что составленная схема преследовала, помимо всего прочего, удовлетворение учебных запросов, с которыми авторы столкнулись, читая курс «Геология СССР».

В этом же году попытку изобразить геологическую структуру территории СССР на основе принципа «возраста складчатости» предприняли М. М. Тетяев, составивший Классификационную карту складчатых зон масштаба 1 : 16 800 000 [1933], и Д. В. Наливкин, составивший Схематическую карту геологических районов СССР [1933]. Итак, четыре крупных геолога одновременно обра-

тились к тектоническому картированию территории СССР и, несмотря на расхождения в терминологии, показали приемлемость метода «возраста складчатости» при изучении структуры осадочной оболочки крупных регионов.

Идеи картирования по структурным несогласиям стали проникать даже в сферу среднемасштабных геолого-съемочных и поисковых работ. В 1936 г. вышла книга М. А. Усова «Фазы и циклы тектогенеза Западно-Сибирского края», в которой приведена стратиграфо-тектоническая колонка, составленная по несогласиям, с учетом биостратиграфических данных.

По достоинству оценивая вклад разных исследователей в тектоническую картографию, надо все же признать, что «...история тектонической картографии начинается с выхода замечательной работы А. Д. Архангельского и Н. С. Шатского «Схема тектоники СССР», которая на несколько десятилетий определила развитие тектонической картографии как в СССР, так и во всем мире» [Тектоника..., 1981, с. 98]. В 1937 г. на 17-й сессии МГК в Москве А. Д. Архангельский сделал доклад об основных чертах геологической структуры СССР, подводя итог исследований, выполненных за первые 20 лет существования Страны Советов. В 1941 г. в капитальной сводке «Геологическое строение и геологическая история СССР» А. Д. Архангельский внес в схему тектоники СССР ряд существенных уточнений, но, главное, создал первую тектоническую схему для всего земного шара, составленную по принципу выделения естественных тектонических областей в зависимости от «возраста складчатости». «Важно то, что А. Д. Архангельский блестяще скорректировал главнейшие тектонические эпохи на Земле и показал возможность эффективно использовать принцип „возраста складчатости“ для тектонического картирования всех континентов мира» [Тектоника..., 1981, с. 101].

Предвоенные годы истории тектонической картографии можно определить как время становления отечественной школы тектонистов, которая подготовила все необходимое для составления междunarодных тектонических карт на основе принципа «возраста главной складчатости». В годы Великой Отечественной войны работа вынужденно прерывается. После войны ее возглавил соратник А. Д. Архангельского Н. С. Шатский. Знаменательным в его деятельности явился 1953 г., когда была издана первая обзорная тектоническая карта СССР в масштабе 1 : 4 000 000 [Тектоническая карта..., 1953]. Н. С. Шатский не только руководил работой, но и непосредственно участвовал в ней, взяв на себя составление значительной части карты. Была разработана легенда карты, в которой разновозрастные складчатые области обозначались разным цветом. Главное внимание было уделено понятию «структурный ярус», которым обозначались крупные структурно-естественные комплексы платформенных и складчатых областей. Каждый из ярусов складывается определенной группой формаций и отделяется от выше- и нижележащих региональными несогласиями. Карта 1953 г. окончательно проложила путь к мас-

совому появлению тектонических карт, составленных по принципу возраста складчатости. Логическим продолжением ее была Тектоническая карта СССР и сопредельных стран масштаба 1 : 5 000 000, опубликованная в 1956 г. Помимо Н. С. Шатского, которому по-прежнему принадлежала главная роль в редактировании этой карты, большую работу, связанную с ее подготовкой, провел А. А. Богданов. Карта сопровождалась объяснительной запиской, которая с учебной целью была еще раз размножена в 1960 г. Саратовским государственным университетом. В этой записке вновь подчеркнуто, что принцип выделения областей, различающихся по возрасту складчатости, — естественный и объективный. Составление карты явилось средством развития тектонической теории. В частности, интересен теоретический тезис Н. С. Шатского о том, что каледонская, герцинская и альпийская эпохи складчатости являются стадиями единого процесса тектогенеза, с незавершенностью этого развития в каледонскую эпоху, расцветом геосинклинальных черт в герцинскую эпоху и с «убыванием геосинклинальности» — в альпийскую. О тихоокеанской кайнозойской складчатости высказано именно то, что она не завершена и представляет современную («живую») геосинклинальную область. В записке даны рекомендации к использованию карты в минерагенических целях. За эту работу Н. С. Шатский удостоен звания лауреата Ленинской премии. Тектоническая карта СССР 1956 г. издания демонстрировалась на 20-й сессии МГК в Мексике, после чего Конгрессом принято решение составлять по ее образцу и под руководством советских геологов Международную тектоническую карту мира. Для этого при Комиссии по геологической карте мира была организована Подкомиссия по тектонической карте мира, председателем которой избран Н. С. Шатский. Первым результатом деятельности Подкомиссии явилось издание в 1964 г. Международной тектонической карты Европы в масштабе 1 : 2 500 000. Тектоническая карта Европы выдержала два издания и была представлена на двух конгрессах: на 22-й сессии МГК в Нью-Дели в 1964 г. и на 24-й сессии МГК в 1973 г. Председателем редакционного комитета первой карты был Н. С. Шатский, второй — А. А. Богданов, а в 1971 г. — В. Е. Хаин. Вся составительская работа выполнена под руководством С. В. Черноок группой сотрудников Комиссии по международным тектоническим картам Отделения геологии, геофизики и геохимии АН СССР и МГУ. Одновременно подготовлены и объяснительные записки к этим картам [Тектоника..., 1976]. Два издания Международной тектонической карты, выполненные под руководством Н. С. Шатского, А. А. Богданова и В. Е. Хаина, закрепили приоритет отечественной тектонической картографии и показали возможность картирования по «возрасту складчатости» в пределах целых материков.

Через два года после выхода в свет первого издания Тектонической карты Европы появляется Тектоническая карта Евразии. Задача по составлению этой карты сформулирована Н. С. Шат-

ским сразу же после издания Тектонической карты СССР. Работа заняла 9 лет — с 1958 по 1966 г. Ею руководила редакционная коллегия в составе А. Л. Янина (главный редактор), Ю. М. Пуцаровского (зам. главного редактора), Н. С. Зайцева, М. В. Муратова, А. В. Пейве, Г. Б. Удинцова и Н. П. Хераскова. Значительный вклад в работу, особенно в подготовку монографии «Тектоника Евразии» [1966], внес Р. Г. Гарецкий. В 1969 г. всем этим исследователям за карту и монографию присуждена Государственная премия СССР. Идейно карта продолжает цикл работ, начатых А. Д. Архангельским и Н. С. Шатским, и представляет вершину творчества советских тектонистов в отношении картирования земной коры по возрасту главной складчатости. Эту карту отличает не только высокий уровень развития картографических идей школы Архангельского — Шатского, но и попытка проверки идей на океанических областях. В результате составления карты получены новые данные в области региональной и общей тектоники. В частности, сделаны выводы об отсутствии планетарных эпох тектогенеза, определяющей роли вертикальных движений, различиях тектонической истории Атлантического и Тихоокеанского сегментов земной коры и другие. Интересно отметить, что в выводе мобилистического характера пока отсутствовали.

Как при составлении Тектонической карты Европы, так и при составлении Тектонической карты Евразии наметилась тенденция включать в сферу тектонического картирования не только континенты, но и океаны. Особенно четко она проявилась при составлении Тектонической карты Тихоокеанского сегмента Земли (1970 г.) в масштабе 1 : 10 000 000 под редакцией Ю. М. Пуцаровского и Г. Б. Удинцова. Составленная на тех же принципах, что и Тектоническая карта Евразии, она представляет собой первую попытку картографического моделирования структуры дна Тихого океана.

Большой объем работ по тектонической картографии был выполнен в 60-е годы во ВСЕГЕИ [Спижарский, 1973]. При составлении тектонических карт СССР принцип «возраста складчатости» Т. Н. Спижарским был модернизирован и назван «методом структурного анализа». Модернизация выразилась в изображении на карте кроме геосинклиналей и платформы регионов «завершенной складчатости», «койлогенных и орогенных областей», «складчатых систем» и др. Для того чтобы понять «генезис» регионов и закономерности их изменения во времени, на этих картах отражены «тектонические режимы», их «стадии» и «этапы» и соответствующие им «возрастные подразделения». Несмотря на терминологические нововведения, ядро геосинклинальной теории, т. е. принцип «завершения геосинклинального развития», в методике структурного анализа Спижарского сохранился. Следовательно, составленные им карты мы вправе рассматривать как своеобразную форму реализации принципа «возраста складчатости».

Приведенных фактов из истории зарождения и развития принципа «возраста складчатости» достаточно, чтобы сделать следующие выводы.

1. Зарождение идеи тектонического картирования по «возрасту главной складчатости» связано, очевидно, с именем М. Бертрапа.

2. В развитии этой идеи и в практическом ее осуществлении огромная роль принадлежит советским тектонистам, в частности А. И. Архангельскому, Н. С. Шатскому, А. А. Богданову и их последователям Н. П. Хераскову, М. В. Муратову, В. Е. Хаину, А. И. Яншину, Ю. М. Пушаровскому и др.

3. Идея тектонического картирования по «возрасту главной складчатости» сохраняет свою жизнестойкость до сего времени, и недавнее издание на ее основе Тектонической карты мира — яркое тому подтверждение.

После рассмотрения отдельных линий развития идей и принципов геокартирования от его зарождения до настоящего времени возникает вопрос: каков их общий итог? Оказывается, как в геологической, так и в тектонической картографии принцип историзма имеет вполне конкретные формы проявления. В геологической картографии он проявился в форме «биостратиграфического метода», а в тектонической — в форме «метода структурных несогласий» или «возраста складчатости». Но являются ли эти методы историко-геологическими в строгом смысле этого понятия? В рамках общей методологии геологических исследований однозначного ответа на этот вопрос нет [Никитин, 1966, 1970; Куражковская, Гордеев, 1967; Конторович, 1968; Куражковская, 1971; Назаров, 1972; Покровский, 1972; Воронин, Еганов, 1974; Девдариани, 1974], а в геологической картографии он специально не обсуждался.

Думается, уместно рассмотреть методологию познания прошлого геокартирования, а также уточнить значение и место исторических знаний в этой области научно-практической деятельности. Будем считать целесообразным восходящее еще к Э. Огу деление геологических задач на статические, динамические и исторические [Ог, 1914; Левинсон-Лессинг, 1923; Арган, 1935; Яковлев, 1948; Косыгин, Соловьев, 1969]. Возникают три вопроса. Что это за задачи? Как они решаются? И зачем? Ответы на них надо искать с позиций структурно-системных исследований [Косыгин, Соловьев, 1969]. В методологическом отношении представляет интерес возможность сравнивать геологические системы по времени существования и различать системы «настоящего» и «прошлого» (ретроспективные). Методология систем «настоящего» в принципе ясна. Выделяются системы — оригиналы и их модели. В моделях отражаются наиболее существенные характеристики оригинала. В случае статических систем (естественных геологических тел) к характеристике относятся состав и свойства, структура и форма тел, которые или не меняются во времени, или их изменения настолько незначительны, что ими легко пренебречь. Многие задачи, воз-

никающие в практике геокартирования, относятся к классу статических. С ними мы встречаемся, когда устанавливаем распределение фауны по разрезу, когда коррелируем разрезы и проводим границы, когда определяем форму геологических тел.

В случае динамических систем на первый план выдвигается изменение состояния оригинала в обозримом для наблюдателя промежутке времени. К ним относятся геологические процессы: современный вулканизм, колебательные движения суши и моря, землетрясения и др. В этом смысле можно говорить о динамической геологии и соответствующих ей классах задач. В моделях динамических систем отображаются наиболее существенные характеристики процессов. Правильно построенная модель позволяет предсказывать поведение системы во времени, что создает предпосылки для управления процессом или искусственного его воспроизведения. Особенностью статических и динамических моделей является их проверяемость на уровне наблюдений. Это позволяет осуществлять переходы от моделей к оригиналу и обратно и достигать максимальной адекватности отображения действительности.

Ретроспективные системы занимают особое место в геологии, так как исторические задачи считаются важнее статических. По существу, «принцип историзма» это и провозглашает. Метод познания прошлого называется ретросказанием. «К сожалению, ретросказание еще не стало объектом специальных работ ни в отечественной, ни в зарубежной логико-философской литературе» [Никитин, 1966, с. 34]. Поэтому должны быть понятны трудности геологов, связанные с попытками разобраться в методологии познания прошлого, в частности, с помощью геокартографирования.

Уточним исходные понятия. История — это возникновение, развитие и отмирание каких-то явлений. При таком определении история включает в себя и генезис (происхождение), и эволюцию (развитие), но только не в динамическом их понимании, когда «происхождение» и «развитие» оказываются частью наблюдаемых и экспериментально воспроизводимых процессов, а в историческом, когда «генезис» и «эволюция» восстанавливаются методом ретросказаний. В методологическом отношении ретроспективные системы принципиально отличаются от динамических, так как переход от модели к оригиналу с целью ее проверки для первых имеет свою специфику: они не даны нам на уровне наблюдений. Что же тогда позволяет конструировать ретроспективные модели и быть уверенными в их правильности? Для примера обратимся к геологической истории Буреинского массива, реконструируемой на основе тектонического картирования.

В ней намечаются следующие этапы развития: 1) прогеосинклинальный (архейский), 2) протогеосинклинальный (раннепротерозойский), 3) орогенный (рифейский), 4) платформенный (венд-раннекембрийский), 5) эпиплатформенный орогенный (палеозойско-мезозойский, со среднего кембрия до позднего мела), 6) платформенный (позднемеловой — кайнозойский), 7) эпиплатформен-

ный орогенный, или рифтогенный (четвертичный). Каждый из этих этапов характеризуется определенными событиями в жизни Буреинского массива. Так, в раннем протерозое консолидированное уже складчатое основание Китайской платформы было раздроблено, и вдоль зон глубинных разломов заложилась «зеленокаменные пояса», или прогибы, многоэпизодического типа. Этот этап завершился складчатостью и новой консолидацией массива. В рифейский этап в пределах массива существовали отдельные прогибы, в которых накапливались молассовые формации, в то время как большая часть массива представляла собой горную страну с вулканическими цепями. В венде и раннем кембрии формировался плитный комплекс (карбонатные, реже терригенные и кремнистые формации с железомарганцевыми рудами). В среднем кембрии отголоски байкальских складкообразующих движений деформировали орогенный комплекс и платформенный чехол в довольно простые складки (эта черта — последняя, которая роднит Буреинский массив с Китайской платформой; по-видимому, со среднего кембрия он отделился от платформы). В течение почти всего палеозоя и большей части мезозоя Буреинский массив выступает в качестве «срединного массива» Восточно-Азиатской геосинклинальной системы; по краям его, а временами и в центральных частях время от времени существовали неглубокие континентальные моря, в которых накапливались молассовые толщи; морская обстановка сменялась континентальной (Буреинский прогиб). В континентальных частях закладывались рифты, в пределах которых происходили массовые излияния кислых эффузивов. В раннем палеозое, позднем палеозое — триасе внедрение огромных масс гранитоидов спаяло Буреинский массив в огромный мегаплутон. Завершающая складчатость и орогенез в прилегающих геосинклинальных областях отразились в истории массива заложением новых крупных глубинных разломов, вдоль которых развивались вулканогенные и вулканические зоны. С позднего мела наступают «платформенные» условия, формируется Амуро-Зейская плита. Однако в конце неогена наблюдается новый этап рифтогенеза, сопровождаемый становлением платобазальтов.

В вычитанной из тектонической карты геологической истории Буреинского массива нам интересно, как была установлена последовательность событий и как реконструировались сами события. Для этого обратимся к изображению структуры Буреинского массива на тектонической карте. Это графическая модель статической системы, на которой изображены геологические тела и отношения между ними. Наиболее четко на карте видны отношения порядка (одно тело лежит «выше» или «ниже» другого, тело «сечет» или «пересекается» другим) и отношения эквивалентности («одинаковости» положения тел). В совокупности эти отношения образуют слоистую структуру. Такие структуры свойственны осадочной оболочке Земли, и Буреинский массив с присущими ему отношениями порядка и эквивалентности не является исключением. Если отобразить его слоистую структуру в виде стратиграфи-

ческой колонки, то получим последовательный ряд элементов, включающий снизу вверх: 1) прогеосинклинальный ярус, сложенный амурской и тастахской метаморфическими сериями и позд-неархейскими интрузивными образованиями; 2) геосинклинальный (протogeосинклинальный) ярус, сложенный зеленокаменно-измененными эффузивами и карбонатно-терригенными метаморфизованными образованиями нятыгранской и союзненской свит, интрузивными комплексами раннего протерозоя; 3) орогенный ярус, сложенный морскими молассами и кислыми вулканитами нижней половины хинганской и туранской серий; 4) плитный ярус, сложенный карбонатными и терригенными формациями верхней половины хинганской серии и синхронных ей свит Мельгинского прогиба; 5) эпиплатформенный орогенный ярус, сложенный морскими молассами девона, карбона, перми, триаса, юры, континентальными молассами верхней юры и нижнего мела, наземными эффузивами перми и мела, интрузивными комплексами (кивилейским — биробиджанским, суралинским — бирским, тирмо-бурейским, алтахтинским, харинским); 6) плитный ярус, сложенный песчано-глинистой угленосной формацией позднего мела — миоцен; 7) эпиплатформенный орогенный (рифтогенный) ярус, сложенный трапшовой формацией плиоцен — четвертичного возраста. Но отвечает ли эта последовательность тел в пространстве последовательности событий во времени? Можно ли извлечь из слоистой структуры информацию о времени и интерпретировать ее как историческую модель? Оказывается, что это возможно, если быть уверенным в осадочной природе слоев и справедливости принципа Стено — вышележащий пласт всегда моложе нижележащего в случае нормального залегания. Тогда, в силу изоморфизма слоистой и исторической структур, отношение «выше» или «ниже» можно интерпретировать соответственно как «позже» или «раньше», а отношение «эквивалентности» (одинаковости) — как отношение «одновозрастности». В случае Бурейского массива сомнений относительно осадочной природы его слоистой структуры не возникает, поэтому переход от настоящего (слоистой структуры) к прошлому (геологической истории) возможен. Следовательно, для построения исторической ретроспективной модели геологического объекта надо знать его слоистую структуру и извлекать из нее информацию об исторической последовательности событий на основе определенных аксиом (принципов). Свойством сохранять (консервировать) информацию о прошлом обладает довольно широкий класс объектов осадочной оболочки Земли, а ее извлечением занимается стратиграфия.

Итак, слоистые статические системы могут быть изоморфны историческим (ретроспективным), что позволяет при необходимости эти системы «переводить» на язык исторических, используя только специальную терминологию. Показателен в этом смысле пример со стратиграфической и геохронологической шкалами. В первой из них подразделения названы «группами», «системами», «отделами», «ярусами» (элементы статической системы), во вто-

рой — соответственно «эрами», «периодами», «эпохами», «веками» (исторические категории). Налицо «перевод» с языка статической геологии на язык исторической геологии, осуществленный на основе явления изоморфизма между слоистой структурой и ее ретроспективным эквивалентом.

Знание о слоистой структуре геологических тел — необходимое, но недостаточное условие для построения историко-геологической (ретроспективной) модели. Геологу-съемщику приходится реконструировать не только последовательность событий, но и сами события, т. е. геологические процессы, в результате которых образовались слоистые структуры. Некоторую информацию о них можно получить из сравнения результатов геологических процессов прошлого и настоящего, основываясь на простой аналогии. Вывод об одинаковом характере этих процессов будет правильным, если справедлив принцип актуализма: законы протекающих сейчас процессов инвариантны относительно фактора времени. Естественно, что достоверность зависит от того, насколько в глубь истории уходит реконструируемое событие.

Итак, для построения ретроспективных моделей помимо информации о последовательности событий, заключенной в слоистых системах (статических моделях), необходимо знание о процессах, заключенное в динамических моделях. При этом переход от настоящего к прошлому осуществляется с помощью логических средств — аксиом и принципов (принцип Стено, принцип актуализма Лайеля).

Изучая объекты, геолог-историк ставит перед собой вопросы о их происхождении или генезисе, так как пытается вскрыть причинно-следственные связи между элементами ретроспективной системы. Исторические системы, элементы которых связаны причинно-следственными отношениями, будем называть генетическими. Разновидностью последних являются, очевидно, эволюционные системы, в которых элементы связаны отношением «родства». Класс отношений исторических (ретроспективных) систем состоит, таким образом, из трех видов: отношений последовательности («раньше», «позже», «одновременно»), причинно-следственных отношений (явление «а» есть причина явлений «б»), отношений родства (явление «а» есть родитель явления «б»). Среди исторических систем имеются такие, которые представляют собой реконструкции кинематики геологического прошлого, а также такие, которые представляют реконструкции его динамики. Исследование первых называется *динахронным*, а вторых — *таутохронным* описанием [Андреев, 1967].

Для наглядности изобразим способ построения ретроспективных моделей в виде блок-схемы (рис. 1). Горизонтальная пунктирная линия символизирует условную границу «прошлого» и «настоящего». В пределах «настоящего» располагаются блок «динамики» и блок «статики». Блок динамики включает оригинал динамической системы O_d и ее модель D , блок статики — оригинал статической системы O_c и ее модель C . Линия со стрелками от ори-

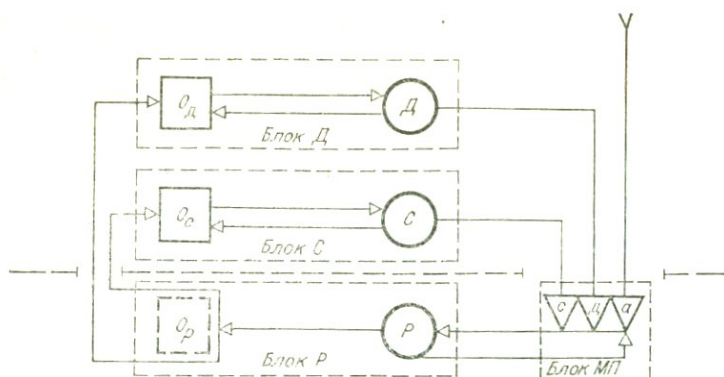


Рис. 1. Блок-схема соотношений статических, динамических и ретроспективных моделей. Пояснения см. в тексте.

тинала к модели и обратно обозначают возможность проверки и уточнения модели. В границе «прошлого» и «настоящего» оставлен «проход», символизирующий возможность проникновения в прошлое путем построения ретроспективных моделей P .

Необходимыми и достаточными условиями перехода от «настоящего» в «прошлое» являются: 1) наличие в статических моделях (геологических картах) слоистых структур, т. е. структур, характеризующихся отношениями порядка и эквивалентности; 2) существование таких динамических моделей (моделей процессов), результаты которых сопоставимы со статическими системами (геологическими телами), рассматриваемыми как результаты прошлых процессов; 3) набор соответствующих задачам логических средств и методов (аксиом, принципов). Эти три элемента, обозначенные на схеме соответственно c , d , a , образуют важный в методологическом отношении блок межвременного перехода (МП). Значение этого блока определяется тем, что к нему приходится обращаться всегда, когда возникает необходимость проверки достоверности исторической модели. Действительно, так как от ретроспективной модели P к ее оригиналу O_P непосредственный переход невозможен (оригинал «погружен» в прошлое, и сейчас его нет), то она проверяется либо своей внутренней непротиворечивостью (обращением к блоку межвременного перехода), либо непосредственным замыканием на статические и динамические системы (к геологическим телам и современным процессам или экспериментам). При этом желательно, чтобы факты, предсказанные исторической моделью, подтвердились бы в наблюдениях.

Из связей, изображенных на блок-схеме между статическими, динамическими и ретроспективными системами, следует, что ретроспективные модели выводятся из статических и динамических с использованием постулатов. Поэтому ретроспективные модели называют иногда «постулированными» [Конторович, 1968].

Несколько замечаний относительно корректности исторических задач в геологии. Корректность предполагает существование решения и его единственность. Всегда ли существуют решения исторической задачи? Очевидно, нет. Если будет нарушено хотя бы одно из условий межвременного перехода (с, д, а), то ретросказание обречено на неудачу. Например, в практике геолого-съемочных работ могут встретиться тела, которые хотя и обладают слоистой структурой, но не являются осадочными по своей природе и поэтому не могут заключать в себе информации о последовательности событий (расслоенные интрузии, расслоенные метаморфические комплексы или метаморфическая зональность). К вопросу о единственности решения лучше всего подойти с позиции представления об обратных задачах. Обратными считаются задачи, в которых по известному ответу требуется восстановить их условия. Пусть дано число 7. Что можно сказать о том, как оно получено? Если не наложить никаких ограничений на способы получения магического числа 7, то вариантов решения будет много. Число может быть получено сложением, вычитанием, умножением, делением и т. д. Количество вариантов уменьшается, если ограничения выразятся в том, что оно получено дифференцированием. В методологическом отношении исторические задачи сходны с обратными. На неоднозначность их решения указывают поистине бесконечные дискуссии о генезисе и истории почти всех геологических объектов — от изображенных на геологических картах складок и разрывов до складчатых поясов и глубинных разломов. Это и понятно. Даже человеческая история не восстанавливается полностью. «Еще хуже положение вещей в геологии, занимающейся главным образом такими процессами, при которых не присутствовали не только мы, но и вообще ни один человек. Поэтому добывание окончательных истин в последней инстанции здесь сопряжено с очень значительным трудом и результаты крайне скудны» [Марке К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 20, с. 89].

Отсюда следует, что ретроспективные модели в геологии стоит относить к гипотезам. По крайней мере ясно, что историческая наука (в том числе и историческая геология) в достоверности своих знаний уступает физико-математическим. «В математике трудно разобраться, нужна подготовка, но если поймешь, то ясно, что это именно так, а не иначе. Другое дело история — любое событие можно истолковать по-разному. Музу геометрии и астрономии Урапию художники изображали с циркулем, а музу истории Клио — с рукописью и пером» [Эренбург, 1967, с. 332].

Характеризуя ретроспективные системы, в качестве аналогии можно представить, что геолог-съемщик, пытающийся прочесть по карте историю района, должен, очевидно, обладать талантом Шерлока Холмса и, зная «сегодняшнее» состояние системы, т. е. «следы преступления», однозначно определять «вчерашнее» ее состояние. Достоверность геологических ретроспективных систем часто трудно, а иногда и просто невозможно оценить, хотя каждый надеется, что его модель истории и генезиса геологических

тел правительна. Возвращаясь к нашей аналогии, можно сказать, что достоверная ретроспективная система — это такая система, о которой мечтает каждый проводящий «следствие», но практика, к сожалению, далека от этого. Признание относительной достоверности ретроспективных моделей вовсе не умаляет их роли в науке. Опыт показывает, что накопленные человечеством знания составляют наиболее важную часть тех ценностей, которые им когда-либо были созданы. Нет сомнения, что исторические знания относятся к этой же части. Но надо осознавать конкретные аспекты приложения этих знаний на практике.

Думается, что самая главная функция, которую выполняют исторические модели наряду с другими, — объяснение. Мировоззренческая роль историко-геологических моделей общеизвестна, поэтому неугасаемый интерес геологов к ним понятен.

Можно представить себе и другой аспект приложения исторических знаний — предсказание. В этой роли ретроспективные модели могут выступать тогда, когда ставится задача экстраполяции поведения геологических систем в будущем. Если известно состояние системы только в данный момент времени и неизвестен закон, по которому происходит процесс, то предсказать, что будет с системой в дальнейшем, нельзя. Необходимо знание состояний системы в прошлом. Тогда на основе вскрытых исторических закономерностей можно дать прогноз на будущее и предсказать, скажем, судьбу конкретных структур осадочной оболочки.

Такой прогноз был сделан для рифтовых структур Прибайкалья и Забайкалья, на месте которых в будущем предполагается образование плитных комплексов и превращение области в платформенную через 5—10 млн. лет, но точность прогноза будет тогда ± 1 — 2 млн. лет [Соловьев, 1968]. С учетом времени существования истории человечества такой прогноз вряд ли кого устроит, но в мировоззренческом плане он заслуживает внимания.

Помимо объяснительной и предсказательной функций, выполняемых ретроспективными моделями, почти всегда упоминаются их практические функции (для поисков и разведки полезных ископаемых). Но в последнее время возникают сомнения в оптимальности поисковых процедур, основанных на принципе историзма. «Нужно ли поэтому неформальные, часто алогичные, генетические теории использовать при решении задач геологии, имеющих прикладной характер? Трудно признать, что привлечение генетических представлений, всегда спорных, необходимо для построения прогнозно-металлогенических карт. Наверное, в настоящее время более удачным будет установление тех повторяющихся геологических ситуаций, в которых встречается данный вид полезного ископаемого, и перенесение этих часто эмпирических, но заведомо реально существующих закономерностей на прогнозируемые площади. Во всяком случае, такой метод более закономерен с формально-логической точки зрения и может быть алгоритмизирован. Это важный фактор потому, что появляются до-

полнительные возможности улучшить качество исследований» [Куклин, 1967, с. 4]. Сомнения в практическом значении ретроспективных моделей настолько выросли, что начали оформляться в самостоятельное «агенетическое» направление [Воронин, Египов, 1971, 1974].

Если отличать возможность от необходимости и целесообразности, то она давно подтверждена практикой геолого-поисковых работ. С методологических позиций возможность замыкания ретроспективных моделей на практику вытекает из приводимой нами схемы (см. рис. 1). При этом результативность их применения достигается не за счет «исторической» или «генетической» информации, а за счет информации, привнесенной из статических моделей, но представленной в особой форме, т. е. закодированной на языке истории. При замыкании ретроспективных моделей на практику выручают, конечно, пространственные закономерности, но представленные в особой «языковой оболочке». Форма маскирует «истинного виновника торжества», и создается иллюзия универсальной применимости принципа историзма. «Постулирование моделей генезиса объектов может оказаться полезным для понимания сущности геологических процессов прошлого, в частности условий накопления различных полезных ископаемых, геологической истории Земли и т. д. Однако такое постулирование моделей геологических процессов при формальном подходе ничего не дает для прогнозирования полезных ископаемых» [Конторович, 1968, с. 19].

Мы умышленно заострили внимание на некотором скептицизме в отношении универсальной приложимости принципа историзма. Сфера его действий должна, очевидно, определяться конкретными задачами, а так как геологические исследования многоплановы, их не стоит сводить к одному историческому направлению, как бы интересно и важно оно ни было. В особенности это касается геокартографии, в которой уже давно различают геологические и палеогеологические, тектонические и палеотектонические карты, т. е. различают статические и исторические задачи. Но, так как принцип историзма считается главным, статические задачи обычно рассматриваются только как вспомогательные. Такое отношение между «статикой» и «историей» неоправданно. Статическое (синхронное) и историческое (диахронное) — два самостоятельных и вполне равноправных направления исследований. Они символизируют как бы две координатные оси познания, на одной из которых «откладываются» знания о составе и структуре геологических тел, на другой — знания об их истории. В первом случае более действенным будет принцип структурализма, во-втором — принцип историзма. Думается, что в геокартографии необходимо учитывать это разграничение принципов.

С «историзмом» в геокартографии тесно переплетается другой принцип — «уникализм». Но если «историзм» провозглашается как руководящий принцип в явном виде и ему уделено достаточ-

ное внимание, то «уникализм» просто подразумевается как сопутствующий элемент исторической «идеологии». Суть его заключается в том, что в истории и эволюции Земли не происходит повторения явлений. Процесс развития направлен и необратим, поэтому все явления у н и к а л ь н ы и неповторимы по своей природе. Следствием доктрины уникальности является пессимизм в отношении возможности открытия общих и повторяющихся черт, т. е. закономерностей в мире геологических явлений. При этом на долю геологии как науки выпадает только подробнейшее описание объектов. В геокартографии этот тезис преломляется через все возрастающую детализацию картируемых объектов.

В литературе по методологии геологических исследований обсуждения проблемы «уникальности» мы не нашли, но зато ей посвящены специальные разделы в книге по теоретической географии [Бунге, 1967]. Поскольку география методологически имеет много общего с геологией, и особенно с геокартографией, то имеет смысл выйти за рамки сугубо геологических интересов и посмотреть, как эта наука обсуждает проблему «уникальности». «Допустим, мы приняли доктрину уникальности и ее метод сверхточного описания. Тогда в погоне за призрачной точностью нам не удастся сформулировать ни одного понятия, ибо не обнаружим двух абсолютно точных объектов, скажем, пород. Нет двух абсолютно одинаковых пород. В погоне за абсолютной точностью нам пришлось бы отказаться от слова „порода“ и искать особое название для каждого образца. Признав, что никакие два объекта не являются абсолютно одинаковыми, мы, в конце концов, отбросили бы любые словесные символы и вынуждены были бы говорить лишь, что объекты таковы, каковы они есть. Поэтому с позиций доктрины уникальности, возведенной в абсолют, ничего нельзя было бы даже описать, а тем более объяснить или предсказать» [Бунге, 1967, с. 30]. Действительно, научное познание диаметрально противоположно доктрине уникальности. Оно сознательно жертвует абсолютной точностью, чтобы выиграть в генерализации. Только становясь все более обобщающим, познание становится и точным, хотя и признает, что никогда не сможет достичь абсолютной точности. Точность описания зависит не от уникальности объектов, а от уровня развития науки. Принцип «уникальности» в географии отстаивал Р. Хартшорн: «То обстоятельство, что география—это одна из тех областей знания, в которых на изучение частных случаев тратится сравнительно больше сил, чем на установление научных законов, вызывает в течение уже более половины столетия недовольство в нашей среде. Но прежде чем сделать вывод о необходимости решительных изменений, было бы неплохо посмотреть, в какой степени такое положение является неизбежным следствием самой п р и р о д ы нашего объекта» (цитировано по Бунге, 1967, с. 149). Шаткость позиции Р. Хартшорна в том, что, следуя его логике рассуждения, можно прийти к такому выводу: если удастся построить теорию явления, то его природа не уни-

кальна, а если не удастся — то уникальна. Другим доводом Р. Хартшорна в пользу «уникальности» выступает «чрезвычайная сложность» географических явлений. Кстати, и геологи часто хватаются за этот довод в оправдание эмпирического характера своей науки и отсутствия в ней законов и теорий. Но опыт показывает, что явления всегда представляются сложными, пока в них не обнаруживается упорядоченность. Ньютон одним из первых продемонстрировал это, когда обнаружил упорядоченность в небесном хаосе. А разве Е. С. Федоров не помог разобраться в хаосе минералов, разработав теорию их структуры? Здесь скорее напрашивается вывод об отсутствии в географии и геологии Ньютонов и Федоровых, чем ссылка на «уникальность» и «сложность» явлений, с которыми сталкиваются наши науки. Думается, что в общеметодологическом плане спор между В. Бунге и Р. Хартшорном сводится к подразделению наук на «помотетические» и «идиографические» по уровню своего развития: в первом уже наступил этап теоретического освоения действительности, а во вторых все еще преобладает эмпиризм. Поэтому оправдание можно искать лишь в длительности истории наук — одни пережили очень длительную историю (физика, химия, математика), другие исторически еще молоды (геология). Но тенденция развития у всех наук одна — поиск общего и закономерного в изучаемых явлениях. Поэтому надо согласиться с Бунге, что компромисс с концепцией уникальности невозможен. Но как тогда увязать региональные географические исследования с общетеоретическими? Ведь может показаться, что «региональное» это и есть «уникальное». Путь к преодолению этой трудности В. Бунге видит в правильном соотношении «уникального» в региональной географии с «универсальным» в теоретической географии. Региональная география подобна физической лаборатории, где обобщения физика-теоретика должны подвергнуться испытанию на практическую пригодность и истинность. Поэтому региональная и систематическая (теоретическая) география, так же как экспериментальная и теоретическая физика, должны представлять собой два равноценных, неразделимых и необходимых аспекта науки. Другими словами, если связывать региональную географию с типическими, а не уникальными фактами и если систематическую географию соотнести с теоретической, то затруднения в понимании роли этих двух разделов науки исчезнут сами собой [Бунге, 1967]. Если в приведенном рассуждении Бунге слово «география» заменить словом «геология», то справедливость его станет еще более очевидной. Поскольку геокартографирование — это всегда региональное картографирование, осознание роли «уникального» и «систематического» в процессе его осуществления очень важно. Как в физике недопустима постановка эксперимента только ради эксперимента, так и в геологии недопустима постановка картирования ради картирования, хотя бы и более детального. Думается, что пора геокартографирование связывать с проверкой теоретических работ в геологии.

§ 2. Фиксизм и мобилизм

Хотя идеи фиксизма и мобилизма не оказали столь существенного влияния на геокартографию, как идеи историзма и уникализма, они все же заслуживают обсуждения. Прежде всего следует подчеркнуть периодический характер влияния этих идей: периоды процветания фиксизма неоднократно сменялись расцветом идей мобилизма. Современный период «неомобилизма» начался в 60-е годы и связан с возникновением и развитием гипотезы новой глобальной тектоники.

Противопоставление фиксизма мобилизму требует пояснений, поскольку может сложиться впечатление, что «фиксисты» — это те, кто не признает движений земной коры, а «мобилисты» — кто их признает, что следует из названий. По существу же, и те и другие — «мобилисты», но только первые придают существенное значение «вертикальным» движениям, а вторые — «горизонтальным». В соперничестве по этому поводу иногда доходили до абсурда. «Скажем, есть такой раздел геологии — общая тектоника, которая занимается процессами, происходящими в земной коре. Чтобы меня не упрекнули в пристрастии, заранее оговорюсь, что я ничего не имею против тектонистов и даже наоборот, наслаждаюсь их ораторским искусством, когда слушаю защиту диссертаций на геологическом факультете (в самом деле, часто речь у них идет о передвижении огромных толщ, и тут они достигают вершин драматического пафоса). Но в тектонике тоже есть две школы. Одна настаивает, что главные перемещения пластов земной коры — вертикальные, другая — горизонтальные. Стоит только представителю одной из этих школ стать, например, во главе какого-то научного журнала, как с его страниц немедленно исчезают соответствующие „перемещения“, принадлежащие противоположной школе, и все начинает двигаться только в одном направлении» [Белов, 1975, с. 11]. Определенную справедливость проники акад. Н. В. Белова можно подтвердить тематикой статей журнала «Геотектоника» за 60—70-е годы, когда новая волна мобилизма захватила умы ведущих ученых-тектонистов. Ранее в этом же журнале утверждались идеи фиксизма. Но обратимся к истории вопроса.

Возникновение идей мобилизма связывается с именами американского геолога Ф. Тейлора (1910 г.) и немецкого геофизика А. Вегенера (1915 г.). В предыстории упоминаются еще имена французского аббата Ф. Пласе (1658 г.) и русского исследователя-дилетанта Е. В. Быханова (1877 г.). Однако в научную гипотезу идея перемещения материков оформилась лишь в трудах Ф. Тейлора и, особенно, А. Вегенера, книга которого «Происхождение материков и океанов» (1915 г.) и положила начало новому течению в тектонике, получившему название «мобилизм».

Время рождения фиксизма трудно связать с определенным именем. По сути дела основоположники всех направлений геологической науки, и геокартографии в частности, были «фиксистами».

Первая волна мобилизма приходится на 20-е годы нашего столетия. Идеи мобилизма увлекли таких крупных тектонистов, как Э. Арган и Р. Штауб. В своем труде «Тектоника Азии» (1922 г.) Э. Арган привлек для объяснения генезиса альпийских цепей Европы предположение о надвигании Африки на Европу. Складчатые же зоны Азии, по Э. Аргану, явились результатом надвигания Ангарида на глыбу Индостана. Р. Штауб в книгах «Строение Альп» (1924 г.) и «Механизм движений Земли» (1928 г.) развивал концепцию чередования эпох надвигания Гондваны и Лавразии, эпох их удаления друг от друга. 20-е и 30-е годы были временем оживленной полемики между мобилистами и фиксистами. Классический мобилизм не смог опровергнуть «принцип унаследованности», выдвинутый Н. С. Шатским [1946] и В. В. Белоусовым [1948] против гипотезы А. Вегенера. Этот аргумент оказал решающее влияние на умонастроения советских геологов, и в 40—50-е годы мобилизм в нашей стране как идейное направление не нашел поддержки. Резко снизилась его популярность в это время и за рубежом. В защиту гипотезы Вегенера выступил только крупнейший южно-африканский геолог А. Л. Дю-Тойт (1937 г.), опубликовавший книгу «Наши странствующие материки». Казалось бы, мобилизм потерпел полное поражение. Но колебательный характер развития тектонической мысли привел к возрождению идей мобилизма за рубежом в форме «новой глобальной тектоники» (тектоники плит). Основы ее заложены в 60-е годы исследованиями Р. Дитца (1961 г.), Г. Хесса (1962 г.), Ф. Вайна и Л. Мэттьюза (1963 г.), Дж. Вильсона (1965 г.), У. Моргана (1968 г.), Х. Ле Пишона (1968, 1973 гг.), Б. Изакса, Дж. Оливера и Л. Сайкса (1968 г.). В СССР эти идеи «неомобилизма» поддержаны В. Е. Ханым, П. Н. Кропоткиным, Л. П. Зоненшайном, А. С. Мониним, О. Г. Сорохтиным, С. А. Ушаковым, А. А. Ковалевым, А. В. Пейве, В. А. Унковым и мн. др. На фоне массового увлечения идеями «неомобилизма», перехода многих фиксистов в лагерь мобилистов твердых «фиксистских» убеждений среди ведущих тектонистов по-прежнему придерживается лишь В. В. Белоусов.

Такова в общих чертах история фиксизма и мобилизма. Но сказались ли эти идеи на геокартографии, и если сказались — то в каком виде? С точки зрения спора между «вертикалистами» и «горизонталистами» влияние проявилось при картировании разрывных и складчатых нарушений. Показателен в этом отношении пример с картированием пологих надвигов в складчатых областях. Пологие надвиги были известны геологам давно, однако им не придавалось большого значения, и термина «шарьяж» тогда не существовало. История «шарьяжей» началась с описания А. Геймом (1878 г.) лежащей Глариской складки в Альпах, открытой А. Эшером. М. Бертран (1884 г.), которого можно считать основоположником учения о шарьяжах, предположил, что Глариская складка не представляет собой двух лежащих складок, направленных вершинами друг к другу, а является единой надвинутой.

Для описания этого явления М. Бертран ввел термин «шарьяж». Существование шарьяжей было подтверждено Г. Шардтом (1890 г.), который описал экзотические скалы (клиппены) в зоне Предальп в Центральной Швейцарии. Представление о «шарьяжном» строении М. Люжон (1901 г.) распространил на Западные Альпы. П. Термье (1903 г.) описал тектонические окна в Восточных Альпах. После Альп сходные явления стали обнаруживаться в Пиринеях (1912 г.), в каледонидах Скандинавии (1903 г.) и Шотландии (1907 г.). Первая проверка представлений о шарьяжах бурением была осуществлена в Бельгии в 1933 г. [Ажгирей, 1977]. Казалось бы, что представление о шарьяжах теперь подтвердилось. Однако некоторые геологи продолжали сомневаться в реальности шарьяжей. Особенно ожесточенной критике концепция шарьяжей подвергалась в нашей стране. Основанием для этого послужили многочисленные высказывания В. А. Обручева против картирования М. М. Тетяевым шарьяжей в Забайкалье. Эта дискуссия — яркий пример влияния идей на картирование. Будучи учеником П. Фурмарье, М. М. Тетяев перенес идею о шарьяжном строении Арденн, где шарьяжи действительно существуют, на Забайкалье, где структурные условия формирования разрывов оказались другими. Следовательно, «шарьяжи есть там, где они есть», но не стоит их картировать там, где их нет. В этом собственно и заключался смысл дискуссии между В. А. Обручевым и М. М. Тетяевым, хотя позднее он был искажен, и В. А. Обручеву стали приписывать отрицательное отношение к шарьяжам вообще. Под влиянием его авторитета при картировании стали видеть только «сбросы». Неоднозначность в восприятии и интерпретации разрывов при картировании складчатых областей наблюдается до сих пор. Даже в отношении картирования складок и разломов в пределах хорошо изученного Урала у геологов-съемщиков налицо разногласия. Примером одной из крайних точек зрения являются структурные карты М. А. Камалетдинова и др. [1981]. Необходимо, очевидно, постановка специальных геолого-съемочных работ по проверке «шарьяжных» представлений. При этом следует осознавать, что дело не только в масштабе картирования. Действительно, даже предельно крупномасштабное картирование малоэффективно, если не будет сопровождаться бурением.

Другой формой влияния идеи «горизонтализма» на картирование является концепция крупных горизонтальных сдвигов («глубинных сдвигов») типа Сан-Андреас в Калифорнии, Талассо-Ферганского в Средней Азии и др. Доказательство существования таких сдвигов более надежно, чем шарьяжей, поскольку амплитуда их оценивается более точно аэрокосмическими методами и наблюдениями современных перемещений при землетрясениях. Но и здесь допускаются крайности, когда суммарную амплитуду сдвига предполагают иногда равной более тысячи километров.

Итак, геокартография переживает сейчас интересный момент своей истории. Насколько плодотворным окажется влияние на него идей «неомобилизма», покажет время, когда будут подведены

итоги этого влияния. А пока мы являемся свидетелями все возрастающей активности сторонников мобилизма. Эта активность проявляется в разнообразной форме: заявлениях о «революции в геологии»; выступлениях в прессе и на телевидении об «открытии новой теории»; в оценке значения «новой теории», сравнимой лишь «...со значением квантовой механики для физики, молекулярной генетики для биологии и кибернетики для техники» и тому подобное. О надежде оказать существенное влияние «новой теории» на ход геолого-съемочных работ в стране свидетельствуют, например, Рекомендации выездной сессии секции региональной геологии Научно-технического совета Мингео СССР, состоявшейся в г. Фрунзе 2 июня 1983 г. В этих рекомендациях особое значение тектонике плит придается в связи с переходом в XII пятилетке к принципиально новому этапу геологического изучения территории СССР — производству планомерных крупномасштабных геолого-съемочных работ, характеризующихся усилением поисковой направленности съемок и количественной оценки прогнозных ресурсов. Среди конкретных предложений имеются и предложения по подготовке «Методологических руководств» по применению «геодинамических моделей» в практике геолого-съемочных работ, по «геодинамическим основам» поисков полезных ископаемых, по составлению легенд тектонических карт на «геодинамической основе», по геологическому картированию в районах распространения раннего докембрия на «геодинамической основе» и т. д. В Рекомендации предлагается внести в подготавливаемую к изданию Инструкцию по производству крупномасштабных геолого-съемочных работ положения, «вытекающие из основных принципов теории тектоники литосферных плит». Насколько выполнимы эти рекомендации — судить геологам-съемщикам. Думается, что геокартографирование всегда было и будет в своей основе моделированием главным образом статике, а не динамики земной коры, т. е. картированием геологических тел, их состава и структуры, а не кинематики и тем более динамики. Поэтому рекомендовать картировать на «геодинамических основах», а не структурно-вещественных, не следовало бы. Правильнее было бы, очевидно, рекомендовать интерпретировать результаты съемок на этих основах, а не производить их. Но и при такой интерпретации не следует забывать о гипотетичности новой геодинамической концепции.

Подведем итоги. Возникновение «мобилизма» как идейного течения связано с именем А. Вегенера (1915 г.). «Фиксизм» определенного авторства не имеет. Влияние мобилизма и фиксизма на геокартографию было попеременно успешным и реализовывалось на практике своими конкретными принципами. Мобилизм проявился «шарьяжным» и «сдвиговым» принципами картирования разрывных нарушений. В тектоническом картировании был выдвинут принцип составления карт «по времени формирования континентальной коры». Первой работой, давшей это направление тектонической картографии, была статья А. В. Пейве, А. С. Перфильева и С. В. Руженцова «Проблема внутриконтинентальных

геосинклиналей» (1972 г.). На основании сравнения разреза складчатых эвгеосинклинальных областей, островных дуг и современных океанов авторы пришли к заключению об океанической природе нижних комплексов эвгеосинклиналей и в разрезе внутриконтинентальных геосинклинальных областей выделили «меланократовый фундамент» и комплекс «океанической стадии». Был обособлен также «комплекс переходной стадии», отвечающий природе островных дуг и «комплексу континентальной стадии», отвечающий складчатости (скупиванию тел). При этом допускалась громадная амплитуда перемещений блоков коры с их надвиганием и поддвиганием. Эта новая идея открыла возможность отобразить ее в картографической форме, которая и была реализована в 1976 г., когда был составлен авторский макет Тектонической карты Северной Евразии в масштабе 1 : 5 000 000 (главные редакторы А. В. Пейве и А. Л. Яншин). Карта была издана в 1979 г., а в 1980 г. вышла объяснительная записка к ней. Работа по составлению этой карты дала толчок картографированию в более крупном масштабе по тому же принципу. Раньше базовой модели были изданы Тектоническая карта Урала масштаба 1 : 1 000 000 (1977 г.) и Тектоническая карта Востока СССР и сопредельных областей масштаба 1 : 2 500 000 (1979 г.).

«Фиксизм» особенно ярко проявил себя в практике тектонического картографирования, выдвинув «принцип возраста главной складчатости» и «принцип унаследованности». Тектоническое картирование СССР, Европы и Евразии, выполненное школой Архангельского — Шатского, показало, что структурные элементы земной коры оказываются устойчивыми во времени и проявляются на разных срезах (от докембрийского до кайнозойского). Эта устойчивость во времени характерна как для платформенных, так и для геосинклинальных структур, особенно для зон глубинных разломов, т. е. зон проницаемости на всю мощность не только коры, но и, возможно, мантии, и даже ядра. Глубинные разломы расчленяют земную кору на блоки, которые несомненно испытывают перемещения, в том числе и горизонтальные, но не столь глобальной амплитуды, как это предусматривается гипотезой «плитной тектоники». Тектоническое картирование «по принципу унаследованности» выявило определенную направленность и необратимость развития структур земной коры по линии «геосинклиналь» — «ороген» — «платформа». Первая волна идей «мобилизма», столкнувшись с этими выводами классической тектоники, разбилась о них. Удастся ли «неомобилизму» преодолеть этот барьер, пока еще не ясно, хотя бы потому, что в чистом виде идею мобилизма реализовать в геокартографии пока не удалось. Если сравнить тектонические карты, составленные «по возрасту главной складчатости» и «по времени формирования континентальной коры», то между структурными элементами, изображенными на них, можно найти почти полное соответствие. Действительно, то, что на картах школы Архангельского — Шатского называлось «эвгеосинклинальным комплексом», на картах А. В. Пейве и других на-

зывается «комплексом океанической стадии», «миогеоинклинальные комплексы» соответствуют «комплексам переходной стадии», «орогенные комплексы» — «комплексам континентальной стадии», «эпиplatformенные комплексы» — «рифтогенным комплексам». Расхождение обнаруживается в понимании термина «комплексы основания». Роль «комплекса основания» на картах А. В. Пейве с соавторами играет «меланократовый фундамент», в то время как на картах школы Архангельского — Шатского к «комплексу основания» относятся «гранитоиднейсовые комплексы» (глыбы, массивы, выступы). Повизна карт А. В. Пейве — в изображении на них в качестве фундамента гипербазитов «меланократового фундамента», находящегося в аллохтонном залегании. Однако возникает вопрос об отношениях между понятиями «меланократовый фундамент» и «комплекс океанической стадии». Попытки разорвать «офиолитовый комплекс» и вывести из его состава гипербазиты в качестве особого «меланократового фундамента» наталкиваются на отсутствие однозначных наблюдений этого явления в природе. Предлагаемая слоистая модель «океанической коры» с последовательностью «гипербазит» — «габбро» — «диабазовый комплекс» — «базальт» требует еще проверки. Остается пока гипотезой и аллохтонность гипербазитов. Во всем остальном нет принципиальных отличий в картах, составленных «по возрасту главной складчатости» и «по времени формирования континентальной коры». Геологические тела, изображаемые на картах, остаются такими же, как и отношения между ними, но только по-разному называются.

§ 3. Иерархизм и структурализм

То, что основными объектами геокартографирования выступают геологические тела известно давно. Но осознание фундаментальности этого понятия для геокартографии произошло недавно. Не сразу родилась и идея и е р а р х и и геологических тел, заключающаяся в том, что в процессе картирования, в зависимости от его масштабности и генерализации, на картах должны изображаться тела разного ранга. Но обратимся к истории науки. До А. Г. Вернера во Фрейбергской академии изучение совсем разных объектов объединялось под общим названием «смешанного минералогически-горного коллегияума». «Коллегияум» включал в себя весь цикл геолого-минералогических наук с добавлением горного дела. В 1777 г. А. Г. Вернер разбил «коллегияум» на два курса. Именно с этого года минералогия под названием «ориктогнозис» стала читаться А. Г. Вернером отдельно. «Горное искусство» Вернер, в свою очередь, разделил на две части: общую и механическую. К общей части он отнес науку о горах и горных породах — г е о г н о з и ю. Следовательно, вернеровская геогнозия включала в себя и геологию, и науку о горных породах — петрографию; сюда же относилось учение о полезных ископаемых. Механическая часть горного искусства явилась предшественницей горной механики. А. Г. Вернер не написал обоб-

щающего курса геогнозии. Этот пробел восполнили его слушатели. Именно такие записки вернеровского курса попали в руки петербургского академика А. Ф. Севастьянова, который издал их в русском переводе под названием «Геогнозия или наука о горах и горных породах» (1810 г.).

Разделив множество геологических тел на минеральные и породные, А. Г. Вернер предложил первую иерархию тел [Иерархия..., 1978]. Долгое время идея иерархии тел оставалась без внимания, хотя вопрос о «картировочных единицах» возникал всегда и находил разрешение в выделении таких региональных стратиграфических подразделений, как «слой», «пласт», «пачка», «толща», «свита», «серия», «комплекс» и др. В конце концов идея иерархии геологических тел свелась к иерархизации только слоистых тел, т. е. к выделению разных рангов стратиграфических подразделений — группы, системы, отдела, яруса, зоны. Принятию этих подразделений в качестве основных картировочных единиц способствовал «биостратиграфический принцип» картографирования. Но в ходе практического освоения этого принципа постоянно возникала потребность отразить на карте не только «последовательность слоев» но и их в е щ е с т в е н н у ю литолого-фациальную характеристику. Постепенно начала созревать идея о структурно-вещественном подходе к картированию и иерархизации геологических тел. Первым шагом на этом пути явилось приращение В. И. Вернадским (1939 г.) фундаментального значения понятию «естественное тело» в работе «О коренном отличии живых и костных тел». «Не менее важно понятие природного или е с т е с т в е н н о г о т е л а. Странным образом это основное понятие, в сущности проникающее все естествознание, обычно оставляется без внимания и серьезного логического анализа. Однако им пользуются почти бессознательно на каждом шагу» [Вернадский, 1980, с. 59]. Задача науки, по мнению В. И. Вернадского, заключается прежде всего в том, чтобы представить в явном виде объекты, с которыми она имеет дело, и разработать с и с т е м а т и к у этих объектов. «Работа эта длительная и сложная, не одно поколение ученых отдает ей свой разум, но в результате создаются основы науки. В естествознании исходным объектом научного знания является научно установленное, природное, „естественное (т. е. земное, планетное) тело...“» [Вернадский, 1980, с. 109]. «К наиболее ярким проявлениям твердого состояния вещества на нашей планете относятся кристаллы. Но общая научная эмпирически обоснованная теория твердого состояния вещества пока отсутствует» [Вернадский, 1980, с. 131]. Подчеркнуть заслуги В. И. Вернадского необходимо потому, что его идеи относительно роли фундаментальных объектов науки долгое время оставались в забвении. Лишь в 60-х годах их воскресили тектонисты, когда обратились к теории тектонического картирования. Но имя ученого в первой статье по этому вопросу почему-то не упомянуто [Косыгин и др., 1964]. Историческую справедливость восстановили В. И. Драгунов и др. [1974] и И. В. Круть [1978].

Осознав фундаментальность понятия «геологическое тело» для картографии, исследователи стали задаваться другими вопросами. Что это за мир геологических тел, которые изображаются на карте? Как он организован? Сколько рангов тел можно выделить в земной коре? Попытка ответить на эти вопросы привела к построению иерархии геологических тел и определению уровней организации геологического вещества. Приоритет в постановке и решении этих вопросов принадлежит отечественным ученым. Впервые к ним обратились: среди литологов — В. И. Попов (1940, 1952, 1954, 1955 гг.); среди тектонистов — Н. С. Шатский (1960 г.) и А. А. Богданов (1963 г.); среди металлогенистов — Э. И. Кутырев и Д. В. Рундквист (1970 г.); среди стратиграфов — А. М. Садыков (1970 г.) [см.: Иерархия..., 1978]. В 70-х годах разработкой иерархии геологических тел активно занимались Н. Б. Вассоевич, О. А. Вотах, В. Н. Драгунов, В. Ю. Забродин, Ю. Н. Карогодин, И. В. Круть, В. А. Кулындышев, В. А. Соловьев и др.

В истории иерархизма и структурализма нас будут интересовать приложение этих идей к геокартографии и возникновение на их основе структурно-вещественного принципа картирования. Корни этого принципа можно найти в работе А. Д. Архангельского и Н. С. Шатского «Тектоническая схема СССР» [1933]. Хотя в ней авторы еще не употребляют терминов «формация», «ряд формаций» «комплекс» и др., выделение структурных элементов земной коры они проводят на структурно-формационной основе. Авторы создали карту, отражающую не оригинальные тектонические гипотезы (контракции, дрейфа, пульсации и др.), а реальные геологические тела и отношения между ними. На первых картах Тектоники СССР (1953, 1956 гг.) структурно-формационный принцип был реализован уже в явном виде. Большая заслуга в становлении структурно-формационного метода картографирования принадлежит Н. П. Хераскову (1937 г.), А. А. Богданову (1945 г.), А. В. Пейве (1948 г.), В. В. Белоусову (1948 г.), В. Е. Ханну (1950 г.), Л. Б. Рухину (1953 г.), М. В. Муратову (1957 г.) и др. Большое внимание структурно-формационному методу картирования уделял Н. С. Шатский в последние годы жизни. Этому вопросу посвящено несколько его докладов (1954—1958). Наиболее полно взгляды Н. С. Шатского изложены в статье «Парагенезы осадочных и вулканогенных пород и формаций» [1960]. В наслоенных минеральных массах земной коры им выделены следующие таксоны: «горные породы», «отложения», «формации» и «формационные ряды». В связи с тектоническим картированием вопросы иерархии геологических тел рассмотрел А. А. Богданов в статье «О термине „структурный этаж“» [1963]. Высшим членом иерархического ряда являются «мегакомплексы» (фундаменты и чехлы платформ). Следующая таксономическая единица — «складчатые комплексы» (складчатые системы и их аналоги в платформенных чехлах). «Структурные этажи» являются элементами третьего порядка. Они

представляют собой части (составные элементы) складчатых комплексов или их платформенных аналогов. Структурные этажи подразделяются на «подэтажи», а последние в случае необходимости — на «части». Структурные подэтажи сложены преимущественно одной формацией.

Н. С. Шатского и А. А. Богданова можно рассматривать как основоположников принципов иерархизма и структурализма в тектонической картографии. Особенно много внимания методологической стороне картографии уделял в 40-х и 50-х годах глава Московской тектонической школы Н. С. Шатский. Основным центром мысли был отдел тектоники ГИН АН СССР. На еженедельных заседаниях отдела, известных как „тектонические субботы“ Н. С. Шатского, вырабатывались принципы тектонического картирования. «Одним из основных положений методики тектонических исследований, которую разрабатывал Н. С. Шатский, была мысль о важнейшей роли морфологических приемов исследований. Эту мысль Н. С. Шатский настойчиво проводил и повторял на широких докладах и в узком кругу близких учеников. „Мы изучаем структуру, — говорил он, — а не жонглируем движениями“. Эта постановка вопроса противоположна широко распространенной сейчас. Изучение морфологии структур должно пропизывать всю нашу работу от начала до конца (запись выступления 8 апреля 1953 г.)» [Туголесов, 1973, с. 69]. «Нужно, чтобы тектонические исследования основывались всегда на морфологическом анализе, — замечал он в другой раз, — я не скажу — на истории, палеогеографии, а именно на морфологии. Мы находимся в таком же положении, как биологи, которые прежде всего занимаются именно ею. Наш отдел, может быть, и одинок, но мы изучаем прежде всего морфологию структур, которая одна дает нам реальные знания, а не гипотезы (запись выступления 16 февраля 1953 г.)» [Туголесов, 1973, с. 69]. Это основное положение методики Н. С. Шатского — изучать прежде всего реальные геологические тела, на основе их изучения выводить прочные эмпирические обобщения, а потом уже строить дальнейшие заключения и предположения о возможных причинах тектонического процесса, о движениях, о генезисе и т. д. — характерно для всех его высказываний [Туголесов, 1973]. Н. С. Шатский придавал первостепенное значение структурно-морфологическому методу картирования. Серии заседаний были посвящены крупнейшим темам. Наиболее интересны из них, пожалуй, те, на которых обсуждались легенды и отдельные макеты тектонической карты СССР (1947—1950 гг.), программа Руководства по классификации и методам изучения тектонических форм (1952—1953 гг.) и тексты отдельных глав книги «Методы изучения тектонических структур» (1954—1956 гг.). Это и понятно, так как составление Тектонической карты СССР было первой большой работой, главной задачей пятилетки 1946—1950 гг. Точки зрения исследователей на главное содержание тектонической карты, довольно разнообразные, складывались в два основных направления: одни считали, что на тектонической карте прежде всего

должна быть изображена современная структура, другие полагали, что главная задача тектонической карты — это, в первую очередь, изображение истории развития структур. Дискуссии между сторонниками этих точек зрения приобретали довольно острый характер. Некоторые из предлагаемых макетов тектонических карт выглядели сложно, были трудно читаемы. Этим отличались главным образом карты «исторического» направления. В процессе обсуждения разнообразных макетов Н. С. Шатский не умерял пыла докладчиков и их оппонентов, поскольку отыскивал и формулировал те основные задачи, которым должна отвечать карта. «Чего мы требуем от тектонической карты? — спрашивал он. — Не только выразить мнение ее составителей, но помочь геологам Советского Союза познать геологическое строение нашей страны. Поэтому на тектонической карте должно быть четко выделено, что известно и что мы думаем. К тому же, — добавлял он, имея в виду обсуждавшийся в этот раз макет, — карта, в легенде которой около двухсот знаков, неудобочитаема (запись выступления 3 декабря 1949 г.)» [Туголесов, 1973, с. 70]. Дискуссии затягивались и грозили стать бесконечными. Тогда Н. С. Шатский с небольшой группой помощников стал сводить отдельные макеты в одну карту, положив в ее основу принципы, разработанные им вместе с А. Д. Архангельским еще в 1933 г. Это было тем более легко, что эти принципы разделялись большинством его коллег. В карте 1953 г. структурно-вещественный принцип получил лишь дальнейшее развитие. «Мне хотелось бы обратить особое внимание на эту характерную черту научной методики Н. С. Шатского, идти всегда от наблюдения, от полевых данных („для геолога лаборатория — это поле“, — говорил он) и достигать обобщений не путем гипотетических построений, а эмпирическим путем, индуктивным методом. Мы уже видели этот его подход в изучении структур, в тектоническом районировании» [Туголесов, 1973, с. 72]. Тот же принцип Н. С. Шатский перенес в конце 50-х годов на разработку учения о геологических формациях, как самостоятельного ранга тел, как естественного комплекса горных пород, парагенетически тесно связанных друг с другом. «Это определение, может быть слишком сухое, чисто морфологическое, — говорил Николай Сергеевич, — но оно мне представляется наиболее правильным, так как в нем не содержится никаких гипотетических предпосылок» (из доклада в Комиссии по проблеме «Закономерности размещения полезных ископаемых» 5 февраля 1959 г.) [Туголесов, 1973, с. 72]. В полном соответствии со своим осторожным отношением к далеко идущим гипотетическим выводам Н. С. Шатский, как бы нехотя, раскрывал свои представления о причинах тектонического процесса, о тектонических движениях и т. д. И на «субботах» он неоднократно повторял, что не любит касаться этих общих, как он говорил, «философских» вопросов [Туголесов, 1973].

После кончины Н. С. Шатского, в 60-х и 70-х годах, в частности в ГИНе АН СССР, начинают преобладать идеи «неомобилизма».

«Структурализм» Н. С. Шатского и связанный с его именем фиксизм уступают место мобилизму. Центром идей структурно-вещественного подхода к тектоническому картированию становится г. Новосибирск. В 1958 г. Ю. А. Косыгин и А. Л. Яншин создают здесь Новосибирскую школу тектонистов. Развитием идей иерархизма и структурализма Н. С. Шатского становится так называемый «объемный метод тектонического районирования земной коры» [Геологическое строение..., 1965]. Ему предшествовали работы по составлению Карты докембрийской тектоники Сибири и Дальнего Востока и Карты мезозойской тектоники Сибири (1962 г.). В соответствии с принципами объемного районирования земной коры ее структуру можно представить в виде совокупности крупных геологических тел. Такими наиболее крупными телами выступают фундаменты и чехлы. Среди образований фундамента по структурно-вещественным признакам выделяются геологические тела более мелкого ранга — «складчатые комплексы»; среди покровных образований выделяются «покровные комплексы», «комплексы отложений молодых внутриконтинентальных впадин» и «комплексы вулканических поясов» [Геологическое строение..., 1965]. Дальнейшее развитие объемного метода тектонического картирования наблюдается в 80-е годы в связи с составлением под руководством А. Л. Яншина и К. В. Боголепова Атласа тектонических карт и опорных профилей Сибири.

Наряду с практической картографической деятельностью в г. Новосибирске проводились дальнейшие исследования по теории тектонического картирования [Косыгин и др., 1964]. В частности, большой интерес вызвали работы по систематизации понятий и упорядочению тектонической терминологии. Однако следует признать, что идея иерархии геологических тел, выдвинутая в тектоническом картировании Н. С. Шатским и А. А. Богдановым, почему-то оказалась забытой. В 70-е годы к ней вернулись В. И. Драгунов (1971 г.), О. А. Вотах, В. А. Соловьев и Р. Ф. Черкасов (1972, 1976 гг.), И. В. Круть (1973 г.), Э. И. Кутырев (1978 г.) и др. [См.: Иерархия..., 1978]. С 1971 г. работы по совершенствованию структурно-вещественного принципа продолжаются в Институте тектоники и геофизики ДВНЦ АН СССР. В частности, под руководством Л. М. Парфенова на структурно-формационной основе составляется Тектоническая карта Дальнего Востока масштаба 1 : 2 000 000 [Тектоническое районирование..., 1979], а под руководством В. А. Соловьева составляется серия специальных справочников: Формы геологических тел [1974, 1977], Иерархия геологических тел [1978], Структура континентов и океанов [1979], Геологические формации [1982], Рудные и рудоносные формации [1983], Основные типы рудных формаций [1984]. На этой информационной базе построена модель слоистой структуры континентов на уровне геологических комплексов [Соловьев, 1975] и создана основа для выявления принципов иерархии геологических тел [Соловьев, 1985]. При этом предпочтение отдано с и с т е м н о м у п о д х о д у [Косыгин, Соловьев, 1969]. Первый опыт системно-

го подхода к геологическим телам осуществлен Е. С. Федоровым, которому удалось построить систематику пространственных групп симметрии и вывести 230 их видов. В наше время к системному подходу обратились тектонисты в связи с методологическими проблемами, в частности для обоснования самостоятельного значения статических систем [Косыгин, Соловьев, 1969], в качестве которых выступают природные (естественные) геологические тела. К ним были отнесены кристаллы, породные тела, формационные тела, т. е. тела разных рангов иерархии. Для того чтобы представлять эти тела как системы, необходимо показать, что они отвечают всем признакам статических систем: целостности, дискретности, повторяемости и эмерджентности. Если принять, что каждое тело должно быть охарактеризовано составом и свойствами, структурой и формой, то целостность тела определяется его непрерывностью и связностью в пределах данной конфигурации. Дискретность проявляется в резких границах, при переходе через которые качественно изменяются характеристики состава и структуры. Повторяемость заключается в том, что тела не уникальны в своем роде, а многократно встречаются в разных частях пространства, сохраняя общность своих фундаментальных характеристик в пределах вида и незначительных непрерывных колебаний в пределах индивида. Следует подчеркнуть, что признаками системности обладают не любые, а только «естественные тела» в понимании В. И. Вернадского. Действительно, в практике геолого-съемочных работ приходится наносить на карту и такие тела, у которых границы проводятся не по скачкообразному изменению фундаментальных характеристик (состав и свойства, структура и форма), а по постепенному изменению какого-то признака (цвет, процентное содержание компонента, размерность зерен). Это так называемые «условные» или «целевые» тела в том смысле, что существование и выделение их обусловлено целями картирования. В 70-х годах наметилась тенденция придать целевому подходу всеобъемлющий характер и отвергнуть «естественный» подход как методологический архаизм [Воронин, Еганов, 1974]. По мнению сторонников целевого подхода, «в природе не существует независимых от видения исследователя тел. Тела выбирает сам съемщик, причем их объем и содержание определяются только целями геологической съемки». Однако это отрицание остается пока только на словах, так как на деле сторонники целевого подхода не могут обойтись и без понятия «минерал», и без понятия «порода», т. е. следуют тому естественному ходу познания, который устоялся веками и не может быть опровергнут никакими формально-логическими приемами. Использование принципа системности при построении иерархии геологических тел и составлении тектонических карт еще раз убеждает в справедливости естественного подхода, намеченного еще В. И. Вернадским.

Итак, конкретной формой проявления иерархизма и структурализма в геокартографии явился с т р у к т у р н о - е с т е с т

венный метод. Возникновение его можно связывать с именем А. П. Карпинского, который в статье «Об унификации графических изображений в геологии» (на 2-й сессии МГК в 1881 г. удостоенной второй премии) наряду с показом цветом стратиграфии предложил выделять штриховкой фациальные типы отложений [Келлер, 1953]. С тех пор биостратиграфический метод как основной часто используется вместе со структурно-вещественным. Внимание к нему возросло в связи с переходом на крупномасштабное картирование. Но все же он до сих пор сохраняет вспомогательное значение, хотя значение его ранга серьезно не ставился. И только теперь специалисты подходят к постановке этой проблемы. Вопрос формулируется так: не исчерпал ли себя биостратиграфический метод картирования? Позволит ли он обеспечить новый этап в геокартингании по программе «Геокарта-50»? Не поменяются ли на этом новом этапе своими ролями биостратиграфический и структурно-вещественный методы? Попытку ответить на эти вопросы читатель найдет в части «Теория». Пока отметим лишь то, что в тектоническом картировании структурно-вещественный метод уже завоевал прочные позиции. Заслуга в этом прежде всего Н. С. Шатского [1960] и А. А. Богданова [1963], которые первые в явном виде поставили вопрос об иерархии крупных геологических тел и начали выделять на картах геоформации и геокомплексы. Последователями их в наше время остались ленинградская и новосибирская школы тектонистов. Составление ими «Атласа тектонических карт и опорных профилей Сибири» под руководством А. Л. Яншина, «Структурно-формационной карты Дальнего Востока» под руководством Ю. А. Косыгина, серии тектонических карт СССР и карт геологических формаций во ВСЕГЕИ подтверждает наше мнение.

Глава 1

ГЕОКАРТОГРАФИЯ КАК НАУКА

Осознание важности методологии для развития конкретных наук наступило недавно и связано, по выражению В. И. Вернадского, с эпохой «взрыва научного творчества». «Я вижу теперь, что в такие как раз эпохи проявляются вопросы широкого масштаба, вопросы основных научных проблем. Среди них бросается в глаза и все сильнее чувствуется прежде всего отсутствие в современном строении науки логики и методологии естествознания. При этом все растущем значении естествознания в жизни человечества и в истории планеты такое положение дел не может долго длиться. К созданию этих дисциплин должна быть направлена научная работа. Всякий натуралист сознает сейчас, что новые логика и методология естествознания есть очередная задача дня. Методологии естествознания совсем нет, а современная логика не отвечает современному содержанию наук о природе. Уже на каждом шагу основные вопросы логики и методологии естествознания выступают на первое место, не считаясь с тем, что эти дисциплины, можно сказать, не существуют. Они должны быть созданы так же, как создается и само современное естествознание, т. е. эмпирическим путем, исходя из частных случаев» [Вернадский, 1980, с. 92]. Таким «частным случаем» для нас является геокартография [Забродин, 1980а]. Разрабатывать собственную логику и методологию никогда не поздно и для «старых» отраслей знаний, какой является геокартография. «Только строительство дома начинается с фундамента, а при строительстве науки ее основания появляются довольно поздно» [Греневский, 1964, с. 59].

Прежде всего методология подразумевает определение той науки, которой мы занимаемся. Не исключено, что кое-кому из геологов-съемщиков интерес к определению науки может показаться праздным. Действительно, не все ли равно, назовут его специальность «геологической съемкой» или «структурной геологией». Однако сомнения рассеиваются, как только начинаешь осознавать значение тех следствий, которые вытекают из определения науки. При определении науки целесообразно задаться

критериями, с позиций которых следует давать определение. Попытка определить термин, не руководствуясь никакими критериями, бесплодна. Во всяком случае, такие определения не могут быть в дальнейшем оценены, а дискуссия по этому поводу будет бесполезной. Выводы из таких дискуссий вряд ли окажутся более содержательными, чем высказывания типа: «В конце концов, геокартографирование — это то, чем занимаются геологи-съемщики». Однако вопрос определения науки далеко не праздный. От того, как мы будем понимать цели и задачи, объект и предмет, методы и средства конкретной науки, будет зависеть, как мы сможем организовать свою деятельность по получению новых знаний и по передаче этих знаний другим лицам (например, при обучении геологической съемке). Поэтому подойдем к определению геокартографии на основе анализа ее структуры, т. е. охарактеризуем сначала составляющие ее методологические элементы: цели и задачи, объект и предмет, методы и средства [Забродин, Кулындышев, 1979].

§ 1. Цели и задачи

Любая деятельность должна быть осознанной и целенаправленной. В полной мере это относится и к геокартографированию. Цель — это идеальный конечный результат деятельности. Она достижима в пределах определенных допустимых погрешностей и отклонений. В процессе достижения ее решаются частные вопросы, называемые задачами. Если обратиться к учебникам по геокартированию, то цели и задачи в них либо совсем не рассматриваются, либо определяются подкупающими читателя фразами типа «съемка проводится с целью поисков полезных ископаемых», «имеет задачей открытие месторождений». Такие утверждения неточны. Никто не возражает, что в основе поисков полезных ископаемых лежат данные, полученные при съемке, но это вовсе не означает, что конкретная цель геокартирования — это открытие месторождений полезных ископаемых.

Практические цели могут быть только у прикладных разделов геологии, специально ориентированных на поиск и разведку. Как известно, они осуществляются в рамках таких специальностей, как «поиски и разведка месторождений полезных ископаемых», «металлогения», «поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений» и др. Сознвая, что практической ценностью в конечном счете обладает любая отрасль геологических знаний, цель геокартографии следует определять не по этому признаку, а по конечному результату собственно геолого-съемочной деятельности. Поэтому цель геокартографии — это создание геологических карт. Геологические карты — это особый вид моделей. Особенность их состоит в графическом способе представления информации о структуре геологического пространства. На основании этого мы можем говорить и об особом картографическом виде моделирования. Никакой другой вид моделиро-

вания не в состоянии так отобразить структуру пространства, как это достигается с помощью картографического моделирования. «Отображая конкретное пространство исследуемой действительности, картография выявляет и „картографически высказывает“ пространственные структуры и закономерности сложных пространственных систем» [Асланикашвили, 1974, с. 7].

Поскольку геологическая картография — это картографическая дисциплина, входящая в состав общей картографии наряду с другими тематическими картографиями, большая часть ее — специализированные вопросы общей картографии [Леонтьев, 1981]. Важная задача геологической картографии — отображение границ геологических объектов. Можно утверждать, что изображения геологических границ являются основной «нагрузкой» геологической карты, без которой теряют смысл любые другие формы отображения: ведь геологические тела даны нам прежде всего в их геометрической форме, т. е. совокупности пространственных границ. Создание систематики геологических границ лежит вне пределов собственно геологической картографии (она решается в рамках общей геологии, структурной геологии и других частных научных дисциплин). Но методы выявления границ лежат внутри методики геологического картографирования, т. е. уже входят в круг задач геологической картографии. Целиком в этот круг входит разработка способов изображения геологических границ. Это, впрочем, относится не только к границам, но и к другим элементам нагрузки геологических карт. Эта проблема связана с наукой о знаковых системах (семиотикой). Знаковую природу имеют и геологические карты.

Важной задачей геокартографии является разработка способов генерализации картографируемых объектов и связанная с ней задача выбора масштаба изображения. Например, при картографировании разноразмерных тел масштабы должны быть согласованы с принимаемой иерархией геологических тел. От оптимального решения генерализации и выбора масштаба будет зависеть и восприятие картографического «текста». К сожалению, многие геологические карты оказываются в этом смысле излишне детализированными и перегруженными знаками, мешающими восприятию главной информации. Можно вспомнить, например, о знакомом каждому съемщику стремлении показывать, где надо и не надо, мелкие дизъюнктивы.

Для геокартографии до сих пор остается актуальной задача формализации «языка карты», т. е. разработки упорядоченной системы знаков для изображения картируемых объектов. С ней тесно связана разработка легенды карты как своеобразного «алфавита» картографического языка. Итак, картографирование — это особый вид моделирования, применяющийся с целью познания структуры пространства. Результатом его является карта — графическая модель геологического пространства. Для большей четкости понимания целей и задач картографии попытаемся увязать их с целями и задачами геологической науки вообще. Это можно

сделать, обратившись к методологии системных исследований в геологии [Соловьев, 1975]. Геологическими системами являются «естественные геологические тела». Для исследования их как систем конструируются модели (геологические карты). При этом всем элементам и отношениям в модели соответствуют элементы и отношения в природной системе, которую принято называть оригиналом (геологическим телом). Идеи системного подхода сегодня глубоко проникли в геологию, в том числе и в геокартографию, связанную с различного рода знаковыми системами (не только картами, но и разрезами, колонками, блок-схемами).

Системы можно сравнивать по-разному. Для геологии интересна возможность сравнения их по «поведению» во времени. Чтобы отразить это свойство, используем понятие «состояние» системы, допуская, что оно как-то измеряется или хотя бы приблизительно оценивается. При этом возможны различные ситуации.

1. Система может не меняться в обозримом для человеческой истории времени, т. е. в процессе наблюдения за ней мы не замечаем, или наш выбор не фиксирует существенных изменений состава и свойства, структуры и формы тела. Такие системы, как отмечалось, называются статическими. Изменений состояния в них или невозможно оценить, или они настолько несущественны, что ими можно просто пренебречь, так как они не выходят за пределы допустимых погрешностей наблюдений. Горно-породные тела, формационные тела и тектонические комплексы являются примерами таких картируемых тел, а геологические и тектонические карты являются их моделями.

2. Состояние системы может непрерывно изменяться, причем нередко столь быстро, что становится трудным различать в системе элементы и отношения в дискретном виде. Тогда состояние системы (процесс) будет характеризоваться изменением каких-то параметров в измеряемом интервале времени. Такие системы, как отмечалось, называются динамическими. Сами эти процессы картографией не моделируются, но картографированием можно охватить повторяющиеся пространственные конфигурации этих явлений, инварианты их динамики. Такое картографирование можно назвать «динамическим» (синоптические карты, карты динамики рек и озер и др.). Необходимо сознавать, что «динамическим» этот вид картографирования можно назвать лишь условно, поскольку он опять-таки используется для моделирования пространственных инвариантов, закономерностей в поведении динамических систем, а не самих процессов.

3. Кроме статических и динамических выделяются системы геологического прошлого — ретроспективные, так как исследование их связано с реконструированием прошлого, восстановлением истории Земли. При этом картографирование также имеет место (палеогеографические, палеоклиматические, палеотектонические и др. карты). Принципиальных отличий от статического и динамического картирования здесь не наблюдается,

поскольку принципы моделирования сохраняются — это моделирование пространства прошлого или закономерностей изменений пространства в прошлом. В соответствии с названными типами геологических систем «геологию можно разбить на три части: статическую — изучающую современное состояние и состав земной коры, динамическую — рассматривающую геологические процессы и производимые ими изменения в земной коре, и историческую геологию — занимающуюся историей Земли и населяющего ее органического мира» [Яковлев, 1948, с. 7]. «Объемы, поверхности, линии, одним словом — структуры, с которыми мы имеем дело в тектонике, составляют лишь часть этой дисциплины. Нельзя забывать о движении, создавшем и создающем эти структуры. Мы охотно сказали бы, что есть тектоника статическая и тектоника в движении — динамическая» [Арган, 1935, с. 18]. Такая же классификация целей и задач приемлема и для геокартографии.

§ 2. Объект и предмет

Поскольку термины «объект» и «предмет» употребляются часто как синонимы, разграничим эти понятия. Под «объектом» в методологии понимаются реально существующие в природе (независимо от познающего субъекта) материальные образования. В геологии в качестве таковых чаще всего выступают геологические тела. Под «предметом» понимаются какие-либо идеализированные аспекты, стороны, «срезы» объекта, непосредственно вовлеченные в практику и цели научного исследования [Иерархия..., 1978]. Например, при изучении пород мы можем заинтересоваться только их физическими свойствами, тогда предметом исследования будет петрофизика. Если нас интересуют формы породных тел, мы окажемся в рамках предмета структурной геологии. Какие же объекты могут подлежать картографированию, т. е. графическому моделированию? Множество этих геологических объектов очень велико, но во всех случаях картирование направлено на отражение пространственных характеристик этих объектов. С этим мы сталкиваемся и тогда, когда хотим узнать о характере размещения в пространстве химических элементов (геохимические карты), проследить концентрацию рудных минералов в интрузивном массиве или речном элювии (топоминералогические карты), и в особенности тогда, когда хотим установить форму и структуру таких крупных геологических тел, как породные и формационные (геологические, структурные и тектонические карты). Следовательно, в самом общем виде объект картирования можно определить как геологическое пространство, во всех видах его проявления. Пространству как объекту картирования большое внимание уделял В. И. Вернадский [1975]. «Одно из самых основных различий в нашем мышлении — натуралистов, с одной стороны, и математиков — с дру-

гой,— это характер пространства. Для математиков, если это не оговорено ими, пространство является б е с с т р у к т у р н ы м. Оно характеризуется и з м е р е н и я м и, и только. Для естествоиспытателя — говорит он это или нет, даже сознает он это или нет — пустое незаполненное пространство не существует. Он всегда мыслит реальное пространство и только с ним имеет дело» [Вернадский, 1975, с. 15]. К идее с т р у к т у р и р у е м о с т и геологического пространства В. И. Вернадский возвращался неоднократно и всегда подчеркивал, что это прежде всего пространство твердых г е о л о г и ч е с к и х т е л, и не просто тел, а тел дискретно обособляющихся в этом пространстве. «Ученые моего поколения были тогда убеждены, что мы быстро подходим к новому динамическому представлению о материи (с эфиром), и вдруг оказалось, совершенно неожиданно для нас, что ряд эмпирических открытий, среди которых явление радиоактивности играло видную роль, повернули эмпирическую мысль к противоположному—к д и с п е р с н о с т и Космоса» [Вернадский, 1975, с. 67].

К понятиям «геологическое пространство», «геологическое тело» и «геологическая граница» вновь обратились в связи с проблемой формализации научного языка [Косыгин и др., 1964]. Воплощением идей о геологическом пространстве явилось введение в теорию картирования понятия «универсального геологического пространства», которое представляет планета Земля, и «специализированного геологического пространства» — подпространства, выделяемого по набору геологических тел, его выполняющих (минералогического, петрографического, формационного, геохимического и геофизического). Часто геологические карты составляются без непосредственного обращения к природному объекту, путем обработки информации, содержащейся в других, ранее составленных картах. В полной мере это относится, например, к тектоническим картам. Значит ли это, что одни карты служат «объектами» при составлении других? Известно, что моделирование—это часто многоступенчатый процесс, и переход от оригинала (объекта моделирования) к модели не исключает, а предполагает построение промежуточных моделей. Тогда карты, на которых отображаются непосредственно наблюдаемые геологические свойства, тела и границы (карты фактического материала), мы вправе рассматривать как п р е д м о д е л и, т. е. модели неполнозаданного геологического пространства определенной специализации. Ясно, что понятие «предмодель» относительно: карта фактического материала по отношению к геологической — это предмодель, но и сама геологическая карта по отношению к тектонической тоже «предмодель», так как для построения конечной модели необходимо провести операцию группирования изображенных на геологической карте тел (породного или формационного уровня) в более крупные ранги (комплексы) для изображения пространственных о т н о ш е н и й между ними. Очевидно, чем большего ранга тела моделируются, тем больше промежуточных моделей (карт)

потребуется для достижения конечной цели. Но это не означает, что мы теряем связь с оригиналом (частью реального пространства как объектом), который моделируется. Просто эта связь становится опосредованнее, сложнее и в логическом, и в содержательно-геологическом отношениях. Итак, объектом геокартографирования является геологическое пространство, а конкретнее — слагающие его геологические тела. При этом картографирование призвано смоделировать такие важные характеристики тел, как *ф о р м а и с т р у к т у р а*, т. е. чисто пространственные. Ни один другой вид моделирования не в состоянии выполнить эту задачу столь оптимально. Действительно, описать форму и структуру тел можно на любом языке, но только *я з ы к к а р т ы* позволяет отразить и передать эту информацию наиболее точно и полно. Философы задумывались над тем, почему естественный язык и письменность не способны отображать пространство. Впервые ответ на вопрос был дан великим немецким просветителем XVIII в. Г. Э. Лессингом, высказавшим в своей работе «Лаокоон, или о границах живописи и поэзии» соображения о законах этих двух видов искусства как специфических. Основное различие между живописью и поэзией, по Лессингу, обусловлено тем, что в живописи знаки — линии и краски — располагаются в пространстве, «друг подле друга», а в поэзии, наоборот, знаки выражения — слова — следуют «друг за другом» во времени. «Если бесспорно, что средства выражения должны находиться в тесной связи с выражением, — то отсюда следует, что знаки выражения, располагаемые друг подле друга, должны обозначать только такие объекты или такие их части, которые и в действительности представляются расположенными друг подле друга; наоборот, знаки выражения, следующие друг за другом, могут обозначать только такие объекты или такие их части, которые и в действительности представляются нам во временной последовательности... Следовательно, тела с их видимыми свойствами и составляют предмет живописи... действия составляют предмет поэзии» [Лессинг, 1957, с. 188]. Такая методологическая основа различия между живописью и поэзией справедлива и для понимания различия между текстом и картой. Научный текст и карта — это также «поэзия» и «живопись», но построенные на более строгих правилах. Если живописец, создавая художественный образ природы, свободен от строгих логических требований точно соблюдать соответствие порядка взаимного размещения знаков с реально существующим порядком отображаемых ими предметов, то для картографа математическая строгость соблюдения этого порядка является законом [Асланикашвили, 1974]. Только в этом смысле следует понимать существующие мнения о принадлежности картографии к сфере искусства. Методологическая основа для сравнения имеется, но при сравнении степени количественного и качественного соответствия между изображаемым телом и его моделью у картографа и художника различия будут значительными. Разграничивая сферы живописи и поэзии, Г. Э. Лессинг подчеркивает, что они не

исключают, а дополняют друг друга. Точно так же дополняют друг друга текст и карта. Форму и размеры можно описать так, чтобы читатель мог их представить. Но такой текст будет только дополнением к карте, из которой эта информация вычитывается сразу, в ясных геометрических образах. Наоборот, последовательность геологических событий лучше воспринимается через текст, хотя и по геологической карте ее можно понять, но уже через отношения последовательности тел в пространстве — через стратиграфические отношения. Это и понятно, поскольку картографические средства отображения пространства находятся в строгом соответствии с пространством отображаемой действительности. Мы умышленно сосредоточили внимание на методологических проблемах объекта картографии, так как они почти не затрагивались в учебниках по геокартированию. Данное нами определение объекта геокартографии как «геологического пространства во всех видах его проявления» геологу-практику может показаться слишком общим, требующим конкретизации. Конкретизируем его примерами из практики картосоставительских работ. В топоминералогии широко используется минералогическое картирование. В результате его составляется карта объекта (рудного поля, или узла), являющаяся его пространственной минералогической моделью. На ней показываются нормальные минералогические «поля» и минералогические «аномалии», отражающие распределение минералов, минеральных ассоциаций в пространстве, спроектированном на поверхность картирования (земная поверхность, поверхность горизонта горных выработок, плоскость разреза и т. д.). Минералогическая карта — важнейший элемент топоминералогических исследований. На ее основе устанавливаются пространственные закономерности в распределении минералов и осуществляется прогноз рудоносности объекта (рудоносного массива, жилы, слоя). Без минералогической карты теряется смысл топоминералогического исследования, оно превращается в составление обычного регионального кадастра минералов. Следовательно, минералогическое картирование необходимо рассматривать как главную стадию любого топоминералогического исследования, вкладывая в него основные затраты труда и средств [Юшкин, 1980].

В этом примере объектом картирования выступает пространство (дайка, массив, жила, пласт), разделенное на части (условные тела) по характеру распределения в нем минералов. Минерал выступает здесь только как признак разбиения пространства по определенному процентному содержанию компонента. В методологически сходной ситуации мы оказываемся, когда пытаемся отразить характер распределения в пространстве химических элементов (геохимических ореолов) при составлении геохимических карт. «Как наука геологическая, геохимия, подобно геофизике, прежде всего должна связываться с геологической картой, с тем графическим, скажем, количественно-точным аппаратом геологии, который связывает в единое целое (как реально единым целым

является изучаемая в геологии планета Земля) все геологические наблюдения» [Вернадский, 1980, с. 203].

Общность методологии минералогического и геохимического картирования заключается в том, что и минералы, и химические элементы имеют дискретную природу распределения в пространстве, но мы отвлекаемся от этого и предполагаем непрерывность, картируя минералогические и геохимические «поля» и выделяя в них изолиниями «аномалии».

К картированию мы прибегаем и тогда, когда признаки в пространстве изменяются действительно непрерывно. Непрерывностью обладают геофизические поля (гравитационное, магнитное, геотермическое). Для познания распределения геофизических аномалий в пространстве составляются карты аномалий магнитного, гравитационного поля, геотермические карты, карты распределения плотности, электропроводности и других физических свойств геологических тел. В приведенных выше примерах пространство разбивается на условные тела, так как выделение и отображение их на карте предопределено условиями картирования. Составитель карты сам выбирает точность измерения признаков и шкалу изображения границ, как это делается, например, при топографическом картировании. В принципиально иной методологической ситуации мы оказываемся при картировании естественных геологических тел (породных, формационных и др.), т. е. дискретно обособляющихся в пространстве природных объектов. Геологическое пространство разбивается здесь по с о с т а в у и структуре слагающих его равноранговых тел как дискретно обособляющихся элементов. Эти тела имеют четкие и резкие границы. Выделение их в пространстве предопределено не какими-то условиями, а самой природой состояния твердого вещества. Моделью такого геологического пространства являются геологические и тектонические карты, и в частности карты геологических формаций и комплексов. При этом на карте отражаются такие фундаментальные пространственные характеристики, как ф о р м а и с т р у к т у р а. Обобщая методологию картирования пространства как при непрерывном распределении в нем признаков, так и при дискретном обособлении тел в пространстве, можно утверждать, что во всех случаях общность заключается в том, что моделируются такие фундаментальные характеристики пространства, как ф о р м а и с т р у к т у р а тел. Но в одних случаях (минералогические, геохимические, геофизические карты) — это форма и структура условных тел (форма и структура аномалий), а в других — форма и структура естественных тел (форма и структура тел породного, формационного и более крупных рангов).

Теперь можно обратиться к понятию «предмета» геокартографии. Геологическое пространство как объект картирования может изучаться в различных аспектах: геохимическом, минералогическом, геофизическом, петрографическом, формационном, тектоническом, металлогеническом, инженерном и др. Каждый из аспектов и является п р е д м е т о м картирования. В зависимости от

числа используемых признаков можно выделять однопризнаковое и многопризнаковое геологическое пространство. Реальные условия наблюдений при картировании всегда таковы, что мы не в состоянии сразу определить распределение признаков во всех точках пространства. Поэтому сначала фиксируются признаки в отдельных точках, доступных наблюдению, и составляется «карта фактического материала». На формально-логическом языке она должна называться моделью неполноопределенного пространства. Но конечная цель картирования — это построение модели полноопределенного пространства в рамках выбранной специализации. Процесс перехода от неполно- к полноопределенному пространству сложен, несмотря на кажущуюся простоту методов экстраполяции и интерполяции, которые лежат в основе этого перехода. Сложность в том, что бывает невозможно найти однозначного решения. Но смысл моделирования в том и заключается, что позволяет предположить и проверить несколько вариантов решения с минимальными экономическими затратами. Поэтому значение картографирования как определенного вида моделирования очень велико для геологической науки и практики.

§ 3. Методы и средства

Для достижения целей и решения задач геокартирования необходимы надежные методы и средства. Методы — это «инструкции», «правила», «предписания», а точнее алгоритмы целенаправленной деятельности. Средства — это орудия, при помощи которых осуществляется деятельность. Своими методами и средствами располагает и геокартография [Методы..., 1973].

Например, инструкции по геологической съемке предписывают осуществление таких операций: познакомиться с исходной информацией о районе, спланировать маршруты наблюдений, пройти опорный разрез, составить карту фактического материала, построить стратиграфическую колонку, составить окончательную карту, построить разрез, при обозначении объектов картирования руководствоваться прилагаемыми знаками, цветами, индексами и т. д. Но отвечает ли эта процедура содержательным и формально-логическим требованиям, предъявляемым научной методике? В содержательном плане съемщик должен знать, чем обусловлен выбор масштаба съемки, какие объекты должны наноситься на карту в данном масштабе, чем определяются расстояния между точками наблюдения и др. В инструкциях по геологической съемке вопросы обоснования выбора действий почему-то не рассматриваются. В лучшем случае говорится о «сложившейся традиции» и «опыте».

Неудовлетворение вызывает и формально-логическая сторона съемочной методики: нет ясности в последовательности операций, нет точности в используемой терминологии, отсутствует блок-схема методики с представлением в явном виде элементов и отно-

шений между ними и т. д. Все это — свидетельство низкого уровня алгоритмизации процесса съемки из-за недостаточного внимания к методологии картирования. Действительно, в методических пособиях и учебниках по съемке можно найти ответы лишь на частные вопросы: как измерить истинную мощность наклонного слоя, как изобразить слой на карте по данным азимута падения и угла падения, как построить диаграмму трещиноватости и т. д. Никто не отрицает важности частных вопросов методики, но и общеметодические вопросы не должны оставаться в стороне. Поэтому задача совершенствования методики геокартирования остается актуальной.

Технические средства геолого-съемочных работ за последние годы улучшились — обновился парк буровых станков, геофизической и геохимической аппаратуры, транспортных средств и т. п. В производственных геологических объединениях появились вычислительные центры с современными ЭВМ и графопостроителями. Но уровень автоматизации картосоставительских работ от этого не повысился. Думается, что дело не столько в технических средствах, сколько в средствах моделирования. Сейчас наблюдается несоответствие между техническими возможностями, которыми располагает производство, и методическим обеспечением, без которого технические средства неспособны функционировать. Можно иметь ЭВМ высокого класса, но нельзя их эффективно использовать без банка данных, программ и алгоритмов решения задач. В этом отношении задачи геокартирования отстают от современного уровня требований. Очевидно, что необходимо совершенствование подготовки кадров по специальности «геологическая съемка» и, в частности, более глубокое усвоение в программе подготовки специалистов данного профиля методики картирования. В частности, по-иному происходит оценка роли знаков в средствах в геокартографии: критерии оценки систем знаков, критерии оценки содержания информации в знаках, критерии оценки восприятия знаков и т. д. Действительно, легче и проще всегда понять и запомнить те знаки, которые имеют логическую связь между собой. Главное и решающее значение имеет содержание знаков, знак — это, так сказать, внешняя «одежда», содержание — это тело, скрывающееся под «одеждой». Но форма и содержание связаны друг с другом. Недооценка формы картографического изображения приводит к ухудшению читаемости и наглядности карты.

В зависимости от содержания могут использоваться разные знаки. Изолинии — главные кривые, проводимые через точки с одинаковыми значениями величины количественного показателя (через точки с одинаковым процентным содержанием полезного компонента), применяются как условный способ изображения сплошной количественной характеристики территории для явлений, пространственно и непрерывно распространенных (геофизических и геохимических полей). Иногда пользуются сочетанием на одной карте нескольких типов изолиний для выяснения кор-

реляционных связей между отображаемыми физическими свойствами (распределение плотности пород и значение силы тяжести). Выбор сечения изолиний зависит от масштаба картирования и характера наблюдений. Но в любом случае поиск оптимального варианта шкалы не простая задача, особенно при использовании послышной раскраски.

Ш т р и х о в ы е з н а к и — знаки, рисунок которых скомбинирован из линий, штрихов и точек. При использовании их надо стремиться к тому, чтобы они как-то ассоциировались с объектами (обозначение песчаников точками, конгломератов — кружками, брекчий — неправильными треугольниками), но избегать «художественной» точности изображения.

Ц в е т о в ы е з н а к и — отображение структуры пространства цветом. Например, при раскраске стратиграфической шкалы определенный цвет фиксирует положение слоя в слоистой структуре.

И н д е к с ы — буквенное и цифровое изображение информации (обозначение стратиграфических таксономических единиц, типов интрузивных и эффузивных пород). Задача проектирования знаков для геологических карт разной специализации остается до сих пор нерешенной.

Самой главной (в содержательном плане) методической задачей геокартографирования является разработка легенды карты. В ней отражаются с и с т е м а т и к а и к л а с с и ф и к а ц и я картируемых элементов. Практически это означает, что качество легенды ограничивается состоянием той отрасли науки, к которой относится тема проектируемой карты, и полнотой сведений о картируемой действительности. Легенда строится на классификационной основе науки, но не сводится только к этому. Существенным дополнением к легенде выступают з н а к и. Поэтому можно сказать, что легенда — это классификация, выраженная семиотическими средствами.

§ 4. Метакартография

Характеристика геокартографии по целям и задачам, объекту и предмету, методам и средствам позволила определить науку по структурным признакам, т. е. проанализировать ее изнутри. Не менее интересен взгляд извне, позволяющий определить связи геокартографии с другими науками и вычленить этапы деятельности по созданию карты. Круг этих вопросов призвана рассматривать м е т а к а р т о г р а ф и я. Применительно к геологической метакартографии попытку анализа предприняли В. Ю. Забродин и В. А. Кулындышев [1979].

Начнем с характеристики связей геокартографии с другими науками. Прежде всего, она сама широко использует данные других наук. В частности, для составления геологических карт необходимы качественная топооснова, аэро- и космоснимки. Эти материалы предоставляет ей общая и математическая картография,

видоизменяя их применительно к задаче геокартографии (уменьшение географической нагрузки, использование снимков разного масштаба и спектров съемки и т. д.). Связь геокартографии с топографией не требует особых пояснений. Достаточно вспомнить геоморфологическое картирование, чтобы убедиться в тесной связи этих дисциплин. Но еще не осознана связь геокартографии с семиотикой — наукой о знаковых системах. Она имеет для картографии вообще и геокартографии в частности определяющее методологическое значение. Язык карты — это язык знаков, поэтому для картографа важны такие понятия семиотики, как а л ф а в и т (исходные знаки), с е м а н т и к а (смысл знаков), с и н т а к с и с (структура знаковых систем), г р а м м а т и к а (правила группирования знаков), п р а г м а т и к а (практическое использование). Значение семиотики для картографии становится особенно понятно, когда карта рассматривается как с р е д с т в о передачи информации о структуре изученного пространства или, проще говоря, когда встает задача ч т е н и я карты. Поскольку геокартографирование — это особый вид моделирования формы и структуры геологических тел, для него важны связи со всеми геологическими дисциплинами, изучающими тела (минералогией, петрографией, учением о геологических формациях). А так как на карту наносятся расположение и конфигурация тел или их свойств, то для геокартографии наибольший интерес представляют вопросы с и с т е м а т и к и и к л а с с и ф и к а ц и и тел и их свойств.

Итак, для геокартографии важны результаты и топографии, и аэрокосмосъемки, и семиотики, и геологических дисциплин о телах.

Не менее широко используются данные самой картографии. Эти результаты в виде геологических карт разного содержания и масштаба, а также разрезов, профилей, колонок практически применяются во всех разделах геологии, и не только геологии, но и многих далеких от нее отраслях науки и народного хозяйства. Для выяснения положения геокартографии в системе наук, с которыми она непосредственно связана, обратимся к диаграмме (рис. 2). По объекту и предмету геологическая картография связана с геологией, а по целям и задачам — с картографией. Методы и средства оказываются общими с другими нау-

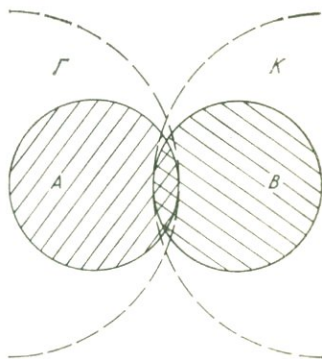


Рис. 2. Структура геологической картографии.

Г — геология, К — картография, М — геологическая картография (А, В — части геологической картографии, входящие в геологию и картографию соответственно), Х — объект и предмет, Y — цели и задачи, Z — методы и средства геологической картографии. $A \subset G$; $B \subset K$; $M = A \cap B$; $X = A/B$; $Y = B/A$; $Z = A \cap B$.

ками. Это и определяет геологическую картографию как раздел общей картографии (одной из тематических картографий). По традиции геокартография считается разделом геологии и излагается обычно совместно со структурной геологией, хотя геокартография мало чем отличается от других тематических картографий — географической, почвенной, ботанической, астрономической и др. Все тематические картографии рассматриваются не в рамках общей картографии, а в составе тех наук, объекты которых они моделируют. Очевидно, связи с этими науками по объекту и предмету, целям и задачам более прочны, чем по методам и средствам.

Попытаемся вычлениить те этапы геологических исследований, которые приводят к созданию геологических карт и разрезов, т. е. построить метамодель геологической картографии.

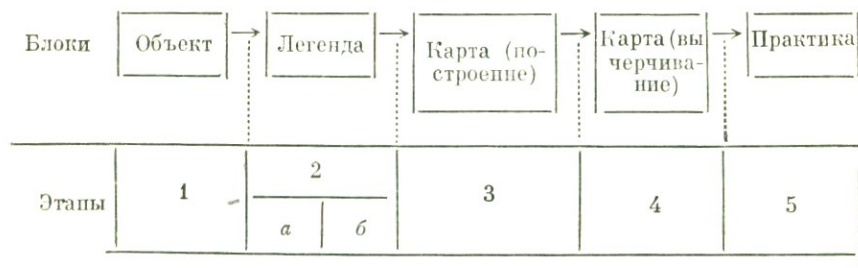


Рис. 3. Блок-схема метамодели геологической картографии.

1 — геологическая съемка; 2 — построение пространственной модели: а — на эмпирическом, б — на теоретическом уровнях; 3 — районирование; 4 — этап картографической техники; 5 — реализация.

Первый блок метамодели (рис. 3) соответствует техническому этапу геологической картографии. На этом этапе происходит целенаправленный отбор фактического материала в рамках конкретной методики. Он не имеет целенаправленного характера (фиксируется все, что попадает в поле зрения). Так выглядела, например, геологическая картография в период своего зарождения (работы В. Смита) и в период академических экспедиций (особенно общественно-научных) в XIX в. в России. Такая же ситуация сохранялась в начальный период первых геологических съемок Геолкома.

Второй блок в метамодели соответствует этапу построения пространственной модели и четко делится на два подэтапа. Первый подэтап — создание пространственной модели на эмпирическом уровне. Задача подэтапа — на основе целенаправленно собранного материала и предварительного анализа существующих теоретических предпосылок построить такую новую концепцию (модель), которая в принципе будет логическим продолжением (уточнением) предшествующей. Из-за преемственности никаких революционных (принципиально новых, непредсказуемых) моделей на эмпирическом уровне создано быть не может.

Технический этап и построение модели объекта на эмпирическом уровне объединяются геологической съемкой * (полевой геологией, практической геологией) в единое целое, что ведет к потере специфики и самостоятельности выделенных этапов. Вероятно, к собственно геологической съемке (как самостоятельной геологической дисциплине) следует относить только разработку методов, средств, способов целенаправленных полевых наблюдений и собственно процесс сбора фактического материала, включая перенос результатов наблюдений на полевую карту (особенно карту фактического материала) и построение карты непосредственно в маршруте. Камеральная обработка материала, видимо, должна относиться уже к той конкретной геологической дисциплине, которая выдвинула данную задачу картографирования.

Существенно отметить, что первый подэтап построения пространств и модели имеет место только в тех картографических работах, которые непосредственно связаны с геологической реальностью.

Во второй подэтап происходит построение пространственной модели картографируемой действительности на теоретическом уровне. Задача подэтапа — выявление инвариантных свойств и отношений среди моделей конкретных объектов. На этом подэтапе наблюдается отрыв от материального объекта, и построение ведется только на уровне моделей-конструктов.

Третий этап рассматриваемой метамодели — это **этап геологического районирования**. Целью его является разработка принципов перехода от пространственной модели (особенно карты фактического материала) к ее графическому воплощению либо в горизонтальной плоскости, т. е. на карте, либо в вертикальной, т. е. на разрезе, либо в объеме, т. е. на блок-диаграмме. При этом следует иметь в виду, что не от любой пространственной модели можно перейти к графическому изображению.

Переход к легенде на практике происходит не от моделей, построенных на теоретическом уровне, как это логически следует из анализируемой метамодели, а от моделей, построенных на эмпирическом уровне. В итоге легенда в процессе создания карты непрерывно меняется. Было бы нормальным, если бы такие изменения затрагивали только технические вопросы (выбор символики, введение пропущенных по тем или иным причинам объектов и т. п.). Но, к сожалению, изменения нередко бывают принципиальными. Это связано либо с недостаточной квалификацией составителя карты, либо с коррективами редакторов, если они стоят на разных методологических или теоретических позициях, либо с другими причинами. Изменения могут продолжаться до тех пор, пока ле-

* В настоящее время в геологической литературе и практике зачастую вместо термина «геологическая съемка» используется термин «геологическое картирование». Однако ряд исследователей считает, что такая замена «... является неправильной по существу и по форме словообразования» [Геологический словарь, т. 2, 1972, с. 209].

генда не удовлетворит составителя (редколлегия). При этом всегда вносится дополнительная гипотетическая, большей частью генетическая, информация, которая может сильно изменить первоначальное содержание легенды.

Результатом третьего этапа должно быть четко зафиксированное в легенде представление о классах тех объектов, которые изображаются на карте, включая выбранную систематику геологических границ, а также окончательный выбор изобразительных средств для данной карты.

Четвертый этап метамодели — этап общекартографической техники. Цель его — вычерчивание геологической карты (разреза) на основе разработанных принципов перехода от карты фактического материала и легенды к карте. Если на третьем этапе работа выполняется в основном геологами с помощью картографов, то на четвертом этапе, в принципе, должны работать только картографы. Практически это значит, что легенда должна быть составлена в такой форме, чтобы не возникало излишних вопросов. Однако нередко и четвертый этап выполняется геологами, что, конечно, может быть вызвано недостатком картографов, но чаще связано с плохо проведенными работами третьего этапа.

Из всех рассмотренных этапов метамодели, призванной отражать реальную структуру науки, только два последних имеют непосредственное отношение к геологической картографии — это разработка принципов перехода от легенды к карте и процесс создания карты. Они-то, собственно говоря, и составляют каркас геологической картографии — дисциплины, которая призвана играть в геологии сугубо служебную роль, так как она оперирует графическими геологическими моделями (картами и разрезами), основными свойствами которых являются наглядность, точность привязки к координатной сетке, возможность проводить измерительные процедуры и др. Карты только завершают собой длинную цепь геологических построений и представляют собой наиболее удобную (а сейчас во многих случаях и единственно возможную) форму передачи накопленной информации и теоретических концепций.

Пятый этап метамодели — реализация созданных карт. Его целью является разработка принципов эффективного использования карт в народном хозяйстве и науке (см. рис. 3).

Глава 2

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ГЕОКАРТОГРАФИИ

Как и в каждой самостоятельной отрасли науки, в геокартографии среди принципов познания, регулирующих творческий процесс, можно выделить общие, имеющие меж-

дисциплинарный характер, и частные, сфера влияния которых ограничивается только данной наукой. Из общих принципов целесообразно заострить внимание на наиболее важных для осознания картографирования как особого вида моделирования. При этом важность определяется имеющимся опытом использования этих принципов в практической деятельности. К этим принципам следует отнести принципы системности, иерархичности и элементности. Что касается частных принципов, то они относятся к теории геокартирования, и их целесообразно рассмотреть в разделе, посвященном этому вопросу.

§ 1. Принцип системности

Принцип системности широко известен в общей картографии [Бочаров, 1966; Бунге, 1967; Хаггет, 1968; Харвей, 1974; Асланикашвили, 1974; Картография, 1983]. В геокартографию идеи системного подхода стали проникать в 60-е годы в связи с обращением тектонистов к структурно-вещественному принципу картирования территории Сибири [Косыгин и др., 1964]. При всем многообразии толкования термина «система» исследователи сходятся на том, что им обозначают объекты (геологические тела), состоящие из множества элементов определенной природы (минералов, пород, формаций), находящихся в определенных отношениях и связях между собой. Рассмотрение «естественных» геологических тел как систем, в понимании В. И. Вернадского, является главным в нашем подходе к принципу системности. Действительно, не все тела и их части можно рассматривать как системы, а только те из них, которые, как уже отмечалось, характеризуются системными свойствами — целостностью, дискретностью, повторяемостью и эмерджентностью. Выделенные на основе этого принципа геологические тела обладают фундаментальными характеристиками — составом и свойствами, структурой и формой. Картографирование как особый вид моделирования имеет дело с характеристиками структуры и формы тел. Осознание важности структурной и геометрической характеристик картируемых тел — второе необходимое условие использования системного подхода в нашем понимании. Структура — это отношения и связи между элементами в системе. Применительно к кристаллам теория структур разработана в совершенстве. Нам известны и законы пространственного расположения элементов в кристаллах (отношение) и законы физико-химических сил (ионных, ковалентных, металлических), удерживающих элементы в кристаллической решетке (связи). На высоком эмпирическом уровне находится изученность структуры пород, хотя теория структур и форм породных тел не разработана. С помощью картографирования удастся все глубже проникать в тайны структуры формаций, комплексов и геосфер, т. е. в структуре тел более крупного ранга. Роль картирования в познании отношений между крупными телами является здесь определяющей. Структурный

смысл этих отношений раскрывается через геометрию тел и их границ. Поэтому становится понятным то особое значение картирования, которое оно приобретает для исследования тел породного ранга и выше.

Принцип системности важен и для понимания геокартографии как науки. Именно на основе системного подхода по целям и задачам геокартографию удалось подразделить на статическую, динамическую и ретроспективную, моделирующие соответственно форму и структуру статических, динамических и ретроспективных систем. С помощью системного подхода внесена ясность в понимание объекта и предмета геокартографии. Объектом могут выступать геологические системы (естественные тела разного ранга) и части геологических систем (условные тела). Геологические системы образуют в литосфере иерархический ряд твердых геологических тел (от минералов до геосфер). При этом объектом геокартографии выступают тела, начиная с породного уровня организации вещества. В осознании идеи иерархии геологических систем и разноранговости объектов картографирования заключается еще одна важная роль принципа системности. Этот принцип позволяет, наконец, четко определить предмет геокартографии. Поскольку картографирование — это моделирование не всех характеристик геологических тел, а только их ф о р м ы и с т р у к т у р ы, то предмет геокартирования совпадает с предметом тектоники и структурной геологии. Именно эти отрасли знаний призваны открывать структурные законы для геотектонических комплексов, а структурное и тектоническое картографирование выступает главным видом моделирования этих сторон крупных геологических тел. Отсюда становится понятной определяющая роль тектонических карт для обнаружения структурных закономерностей размещения полезных ископаемых.

Подводя итоги, можно сказать, что принцип системности требует, чтобы в работе над геологической картой соблюдались нормы научной деятельности. Во-первых, выбиралась и явно фиксировалась и е р а р х и я геологических тел. Для геологической картографии таковой выступает иерархия «естественных» геологических тел, в понимании В. И. Вернадского. Думается, что только она позволяет рассчитывать на выявление структурно-геометрических законов геологии. Во-вторых, объективно определялся масштаб картирования, который должен соответствовать рангу тех тел, структура и форма которых моделируется. В-третьих, выявлялись и обозначались о т н о ш е н и я между элементами системы (геологические тела). В «естественных» телах элементы группируются в п о д с и с т е м ы (элементарные ячейки), которые повторяются в пространстве и находятся в определенных отношениях друг с другом. Следует с удовлетворением отметить, что нормы системного подхода начинают осознаваться и входить в практику геолого-съёмочных работ. Так, в методической работе по съёмке масштаба 1 : 50 000 «Изучение тектонических структур» [1984] в качестве норматива не только полевых наблю-

дений, но и составления карты выдвигается требование выделения и показа на ней как «структурных парагенезов», включающих большое разнообразие геометрических элементов (складки, дизъюнктивы, кливаж), так и отношений между ними. Конкретизация принципа системности приводит к выделению частных принципов и методов практической и теоретической картографии. Например, принципы районирования специфицируются для каждого конкретного типа геологических карт. В тектонической и металлогенической картографии используется **с т р у к т у р а л и з м** как частное проявление принципа системности.

§ 2. Принцип иерархии

Мир геологических тел располагается в общей иерархии неживой природы между микромиром и макромиром и поэтому может быть назван мезомиром. Каждый из миров представляет особый уровень организации вещества, так как на каждом уровне действуют специфические законы системообразования. В микромире действуют физико-химические законы, и соответственно он может называться физико-химическим уровнем организации. В макромире действуют астрофизические законы, и соответственно он может быть назван астрофизическим. Следуя этой логике рассуждения, мезомир должен называться геологическим уровнем организации, если в пределах его действуют свои законы системообразования. Следует заметить, что о мезомире мы знаем пока гораздо меньше, чем о микро- и макромире, если сравнивать знания по уровню развития теории структур тел каждого из миров. Но в последнее время появились интересные идеи в отношении теории структур геологических тел, позволяющие надеяться, что мезомир действительно представляет самостоятельный уровень организации вещества. Плодотворность этих идей позволила выдвинуть их в качестве методологических принципов [Соловьев, 1985]. Что же это за идеи? История показывает, что рождение их связано с дискуссией о количестве рангов тел в пределах мезомира. То, что иерархия геологических тел должна начинаться с минералов, почти общепризнано. Уже давно четко обозначился породный ранг тел. Во всех иерархиях фигурирует геосферный ранг тел. А вот количество рангов тел между породами и геосферами неодинаково у разных авторов. Очевидно, это происходило от того, что долгое время доминировала примитивная идея построения иерархии. Она заключалась в том, что каждый последующий ранг устанавливался суммированием тел предыдущего ранга по простой схеме: из химических элементов слагаются минералы, из минералов — породы, из пород — геоформации и т. д. Под эту схему подгонялся эмпирический материал, и там, где он оказывался богатым, сходимость у разных исследователей была хорошей, но где относительный уровень развития теории структур тел оказывался ниже, например в геоформациологии и геотектонике, там появлялись и наибольшие расхождения. В этой ситуации выход был

найден в совершенствовании общей идеи перехода от одного ранга тел к другому. Разберем ее на примере построенной нами иерархии геологических тел, которая образует такой ряд рангов: минералы — породы — геоформации — геокомплексы — геосферы [Иерархия..., 1978]. За границами мезомира перед минералами располагаются химические элементы, а после геосфер — солнечные системы. Новая идея перехода от одного ранга к другому родилась в результате достижений в познании структур минералов и пород. Оказалось, что скачкообразный переход от химических элементов к минералам обусловлен не простым суммированием химических элементов, а группированием их по определенным законам структурообразования в элементарные ячейки. Они представляют собой тот минимальный объем вещества, который еще сохраняет свойства минерала как тела данного ранга. Расширить понятие «элементарной ячейки» до понятия кристалла можно, если указать еще один закон структурообразования, а именно закон периодичности. Кристалл — это уже система с периодически повторяющимися в рамках ее конфигурации элементарными ячейками. Оказалось, что минерал как вещество достаточно охарактеризовать свойствами симметрии его элементарной ячейки, но минерал как тело требует уже более полной структурной характеристики, включающей явление периодичности и симметрии формы кристалла. Как только выяснилась эта особенность перехода от химических элементов к минералам, встал вопрос о возможности ее проявления и в переходе между другими рангами тел. В частности, аналогичная идея в отношении перехода «минерал — порода» была высказана Ю. А. Косыгиным [1970], в отношении перехода «порода — формация» — В. И. Драгуновым и др. [1974] и В. Н. Громиным [1974]. В отношении рудных объектов идея элементарной ячейки и периодичности развивалась Э. И. Кутыревым [1973] и Р. А. Гордеевым [1976]. В своеобразной форме эту идею уловил О. А. Вотах [1979], выделив ранги тел, характеризующиеся «направленностью развития» (элементарные ячейки, в нашем понимании), и ранги тел, характеризующиеся «циклическостью развития» (собственно ранги тел, в нашем понимании). Наиболее интересные результаты воплощения идеи цикличности для осадочных тел принадлежат Н. Б. Вассоевичу, В. В. Меннеру [1978] и Ю. Н. Карагодину [1980]. Применительно к переходу «геокомплексы — геосферы» идею элементарной ячейки и периодичности в структуре осадочной оболочки реализовал В. А. Соловьев [1975]. Примеры плодотворного развития идеи элементарной ячейки и «периодичности» можно было бы и продолжить, но и приведенного достаточно, чтобы возвести ее в методологический принцип, а следовательно, и использовать в геокартографии. Пришимаая этот принцип, следует сосредоточить внимание на эмпирической проверке его «работоспособности». Прежде всего это касается переходов «порода — геоформации» и «геоформации — геокомплексы», которые наиболее четко должны улавливаться при крупно- и среднемасштабном картиро-

вании. Результаты картирования на структурно-вещественной основе показывают пока лишь расхождение во взглядах и попытки обосновать существование между породным и формационным рангами еще каких-то рангов. Это выражается в появлении таких терминов, как «наборы пород», «ассоциации пород», «сообщества пород», «комплексы пород» [Жарков, Жаркова, 1969], «градации» [Хворова, 1961], «подформация» [Херасков, 1952], «субформация» [Хаин, 1973], «парагенолит» [Драгунов и др., 1974] и др. Можно предвидеть две причины возникновения споров. Первая связана с нехваткой эмпирических данных о структуре формаций и со слабой разработкой теории их структур. Действительно, эмпирические данные по геоформациям в результате крупномасштабных съемок накапливаются, но в основном они относятся к свойствам и составу, а не к их структуре и форме. Две наиболее важные для построения иерархии характеристики почему-то выпадают из поля зрения геолога-съемщика. Вторую причину можно назвать скорее «психологической». Действительно, ни у кого не вызывает сомнений достоверность идеальных моделей структур химических элементов и минералов, хотя известно, что реальная картина может быть далека от идеализации. Параметры структур данных объектов настолько малы, что отклонения от них в этом масштабе представляются незначительными и пренебрежения отклонениями оправданными. Другое отношение к идеальным моделям структур пород и формаций. Имея возможность наблюдать эти объекты «невооруженным» глазом, мы видим все изъяны идеального моделирования и потому просто психологически не приемлем грубого, на наш взгляд, упрощения действительности. При этом забываем, что абстрагирование как раз и заключается в преодолении барьера сомнений в способности увидеть в многообразии разновидностей пород и формаций то общее, что объединяет их в виды.

Этот средний диапазон размерностей тел породного и формационного ранга оказывается наиболее трудным для преодоления «страха» идеализации, хотя необходимость ее очевидна каждому. Интересно, что при переходе к очень крупным рангам тел этот «страх» опять исчезает, и в этом можно убедиться, обратившись к «смелым» построениям тектонистов при расшифровке структур геоконплексов, геосфер и особенно планет (яркий пример — концепция «глобальной тектоники»). Но какие бы трудности построения иерархии геологических тел ни назывались, почти все признают важность принципа иерархии в геокартографии. На базе иерархической системы тел могут быть решены многие вопросы. Тектонистам удалось упорядочить знания по дизъюнктивной тектонике, выделив в соответствии с пятиранговой иерархией тел и пятиранговую иерархию дизъюнктивов, нарушающих эти тела [Забродин, 1981а]. Металлогенисты пытаются привести в соответствие с ней свои объекты и выделяют также пятиранговую иерархию: рудный минерал — рудная порода (руда) — рудная формация — рудный комплекс — рудная сфера. Стратиграфы на-

чали попытку приведения в соответствие своих объектов с телами иерархической системы. Думается, что иерархия тел важна для геохимии и геофизики, поскольку очень важно привязать наблюдаемые химические и физические свойства к телам определенного ранга. Наконец, нельзя упускать из виду и педагогическое значение иерархии как основы для преподавания курсов «Общая геология», «Геотектоника» и, конечно же, «Геокартирование».

§ 3. Принцип элементности

В общеметодологическом отношении этот принцип под названием «концепция элементарности» проанализирован Н. И. Степановым [1976]. Конкретизируем его применительно к геокартографии. Начнем с основных понятий, к числу которых относятся: «целое», «часть», «состав», «структура» и «анатомия». Обычно «часть» рассматривается как понятие, связанное с понятием «целое». Целостность — это основное свойство системы. Системами в геологии выступают естественные геологические тела, в понимании В. И. Вернадского. Следовательно, понятие «часть» в геокартографии необходимо соотнести с понятием «тело» и выделять в телах «части». Но «частью» может выступать и произвольно выбранный объем тела (условное тело), и элемент состава (естественное тело, но более низкого ранга). Например, в массиве гранита, как породном теле, мы можем откартировать участки по изменению отдельных признаков (зернистости, цвета, насыщенности полезным ископаемым и т. д.) — эти «части» массива будут «условными телами». Но в этом же массиве выделяются составляющие его элементы — минералы (кварц, полевой шпат, роговая обманка, слюда и др.), которые образуют минеральную ассоциацию. Тогда в соответствии с принципом иерархии отдельный минерал (кварц) будет представлять «состав», а минеральная ассоциация — «элементарную ячейку», которая, повторяясь в пространстве, слагает все породное тело. В геокартографии очень важно различать понятие «части» как условного тела и как естественного тела, более низкого ранга. Для частей, представленных естественными телами более низкого ранга, из которых состоит данное тело, используется термин «элемент». Для частей, представленных условными телами, общепринятого термина пока не существует. Думается, что два аспекта понятия части — «части-частицы» и «части-области» (образца куска, обломка) можно выразить, обратившись к терминам «структура» и «анатомия». Действительно, **с т р у к т у р а** — это взаимоотношения между **с о с т а в л я ю щ и м и** тело элементами (естественными телами более низкого ранга), а **а н а т о м и я** — это взаимоотношения между **у с л о в н о** выделенными частями тела. Например, **с т р у к т у р а** минерала — это взаимоотношение между составляющими его химическими элементами; **с т р у к т у р а** породы — это взаимоотношение между составляющими ее минералами; **с т р у к т у р а** формации — это взаимоотношение между составляющими ее породными

телами и т. д. Но в этих же геологических телах можно выделить условные части: в жиле — это апофизы, в массиве — это корневая часть и т. д. Выделение этих условных частей напоминает анатомию (голова, шея, рука, нога). Учитывая такое сходство в делении тела на условные части, можно и для описания геологических тел употреблять термин «анатомия» и картировать а н а т о м и ч е с к и е ч а с т и (компоненты). Если имеется в виду структура тела, то составляющая часть называется «структурный элемент». Тогда в случае анатомии тела составляющую часть можно называть «анатомическим компонентом». Но всегда надо учитывать, что «структурный элемент», в отличие от произвольно выделенной части (анатомический компонент), — это качественно иная часть, характеризующая с о с т а в тела. Еще Аристотель, выявляя различные значения слова «элемент», отмечал, что во всех случаях здесь имеется одна общая черта: элемент — это основное, что входит в состав тела [Степанов, 1976]. Не зря обнаружение очередного «элемента» природы (частицы, химического элемента, клетки, гена, минерала и др.) рассматривается как крупнейшая веха в развитии познания. «Другими словами, элемент — это всегда основной, исходный и существенный компонент, часть же может и не иметь данных признаков» [Степанов, 1976, с. 93]. Будучи исходными, основными для данного ранга тел, «элементы» выступают как относительно «неделимые» части. Неделимость элемента следует понимать в том смысле, что он является пределом деления только для данного ранга тел (до минерала в случае породы, до породы в случае формации и т. д.). Неделимость и существенность «элемента» предполагает его устойчивость и самостоятельность. В натурфилософских системах прошлого неделимость природы абсолютизировалась и наблюдались тщетные поиски субстрата, лежащего в основе всех превращений материи. «Современным обобщением этого взгляда, освобожденным от метафизических наслоений, может считаться представление об иерархии относительно устойчивых дискретных уровней материи, каждый из которых служит исходным пунктом, сохраняющейся основой для возникновения, функционирования и развития объектов более высокого уровня» [Степанов, 1976, с. 93]. Это представление находится в полном соответствии с данными об иерархии геологических тел. Итак, есть все основания для включения в язык теоретической геокартографии понятий «элемент» и «компонент», «часть» и «целое», «структура» и «анатомия». Принцип элементности предписывает необходимость различать эти понятия и осознать, какие объекты картируются: объекты — элементы (структурные элементы, определенные ранги тел) или объекты — компоненты (анатомические компоненты, условные тела). В соответствии с этим принципом наибольшей качественной определенностью характеризуется картирование объектов-элементов. Понимание структуры и формы геологических тел выступает основой для открытия законов, действующих в мире геологических тел.

Поэтому эти знания являются фундаментальными для геологии, и в получении этих знаний главенствующую роль играет картографическая форма моделирования.

§ 4. Принцип формализации

Этот общеметодологический принцип широко используется в самых различных областях знаний [Гносеологические проблемы..., 1969] и особенно большую роль играет в совершенствовании языка науки [Денисов, 1965]. Применительно к языку геокартографии на него обратили внимание Ю. А. Косыгин, Ю. А. Воронин и В. А. Соловьев [1964], которые провели первый опыт формализации понятий структурной геологии и геокартирования. Сначала это вызвало отрицательную реакцию со стороны представителей традиционного подхода к языку науки, но постепенно необходимость осознания важности принципа формализации стала очевидной почти для всех. В процессе дискуссии были устранены и крайности, допускавшиеся со стороны «формализаторов», и всем, наконец, стало ясно, что самое искусное использование формализма, глубокое понимание его тонкостей не могут компенсировать недостаток опытного знания. Что же такое формализация? **Ф о р м а л и з а ц и я** — это принцип научного исследования, построения научного знания и его фиксирования с помощью символов. Как методологический принцип он требует четкости представления об определенной области знания, логической строгости языка науки и тем самым обеспечивает четкость, краткость и определенность изложения. «Формализованное знание образно можно представить в виде шара, освещенного изнутри. Внутри, и только внутри него обозрение знания достигается средствами логики. За пределами шара находится необозримая область в смысле познания средствами данного формализма. Поэтому на поверхности шара как раз и будет находиться граница знания и незнания, граница достоинства и недостатков формализма» [Гносеологические проблемы..., 1969, с. 77]. В философской литературе наметилась тенденция различать формализацию в широком и узком смысле. Так, Г. П. Горский под формализацией в широком смысле имеет в виду такое уточнение изучаемых объектов и смысла соответствующих знаковых выражений, которое давало бы возможность применять к ним законы и правила формальной логики. В более узком смысле под формализацией понимается такое уточнение описания объектов и соответствующих им законов, которое позволяло бы применять математический аппарат. Но в каком бы смысле не воспринималась формализация, в широком или узком, в центре внимания должно находиться понятие о **ф о р м а л и з о в а н н о м** языке. Действительно, для более точной передачи информации, более строгой формулировки задач и однозначности их решения совсем не безразлично, насколько используемый в этих целях язык позволяет это делать. Поэтому язык должен непрерывно совершенствоваться. При этом уточ-

няются не отдельные понятия, а вся их система. Подбираются экономные и простые средства кодирования и символизации языковых выражений, приемлемые в психологическом отношении термины и условные знаки и т. п. Этот процесс совершенствования языка на основе логико-математических правил и называется **формализацией**. В зависимости от состояния языка науки формализуется либо синтаксис, либо семантика, либо то и другое. Построение синтаксиса в формализованных языках предполагает наличие не только алфавита, но и, в отличие от естественного языка, строгих правил (алгоритма), с помощью которых можно четко различать или отождествлять знаки, а также группировать их в выражения. Если в выражении не указываются отношения между знаками, то это **термы**, если указываются — **формулы**. Поэтому и говорят, что формализованный язык — это язык формул. Ответ на вопрос, является ли данное выражение правильно построенным в формализованном языке, решается **конструктивно**, т. е. указанием исходных символов и правил образования терминов и формул. Помимо конструктивного синтаксиса формализованный язык, в отличие от естественного, имеет еще и более точную семантику. Он **моносемичен**, т. е. каждое слово имеет одно четкое значение. Естественный язык **полисемичен**. Использование формализованных языков допускает непревзойденный по точности способ проверки правильности научных рассуждений. Примером формализованного языка является язык математики. Степень же формализации языка геокартографии, как и геологии, еще мала. Математика еще не приобрела для картографии того значения, которое она должна иметь для совершенствования языка геокартографии, для его формализации. Нельзя упускать из виду, что «математика — это не только совокупность фактов, изложенных в виде теории, но прежде всего — арсенал методов, и даже, еще прежде того, — язык для описания фактов и методов самых разных областей науки и практической деятельности. Именно этим обстоятельством и обуславливается универсальный характер применимости, причем применимости ее не только к техническим, физическим и другим дисциплинам, требующим часто значительного математического аппарата и иногда с трудом отделимого от пограничных прикладных областей самой математики, а и ко всем отраслям науки (если можно так сказать, к науке в целом), да и не только науки» [Успенский, 1965, с. 5]. В методологическом отношении очень важно признание естествоиспытателями огромной роли математики как основного метода теоретических исследований, и прежде всего как строгого языка науки. Уместно привести высказывание Г. Галилея по этому поводу: «Философия написана в величайшей книге, которая постоянно открыта нашим глазам (я говорю о Вселенной), но нельзя ее понять, не научившись сперва понимать язык и различать знаки, которыми она написана. Написана же она языком математическим, и знаки ее суть треугольники, круги и другие математические фигуры» [Галилей, 1932, с. 13]. А. Эйнштейн, имея в виду

языковую природу математических построений, также был убежден, что чисто математические конструкции позволяют найти понятия и связывающие их законы, которые дают ключ к явлениям природы. Может создаться впечатление, что эти мнения корифеев науки слишком далеки от проблем формализации языка геологии вообще и геокартографии в частности. Чтобы этого не случилось, обратимся к опыту самой геологии. И хотя отыскался только один пример, он интересен и поучителен во многих отношениях, но прежде всего в том, насколько огромной может оказаться роль языка в преобразовании науки. Мы имеем в виду открытие Е. С. Федорова. В середине XIX столетия исследователи накопили колоссальный эмпирический материал по кристаллографии. Попытки отдельных ученых обобщить и проанализировать его на логико-математических принципах не замечались на фоне царившей традиционной «описательной» школы. Так, поразительная неподготовленность большинства минералогов к восприятию идей, имеющих математическую подкладку, сделала бесполезным для науки труд Гесселя. Лишь через 60 лет после опубликования кристаллографы заново открыли его. Даже исключительная стройность и изящество изложения, простота и четкость доказательств, многочисленные примеры из области минералогии, характеризующие, например, работы академика А. В. Гадолина по симметрии многогранников, не могли поколебать методов традиционной школы. В таком примерно состоянии пребывала кристаллография к моменту появления в 1885 г. рукописи Е. С. Федорова «Начало учения о фигурах». Работа не сразу нашла признание. Не смог понять значение работы Е. С. Федорова даже академик Н. И. Кокшаров — один из основоположников описательной минералогии, автор одиннадцатитомного классического труда «Минералы для минералогии России». Точные измерения углов между гранями кристаллов он, как и другой академик-минералог П. В. Еремеев, ставил превыше всего. Итак, среди специалистов, возглавлявших описательную минералогию в России, Е. С. Федоров не нашел необходимой поддержки. Что особенно любопытно, труд Е. С. Федорова не был своевременно оценен и в математических кругах. Крупнейший математик академик П. Л. Чебышев, к которому обратился молодой кристаллограф, отказался просмотреть рукопись, мотивируя отказ тем, что «данным отделом современная наука не интересуется» [Шафрановский, 1963, с. 51]. Член-корреспондент Академии наук СССР А. А. Андреев, считавшийся одним из крупнейших отечественных геометров, также не понял огромного значения для кристаллографии открытия Федорова. Неизвестно, как бы сложилась судьба открытия, если бы академик А. В. Гадолин (любитель в минералогии) не заинтересовался работой молодого ученого и не настоял на ее публикации *.

* Известно, что задержка публикации привела к тому, что часть выводов и положений русского ученого была повторена Шенфлисом, с которым он делит теперь славу открытия.

Этот исторический пример интересен в методологическом отношении, в частности в отношении принципа формализации. Какие же методологические предпосылки привели Е. С. Федорова к открытию? Они довольно четко сформулированы: «Всякое строго научное изучение предметов требует, прежде всего, совершенно строгого определения основных понятий» [Федоров, 1897, с. 2]. Что подразумевалось под «строгим» определением, ясно из его же слов: «Венец сознательной деятельности человеческого разума — решение стоящих перед ним вопросов путем математического анализа» (цит. по Шафрановскому, 1963, с. 19). Или: «Зачем навязывать свои измышления, если их нельзя доказать математическим или экспериментальным путем» (там же, с. 19). Не менее интересен в этом отношении протокол заседания Минералогического общества от 16 ноября 1883 г., в котором четко сформулировано методологическое кредо Е. С. Федорова: «Действительный член, горный инженер Е. С. Федоров, бросив общий взгляд на предшествующую историю минералогии, из которой выходит, что до сих пор предметом исследования в этой области было, главным образом, лишь становившееся все более точным описание (здесь и в дальнейшем разрядка наша) минералов, выражает мнение, что этот формальный период науки завершился и что теперь усилия ученых обращаются к выяснению действующих причин, для чего понадобилась выработка более отвлеченных понятий и содействие математики [Шафрановский, 1963, с. 48]. Мнение авторов о принципе формализации, необходимом для дальнейшего развития геокартографии, совпадает со взглядами Е. С. Федорова, высказанными им когда-то по отношению к минералогии. Действительно, основу научного языка геокартографии составляют понятия. Но уже первый опыт формализации таких фундаментальных для геокартографии понятий, как «геологическое тело», «геологическая граница», «геологическая структура», «форма геологических тел» и др., показал, что их определения были далеки как от содержательного, так и от логического совершенства, так как они конструировались на основе нестрогих правил естественного языка. Максимум, что можно сделать на такой не слишком прочной основе — это апеллировать к интуиции читателя и с помощью примера «возбудить» у него, не в точности совпадающее с нашим, а приблизительно, представление об объектах геокартографии. Следовательно, задача состоит в том, чтобы формализовать неточные представления об объектах и их отношениях и представить их в более четком виде. Речь не идет о чем-то «сверхъестественном», а только о более строгом в логическом отношении определении терминов, более точной постановке задачи картирования и более совершенной методике ее решения. К сожалению, язык геокартографии, базирующийся на правилах естественного языка, допускает еще приблизительное толкование смысла слов. Псевдопонятия и псевдосуждения принимаются иногда за истину. Язык геокартографии как часть естественного языка претерпевает явления асемии и псевдосемии: иногда

да нам кажется, что слово что-то значит, а в действительности оно не содержит в себе определенного смысла. Составление нами терминологических справочников по геокартографии и структурной геологии показало, что почти любой термин имеет два-три значения, в отдельных случаях — до шести. Многозначность слова — характерное и, возможно, полезное явление, но только не в научном языке, поэтому омонимию мы вынуждены рассматривать как «патологию», а синонимию — как «роскошь». Вряд ли имеет смысл исследователю заставлять своего коллегу-читателя прибегать к хитроумным разгадываниям разных случаев омонимии и синонимии. Напротив, он всегда должен стараться закрыть все каналы, по которым в научный язык проникают синонимы и омонимы. Для ученого «обычный естественный язык есть жилищная порода, руда, расплавленная магма, из которой кристаллизуются, подобно алмазам, идеи и символы математической и символической логики. Чем больше будут люди понимать применяемые ими естественные языки, чем больше они будут представлять себе, как эти языки раскрывают и скрывают идеи, отображают и искажают понятия, тем больше они научатся извлекать из языков кристаллы и самородки ясности, которые следует искать в таких областях, как математика и символическая логика» [Беркли, 1961, с. 46]. Наш опыт работы по упорядочению терминологии геокартографии показал, что формирование языка осуществлялось здесь по типу естественного, тогда как задача состоит в конструировании с п е ц и а л и з и р о в а н н о г о языка для сферы деятельности по составлению и изданию геологических карт. Создание такого языка невозможно без опоры на логико-математические принципы, т. е. без его формализации. Высокий уровень формализации языка обеспечит и другую важную сторону картографической деятельности — а в т о м а т и з а ц и ю построения карт. Пока автоматизация коснулась картографии поверхностей (карт изолиний). Предстоит переход к автоматизации картографии тел, и первым шагом в этом направлении должна быть формализация языка геологической науки вообще и геокартографии в частности. Думается, что нормативный смысл формализации наиболее удачно выражает афоризм Рене Декарта: «Определяйте значение слов, и вы избавите свет от половины его заблуждений».

Глава 3

ГЕОКАРТОГРАФИЯ И ГНОСЕОЛОГИЯ

Картографирование является одним из основных методов в науках о Земле. Действительно, оно широко используется во всех отраслях геологии, включая геохимию и геофизику. Но до сих пор еще проблема карт рассматривается просто как проблема геологической съемки, т. е. геологического изучения

территорий (разной степени детальности) с последующей фиксацией результатов на карте. Думается, настало время разделить проблему и в качестве самостоятельных методологических звеньев выделить **геокартирование** и **геокартографирование**. По крайней мере, такой подход наметился в общей картографии, и в геокартографии стоит следовать тому же. Эти методологические вопросы достаточно обстоятельно рассматривались в общей картографии и почти не обсуждались в геокартографии, хотя они имеют свою специфику [Опоприенко, 1974]. Основой для обсуждения может послужить анализ карты как специфического познавательного средства.

§ 1. Карта как эмпирическое знание

В определении «геологическая карта» часто декларируется, что она является синтезом всех знаний о геологии района, хотя, по существу, это прежде всего эмпирическое знание, и не зря всегда отмечается необходимость фиксации на карте различных геологических фактов. Например, в большинстве определений отмечается, что «геологическая карта» представляет собой уменьшенную в определенном масштабе вертикальную проекцию выходов коренных пород. Следовательно, геологическую карту вполне можно рассматривать как своеобразный «протокол», так как с о с т а в л е н и ю карты предшествует наблюдение со всеми своими чертами: направленностью, последовательностью, планомерностью. Наблюдения при геологической съемке очень разнообразны, и в зависимости от географических особенностей и геологической обстановки используются специфические системы наблюдений. Исходным объектом при геологической съемке выступает обнажение. Изучая его, геолог обязан зафиксировать такие факты: точно указать на карте местоположение обнажения; отметить размер, тип, характер обнажения и его положение в рельефе; замерить элементы залегания пород и охарактеризовать достоверность замеров, описать породы, представленные в обнажении, и отобрать образцы для последующего изучения более точными методами; выделить геологические границы, тела, формы залегания, дислокации и т. п.

Геологическая карта прежде всего отражает характер геологических объектов, встреченных при съемке поверхности земной коры и в этом смысле является ее описанием. Под «описанием» следует понимать фиксацию результатов наблюдения. Полевая геологическая карта, на которую наносят ежедневные наблюдения при картировании, как раз представляет собой такого рода документ. Фиксация результатов наблюдения производится с помощью специальных систем обозначений, заключенных в легенде геологической карты — специальном научном языке, введенном для описания познаваемых в ходе геологической съемки особенностей объектов. Задача описания состоит в том, чтобы отобразить данные

наблюдения в системе обозначений, которые тесно и однозначно связаны с понятиями данной науки. Следовательно, при помощи описания данные наблюдения «переводятся» на язык науки, и тем самым создается возможность дальнейшего теоретического осмысления материала наблюдений. В связи с этим язык условных обозначений, применяемый при составлении геологической карты, в отличие от естественного языка должен характеризоваться однозначностью, т. е. высокой степенью формализации. Как показывает история науки, именно в этом направлении развивались усилия по совершенствованию системы условных обозначений геологической карты.

По карте определенным образом и с и с т е м а т и з и р у е т материал наблюдений. Систематизация наблюдений может производиться по различным признакам и критериям. Так, одним из основных способов систематизации материала наблюдений является составление стратиграфической колонки как отдельного обозначения, так и всего картируемого района. Главная задача при составлении стратиграфической колонки — установление последовательности залегания тел в слоистой структуре. Руководящими здесь выступают литостратиграфический и биостратиграфический принципы. Систематизация материала наблюдений с учетом этого руководящего стратиграфического принципа может производиться по большому набору признаков. Например, используются реальные соотношения между телами в разрезе, учитывается ненарушенная биостратиграфическая или литологическая последовательность и т. д. Для доказательства принятой последовательности могут использоваться и более частные признаки: изменение литологии и текстуры пород, состава конгломератов, цикличность осадков, косой и градационной слоистости и др.

Систематизация при составлении геологической карты проявляется и в других формах, когда в качестве систематизирующих принципов используются с о с т а в и с т р у к т у р а (структурно-вещественный принцип). Она может вылиться в составление специальных карт (литолого-петрографических, структурно-формационных, фациально-литологических).

§ 2. Карта как теоретическое знание

Геологическая карта — это не только эмпирические знания, так как с ее помощью производятся не только фиксация и систематизация наблюдения, но и выявляются закономерности глубинного строения. В этом отношении карта может выполнять функции средства научного объяснения, предсказания, ретросказания и гипотезы. Действительно, перед составителем карты стоит задача не только точно фиксировать наблюдения, но и найти им достоверные объяснения. Особенность научного объяснения — в принадлежности его к теоретическому уровню позна-

ния. Оно раскрывает сущность объекта и связь между выявленными в процессе описания фактами, эмпирическими зависимостями и уже известными законами, теориями и гипотезами. В геологии используются различные типы научного объяснения: генетические, структурные, субстанциальные, модельные и др. Все эти типы объяснения широко используются при интерпретации карты. Например, отражая на карте распространение различных фаций изверженных пород, объясняют их генезис. Являясь средством объяснения, геологическая карта позволяет более легко обозревать получаемые знания. Форма записи результатов наблюдений посредством знаков не только помогает практическому решению задачи, но часто вносит и качественно новый элемент в познание.

Быть средством для предсказания — одна из основных функций карты, и с ее помощью можно предвидеть многие явления задолго до их эмпирического освоения. Этим объясняются частые случаи опережения теорией эксперимента. Поскольку распределение в земной коре полезных ископаемых закономерно, то, обнаружив эту закономерность с помощью геологической карты, можно судить о полезных ископаемых и даже о типах их месторождений, присущих данной территории, т. е. сделать определенное высказывание об объектах, которые непосредственно не наблюдались.

При интерпретации геологической карты используется также метод ретросказания. Ретросказание — это процедура получения знаний о прошлом на основе знаний о настоящем. С помощью его и принципа актуализма по геологической карте осуществляется реконструирование истории и эволюции геологических процессов.

Интерпретируя карту, приходится также формулировать различные гипотезы относительно геологических закономерностей. Например, по данным одной карты можно высказать несколько предположений о глубинном строении. Материал, полученный позднее при бурении скважин, или подтвердит, или отвергнет эти гипотезы. Геологическая карта может быть и одним из средств «мысленного эксперимента». Результативность такого эксперимента в геологии связана с тем, что ее объекты характеризуются большими пространственными протяженностями, что обуславливает необходимость мысленного эксперимента с помощью картографической модели. Последняя способна адекватно отразить пространственную ситуацию моделируемого явления. При помощи картографической модели можно осуществить перенос мысленного явления в натуру. Например, различные горные выработки и скважины сначала проектируются по карте, а затем выполняются на местности. Итак, геологическую карту нельзя рассматривать только как эмпирическое средство. В ней переплетаются эмпирические и теоретические компоненты познания. Представление о сложном переплетении в карте чувственно-практических и теоретических форм познания еще больше подтверждается, когда сравниваешь понятия «картографирование» и «моделирование».

§ 3. Картографирование и моделирование

Представление о карте как специфической модели глубоко и всесторонне проанализировано А. Ф. Асланикашвили [1974]. Карта как модель отображает существенно пространственные аспекты объектов и их временные изменения и выражает в обобщенном виде стороны этих объектов, причем в отличие от математики, моделирующей абстрактные отношения, в картографии — конкретные пространства. А. Ф. Асланикашвили опровергает мнение о том, что картографическому моделированию доступно не только конкретное пространство, но и внутреннее содержание объектов картографирования. Суть дела в том, что картографирование — особый вид моделирования, приспособленный только к пространственным формам и отношениям. Содержание объектов моделируется не картографическим методом, а с помощью других средств (в геологии, например, с помощью вещественных, физико-химических и других моделей). Итак, карта — это модель реальных объектов, но моделируется только пространственная характеристика этих объектов, содержание же их отражается наглядными знаками.

Построение модели пространства означает, что недостаточно зафиксировать конкретные данные, которыми геолог располагает независимо от карты, получая их в ходе непосредственных наблюдений. От карты требуется непрерывное представление структуры пространства исследуемого объекта. Точнее, картографическое моделирование — это метод получения непрерывного отображения пространственно-непрерывного явления по дискретной фактической информации. Например, в ходе проведения геологической съемки в отдельных точках района получены замеры залегания коренных пород. Безусловно, каждый из этих замеров сам по себе представляет собой научно значимую характеристику изучаемых объектов. Однако, даже нанесенные на топооснову, эти замеры не способны выполнять функцию моделирования, хотя дают представление о пространственном расположении изучаемых объектов. Лишь порядок изменения залегания пород от места к месту, представляя собой пространственную структуру данного явления, обнаруженную в результате картографирования, выступает в функции модели геологического строения данного района. Карта дает нам знание о пространственной структуре геологических тел, которого у нас не было до создания данной карты и которое возникло в процессе ее построения.

В связи со сказанным вызывает некоторое недоумение существование определенного гносеологического парадокса, связанного с построением карты и анализом ее как модели действительности. Уже прошло около 20 лет с тех пор, как было ясно показано различие между полно- и неполноопределенными (полно- и неполнозаданными, по первоначальной терминологии) геологическими пространствами [Геология..., 1967]. Суть его в том, что от необходимо дискретных наблюдений (и их отражения на картах факти-

ческого материала) мы переходим к непрерывному изображению геологических тел. Тем не менее ни в одном руководстве по геологическому картированию не исследуются и даже не оговариваются **принципы** перехода от дискретного к непрерывному. Между тем, этот вопрос в значительной степени философский, ибо правомерность и обоснованность такого перехода существенно зависят от принятой составителем карты онтологии.

По-видимому, схему рассуждений можно реконструировать следующим образом. Предполагается, что геологические границы и геологические тела непрерывны, за исключением некоторого конечного множества разрывов, обусловленных дизъюнктивами, интрузивами и протрузиями. Поэтому допустима дискретность наблюдений, предопределяемая лишь масштабом съемки. Это подтверждается возможностью в некоторых конкретных случаях «проследить по простиранию непрерывно» отдельные геологические тела. Такова, например, методика составления Л. П. Лутугиным геологической карты Донбасса. Нетрудно видеть, что даже в условиях Донбасса «непрерывность» в смысле геологических наблюдений заметно отличается от математической непрерывности, используемой при проведении границ на карте.

Переход от прерывности геологических наблюдений к непрерывности **проведения** границ в модели основывается на принципах интер- и экстраполяции, причем правомерность этих операций основывается на подразумеваемых (явно не формулируемых) допущениях онтологического толка. Они иногда выражаются в виде «законов», что, впрочем, бывает очень редко. Так, обычно принимается «закон»: слои не должны пересекаться. Однако это утверждение верно лишь в том случае, если исследуются слои как естественные геологические тела, либо если «слои» прослеживаются по жестко заданным и неменяющимся критериям (признакам). Во всех других случаях верен прямо противоположный «закон»: слои, выделенные по разным признакам, пересекаются. Именно на этом принципе основана предложенная Ю. П. Мироновым [1975] методика картирования интрузивных образований.

Важной гносеологической проблемой является определение типа модели, к которому следует относить карту. В общей картографии широко распространено мнение о том, что карты — это образно-знаковые модели. В философской литературе распространено представление о карте как мысленной (идеальной) модели. Оба определения в какой-то степени верно отражают специфику картографической модели. Вместе с тем они недостаточны и могут быть критически переосмыслены, дифференцированы и уточнены [Асланикашвили, 1974].

Представление о карте как идеальной знаковой модели игнорирует всем известные метрические свойства карты, поскольку к знаковым моделям не могут быть применены никакие процедуры измерения, возможные лишь в отношении геометрических идеальных и всех материальных моделей. А. Ф. Асланикашвили имеет основания полагать, что картографические модели должны быть

отнесены и к типу идеальных, и к типу материальных моделей: «В первой они относятся к подгруппе знаковых, а во второй — к подгруппе пространственно-подобных моделей. Следовательно, между группами идеальных и материальных моделей должна быть переходящая группа идеально-материальных моделей, в которой можно подразумевать не только карты, но и другие виды картографических моделей — рельефные карты, глобусы, блок-диаграммы. Таким образом, картографические модели должны быть признаны знаково-пространственноподобными идеально материальными моделями...» [Аслапикашвили, 1974, с. 102].

Поскольку карта — геометрически-знаковая модель, интерпретация которой связана исключительно с пространственными отношениями и структурами, это обеспечивает ей такое свойство геометрических и материальных моделей, как метрическое ее свойство, обусловленное в конце концов пространственным «поведением» картографических «знаков».

Широко распространенное представление о карте как «образной» модели неверно по существу, поскольку любая модель является в некотором смысле образом, и это вряд ли что прибавляет к выяснению специфики картографической модели. Специфика последней связана с особенностями абстрагирования в картографии, которое в отличие от логического абстрагирования осуществляется в мысленно-графической форме путем идеализации (упрощения) пространственного поведения картографических наглядных знаков. В связи с этим картографические абстракции отображают пространство объектов в виде единства наглядного и логического. Поэтому картографическая модель, по существу моделирования, отображая конкретное пространство предметов, материальна и пространственноподобна, но в то же время в знаковой форме и обобщенно выражает содержание предметов [Аслапикашвили, 1974].

В геологической картографии специфическими формами представления картографируемой модели выступают легенды. В геологии сложилось представление о легенде как о множестве знаков, т. е. фактически алфавите языка карты. Такое внимание явно объединяет понятие легенды. Но легенда, кроме того, является моделью геологической карты, задающей систему-перечисление элементов, отображаемых в картографической модели. С этой точки зрения легенда — средство для построения и интерпретации карты, соответствующая вспомогательная модель, без которой геологическая карта не может быть создана и использована.

На разрезах представляется вертикальное сечение картографируемого геологического пространства, на котором реконструируются взаимоотношения тел, на карте не только соприкасающихся, но и разобщенных и даже не изображенных. Следовательно, разрез — это модель, которая строится с использованием двух других моделей и сопрягается с ними, самой карты и ее легенды. Цель построения разреза — дать возможность представления о трехмерном изображении геологического пространства, что имеет

большое эвристическое значение, поскольку при интерпретации разреза получают информацию, непосредственно не отображенную на карте.

Перечисленные выше основные гносеологические функции карты в полной мере относятся к ней как к модели. Однако в связи с трактовкой ее как модели можно дополнить проведенный выше функционально-гносеологический анализ. Под измерительной функцией геологической карты следует понимать такое ее свойство, с помощью которого может быть получено знание о размерах геологических объектов или о значении каких-либо иных параметров. Научные факты, зафиксированные на карте как в своеобразном протоколе наблюдений, могут послужить основой для развертывания процедуры измерения уже не на самих объектах, а на модели, которой является геологическая карта. Под модельным измерением понимается такая процедура, когда измеряется не сам непосредственно интересующий нас объект, а другой, — либо равный первому по значениям параметров, либо пропорционально ему деформированный. Как раз карта представляет собой объект последнего рода, и, хотя она не строится специально для выполнения процедур измерения из-за невозможности их реализации на самом объекте, функция измерения после создания геологической карты весьма существенна для выяснения некоторых характеристик геологических объектов. Так, в результате измерений по карте можно установить глубины залегания горизонта, лежащего ниже опорного горизонта на структурной геологической карте со стратозиогипсами, определить величины и направления падения и простирания наклонной поверхности по линии выхода на карте с горизонталями, а также решить другие многочисленные задачи, имеющие практическое значение.

Геологическая карта, являясь знаковой пространственноподобной моделью, наглядна, поскольку создает определенное чувственно воспринимаемое представление об оригинале. В отличие от формальных знаковых систем карта является генерализованной, концентрированной геометрической схемой действительности. В этой схеме некоторые существенные детали, стороны действительности вычленены, поданы более выпукло, чем в реальном объекте, благодаря чему картографическая модель может в наглядной форме отражать реальность, причем не только со стороны формы, но и со стороны ее содержания.

§ 4. Информационная функция карты

Картографические модели, формируемые с помощью специфических знаковых систем, служат мощным средством фиксации, систематизации и формализации знаний. Они выступают средством научного доказательства, формирования понятий и абстракций. С помощью картографических моделей обнаруживаются закономерности, которые фактически невозможно выявить эмпирически. Имеет смысл различать два аспекта картографии —

процесс создания картографических моделей и использование готовых карт, поскольку можно говорить о двух образах карт (один создается в представлении автора карты, другой — у потребителя при работе с картой). Факт существования этих двух аспектов нашел свое отражение в понятии картографического метода исследования [Салищев, 1976; Берлянт, 1978], под которым понимают метод использования карт для описания, анализа и познания явлений, для получения новых знаний и характеристик, для изучения пространственных взаимосвязей и прогноза явлений.

Правда, такой подход разделяется не всеми специалистами по картографии. Так, А. Ф. Асланикашвили [1974] различает «картографическую методику», или систему отдельных приемов, привлекаемых на всех этапах создания, воспроизведения и употребления карт, и «картографический метод», т. е. использование «картографической методики» и фактического знания объекта исследования в процессе его картографирования. Фактически здесь не различаются картографирование и исследования по картам.

Фактом является постоянное расширение сферы использования карт и усложнение задач, решаемых с их помощью. Показателем в этом отношении пример географии, в которой на разных этапах карты служили средством обобщения и систематизации фактического материала, инструментом для выделения эмпирических географических закономерностей, основой для развития географической теории, системного анализа и географического прогнозирования. В современной геологии проявляются аналогичные тенденции.

Анализ картографических материалов — один из основных методов изучения планетарных геологических закономерностей, выявления систем планетарной трещиноватости, крупнейших линейных элементов и кольцевых структур. С помощью карт изучаются особенности пространственного размещения геологических объектов различных масштабов — от крупнейших (материков, океанов, платформ, щитов, горных систем, срединно-океанических хребтов) и до структур отдельных рудных полей и месторождений. По картам могут быть решены многие задачи палеогеографии, стратиграфии и геохронологии. С ними связаны гидрогеологические, инженерно-геологические и оценочные исследования, выполняемые для хозяйственного освоения территории. Картографические материалы являются ценным базисом для историко-генетических реконструкций и различных прогнозных исследований с привлечением приемов картографической экстраполяции.

Огромное значение картографических средств для науки и практики требует специальной разработки методов анализа карт. В общей картографии выделяется целая серия приемов и способов их анализа. Широко распространен визуальный анализ, основывающийся на наглядности картографических моделей. Непосредственный взгляд на карту помогает восприятию форм тел, закономерности их размещения в пространстве и других особенностей геологического строения. Используется в геологии и графический

анализ, заключающийся в проведении специальных построений по картам (например, розы-диаграммы тектонических разломов, совмещение профилей рельефа для выявления поверхностей выравнивания и т. д.). Известны картометрические исследования, связанные с вычислением по картам расстояний, длин, высот, площадей, объемов, углов и других характеристик геологических тел. Указанные приемы анализа карт используются в геологии давно и имеют тенденцию к расширению областей своего применения в связи с новыми задачами, появившимися в последние десятилетия.

Реже применяется при работе с геологическими картами математико-статистический анализ, направленный на исследование явлений, которые в своем картографическом изображении можно рассматривать как однородные множества изменяющихся в пространстве случайных величин — статистических совокупностей. Как отмечает К. А. Салищев, здесь преследуются три основные цели: 1) изучение характеристик, закономерностей размещения и временных изменений однородных явлений, определяемых многими факторами с известной функциональной зависимостью; 2) изучение пространственных и временных взаимосвязей явлений посредством вычисления корреляционных зависимостей; 3) оценка степени влияния отдельных факторов и выделение ведущих факторов [1976, с. 292].

В географии применяются также математическое моделирование, заключающееся в создании пространственных математических моделей явлений или процессов по исходным данным, взятым с карт, и приемы теории информации. Последние методы составили реальную основу для развития процесса автоматизации анализа картографических материалов. Их применение в геологии находится еще в самом начале пути, и в этом плане состояние дела в географической картографии указывает перспективы разработки методов анализа картографической информации в других науках.

Глава 1

ЯЗЫК ГЕОКАРТОГРАФИИ

§ 1. Геокартография и лингвистика

В свете представлений семиотики и лингвистики нет сомнений в том, что карта может рассматриваться как текст, изложенный на определенном языке [Степанов, 1974; Налимов, 1978, 1980; Мирский, 1980; Лютый, 1981; и др.]. Очень важна в этом отношении работа А. А. Лютого [1981]. Развивая и конкретизируя его представления, необходимо показать, что язык геологической карты отличается от языка карт иного содержания и назначения. Образно говоря, языки всех частных картографий образуют языковую семью, где общая картография обладает чем-то вроде праязыка, а каждая из частных картографий «говорит» если не на особом языке, то хотя бы на «собственном диалекте».

Существует несколько подходов к классификации и описанию семиотических систем, рассматриваемых в качестве языков. В. В. Налимов [1980] выстраивает языки в ряд, по степени «мягкости — жесткости», которая определяется такими особенностями, как строгость синтаксиса, наличие и широта распространения явлений синонимии и др. Языки образуют спектр от предельно жестких, типа генетического кода или искусственных языков, приспособленных к общению с ЭВМ, до предельно мягких, типа языков некоторых восточных философских систем. Язык геологических карт в шкале В. В. Налимова (несмотря на то, что отдельные карты-тексты обнаруживают довольно значительные колебания мягкости — жесткости) занимает какое-то среднее положение. В общем, он ближе к жестким языкам (и это естественно, так как мы стремимся к быстрому и однозначному пониманию карт), но не является в то же время чрезмерно жестким, во всяком случае, до «машинных» языков ему далеко.

Ю. С. Степанов [1971] расположил знаковые системы по уровням, или ступеням «знаковости» — от явлений неживой природы (ступень 1) до явлений, реализующихся в человеческом обществе (ступени 5—10). А. А. Лютый [1981] полагает, что картографические знаковые системы, или языки карты, располагаются на ступенях 7, 8 и 9. Мы полагаем, что с этим следует согласиться, хотя, как нам представляется достаточно очевидным, язык карт мо-

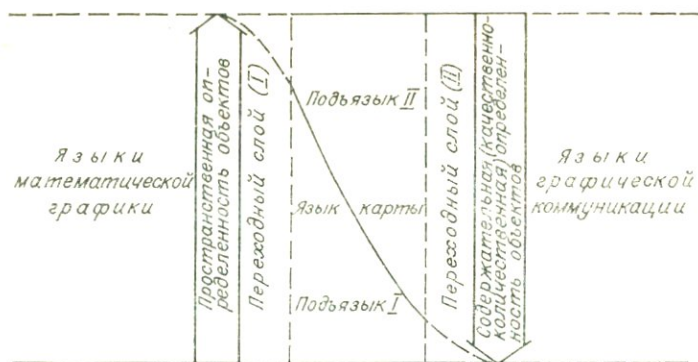


Рис. 4. Общая модель языка карты (Лютый, 1981, с упрощением).

жет быть отнесен и к ступени 10, где Ю. С. Степанов помещает абстрактные семиотические системы.

А. С. Майданов [1977] анализирует языки преимущественно с информационной точки зрения. Он, в частности, отмечает, что смысл — информационный компонент знаковой и семантической единиц языка — нуждается в чувственно воспринимаемом языке.

А. А. Раскина и другие [1976] отмечают, что для описания некоторой предметной области требуются специальные языки, представляющие собой либо строго регламентированный фрагмент естественного языка, либо искусственный язык с самостоятельной лексикой, синтаксисом и семантикой. Такие языки называются «объектно-признаковыми», так как они основаны на дихотомии «объект — признак». Язык карты является типичным объектно-признаковым.

Общая модель языка карты представляется А. А. Лютым [1981] следующим образом (рис. 4). В языке карты выделяются два подъязыка. Подъязык I описывает, грубо говоря, то, что А. Ф. Асланикашвили [1974] назвал «пространственной стороной объекта картографирования». Сюда можно отнести пространственную соотнесенность границ геологических тел, координаты точек, сами координатные сетки, топографическую основу карты, элементы залегания геологических тел и др. Как видно из модели А. А. Лютого, двигаясь по центральной кривой влево, мы постепенно перейдем в область языков математической графики. В этой части модели языка карты располагается сейчас передко сфера деятельности математической картографии [Ширяев, 1977]. К подъязыку I мы будем обращаться лишь в редких случаях.

Подъязык II — то, что А. Ф. Асланикашвили [1974] считал «содержательной стороной» картографируемого объекта. Подъязык II смыкается с картоподобными диаграммными построениями, а последние, в свою очередь, — с графиками и диаграммами. К подъязыку II относятся все соображения об абстрагировании, обобщении и генерализации.

Определенный интерес представляет вопрос: естественным или искусственным является язык карты? М. А. Розов [1977] и А. А. Лютый [1981] цитируют одно и то же высказывание крупного исследователя первобытных народов Б. Ф. Адлера о том, что первые картографические представления, развившиеся совершенно независимо у разных народов в разных частях земного шара, оказались удивительно близкими. Да и дальнейшее их развитие шло в основном близкими путями. Это свидетельствует в пользу естественности языка карты — но какой карты? Конечно, топографической (географической). Однако развитие частных картографий, в том числе картографии геологической, шло уже иным путем. Языки карт становились все более и более искусственными и все более отдалялись друг от друга. Если сравнивать их с разговорными языками человеческого общения, то можно утверждать, что картографическая языковая семья распалась на отдельные языки и диалекты. Правда, искусственные картографические языки почти никогда не достигают жесткости «машинных» языков (за исключением, может быть, частных трансформаций подязыка I, который является уже «машинным» языком, предназначенным для ЭВМ и графопостроителей). Следовательно, искусственные картографические языки в чем-то копируют язык естественный.

Начиная с одного из основоположников семиотики Ч. Морриса, в любой семиотической системе выделяют три типа отношений: синтаксические — отношения между знаками; семантические — отношения между знаками и означаемыми объектами; прагматические — отношения между знаками и человеком.

§ 2. Алфавит и словарь

Несмотря на кажущуюся очевидность утверждения о том, что легенда — это алфавит языка карты, оно далеко не общепринято. Например, А. А. Лютый [1981] считает, что легенда служит **словарем** языка карты. А роль алфавита он отводит элементарным составляющим знаков легенды. Этот взгляд является крайностью, хотя долю истины он содержит (легенда некоторых географических карт). Другая крайняя точка зрения принадлежит, по-видимому, Ю. П. Миронову [1975], который проводит полную аналогию между знаками легенды геологической карты и буквами алфавита письменного языка. Действительно, в легендах геологических карт бывают знаки, которые можно уподобить буквам (легенды шлиховых карт, карт полезных ископаемых и др.). Однако для легенд большинства геологических карт это неверно. Более правдоподобно представление, согласно которому письменность естественных человеческих языков была создана для отображения устной речи. Перед языком карты такая задача не стоит — это чисто письменный (графический) язык, к тому же отображающий не линейную последовательность событий, а пространственные явления. Поэтому прямые аналогии его с письмен-

ной речью (знака в языке карты — со словом письменной речи) вряд ли окажутся содержательными. Можно попытаться сопоставить язык карты с пиктографическим и иероглифическим письмом: это уже не произвольный рисунок, не индивидуальная (по средствам выражения) картина, а сочетание знаков из определенного набора. Это сближает язык карты и с иероглифическим письмом. «Грамматика» и «синтаксис» языка карты, по-видимому, гомоморфны структуре описываемого объекта, чего в общем-то не требуется от естественных человеческих языков.

Итак, существует точка зрения, по которой язык карты по способу фиксации сообщения ближе всего к пиктографическому, а точнее — иероглифическому письму [Майданов, 1977]. Как понимать алфавит такого языка? Ясно, что он не содержит — или почти не содержит — аналогов букв в чистом виде. В иероглифическом письме каждый знак обозначает понятие. В развитии такого письма знаки обозначают и слова, и слоги. Есть специальные знаки-детерминанты. Аналогия с легендой здесь достаточно прозрачна. А где же в рассматриваемом языке словарь? Часть слов, конечно, попадает в легенду, но в основном они образуются в голове исследователя в процессе перехода от легенды к изображению на карте. Таким образом, словарь в языке геологической карты в явном виде полностью не фиксируется.

Рассмотрим несколько подробнее, как можно было бы сопоставить знаки легенды со знаками пиктографического и иероглифического письма. Известно, что пиктографическое письмо — наиболее древнее. Естественно было бы ожидать, что соответствующие знаки встречались на наиболее древних картах. Действительно, самые древние, самые примитивные из известных нам карт, по существу, представляли собой набор рисунков — образов предметов или обозначений действий. Существенно, что все эти карты были географическими, или, точнее, ситуационными, картами-предписаниями [Розов, 1977; Лютый, 1981]. У древних карт не было легенд. Можно предполагать, что легенды совмещались с текстом карты, однако это верно лишь для того периода, когда появилась письменность. В дописьменный период легенд попросту не могло существовать, ибо каждый знак в легенде нуждается в словесной расшифровке. Знаки-образы и так были понятны, а знаки-действия объяснялись устно и, видимо, запоминались.

Как известно, пиктографическая письменность сменилась иероглифической, где знак — художественный образ предмета — постепенно упростился, превратившись в сложный символ. Однако элементы рисунка видны и в иероглифе. Поскольку геологическая картография — отрасль, выделившаяся из общей картографии сравнительно недавно, а последняя к тому времени уже успела пройти большой эволюционный путь, следует ожидать, что тексты геологических карт «написаны» в основном иероглифическим письмом, но в последнем могут сохраняться и пиктограммы. Анализ показывает, что пиктограмм в полном смысле слова в легендах современных геологических карт мы не найдем. Однако

есть знаки, не очень далеко от них ушедшие. Например, условные обозначения мест находок остатков фауны и флоры (схематизированные изображения раковины и листа), некоторых месторождений полезных ископаемых — в первую очередь нефти и газа (схематизированные силуэты буровых вышек с фонтаном). При желании можно заметить достаточно хорошо сохранившиеся пиктограммы в обозначениях ряда литологических разностей горных пород: пески (точки), галечники и конгломераты (кружки), глинистые сланцы (горизонтальные параллельные линии), известняки («кирпичики» — образ пластовой отдельности известняков с поперечными трещинами) и др. Но обозначения магматических и метаморфических горных пород часто уже не имеют ничего общего с внешним обликом реальных пород. Поэтому все остальные знаки (за исключением тех, что мы выше уподобили буквам) являются иероглифами.

Аналогия с иероглифической системой письменности прослеживается и в области прагматики. Известно, что иероглифическое письмо очень консервативно: когда знаки его устоялись, язык, использующий это письмо, может меняться, а текст все равно можно прочитать. Более того, это письмо могут заимствовать другие, совершенно чужие языки, и тогда текст можно прочитать. Так обстоит дело с теми языками, которые пользуются одной системой письменности: некоторые современные и древние тексты понимаются одинаково, хотя вряд ли кто-нибудь изучает специально древний язык. Точно так же и в геологической картографии: часть знаков легенды уже устоялась со второй половины XIX в. и во всем мире **понимается** одинаково (индексы подразделений Международной стратиграфической шкалы и цветовая раскраска геологических образований, знаки для месторождений полезных ископаемых, элементов залегания, геологических границ и др.).

В свете сказанного понятным становится появление в легенде знаков-детерминантов: поскольку в иероглифической письменности один знак может обозначать несколько понятий, детерминант указывает, какой класс объектов имеется в виду. То же и в легенде. Положим, знак «К» относится к образованиям меловой системы вообще, если же перед ним стоит греческая буква, то в стандартной легенде общегеологической карты это указывает на **магматические** — и только **магматические!** — образования. А в легенде произвольного типа тот же самый детерминант может обозначать класс и совсем иных объектов — например, каких-нибудь метаморфических формаций. От этого изменится **конкретное значение** данного знака, но он не потеряет роль детерминанта. Любопытно то, что в роли детерминантов в стандартных легендах общегеологических карт выступают и **нулевые знаки** (т. е. отсутствие явного знака). Если воспользоваться вышеприведенным примером, то просто буква «К» без других индексов перед ней, как правило, обозначает стратифицированные (осадочные или ¹метаморфические) образования.

Нетрудно заметить, что в алфавите языка карты есть знаки **элементарные** и знаки — комбинации из элементарных. Безусловно элементарными являются, например, знаки геологических границ, почти все вспомогательные знаки (элементы залегания, точки наблюдения и т. д.), некоторые виды крапа и др. Элементарны, в принципе, знаки-индексы стратиграфических подразделений и интрузивных образований, но здесь есть две тонкости. Во-первых, в качестве неразложимого мы должны рассматривать полностью индекс какой-нибудь свиты (например, T_3 — мерекская свита), хотя в ином контексте часть этого знака может приобрести значение самостоятельного элемента алфавита (в нашем примере T или T_3). Во-вторых, такие элементарные знаки обязательно комбинируются с какими-либо другими — либо с цветом, либо со штриховкой, либо с тем и другим вместе.

Могут быть и очень сложные комбинации элементарных символов алфавита. Таковы, например, сочетания крапа петрографического состава для геологических тел, образованных несколькими разновидностями горных пород, наложение цветового крапа метаморфических преобразований на черный крап литологического состава и цветовой фон стратиграфических подразделений и т. п. В этих сложных случаях трудно сказать с уверенностью — имеем мы дело со **словообразованием** или же со **словосочетанием**, т. е. переходим уже в область синтаксиса языка карты.

Мы уже неоднократно подчеркивали большую самостоятельную ценность легенд геологических карт. Поскольку и легенда, и карта являются моделями геологической действительности, между ними выявляется достаточно много общего. Но все же они имеют и много специфического. Карта как текст и н д и в и д у а л и з и р у е т картографируемые объекты, т. е. выделяет на присутствии ее языке каждый конкретный индивид, показывает, чем он отличается от индивидов того же класса (хотя бы положением в пространстве). Легенда к л а с с и ф и ц и р у е т объекты.

Отличием карты является возможность **районирования**, т. е. отображения структуры с отношением соседства. В то же время для легенды-алфавита типично отображение иерархических отношений (т. е. структур с отношениями включения и порядка). На карте фиксируются только **пространственные** отношения между объектами. В легенде фиксируются и пространственные, и временные отношения между объектами, именно поэтому легенда как теоретический конструкт дает непосредственный выход к анализу истории объектов. Так, два смежных яруса Международной стратиграфической шкалы в легенде **всегда** располагаются рядом, причем порядок их в точности соответствует положению в геохронологической шкале (временному порядку), на карте же это не так.

В заключение хотелось бы кратко остановиться на объеме алфавита карты. Алфавиты большинства диалектов — разновидностей геологических карт — в настоящее время уже устоялись (а в некоторых типах карт и стандартизированы в международном масштабе). Никто не подсчитывал, сколько именно различных знаков

используется в легендах, но, по-видимому, их количество вряд ли превышает 1000. И можно надеяться, что для подавляющего большинства геологических карт количество знаков алфавита заметно не возрастет.

Однако есть, как минимум, три класса карт, где количество знаков в алфавите все время меняется. Это карты металлогенические, формационные и (особенно) тектонические. Дело в том, что при картографировании в этих областях геологии время от времени выдвигаются новые принципы построения легенд, что иногда влечет за собой почти полную смену алфавита (за исключением знаков-инвариантов типа обозначений для геологических границ). Правда, логико-методологический анализ показывает в таких случаях, что у выдвинутого принципа новым является только название или формулировка, а легенда за новыми условными знаками скрывает старое содержание, иногда лишь слегка перетасованное [Соловьев, 1975; Структура..., 1979]. Это равносильно тому, что вдруг пероглифическая письменность перейдет на латиницу или кириллицу: содержание текстов не изменится, но доступными они станут лишь тем, кто пройдет специальную подготовку. Масса же пользователей вынуждена будет воспринимать транслитерированные тексты как абсолютно новые.

§ 3. Синтаксис

Любой язык является системным образованием. Системность выражается структурой языка или его синтаксисом. Поскольку любая карта строится по определенным правилам, а не произвольно, постольку можно говорить и о синтаксисе языка карты. Синтаксис общекартографического языка разработан А. А. Лютым [1981]. Так как язык геологических карт здесь не отличается ярко выраженной спецификой, отсылаем читателя к его оригинальной работе. Остановимся на некоторых замечаниях. Очевидно, аналог **порядка слов** в предложениях естественного языка в языке карты не имеет места. Для последнего имеет смысл говорить лишь о способах сочетания знаков в тексте-карте, их соотношенности или соподчиненности. При этом существенно следующее. Язык геологических карт разбивается на серию языков второго порядка, или «диалектов». Среди них есть обладающие достаточно примитивным синтаксисом (шлиховые, геохимические карты). В то же время карты, богатые геологическим содержанием, в основном излагаются в подязыке, который отличается и разнообразием синтаксических структур.

Хотя некоторые синтаксические связи заложены в легенде, все-таки часть их просто подразумевается, исходя из опыта составителя карты и ее пользователя. Среди этих связей есть жесткие (однозначные). Например, если в верхней части легенды имеются только знаки для осадочных образований, то в нижней ее части может не быть знака, обозначающего контактовые изменения пород. Напротив, наличие в легенде знака для контактового измене-

ния пород может повлечь появление знака (знаков) для обозначения каких-либо магматических образований. Наиболее яркий пример согласования знаков — появление на общегеологической карте индекса стратиграфического подразделения вслед за цветом. Однако обратной силы эта связь не имеет: если есть индексы стратиграфических подразделений, то можно ожидать как цветовых знаков, так и штриховых. Аналогия находится в естественных языках: увидев в предложении артикль, обязательно встретишь существительное, но обратное неверно.

Однако чаще в синтаксисе языка карты связи не являются жестко детерминированными. Положим, появление в группе знаков легенды, обозначающих геологические границы, знака «несогласное залегание» вовсе не позволяет нам сделать вывод о том, какие породы встретятся на карте, хотя можно полагать, что исключается, например, тот случай, когда на карте изображены только магматические образования. Множественность явлений такого рода в большинстве карт и позволяет считать их язык достаточно мягким, по В. В. Налимову [1980]. Ареалы значений ряда знаков (или их комбинаций), близких к синонимам или омонимам, могут существенно перекрываться. Именно это и позволяет извлекать из карты-модели иногда существенно больше информации, чем при натурном исследовании объекта. Особенно это относится к случаям, когда изучается целый комплекс свойств одного объекта. При этом в натурном исследовании существует большая опасность оказаться в плену суммативного подхода (не увидеть целого за частностями), в то время как на карте может отчетливо проявиться эмерджентность свойств объекта — системы, что, несомненно, позволяет глубже проникнуть в его сущность.

«Мягкость» языка карты обуславливается как широким проявлением явлений синонимии и омонимии, так и свободной сочетаемостью знаков, т. е. нежесткостью синтаксиса. Отсюда интересно выявление случаев обязательной сочетаемости знаков, проследивание изменения их в истории геологического картографирования — с тем, чтобы определить, в каком направлении развивается синтаксис языка карты.

Жесткую определенность имеют вспомогательные знаки легенды. Так, знаки, обозначающие места находок остатков ископаемых организмов или растений, могут встретиться лишь в сочетании со знаками геологических тел, не являющихся интрузивными или субвулканическими образованиями. Знаки, обозначающие элементы залегания геологических тел (за исключением знаков горизонтального залегания), на правильно составленной карте всегда встречаются в сочетании с каким-либо линейным знаком, чаще всего — каким-либо знаком для геологических границ. Знак для геологической границы, предполагаемой под рыхлыми отложениями, возможен лишь в том случае, если имеется знак для этих последних. Знаки для милонитов, катаклазитов и других динамометаморфических образований, как правило, сопровождают знак

дизъюнктивной границы, но иногда и заменяют последний (фактически здесь два знака-иероглифа сливаются в одно «слово»).

Значительно чаще синтаксические связи между элементами языка карты не являются жесткими. Так, если на тектонической (структурной) карте показаны «оси пликативов III порядка», то следует ожидать появления знака и для пликативов, как минимум, II порядка, иначе объявление порядка пликатива в концепте знака не имеет смысла. Более высокий порядок может выходить за пределы возможностей масштаба карты, и для отражения его строятся мелкомасштабные карты-врезки. Но такая связь выдерживается не всегда, т. е. не является жесткой. Другие случаи связаны с особенностями картографируемых фрагментов геологического мира. Так, если в легенде есть знак для некоторой «свиты», то отсюда вовсе не следует, что в ней обнаружатся и знаки для «подсвит» или «пачек», даже если масштаб карты позволяет показать такие объекты. Другой вариант: можно знать, что в некотором регионе какая-то свита разделена на две подсвиты. Но, увидев на карте **части** этого региона знак для одной из этих подсвит, мы вовсе не вправе ожидать обязательного появления знака и для второй подсвиты. Ясно, что подобных случаев в языке карты много.

Наконец, в языке карты существуют связи безусловно запрещенные. Почти все такие случаи определяются не структурой языка карты как таковой, а содержательными геологическими соображениями. Иногда запреты следуют из геологических законов. Так, из положения «геологические тела не допускают самопересечений» следует, что на карте граница одного и того же геологического тела не может иметь самопересечений.

Синтаксические правила языка карты пока не имеют нормативного выражения. Следует, однако, думать, что с развитием стандартизации легенд геологических карт синтаксис будет становиться более жестким, что вызовет необходимость в фиксации его в документах, обязательных для всех авторов карт. Сейчас наиболее строго синтаксис выражен для языка топографических карт. Можно также вспомнить хорошо разработанные правила структурной геологии и горной геометрии — например, правила проведения границ наклонно залегающих геологических тел на топооснове с рельефом, отображенным горизонталями.

§ 4. Информативность

Характерной особенностью языка карты является его огромная информационная емкость, обусловленная именно спецификой этого языка как образно-знаковой системы. По данным некоторых ориентировочных подсчетов, выполненных для географических карт, информационная емкость карты превышает соответствующий показатель текста на естественном языке в десятки раз [Лютый, 1981]. Следует полагать, что эти подсчеты в равной мере можно отнести и к языку геологических карт.

Информативность языка карты зависит от многих факторов. В общей модели картографической коммуникации [Ратайский, 1975] выделено четыре вида информации, появляющейся и проявляющейся в процессе картографирования и работы с картой. Думается, что в ней учтено не все, и целесообразно выяснить полный поток информации, циркулирующей в картографической деятельности.

Информация, заключенная объективно в картографируемой действительности. Свойства объектов, связи и отношения между ними бесконечно многообразны. Исследователь прежде всего должен уметь выявить их, что обеспечивается соответствующим уровнем квалификации. Допустим, мы имеем дело с обнажением, в котором видны и несогласие, и фауна хорошей сохранности, и фацialsные переходы, и т. д. Профессионал сразу оценит, что такой объект несет массу геологической информации, и сможет передать эту информацию. Но для непрофессионала это же обнажение будет просто «каменной стеной». У непрофессионала нет языка, чтобы воспринять геологическую информацию и тем более передать ее.

Существенно то, что одну и ту же информацию разные исследователи воспринимают в разном объеме. При этом не только физик и геолог воспримут одно и то же обнажение по-разному. Разную информацию из одного и того же объекта извлекут и геологи разных специальностей, разных школ, с разными целевыми установками, наконец, попросту с разным опытом работы. Именно на этом этапе закладывается то различие, которое мы видим на картах, составленных для одних и тех же территорий разными исследователями или одним, но в разные годы. Все это — следствие того, что в геологии нет однозначных требований к наблюдению (существующих, например, в астрономии).

На этом этапе карты еще не создаются: можно только располагать описанием, зарисовками, фотографиями. Но у исследователя уже есть намеченная, хотя бы в основных чертах, легенда будущей карты. Здесь начинается переход к следующему этапу, на котором циркулирует другой вид информации.

Информация, необходимая для создания карты. Это — этап включения активности познающего субъекта, где он не только демонстрирует свое профессиональное умение (ремесло), но нередко и творческие способности, и воображение. Последнее необходимо, так как геологическая действительность редко дает возможность получить всю необходимую для картографирования информацию. Обнажения представляют собой дискретные объекты, которые невозможно воспринять в целом. Поэтому часть информации не извлекается непосредственно из объективной действительности, а привносится исследователем. Надо ли говорить, что здесь прошлый опыт играет решающую роль? Достаточно сравнить карты, составленные молодым специалистом, который владеет лишь способами интер- и экстраполяции, усвоенными в курсе геологического картирования, и опытным съемщиком, особенно если пос-

ледний хорошо знаком с районом исследования. При этом оба работают в рамках одной легенды, т. е. пользуются одним и тем же (в точности) языком. Ясно, что информативность карты в таких случаях будет разной.

Информация, помещаемая исследователем в карту. Лишь в редких случаях и только для сравнительно простых по содержанию карт информация, полученная и отобранная на последующих этапах, в неизменном виде помещается в карту. В большинстве случаев для геологических карт легенда диктует то, что необходимо изобразить на карте. Но достаточность информации в каждом отдельном случае различна. Иногда исследователь фильтрует ранее полученную информацию через призму инструкций и собственного опыта, при этом первоначальная информация может исказиться, и в любом случае она в таких обстоятельствах меньше по количеству на этом этапе, чем на предшествующих. В других случаях на этом этапе привлекает новая информация — например, новые идеи, заимствованные из литературы. Чаще же проявляются невидимые ранее связи и отношения между картографируемыми объектами, затупеванные и явно не проявленные, а поэтому и не информативные. В таких случаях количество информации, заключаемой в карте, возрастает по сравнению с предыдущими этапами. В отличие от словесного, особенность языка карты состоит в том, что здесь проявляется информация, которую составитель совершенно не воспринимал или воспринимал очень смутно, но которую ясно увидел пользователь. Так, например, нередко это характерно для кольцевых структур. Другое дело, что нередко такая информация является фактивной и носителем ее выступает не карта или легенда, а сам пользователь.

Информация, получаемая пользователем карты. Изучая одну и ту же карту, каждый пользователь пытается извлечь из нее что-то свое. Даже наиболее простые геологические карты (например, плиховые) разными исследователями видятся и воспринимаются по-разному. По-видимому, это является одной из характерных особенностей именно геологических карт, как наиболее богатых по содержанию, обладающих наиболее развитым и выразительным языком, в то же время — наиболее мягким из всех языков карт. Действительно, неоднозначность информации, извлекаемой, положим, из карт топографических или навигационных, сразу же привела бы к тому, что этими картами невозможно было бы пользоваться. Но на языке геологических карт одна и та же информация может выражаться разными средствами, и наоборот, одни и те же языковые средства могут использоваться для отображения разной информации.

Поэтому справедливо утверждение, что пользователь карты обычно «вычитывает» из нее не все то, что хотел отобразить автор. Нередки случаи, когда и сам автор, рассматривая свою карту, начинает находить на ней нечто больше того, что он хотел изобразить. Это происходит тогда, когда автор переходит на новые

научные позиции, когда его убеждения меняются под влиянием дискуссий с коллегами, наконец, когда он использует свою карту не для тех целей, для которых она составлена.

Некоторую часть информации пользователь воспринимает вполне однозначно из-за жесткой определенности части знаков языка. Например, на картах полезных ископаемых знаки месторождений дифференцированы по величине в зависимости от параметров обозначаемых месторождений. При этом параметры могут быть прямо зафиксированы в легенде (указанием градаций запасов полезных ископаемых) или подразумеваться в памяти пользователя (тогда в легенде знаки обозначают, например, «крупные», «средние», «мелкие» месторождения). Знаки этой группы могут нести пользователю экономическую информацию (месторождения «промышленные» и «непромышленные», «проявления»), а также информацию о современном состоянии объекта (месторождения «отработанные»).

Информация о действительности, преломленная с учетом знаний, опыта и профессии пользователя, а также целей использования карты. Этот вид информации непосредственно связан с предыдущим, но не тождествен ему. Поскольку геологические карты используются в различных отраслях народного хозяйства, очевидно, что одна и та же карта представит совершенно разную информацию, положим, тектонисту, собирающемуся составить новую тектоническую карту по результатам геологических съемок последнего времени, и экономисту, изучающему природный потенциал региона. Может даже оказаться, что восприятия или потоки информации практически не пересекаются. Это самое удивительное свойство геологической карты, а точнее — ее языка! Один и тот же текст, а воспринимается по-разному. Более того, один пользователь может воспринимать геологическую карту как систему непрерывных образов, почти не пытаясь перевести свои впечатления в слова разговорного языка, в то время как другой, наоборот, может адекватно перевести ее в дискретную речь.

Существенной особенностью языка карты является то, что информацию о действительности он всегда доставляет опосредованно. В картах фактического материала информация «пропускается» через опыт одного автора, а в составленных по ним геологических картах — через опыт многих. Ясно, что чем дальше составленная карта от натурных наблюдений, тем она информативнее. Может случиться и так, что в конце концов вся объективная информация о геологической реальности вытеснится соображениями и представлениями автора. Думается, что в этих случаях карта моделирует не реальный мир, а теоретические представления картосоставителя.

Как правило, автор карты стремится к тому, чтобы информативность ее была адекватна целям картографирования. Однако далеко не всегда удается достигнуть этого. Наиболее часто мы встречаемся с недостаточной информативностью карты. Объектив-

но это определяется недостаточностью наблюдений. При этом в исходных картах недостаточность нельзя домыслить, ибо это ведет к искажению информации. В последующих картах, особенно завершающих картографическую деятельность, такое восполнение допустимо, но при этом легенда должна отражать как объективную информацию, так и мысленные построения автора. Субъективно недостаточная информативность обычно зависит от недостаточной квалифицированности автора, и мы на этом останавливаться не будем (случай сознательного искажения материалов наблюдений мы по очевидным причинам в расчет не принимаем). Отметим лишь, что в таких случаях нередко проявляется недостаточность методологической подготовки картосоставителя (чаще всего — несоответствие масштаба исследований выразительным возможностям языка карты).

Наряду с недостаточной зачастую приходится сталкиваться и с избыточной информативностью. Особенно это заметно в исходной карте, в которую автор стремится «втиснуть» буквально все наблюдения и результаты, так сказать, заготовить информацию впрок. В итоге мы видим карту, перегруженную значками элементов залегания, огромным количеством дизъюнктивов, излишне подробно расчлененными геологическими телами, мелкими проявлениями полезных ископаемых и т. д. Такие подробности не только не несут дополнительной информации, но и затрудняют, а то и существенно искажают восприятие информации, действительно первостепенной и необходимой. Очень хорошо это видно на картах сложноскладчатых районов, перегруженных элементами залегания, замеренными (в небольших обнажениях) на элементах мелких пликативов, которые могут создать совершенно ложное представление о действительном залегании геологических тел [Забродин, 1977; Изучение..., 1984].

Избыточная информативность особенно часто присуща картам, которые сами составлены по другим картам. Так, на очень многих тектонических картах проявляется стремление показывать объекты меньшие, чем принятые в легенде элементы картографируемых систем («включения», по терминологии Ю. А. Косыгина). Например, на картах больших участков поверхности Земли показываются некоторые «характерные формационные тела». В таких случаях, видимо, хотят добиться того, чтобы карты удовлетворяли сразу многим целям. Однако реально это приводит лишь к смешению признаков пространств и затруднению восприятия информации, заключенной в карте. Здесь лучше было бы сопровождать основную карту дополнительными (палеотектоническими, палеогеографическими).

Изложенные соображения, на наш взгляд, доказывают, что пока очень трудно говорить о какой-то количественной определенности информации, заключенной в геологических картах. Очень важный аспект информативности, не затронутый нами, — психологические особенности восприятия картографической информации. Такие работы ведутся сейчас исследователями [Воро-

бьев, Космачева, 1982]. Один из выводов состоит в том, что по количеству информации карта равноценна содержанию одной или нескольких книг по этому вопросу.

§ 5. Семантика

Информативность языка теснейшим образом связана с его семантикой. «Знаковая система, взятая изолированно от семантической системы, ...выступает... не как язык, а как код. Назначение кода — не информативная репрезентация какого-либо содержания, а условное, формальное, символическое представление его» [Майданов, 1977, с. 123]. Рассматривая карту как текст на специфическом языке, следует хотя бы в общих чертах выявить семантику этого языка, т. е. тот смысл, который приписывается его знакам («словам»). Иначе говоря, следует показать, что и о чем рассказывается языком карты [Шавиленис, 1982]. Ответ же на вопрос, кому адресовано сообщение карты, уводит нас в область прагматики.

Любая геологическая карта, рассматриваемая как текст в некотором языке, выделяет в геологическом мире какой-то фрагмент, который в общесемиотическом смысле назовем, вслед за А. А. Раскиной и др. [1976], предметной областью. В пределах этой области выделяются некоторые объекты, причем в рамках одной и той же предметной области могут быть выделены разные объекты. Например, в границах территории СССР географ и геолог, составляя каждый свою карту, выделит совершенно разные объекты — хотя вовсе не исключено, что контуры некоторых **разных** географических и геологических объектов на картах будут одинаковыми. Какие же объекты выделяет геолог, о чем рассказывает он на языке карты? Прежде всего, это различные геологические тела, их совокупности и части — тела горно-породные и формационные, стратиграфические подразделения, структурно-формационные зоны, структурные этажи, месторождения полезных ископаемых и т. п. Есть объекты жидкие — в первую очередь подземные воды, а также нефтеносные горизонты — и газообразные (горизонты — месторождения природных газов). Это некоторые линейные образования — элементы формы и структуры геологических тел (карты распространения линейных или кольцевых дизъюнктивов, кливажа, линейности, осей пликативов). Далее, некоторые представления о состояниях других объектов геологии (например, карты метаморфических фаций, геотермические карты). И наконец, это некоторые современные геологические процессы (таковы карты сейсмоактивности территорий). Таким образом, предметная область получает отображение в виде самых разнообразных множеств объектов.

Что же говорит геологическая карта о своей предметной области? Поскольку язык карты является объектно-признаковым [Раскина и др., 1976], в нем выражаются **признаки** картографируемых объектов. Таковыми являются, например, вещественный

состав, структура, свойства объектов, формы тел, пространственная распределенность фрагментов единых тел, вертикальная (стратиграфическая) последовательность объектов, концентрация тех или иных образований в определенных местах и многое другое. Однако, в отличие от достаточно широко распространенного среди геологов мнения, карта как таковая не несет никаких сведений о временной последовательности событий или об истории каких-либо объектов. Часть такой информации заключена в легенде или стратиграфической колонке, иногда же соответствующие представления достигаются составлением серии карт, показывающих одну и ту же предметную область на разных временных срезах.

С точки зрения современной методологии науки, выдвигающей на одно из первых мест в познании и организации знания принцип системности в исследовании объектов, очень важно, что «на карте удается объединить (*подчеркнуто нами*) содержательно-разнородные данные об объекте как о целом, отграниченном от среды и состоящем из частей» [Мирский, 1980, с. 277].

Посмотрим, как соотносятся с объектами картографирования разные знаки языка геологической карты. Здесь важно отметить следующее. Во-первых, знак выступает заместителем означаемого (отражает свойство карты быть моделью геологической реальности). Во-вторых, знак не тождествен означаемому. И, в-третьих, между знаком и означаемым в лучшем случае существует отношение гомоморфизма, чаще же — много-многозначное соответствие (одни и те же объекты на разных картах могут обозначаться разными знаками, и наоборот, одни и те же знаки на разных картах могут обозначать разные объекты) [Лютый, 1981].

В языке геологических карт удерживалось некоторое количество элементарных знаков-пиктограмм, сохраняющих заметное подобие обозначаемым объектам. Таковы, например, знаки наклонного залегания пластов. Однако таких знаков мало. Чаще в языке карты встречаются такие сочетания знаков, которые подобны (в геологическом смысле) объекту. Обычно этот эффект достигается сочетанием знаков границ различных типов. Именно поэтому изображения геологических тел на карте — в идеале — подобны реальным сечениям этих тел поверхностью Земли. Еще более отчетливо это подобие наблюдается не на картах, а на блок-диаграммах, которые именно из-за этого подобия и строятся. Нетрудно видеть, что кроме формы геологических объектов подобным же образом отображаются в языке карты сами границы (выступающие элементами формы) и некоторые особенности структуры объектов картографирования.

Поддавающее большинство знаков своим обликом никак не связано с признаками обозначаемых ими объектов. Вряд ли кто-нибудь будет утверждать, что серый цвет отложений каменноугольной системы или желтый — неогеновой, красный цвет гранитов или фиолетовый ультраосновных пород на карте связаны с цветом реальных объектов. Поэтому эти же самые цвета на других картах используются для обозначения совершенно других

объектов — структурных этажей, геологических комплексов, формационных тел и т. д., хотя иногда и стараются соблюдать некоторое соответствие между раскраской изображений этих объектов и близких им по возрасту стратиграфических подразделений. Полностью условный характер имеют всякого рода индексы — стратиграфических подразделений, формаций, интрузивных образований, фаций и др. Это же, как мы отмечали, относится и к подавляющему большинству знаков для месторождений полезных ископаемых. Условность знаков позволяет одно и то же геологическое тело обозначить с помощью цвета, а в других случаях — штриховкой или крапом.

Многообразие связей между объектами и знаками языка карты позволяет в последнем выразить практически все, что желает отобразить на карте исследователь. Это свидетельствует о том, что язык карты — с богатой семантикой.

§ 6. Прагматика

Прагматический аспект языка карты (в общекартографическом варианте) уже неоднократно исследовался как с позиций картографии, так и, что особенно ценно, с позиций междисциплинарных исследований [Мирский, 1980] и с точки зрения гносеологии [Розов, 1977]. Поскольку язык геологических карт в прагматическом смысле не обладает никакой ярко выраженной спецификой по сравнению с другими языками карт, здесь мы вряд ли выскажем сколько-нибудь оригинальные соображения.

Понимание пользователем языка карты возможно только в том случае, если существует единая нормативная система, представление о которой введено М. А. Розовым [1977]. «Нормативные системы — системы, в рамках которых свойства отдельных элементов «записаны» в некоторой внешней по отношению к ним памяти». Можно предположить, «...что набор всех знаковых ситуаций, связанных с использованием одних и тех же знаков в актах коммуникации, — это последовательность функций некоторой нормативной системы, что особенности знака, которые проявляются в данной ситуации, «записаны», занормированы в ситуациях прошлых» [Розов, 1977, с. 76, 77]. «На карту наносятся те и только те данные, у которых способы и методики получения подробно описаны, а их корректность общепризнана участниками исследований» [Мирский, 1980, с. 276]. Это и есть признак существования нормативной системы.

Итак, для того, чтобы пользователь, глядя на карту, смог увидеть на ней то, что хотел отобразить автор, и — через взгляды автора — представить себе описываемую картой действительность, необходимы: 1) существование некоторой договоренности о том, что определенные геологические объекты обозначаются определенными знаками (это фиксировано в легенде); 2) договоренность о том, что определенные очертания знаков на карте соответствуют вполне определенным ситуациям в реальном мире

(это знание выходит за рамки того, что записано в легенде). Требуется не просто принадлежность автора и пользователя к научному сообществу, а и к одной школе или хотя бы к одному научному направлению. Пользователю суть концептов знаков раскрывает легенда, а денотаты представляются самой картой. Однако этого недостаточно: необходимо еще и знание концепций, в рамках которых строятся легенды. Если знание изложено невыразительно, пользователь воспринимает его неадекватно представлением автора и, тем более, неадекватно реальному миру. Отсюда — сотования геологов по поводу того, что карты, составленные представителями разных научных школ, «непонятны», «плохо читаются». Конечно, последнее может быть обусловлено недостатками легенды, вызванными невысокой квалификацией авторов или иными привходящими обстоятельствами, но здесь мы не эти случаи имеем в виду.

Таким образом, достичь восприятия карты, адекватного замыслу автора, — задача не простая. Здесь от пользователя требуется умение прибегать к помощи рефлексии, причем иногда достаточно высокого уровня. Низкий рефлексивный уровень — метанаучный [Розова, 1981] — обязан занимать время от времени каждый пользователь, иначе он обречен слепо следовать тому, что изложено в легенде, и не в состоянии оценить ее достоинства и недостатки, а следовательно, сколько-нибудь квалифицированно оценить саму карту. Но этого нередко мало. Иногда нужен глубокий методологический анализ, подобный тому, который провел В. А. Соловьев [1975] с легендами тектонических карт. Благодаря такому анализу нам становится понятен даже язык карты Д. Н. Соболева, разработанный им вне рамок существовавших в первой половине XX в. нормативных систем и не нашедший последователей.

Итак, при составлении карты необходимо учитывать, кому она адресована. Этого можно достигнуть, например, интенсивностью цветовой закрашки, нанесением на цвет крапа, введением цветных линейных элементов вместо черных и т. д. Но и тогда не может быть полной уверенности, что карта достаточно сложного содержания будет понятна всем, так как, по-видимому, не может быть нормативной системы, включающей одновременно весь круг возможных потребителей геологических карт.

§ 7. Выразительные возможности

Выразительные возможности языка геологической карты богаты. Это связано с тем, что для подавляющего большинства типов геологических карт, причем именно для карт, отражающих основные особенности геологического мира, это — язык образный и, главное, континуальный. В. В. Палимовым [1978] подробно проанализированы коллизии, которые возникают в связи с континуальностью человеческого мышления и дискретностью обыденного языка, которым мы вынуждены поль-

зоваться. В этом отношении язык карты, очевидно, беднее естественного разговорного. И никакое самое подробное описание геологической действительности не может заменить хорошо составленной карты. Правда, геолог-профессионал может по детальному описанию представить себе образ объекта, но и он предпочтет обращаться к карте, даже если это и достаточно упрощенная схема.

«Мягкость», неоднозначность языка карты не только может привести к неодинаковой информативности для разных пользователей, но и к неодинаковой оценке **достоверности** ее как модели, т. е. степени ее соответствия оригиналу. Наиболее сильные впечатления возникают при чтении карты пользователем, который сам проводил геологические исследования на территории, охватываемой картой, и особенно, если ему приходится заниматься картографированием этой территории. В таком случае за образами геологических объектов на карте встают образы реальных обнажений, типов склонов, выраженность в патуре геологических границ и т. п. Пользователь соотносит свои воспоминания с образами объектов на карте, отмечая: «это — так», «это — не так», «этого я не помню», «этого я не видел» и т. д. Из такой соотнесенности он делает вывод: «эта карта достоверна» или наоборот. Здесь есть свои недостатки, обусловленные психологическими причинами: человеку нередко свойственно помнить детали, которые почему-либо оказались яркими; именно эти детали могут оказаться не отраженными на карте (например, из-за иного масштаба картографирования, иной методики выделения объекта картографирования и других причин), что влечет искажение оценки карты пользователем. В таких случаях образность оказывается недостатком языка карты (это примерно так же, как если бы в научных работах фразы содержали не термины, а метафорические характеристики). Интересно то, что в таких случаях содержание картографической модели воспринимается и соотносится в сознании прямо в образах, без мысленного перевода на словесный язык.

Иная ситуация возникает при анализе карты территории, с которой исследователь не знаком. Правда, в таких случаях он может использовать известные ему описания этой территории, устные сообщения или другие карты (например, физико-географические). В таких случаях прямое образное восприятие обязательно дополняется словесными (мысленными) описаниями — и все же полного представления о реальности не возникает. Правда, геолог-профессионал, глядя на карту, составленную для незнакомой территории в хорошей легенде, достаточно полно восстанавливает прообраз, но этот прообраз никогда не будет иметь той яркой натуралистической окраски, как в первом случае.

Безусловно, выразительные возможности языка карты существенно зависят от продуманности легенды как семиотической системы: яркости или неяркости красок, сочетаемости и контрастности цветов, выразительности штриховых или крапчатых знаков. По-видимому, стремление добиться адекватности образного вос-

приятия у разных пользователей обуславливает и стремление к унификации тех частей легенд, с которыми связаны выразительные качества знаков.

§ 8. Язык карты и метаязыки

Язык карты, хотя и начал создаваться раньше естественного языка, не мог обходиться собственными средствами. Для того, чтобы передать смысл изображения на карте, автор должен сначала описать собеседнику ситуацию. В современных картах эта роль отводится описательной части легенд, т. е. характеристике концептов знаков. Как известно, язык, который используется для описания, анализа, характеристики другого языка, называется метаязыком (язык, который описывается, называется в таком случае языком-объектом). Таким образом, метаязыком первого уровня, в котором описывается язык карты, является текст легенды. Однако совершенно ясно, что если ограничиться только тем, что явно изложено в легенде, полной характеристики языка-объекта мы не получим. А именно, очень многие легенды геологических карт не содержат описания — топографических и общегеографических знаков. Кроме того, можно показать, что и собственно геологическая часть карты охарактеризована в метаязыке легенды не полностью. Обращение с достаточно сложной геологической картой, извлечение из нее максимума информации требует владения значительной частью языка той отрасли геологии, к которой относится карта (общей геологии, стратиграфии, тектоники, металлогении, учения о формациях и т. д.), а в большинстве случаев — и языком смежных отраслей. Таким образом, метаязык первого уровня в легенде отражен фрагментарно, и фактически таким метаязыком служат язык всей геологии плюс значительный фрагмент языка общей картографии.

Но достаточно ли метаязыка первого уровня для полного анализа языка-объекта? Очевидно, нет. Наша книга, в целом посвященная описанию геологических карт, использует понятийный аппарат, далеко выходящий за рамки языков как геологии, так и картографии. И действительно, ни в одном частнонаучном языке нет специальных средств для анализа моделей, классификаций, семиотических систем. Все это относится к слою общенаучной лексики. Не проводя границ внутри этого слоя, будем полагать, что вся эта лексика принадлежит метаязыку второго уровня.

И наконец, для некоторых вопросов (в частности, касающихся истинности утверждений в метаязыке второго уровня) нам не хватает и этого метаязыка. Тогда мы вынуждены пользоваться максимально широким метаязыком еще более высокого (третьего) уровня — нашим естественным языком. Среди всех естественных языков он максимально нестрог, что и позволяет нам «обозреть» анализируемые понятия с разных сторон, «прощупать» все их связи друг с другом.

Конечно, приведенная иерархия уровней языков груба, на самом деле их значительно больше. Мы проиллюстрировали то, насколько сложны логические проблемы в анализе языка-объекта при переходе от образа-рисунка на карте до его достаточно полного и подробного описания на естественном языке.

Глава 2

ГЕНЕРАЛИЗАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

Генерализация составляет одну из центральных проблем картографии.

Развитие представления о карте как специфической модели показало недостаточность существующего в картографии и географо-геологических науках толкования генерализации как исключительно обобщения и отбора картографируемой действительности. Сущность генерализации при создании картографической модели следует связывать с абстрагированием и идеализацией, которые пронизывают все картографирование. Исключительное значение абстрагирования при создании карт требует специального анализа этого приема исследования и своеобразия его проявления при картировании и картографировании.

§ 1. Генерализация как абстрагирование

Абстрагирование является необходимым моментом всякого научного (в том числе геологического) исследования. Любая абстракция заключается в элиминации одних и фиксации других свойств и параметров объектов и поэтому связана с некоторой потерей информации о природе и поведении реальных объектов, что, однако, не уменьшает ее значения как необходимой предпосылки к выработке законов природы. В связи с этим существующие требования изучать геологический объект в процессе съемки «со всех сторон», притом «наиболее полно», нереальны и бессодержательны.

Любой познавательный акт рассматривают как процесс и как результат, понимая под результатом определенное знание об изучаемых объектах, а под процессом — совокупность приемов, методов получения этого знания. При рассмотрении абстракции также необходимо учитывать два аспекта: процесс абстрагирования и сам результат, т. е. уже полученный идеализированный объект. Согласно современной теории абстрагирования, абстракция имеет двухступенчатую структуру и включает акт обнаружения несущественности, или независимости, и акт замещения «объект —

модель». Операция замещения «объект — модель» — это абстракция-результат, а операция оценки факторов, предпринимаемая для его обоснования, — это процесс абстрагирования. Если под абстракцией понимают построение реально осуществимой модели объекта, то под идеализацией — обоснованное объективными отношениями независимости замещение исходного реального объекта его гипотетическим описанием, которое функционирует как реально неосуществимая модель объекта. Примерами идеализированных объектов, широко используемых в науке, являются: «материальная точка», «абсолютно упругое тело», «идеальный газ» и т.д.

Вводимые с помощью абстракции и идеализации понятия имеют большое значение в науке, с их помощью строятся теории, разрабатываются и используются методы исследования объектов и процессов. В целом значение абстракции и идеализации связано с тем, что они выступают в качестве допустимых упрощений, позволяющих при построении теоретических моделей исключить из рассмотрения те свойства и отношения изучаемого объекта, учет которых существенно затруднил бы такое построение.

А. Ф. Асланикашвили впервые не только вскрыл значение абстрагирования в картографическом исследовании, но и, что особенно важно, выяснил его место в процессе генерализации в соотношении с процессом обобщения: «...в картографической генерализации усматривается и то, что в действительности по логическому смыслу является актом обобщения (сокращение количественных и качественных характеристик объектов и переход от простых понятий к собирательным), и то, что в логическом смысле не является обобщением (так называемое „обобщение“ очертаний (контуров), отображающих объекты)» [1974, с. 61]. Этот исследователь справедливо отмечает, что процесс обобщения предусматривает предварительное абстрагирование, связанное с выявлением у объекта свойств и отношений, присущих классу объектов.

Картографическое абстрагирование отличается от логического, поскольку предметом абстрагирования здесь выступает конкретное пространство явлений исследуемой действительности. Специфика картографического абстрагирования может быть сведена к таким основным чертам: 1) оно осуществляется не на естественном, а на образно-геометрическом языке карты, каким только и может быть отображена структура конкретного пространства; 2) это логико-графическая, мысленно-зрительная форма абстракции, выступающая наглядно-мысленным отражением действительности; 3) картографическая абстракция, в отличие от логической, всегда выступает в сфере единичного и частного и через это выражает существенное и закономерное; 4) конкретно-абстрактное отображение пространства в картографии представлено в единстве с обобщенным содержанием — пространственное «поведение» картографического знака всегда наполнено содержательным значением.

При составлении карты происходит двойное абстрагирование: сначала предмет картографического абстрагирования (конкретное пространство) с помощью изолирующей абстракции отделяется от содержания объекта. Затем осуществляется процедура собственно картографического абстрагирования — образование абстракции пространственной структуры, которая включает отношения трех типов: пространственную систему отсчета, пространственную протяженность и порядок взаимного расположения объектов исследования. Каждое картографическое отображение будет отличаться от предмета картографирования, но можно построить ряд изображений, различающихся степенью абстрагирования [Асланикашвили, 1974, с. 65].

Можно показать, что основные типы абстрагирования, известные в логике, имеют место в геологическом исследовании, в частности при создании геологических карт. Так, широко распространена абстракция отождествления, заключающаяся в отвлечении от несходных сторон, свойств, признаков предметов и выделении у них одинаковых признаков. Этот тип абстракции выступает необходимой основой всякого научного исследования, поскольку открывает возможность систематизации и классифицирования объектов. То же можно сказать и о таких абстракциях, как изолирующая, упрощенная, конструктивная, структурная и др. Все они имеют место в геологическом исследовании. Однако, рассматривая вопросы создания геологических карт, следует сказать, что все типы абстрагирования широко применяются при геологической съемке, результатом которой должны явиться собственно геологические содержательные модели, но они еще не характеризуют специфику картографирования как метода моделирования конкретного пространства природных объектов.

Последняя может быть выявлена через картографическую форму идеализирующей абстракции. Именно такую форму приобретает процесс идеализации в точках, линиях, площадях, которые представляют собой результат идеализации конкретного пространства: точки — предельно идеализированные поверхности определенных размеров и протяжений, линии — идеализированные полосы определенной ширины, протяженности и извилистости, площади — определенный уровень идеализации поверхностей [Асланикашвили, 1974]. Обычно в картографии идеализация осуществляется через абстракцию упрощения. Так, поверхность Земли рассматривается как поверхность эллипсоида. Сокращая в идеализированных объектах число параметров до необходимого минимума, создается возможность описания пространственных соотношений, в частности применение формализованного математического аппарата.

Итак, значение абстрагирования в картографии весьма велико, поскольку картографическая модель — это модель, сформированная путем абстрагирования конкретного пространства картографируемых предметов от их содержания. Кроме того, абстрагирова-

ние играет существенную роль и в процессе обобщения картографируемых элементов, который традиционно рассматривают как сущность картографической генерализации.

§ 2. Генерализация как обобщение

В литературе по общей картографии и по географическим ее принципам при определении генерализации через обобщение делались попытки установления особенностей последнего. Обычным является представление, что задачи генерализации заключаются в выборке главных сторон и показателей характеристики картографируемых явлений, существенных для темы и назначения карты, и в отличие от научного обобщения картографическая генерализация природных явлений, основываясь на изучении природного комплекса, выделяет главные, типичные признаки и особенности в размещении явлений, в их пространственных соотношениях и связях по отношению к поверхности Земли [Зарудкая, 1966].

Однако и в этом случае особенности картографического обобщения не учитываются. Конструктивная идея опять-таки высказана А. Ф. Аслаишвили, согласно ей, картографическое обобщение направлено на выяснение содержания картографируемой действительности и, в отличие от картографической формы абстрагирования, не является специфически-картографическим, поскольку осуществляется логическим путем, и лишь его результат отображается языком карты в единстве с абстрагированным пространством: «...для большей точности картографическую форму обобщения можно квалифицировать как картографическую форму отражения результатов логического обобщения содержания предметов, отображаемых через их конкретно-абстрагированное пространство» [1974, с. 77].

В любом случае обобщение связывается с проблемой научного классифицирования изучаемых объектов, поскольку отнесение содержания предмета к менее детальной схеме классификации или к ближайшей более общей ступени классификационной схемы реально лишь при наличии соответствующих схем. В геологии эта проблема непосредственно связана с разработкой легенды карты, а последняя — с проблемой иерархии геологических тел.

Обычным путем обобщения является поиск общего для определенного множества единичных предметов признака, который характеризует каждый член данного множества. При таком индуктивном обобщении происходит переход от менее общего и менее абстрактного к более общему и более абстрактному. Однако и такое обобщение имеет в своей основе предварительное абстрагирование предметов картографирования. Это — традиционный путь для создания общегеографических карт. В тематическом (в том числе и геологическом) картографировании передка ситуация, когда исходят не из абстрагированного и обобщенного изображения территории, а из фактического материала непосредственного

наблюдения. При этом обычно нет готовой классификационной схемы, в которой следует только отыскать место для предметов картографирования. В этом случае необходимо выявление содержательно-общего, которое должно выступить базисом для создания новой классификационной схемы или для пополнения уже существующей. Легенда же превращается из простой классификационной схемы в модель природных явлений, без которой невозможно создание собственно картографической модели. Именно к такой легенде, формируемой на основе выявления содержательно-общего предмета картографирования, можно отнести высказывание В. С. Преображенского: «Легенда карты — это тот оселок, на котором оттачиваются принципы и методы систематизации природных комплексов».

В случае индуктивного обобщения предварительно строятся классификационные схемы качественных, количественных и структурных определенностей всех элементов содержания картографируемых объектов. Таким путем происходит формирование новой обобщенной легенды будущего содержания карты. Обобщением содержания называют процесс перехода от менее к более общим качественным, количественным и структурным определениям. При обобщении качественных определенностей используют переход от низших ступеней классификации к высшим и замену детальной классификационной схемы менее детальной. При обобщении количественных определенностей обращаются к переходу от абсолютной непрерывной шкалы к абсолютной ступенчатой, к укрупнению ступеней шкалы, к увеличению ценза, или «веса», знака, к увеличению учетных территориальных единиц. При обобщении структурных определенностей применяют укрупнение структурных и объединение качественно различных единиц по определенному общему признаку.

Отобразить структурное строение земной коры на геологических картах можно путем правильно выбранных единиц классификационных схем, применением сочетаний различных способов картографического изображения геологического строения, каждый из которых обладает своими генерализованными свойствами, правильным отбором тектонических форм и обобщением рисунка геологических границ [Красильникова, 1961].

Итак, современная концепция генерализации предполагает единство процессов обобщения и абстрагирования при создании картографической модели. Единство обобщения содержания предметов картографирования с процессом абстрагирования их пространства придает логическому приему обобщения специфическую картографическую форму. Кроме того, происходит взаимное проникновение этих двух приемов: абстрагирование пространства включает в себя момент обобщения, а базисом для обобщения содержания всегда выступает обобщающая абстракция. Именно это представление является не только основой процесса генерализации, но и методологическим фундаментом всего картографического моделирования.

§ 3. Масштаб карты

В математической картографии существуют два взаимосвязанных понятия масштаба: главный и частный. Под первым понимается отношение длины какой-либо линии на глобусе (модели), на основе которой строится данная карта, к соответствующей длине на земной поверхности (картируемом объекте). Этот масштаб для каждой карты постоянен и показан постоянным числовым значением. В отличие от него частный масштаб, показывающий отношение длины на карте к длине соответствующей линии на картируемом объекте, не является постоянной величиной, а меняется от точки к точке в пределах одной карты. Частный масштаб зависит от типа картографической проекции и фактически показывает уменьшение объекта с искажением. При тематическом картографировании многие проблемы так или иначе связаны с понятием масштаба, причем трактовка его, приводимая в математической картографии, оказывается явно недостаточной. Так, в геологии распространено представление о том, что масштаб геологической карты не является масштабом той топографической основы, на которой карта вычерчена. В связи с этим появляется необходимость в более основательной концептуальной базе понятия «масштаб». Такая основа предложена в работе А. Ф. Асланиканвили [1974], в которой масштаб связывается, с одной стороны, с картографической абстракцией, а с другой — с картографическим обобщением.

Существует двухсторонняя, взаимная связь между абстрагированием пространства в картографии и уменьшением объекта в отображении: уменьшение объекта в отображении вызывает необходимость абстрагирования, а абстрагирование — необходимость уменьшения. Поэтому мало полагать, что причиной генерализации, составной частью которой выступает абстрагирование, является факт уменьшения — необходимость генерализации вызывает уменьшение размеров предметов картографирования как условие его абстрагирования. Отсюда следует, что масштаб уменьшения создает определенный режим абстрагирования: мелкий масштаб указывает на сравнительно высокую степень абстрагирования, крупный — на более низкую. Более полное отображение картографируемой действительности достигается меньшим абстрагированием, и наоборот.

В данном случае речь идет о масштабе пространства, поскольку картографическое абстрагирование направлено именно на конкретное пространство картографируемых предметов, но не на их содержание, которое также представляется в определенном масштабе, связанном с масштабом пространства, но не тождественном ему. Поэтому появляется необходимость введения понятия масштаба содержания, которое оказывается особенно важным для тематических карт. Видимо, масштаб содержания имеют в виду геологи, когда говорят о его отличии от масштаба топоосновы.

Поскольку карта отображает не только пространство той или иной стороны содержания объекта, но и выражает соответственно обобщенную характеристику содержания картографируемых предметов, постольку возникает необходимость ввести понятие масштаба содержания — показателя подробности выражаемого на карте содержания любого объекта, пространство которого отображается. Масштаб содержания является показателем степени обобщения содержания в карте, поэтому точность карты выступает функцией масштаба содержания. Масштаб пространства — показатель степени абстрагирования. Одна из основных задач картографии — нахождение оптимального соотношения между системами масштабов пространства и масштабов содержания.

В конкретном плане проблема масштаба содержания вполне определенно проявляется при генерализации классификаций объектов, используемых в качестве легенд. В процессе генерализации появляется необходимость перехода от более детальной схемы классификации к менее детальной, т. е. перехода от крупного масштаба содержания к мелкому. Этот переход может быть выражен отношением числа классификационных единиц обобщенной схемы классификации к числу таких единиц необобщенной классификации. Это и будет выраженная числом величина масштаба содержания. А. Ф. Асланикашвили поясняет это таким примером. В физико-географическом атласе мира (ФГАМ) информационная емкость карт гораздо выше, чем в Большом советском атласе мира (БСАМ). В частности, количество условных обозначений на геологической карте мира в ФГАМ больше, чем в БСАМ, в три раза, на карте полезных ископаемых — в два, на почвенной карте — в три, на карте растительности — в четыре раза и т. д. Вместе с тем масштабы этих карт (имеются в виду масштабы пространства) почти не отличаются. Надо полагать, что это есть опосредствованное указание на то, что во вновь изданном атласе масштабы пространства карт укрупнены очень незначительно, но масштабы содержания соответственно: в 3, 2, 3 и 4 раза. Это может указывать на тот факт, что обобщение содержания карт зависит от степени изученности исследуемых явлений [Асланикашвили, 1974]. В связи с понятием масштаба содержания становится понятным, почему в масштаб геологической карты включают такие показатели, как меру ее точности, показатель геолого-геофизической изученности, количество и качество геологической информации, изображенной на карте, меру картографической генерализации и охват территории. Эти данные с разных сторон характеризуют содержание картографируемого геологического объекта и потому действительно входят в масштаб содержания геологической карты, который следует считать показателем подробности выражаемого на карте содержания.

На основе проведенного анализа можно сделать такие выводы.

Генерализация в картографии — это отбор главного, существенного, типического на карте, осуществляемый на основе абстрагирования пространства картографируемых предметов, и его

обобщение в соответствии с целевой направленностью карты. Специфика картографического познания заключается в единстве процессов абстрагирования конкретного пространства и обобщения содержания этого пространства в отображении. Абстрагирование пространства без учета содержательного аспекта относится к сфере математики. Если абстрагирование пространства осуществляется в картографии графически, языком карты, то обобщение содержания достигается логически, через создание легенды.

В геологических картах содержание картографируемых объектов обобщается при создании легенды, которая представляет собой определенную классификационную систему, систематизирующую природные объекты. Причем эта классификация не является застывшей, готовой, но сама развивается в процессе картографирования. Именно при разработке легенды и протекает процесс перехода от рассмотрения единичных геологических тел как представителей некоторых классов к более широким классам, включающим первые. При этом, естественно, некоторые свойства тел из рассмотрения исключаются, другие же приобретают важное значение в качестве характеристик широких множеств. Так, например, протекает процесс обобщения при объединении группы магматических пород в интрузивные комплексы (магматические формации), совокупностей складок — в ансамбли и т. д.

Взаимодействие в процессе картографирования абстрагирования и обобщения обусловило существование двух категорий масштабов: масштабов пространства и показателей степени абстрагирования пространства предметов картографирования и масштабов содержания как показателей степени обобщения содержания этих предметов. Поскольку картографическое абстрагирование и обобщение, несмотря на свое единство, направлены в разные стороны, в ходе картографирования возникает противоречие между ними. По заданному для карты масштабу пространства предметы картографирования, имеющие малую протяженность, должны быть изъяты из создаваемой карты. Но часто по содержательному значению необходимо показать такие предметы на карте. Данное противоречие разрешается путем сложного оперирования масштабами пространства и содержания с максимально возможным сохранением адекватности пространства и содержательных значений предметов картографирования.

Решающее значение для проблем генерализации карты имеет масштаб содержания, представление о котором пока еще недостаточно разработано в картографической литературе. Особенно велика роль этого понятия в тематическом (в том числе геологическом) картографировании.

§ 4. Виды генерализации

В картографии существует представление, что основными видами генерализации являются: отбор картографируемых явлений, упрощение плановых очертаний изображаемых объ-

ектов, обобщение их количественных и качественных характеристик, замена отдельных объектов их собирательными обозначениями [Салищев, 1976]. На наш взгляд, в данном случае речь идет о конкретных способах генерализации. Более приемлемо представление о двух видах картографической генерализации, которые Ж. Бертен называет структурной и концентуальной, а Л. Ратайский — количественной и качественной.

При структурной генерализации сохраняются характер размещения явлений и принятые способы изображения. Л. Ратайский [1975] разделяет этот вид генерализации на генерализацию формы и содержания. Пространственное моделирование заключается в уменьшении изображения действительности с помощью масштаба пространства при сохранении структуры пространственных отношений. Генерализуются такие структурные характеристики, как расстояния, направления и очертания. Генерализация расстояния и направления приводит ко все более общему, менее подробному и менее точному обозначению положения объектов. Генерализация очертаний, или упрощение формы, связана с выравниванием всяких линий на карте, каждая из которых стремится к более простым очертаниям. Здесь применяются уже принципы масштаба содержания: в некоторых случаях опускаются относительно крупные формы и оставляются более мелкие, чтобы отобразить характерные особенности картографируемых объектов.

Под генерализацией содержания понимают отбор (упрощение) содержания карты. Имеется в виду уменьшение количества знаков на карте, т. е. количества содержания представленного этими знаками. Принципы отбора основываются на значении отбираемых объектов для общей характеристики изображаемого явления, на их типичности и индивидуальном значении [Заруцкая, 1966]. Имеют значение такие критерии отбора: показатели размера на поверхности или в пространстве, частота чередования в пространстве, индивидуальное значение объектов, типичность объектов для изображаемого района, выявление ареала или характера распространения, тенденция развития и возраст, выделение коренных объектов, связанных с главным, определяющим процессом развития, и др.

Концептуальная (понятийная, качественная) генерализация связана с обобщением понятий, заменой элементарных понятий синтетическими, с вводом новых понятий и способов изображения. Л. Ратайский [1975] выделяет такие этапы качественной генерализации, как символизация, группировка и изменение представления.

Символизация направлена на построение легенды карты и заключается в замене взаимоднозначных отношений отношениями взаимомногозначными, т. е. происходит перегруппировка единичных данных по категориям, имеющим общий признак, который на карте будет выражен соответствующим картографическим знаком.

Путем символизации осуществляется отбор картографируемых явлений, которые составляют содержание данной карты, и их упорядочение, необходимое для кодирования явлений на языке карты.

Собственно обобщение понятий осуществляется на этапе группировки, когда сокращается количество знаков, необходимых для представления новых понятий, и увеличивается читаемость карты. Выделяют различные способы группирования: 1) таксономическую группировку, заключающуюся в объединении по группам явлений и объектов, близких в классификационном отношении и в придании им картографически-однородного вида; 2) количественную группировку, проводимую в условиях большого разнообразия числовых значений наблюдений и заключающуюся в создании градиционных шкал; 3) группировку полей отнесения — замену отнесения к элементарным полям отнесением к высшим единицам. Постепенный переход к более высоким ступеням таксономической классификации при одновременной количественной группировке и укрупнению единиц отнесения приводит в итоге к карте, которая будет представлять только одно явление с одинаковым числовым значением по всей площади карты, т. е. содержит единственное определение качества этого явления. Таким образом, пределом группировки становится однородный качественный признак явления [Ратайский, 1975].

Изменение представления явления происходит, например, в том случае, когда осуществляется переход от информации, представленной на карте дискретным способом, к ее показателям, отнесенным к площади. Поскольку в этом случае происходит переход от элементарных понятий к более высоким, от понятий, выражающих свойства явления, к понятиям, отражающим связи между явлениями, такой способ можно трактовать как высший этап генерализации.

В целом же концептуальная (качественная) генерализация в любом случае связана с проблемой классификации объектов в данной науке и целиком зависит от уровня разработки вопросов таксономии.

Новые аргументы в пользу значения генерализации при картографировании получены в результате развития космического фотографирования земной поверхности. Установлено, что космические снимки, различающиеся по уровню оптиче с к о й г е н е р а л и з а ц и и, отражают объекты разного порядка. Они по своим свойствам значительно ближе к картам, чем аэрофотоснимки. Заинтересованность многих наук в космических снимках объясняется тем, что они соединяют в себе достоинства аэрофотосъемочных материалов и карт. Высокая разрешающая способность космических снимков соединяется с большой обзорностью, возникающей за счет оптической г е н е р а л и з а ц и и и и н т е г р а ц и и изображения [Берлянт, 1978]. Картографические исследования показали, что уменьшение масштабов снимков поз-

воляет выявить тектонические объекты глубокого заложения, увеличить «глубинность» исследований, что особенно важно для современной геологии.

§ 5. Способы генерализации

Существует ряд способов генерализации: обобщение контуров, качественных и количественных характеристик объектов, отбор картируемых элементов, переход к собирательным обозначениям и т. д. В геологии фактически отсутствуют алгоритмические предписания по геометрической генерализации изображаемых геологических контуров и геофизических аномалий, по выбору количественных цензов для минимальных размеров контуров и нормативов изображения картируемых элементов, учитывающих точность съемок, чувствительность применяемых методов, сеть наблюдения и систему отбора данных для нанесения на карту. Тем не менее в геологической картографии широко используются приемы генерализации. Направление, глубина и способы генерализации при создании геологических карт определяются ведущими факторами генерализации, в особенности назначением карт, их типом и масштабом.

Именно целевое назначение карты, ее тип, в значительной мере определяют оценку и отбор источников составления, глубину генерализации и основные требования, предъявляемые к ней. Масштаб карты существенно влияет на содержание, полноту и подробность картографической модели, устанавливает тем самым меру генерализации и обеспечивает определенную точность изображения. Требование точности и исчерпывающей детальности при составлении геологических карт не всегда выполнимо, так как установление границ в природе по разным причинам затруднено. Кроме того, при составлении геологических карт часто используется метод интерполяции, позволяющий менять величину допусков при изображении объектов [Красильников, 1961].

Главная задача, стоящая перед картографическим моделированием в геологии, — выявление закономерностей строения земной коры — может быть осуществлена на основе генерализации различных классификационных схем, созданных в отдельных отраслях геологии, сочетания разных способов картографического отображения геологического строения с их специфическими генерализационными свойствами, путем целенаправленного отбора тектонических форм и обобщения абрисов геологических границ. Благодаря выделению двух типов масштаба — пространства и содержания — может быть решена известная в картографии проблема противоречивой направленности требований, связанных с масштабом и назначением (содержанием) карты.

Очень кратко рассмотрим основные способы генерализации при создании геологических карт.

Важнейшим способом генерализации в картографии является генерализация легенд карт. Легенды прямо связаны с разработ-

кой содержания карты в зависимости от ее назначения, масштаба, специфики использования и геологических особенностей строения территории.

Генерализация проявляется в полной мере уже при создании легенды, поскольку при этом происходит отбор и обобщение количественных и качественных характеристик геологического строения, переход от элементарных понятий к обобщающим и синтетическим.

Хорошей основой легенды выступают классификации геологических объектов, основанные на различных принципах. Вместе с тем, поскольку легенда является моделью данной предметной области, связь ее с классификацией явлений сложна. Она никогда не повторяет классификацию, поскольку при ее создании исключаются явления, не встречающиеся на картографируемой территории или малозначительные, а также выделяются объединенные категории, не соответствующие классификациям. При разработке легенды в зависимости от назначения карты и ее масштаба выбирают лишь основные таксономические категории, соответствующие картографируемым группам. В отличие от классификаций в легендах выделяются не только группы одного ранга, последние в зависимости от особенностей картографируемой территории подразделяются в ряде случаев на более дробные единицы. Здесь прослеживаются две крайности при построении легенды. Чрезмерная дробность таксономических подразделений приводит к измельчению на карте замкнутых контуров качественного фона. Вместе с тем нередко встречаются карты с разреженной сетью контуров, охватывающих большие площади, что является следствием неправильного выбора слишком крупных категорий классификации. Такая ошибка в выборе основных таксономических категорий при разработке легенды приводит к неправильному направлению генерализации и к необходимости последующей догрузки карты [Заруцкая, 1966].

Легенда геологической карты, построенная на основе различных классификаций геологических объектов и включающая в себя все элементы содержания карты, должна содержать в разных своих частях классификационные единицы разных порядков для более детального отражения различных районов картографируемой территории, должна быть логичной, легко читаемой, наглядной.

Следовательно, сущность генерализации легенды заключается не просто в упрощении характеристик геологического строения территории. Генерализация в данном случае осуществляется при активном участии абстрагирования, направленного на создание вполне определенной модели, каковой является легенда, модели, необходимой для построения собственно картографической модели.

Широко применяемым в картографии способом генерализации является также отбор картографируемых объектов, при котором абстрагирование и обобщение тесно переплетены. Данный способ генерализации используется на различных этапах картографи-

рования. Так, уже на этапе составления легенды при ее генерализации исключение или обобщение тех или иных таксонов классификации объектов приводит к исключению некоторых границ между объединяемыми категориями и тем самым существенно генерализует изображение на карте.

На последующем этапе определяется вторая степень отбора, связанная с сохранением на карте или исключением **целых объектов** (например, складок, куполов, других тектонических форм) и предполагающая установление принципов и количественных показателей отбора с учетом назначения карты, ее масштаба, типа и т. д. [Заруцкая, 1966]. В качестве основных критериев отбора объектов на геологических картах выступают степень выраженности форм во времени и их пространственные размеры. Кроме того, имеют значение характер морфологического облика формы, степень осложненности формы деталями второго и третьего порядка, характер размещения в пределах территории, значимость для отражения геологического строения области в целом, значимость тех или иных картографируемых объектов в хозяйственно-экономическом отношении [Красильникова, 1961].

В целях объективности отбора картографических элементов в картографии используется введение различных **цензов отбора**. Сущность этого приема генерализации заключается в установлении на основе назначения, типа, масштаба и других факторов генерализации минимальных размеров объектов, позволяющих поместить их на карту. Хотя в геологической картографии проблема цензов отбора разработана недостаточно, а самое главное — применяемые цензовые показатели отбора не унифицированы, здесь, как и в общей картографии, при генерализации карт нельзя обойтись без решения этой проблемы. В качестве цензовых показателей отбора при составлении геологических карт используют величины площадей минимальных контуров для обозначения различных объектов.

Однако главная проблема отбора картографируемых объектов при тематическом картографировании даже при установлении цензовых показателей связана со значимостью того или иного объекта, которая меняется в условиях разного назначения, типа карт и их масштаба. Вводимые цензы могут применяться без корректировки лишь для территорий с горизонтальным и моноклинальным залеганием горных пород, но и здесь приходится устанавливать дополнительные цензы для отбора тектонических форм. Поскольку задача выявления геологических структур особенно актуальна при геологическом картографировании, цензовые показатели отбора картографируемых объектов должны быть целиком подчинены решению этой задачи. В итоге данная задача в каждом конкретном случае представляет собой разрешение противоречия между масштабом пространства и масштабом содержания.

Как и другие способы и приемы генерализации, отбор осуществляется на базе предварительного районирования территории, поскольку рациональнее всего цензовые показатели отбора сле-

дует устанавливать для объектов каждой геотектонической области, что позволит обеспечить сохранение на карте соотношений в густоте размещения геологических тел и отразить различия их морфологии в разных частях района.

Третья степень отбора объектов картографирования связана с процессом графического обобщения рисунка карты, выражающегося в исключении деталей (изгибов границ) для упрощения рисунка каждого объекта.

От данного приема следует отличать обобщение картографического изображения, которое не сводится к спрямлению линий на месте исключенных деталей, а представляет собой построение упрощенного, по подобному изображению, сохраняющего типичные черты и общее сходство с источником [Заруцкая, 1966]. При этом учитывается тот факт, что характер природного рисунка зависит от механизма, формирующего данное явление процесса.

Глава 3

ЛЕГЕНДА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ

§ 1. Понятие «легенда»

Термин «легенда» широко распространен в геологической литературе, а также вообще в науках, пользующихся картографическим методом исследования. Однако если мы попытаемся найти его определения в геологических словарях, то не постигнем разочарование. В первом издании Геологического словаря [1955] легенды определены как излишний синоним термина «условные обозначения». Примерно то же можно прочесть в Толковом словаре английских геологических терминов [1978—1979]. В последнем издании Геологического словаря [1973] этот термин вообще отсутствует. Однако повсеместное распространение термина в геологической литературе на русском языке — явное свидетельство не только (и даже не столько) консервативности языка, но и, видимо, отражение реального различия понятия «легенда» и «условные обозначения».

Даже общий взгляд показывает, что функция легенды для огромного большинства карт (геологических, тектонических, метаморфических, литологических, петрографических, палеогеографических, фациальных, формационных и т. д.) не только не сводится к тому, чтобы задать список символов, позволяющих «читать» карту (задать алфавит некоторого языка), но и отводит этой функции нередко заметно подчиненную роль. Так, если взять любую геологическую карту, составленную в последние 20 лет, то, даже не имея легенды, мы поймем, где какие стратиграфические единицы на ней изображены (или, по крайней мере,

Какие из них занимают более высокое, а какие — более низкое положение в стратиграфической колонке); мы также можем отличить границы нормального залегания пород от дизъюнктивных, и т. п. Это говорит о том, что в пределах одной страны (а во многих случаях — и в международном масштабе) алфавит языка геологической карты устоялся и не требует обязательного повторения на каждой конкретной карте, т. е. язык в значительной степени уже стандартизирован.

Однако на каждой карте требуется указывать, какие конкретные геологические объекты (свиты, формации, фации, структурные этажи и т. д.) на ней изображены и в каких отношениях друг к другу они находятся. **Перечень** таких объектов задается легендой в обязательном порядке, однако **показ структуры** (схемы сетки отношений и связей между объектами) применяется лишь в порядке исключения. Между тем показ структуры в легенде должен быть обязательным для карт, несущих существенную структурную нагрузку (в первую очередь — тектонических, а также общегеологических и металлогенических). Конечно, структура может «вычитываться» прямо из карты, и, поскольку перечень объектов задается легендой, казалось бы, не должно возникнуть никаких сложностей. Это было бы справедливо, если бы между легендой и картой существовало отношение изоморфизма, т. е. каждому конкретному объекту на карте соответствовал бы один знак легенды, и наоборот. Но так бывает исключительно редко, на очень простых картах. Почти всегда легенда только гомоморфна карте, т. е. каждому объекту на карте (прообразу) соответствует один образ в легенде, но каждому образу соответствует, как правило, не один прообраз. Например, знаку «жилы пегматитов» могут соответствовать на карте несколько десятков или сотен конкретных тел.

Таким образом, выясняется, что легенда геологической карты представляет собой довольно сложную теоретическую конструкцию, в наиболее полном виде обладающую тремя аспектами: семиотическим (знаковым), классификационным и структурным. Вместе они выражают информационную сущность легенды как конструкта, позволяющего использовать информацию, заключенную в карте-модели и изложенную на языке карты, а через нее (иногда и помимо) — информацию о строении, развитии, происхождении и других особенностях того или иного участка.

§ 2. Легенда как знаковая система

Чисто семиотическое понимание легенды, отмеченное выше, оправдано с исторической точки зрения. Оно связано с общекартографическими представлениями времен зарождения геологической картографии как самостоятельной отрасли геологии (XVIII в.)*.

* Еще в XIX в. почти не осознавалось, что геологическая картография — раздел картографии, а не геологии.

Геологическая карта есть модель геологической действительности. В то же время карта — это текст на специфическом языке, излагающий понимание исследователем-картосоставителем геологической действительности. Язык этот, по В. В. Налимову [1980], достаточно «мягкий». Именно для того, чтобы он не стал чрезмерно «мягким», знаковая часть легенды подвергается той или иной стандартизации, ограничивающей как употребление знаков, так и правила их комбинирования. В этом смысле она близка алфавитам обычных человеческих языков — например, легенда заведомо неполна: как в большинстве алфавитов имеются знаки не для всех звуков, существующих в разговорном языке, так и здесь кое-что не имеет специального обозначения.

Посмотрим, насколько удовлетворителен этот алфавит в той форме, в какой он обычно излагается. Поскольку нет возможности рассматривать легенды геологических карт всех существующих типов, мы в основном будем опираться на анализ легенд общегеологических карт, как наиболее содержательных.

Вся совокупность знаков легенды может быть разделена на четыре группы*.

Первую группу представляют знаки, обозначающие возраст геологических тел. Этим, как предполагается, обеспечивается соотношение конкретных тел, показываемых на карте, со всей их совокупностью, известной в земной коре, с помощью знаковой системы-посредника, соотнесенной с так называемой Международной геохронологической шкалой. В последней каждому геохронологическому подразделению либо присвоен свой, утвержденный в международном масштабе индекс, либо точно оговорены правила, по которым такой индекс может быть построен.

Знаки рассматриваемой группы бывают двух сортов: цветовые и индексные (буквы и цифры). Первые обуславливают отнесение геологических тел, изображенных на карте, к крупным возрастным подразделениям (обычно ранга периодов). Вторые, как известно, частично дублируют первые, частично же применяются для обозначения более дробных подразделений геологических тел и времени. Из-за очевидного дублирования функций от части знаков (например, цветовых), казалось бы, можно было бы и отказаться. Действительно, так поступают с картами, которые печатаются в журнальных статьях, — это черно-белые (штриховые) карты. Однако невозможно отказаться от цветовых обозначений для отдельно издающихся карт, особенно больших по размерам, с большой содержательной нагрузкой, потому что это резко затруднит их восприятие и в конечном счете неизбежно приведет к потере информации, считываемой с карты. Учтем, что сейчас невозможно полностью отказаться от приведения цветовых знаков рассматриваемой группы в легенде **каждой** карты, так как

* По-видимому, впервые это отмечено Ч. Б. Борукаевым [1979], однако выделяемые нами ниже группы частично совпадают.

стандартизация цвета в международном масштабе достигнута только для фацеровозойских образований.

Другое дело — индексы. Отмечалось, что «геологические индексы представляют собой особую категорию буквенно-цифровых условных обозначений, дающих многообразную и важную информацию, дополнительную к основному содержанию карты» [Музылев, 1971, с. 144]. Однако это не совсем так. Дело в том, что часть индексов, а именно обозначения крупнейших геохронологических (стратиграфических) подразделений, стандартизована в международном масштабе, и для геологов присутствие этих индексов в легенде не несет никакой информации. Любой геолог в любой стране со студенческой скамьи сейчас усваивает, что AR — это архей, K — меловая система и т. д. Поэтому впредь до того времени, когда международное сообщество геологов не решит почему-либо эти индексы заменить, такого типа индексацию в легенде можно было бы попросту не повторять (оставив ее для обозначения геологических объектов на самой карте). Конечно, такое возможно лишь при том условии, что эти же индексы не будут использованы для обозначения каких-либо иных геологических объектов.

Во вторую группу объединяются знаки вещественного состава геологических тел. Здесь присутствуют уже три их вида: цветовые, буквенно-цифровые (индексы) и крап. Знаки первых двух сортов, кроме своего прямого назначения — маркировать вещественный состав образований, показанных на карте, — несут также смысловую нагрузку, свойственную знакам первой группы: они индексируют «возраст» (временной порядок) геологических тел. Используются они, как известно, обычно для обозначения магматических образований, позволяя соотносить их с Международной геохронологической шкалой. Существенно, что эти знаки несут самую общую информацию о вещественном составе геологических тел. Детализация же этой информации достигается применением крапа, который может быть позитивным (черным), негативным (белым) и цветным.

В рассматриваемой группе знаков также уже достигнута определенная стандартизация в международном масштабе, хотя и официально не регламентированная, в отличие от знаков первой группы. Так, по большей части карбонатные породы обозначаются различными «кирпичиками», гранитоиды — крестиками, роговики — красными точками и т. д.

Третью группу составляют знаки для геологических границ. Реальная граница между геологическими телами нередко является важнейшим выражением связей и отношений между ними. Важность исследования границ сейчас подчеркивается в междисциплинарных исследованиях: «На карте... объект ограничен относительно окружения, т. е. заданы отношения „целое — среда“... Более того, в ряде случаев свойства границ объекта становятся предметом самостоятельного исследования» [Мирский, 1980, с. 274—275]. Поэтому выбор удачного знака для границы

резко повышает степень «читаемости» карты, т. е. дает возможность получения информации быстро и без искажений.

Еще сравнительно недавно в легендах геологических карт, издаваемых в нашей стране, количество знаков для геологических границ было достаточно велико, причем наряду с черными знаками применялись и красные. Однако затем была принята новая система знаков, в результате чего все границы стали обозначаться черным цветом. Восприятие карты ухудшилось, но не это стало главной потерей. Ранее в легендах всегда был специальный знак для границ несогласного залегания. Теперь, с его отменой, произошло обращение восприятия информации на карте. Если раньше по способу изображения границы пользователь карты сразу видел, что имеет дело с несогласием, то теперь только после анализа изображения геологических тел можно установить, что граница между ними — несогласная. Карта как модель заметно ухудшилась, так как вместо непосредственной передачи информации о строении того или иного участка геологического пространства она предлагает пользователю решать задачу, иногда принципиально неоднозначную.

В легендах карт различных типов употребляются и другие линейные знаки, которые следует относить к рассматриваемой группе, например разного рода изолинии. Они разрабатываются обычно для каждого конкретного случая.

В четвертую группу объединяются различные вспомогательные знаки, присутствие которых, в общем, не обязательно, так как они не несут информации непосредственно об оригинале (участке геологического пространства). Эти знаки кодируют фактографическую информацию (присутствие обнажений коренных пород, линии построения разрезов, водных источников, места отбора тех или иных проб и т. д.).

Что показывает анализ семиотического аспекта легенды? Прежде всего, легенда, как правило, отличается определенной логикой строения: она содержит знаки основные (первые три группы) и дополнительные (четвертая группа). Кроме того, знаки второй группы в основном предназначены для обозначения свойств объектов.

В легенде как знаковой системе достаточно широко проявлено отношение частичной (редко полной) синонимии. Частичные синонимы имеются как внутри знаков только первой и второй групп, так и между ними (различные знаки для обозначения одного и того же геологического возраста). В то же время знаки третьей группы в настоящее время зачастую полисемичны — один знак выражает «пучок родственных концентров» [Шрейдер, 1974, с. 22], например, один и тот же знак изображает границу и согласную, и несогласную, и интрузивную, и протрузивную.

Существенно, что в легенде «присутствуют» нулевые знаки. Это знаки форм геологических тел. То, что они действительно подразумеваются в легенде, фиксируется ее сопроводительным текстом к знакам второй группы (**линзы известняков, жилы пегма-**

титов и т. п.). В редких случаях — и на картах далеко не всех масштабов — они могут вводиться явно. Это — условные немасштабные знаки для изображения даек и жил, т. е. геологических тел, которые на карте не могут быть изображены в контурах подобия реальным телам из-за несоответствия их размеров масштабу изображения, но показ которых представляется составителю карты важным по каким-либо соображениям.

Знаки в легендах существенно различаются по своим экстенционалам. Так, если знаки третьей группы имеют денотатами границы тел, изображаемых фактически на всех геологических картах, то знаки первой и второй группы могут иметь в качестве денотатов иногда лишь по одному объекту (карты, на которых выход какой-либо свиты полностью в едином контуре, или массив редких магматических пород, не встречающихся больше нигде на Земле, и т. п.). В таких случаях говорят, что в легенде присутствуют знаки **единичных** объектов.

Следовательно, легенды геологических карт, с одной стороны, неполны (нулевые знаки и полисемия), с другой — избыточны (синонимия). Это, по-видимому, связано с тем, что какие-либо научные (семиотические) принципы построения легенды отсутствуют. Форма, структура и содержание легенды в основном складывались стихийно; в качестве немногочисленных исключений можно указать на специальное рассмотрение сессией Международного геологического конгресса цветовых обозначений для стратиграфических подразделений, разработанных А. П. Карпинским [1949], в основном не изменившихся и сейчас. Большую системность нередко имеют легенды сравнительно несложных и однородных по отображаемой информации специализированных геологических карт (петрографических, литологических и др.) В то же время некоторые карты, например тектонические, имеют чрезвычайно сложные легенды, в которых на первое место выдвигается классификационный аспект. Такие легенды значительно сложнее по содержанию и гораздо выше по информативности, чем карты, которые они сопровождают.

Проведенное в целях международной стандартизации упрощение (и сокращение) легенды (знаки третьей группы) ухудшило ее качества как знаковой системы, призванной быть адекватной языку карты. Вообще, излишнее упрощение алфавита неизбежно ведет как к трудности восприятия карты, так и иногда к потере информации. Например, было бы значительно сложнее изучать русский язык, если бы в алфавите объединили буквы «ь» и «ъ» или «и» и «й».

В ряде случаев информационная значимость легенды оказывается выше, чем у карты, которую она сопровождает. Это относится, как отмечено выше, к легендам тектонических карт, которые представляют собой довольно сложные теоретические конструкции, для которых карта скорее не основной документ, а иллюстрация.

Кроме отмеченного, легенда является носителем определенной фасцинации: в большинстве случаев опытному геологу достаточно

увидеть легенду, чтобы понять, с картой какого типа он будет иметь дело, и соответственно настроиться на восприятие информации. Для неспециалистов же легенда (особенно карт редких типов) является просто набором цветных значков, сопровождающихся малопонятным текстом.

И наконец, последняя особенность легенды как знаковой системы, которая тоже не бросается в глаза, — наличие в ней значков-детерминантов. Действительно, например, появление любой греческой буквы перед латинскими на стандартных геологических картах, составляемых в нашей стране, обозначает **магматические породы**, а прописная греческая буква — уже детерминант нерасчлененности соответствующих магматических образований.

§ 3. Легенда как классификация

Некоторые аспекты классификационной функции легенд карт уже рассматривались в литературе — как для карт географических [Миловидова, 1977], так и геологических [Забродин и др., 1976, 1978; Забродин, Кулындышев, 1979]. Спецификой легенд **геологических** карт является то, что во многих случаях они представляют собой не одну, а несколько классификаций различных типов, построенных передко для совершенно различных объектов (например, на картах гидрогеологических — как для геологических тел, так и для подземных вод). Как правило, легенды представляют собой иерархические классификации, однако во многих случаях — с элементами комбинативности, по терминологии А. А. Любищева [1972]. Однако хорошо выраженные комбинативные, а тем более **параметрические** классификации, насколько нам известно, в легендах геологических карт встречаются исключительно редко. У нас нет возможности рассматривать все содержательные разновидности классификационных построений в легендах, поэтому мы ограничимся наиболее характерными. На них можно показать как структуру классификации, так и присущие этим построениям недостатки.

Сделаем несколько замечаний по терминологии. Разные авторы, занимающиеся теорией классификации, выработали свои понятийно-терминологические системы. Наиболее развиты они у Ю. А. Воронина, Ю. А. Шрейдера, Н. В. Миловидовой и др. Следует ожидать, что понятия в этих системах должны как-то соответствовать друг другу, хотя терминология различна.

Н. В. Миловидова [1977] в легендах географических карт выделяет четыре типа классификационных построений. Наиболее широкими являются классификации **с логически возможными классами** — в них для каждого таксона берутся признаки в комбинациях, допустимых с точки зрения требований формальной логики. Однако в реальной действительности далеко не все возможные логически комбинации признаков могут осуществиться. Отбрасывая те таксоны, существование которых невозможно из

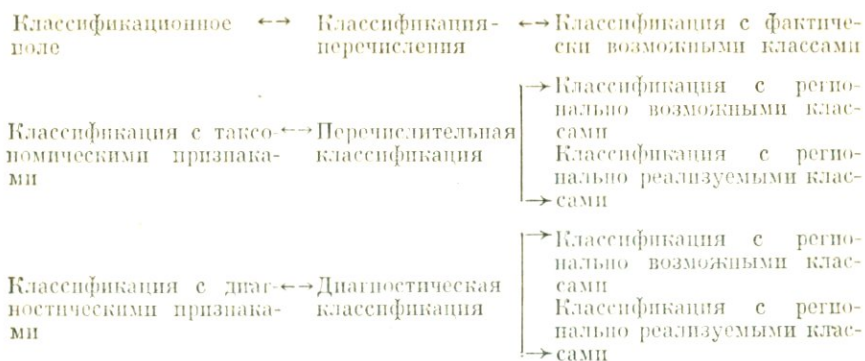
содержательных соображений, переходим к классификации с **фактически возможными классами**. Далее, карты составляются на какие-то ограниченные территории. Естественно, что из фактически возможных классов в пределах этих территорий могут встретиться далеко не все. Это приводит к классификации с **регионально возможными классами**. И наконец, в каждом конкретном регионе часть регионально возможных классов объектов не проявлена — мы переходим к классификации с **регионально реализуемыми классами**. Именно последние и входят в легенду конкретной карты. Проиллюстрируем систему понятий Н. В. Миловидовой геологическим примером.

Допустим, нам надо построить классификацию геологических тел по двум параметрам — вещественному составу и форме. Пусть «вещественный состав» принимает два значения — осадочный (О) и магматический (М), а «форма геологических тел» — четыре значения: пласты (П), линзы (Л), дайки (Д), батолиты (Б). Тогда классификация с логически возможными классами будет содержать таксоны, архетипы которых представлены сочетаниями по два значения обоих признаков, т. е. ОП, ОЛ, ОД, ОБ, МП, МЛ, МД, МБ. Однако из содержательных геологических соображений ясно, что осадочные образования не могут принимать форму батолитов, т. е. таксон ОБ в природе не встречается. Поэтому классификация с фактически возможными классами имеет вид ОП, ОД, ОЛ, МП, МЛ, МД, МБ. Далее, в конкретном районе, в котором проводится картографирование, могут встретиться, допустим, только тела, входящие в таксоны ОП, ОЛ, МД, МБ. Это классификация с регионально возможными классами. Однако, положим, в реально закартированном регионе не встречены батолиты (например, они не попали в пределы конкретного листа карты). Тогда классификация с регионально возможными классами войдет в легенду серии карт, а с фактически возможными — в какую-нибудь сводную карту на более значительную территорию.

Ю. А. Ворониным и др. [Воронин, 1981; Геология..., 1967] различают: классификация-перечисление; перечислительная классификация; диагностическая классификация. У Ю. А. Шрейдера [Панова, Шрейдер, 1974] вводятся следующие понятия: классификационный универсум; предметная область; классификационное поле; классификация с таксономическими признаками; классификация с диагностическими признаками.

Примерные соответствия между перечисленными тремя группами понятий выглядят следующим образом:

Ю. А. Шрейдер и др.	Ю. А. Воронин и др.	Н. В. Миловидова
Классификационный универсум	?	?
Предметная область	↔ (Существует неявно)	↔ Классификация с логически возможными классами (соответствие неявное)



Необходимость представления всех этих систем понятий определяется тем, что система П. В. Миловидовой имеет прагматическую общекартографическую направленность, система Ю. А. Воронина — теоретическая, ориентированная на геологию, система Ю. А. Шрейдера — теоретическая общеклассификационная. Далее — по мере необходимости — мы будем пользоваться терминологией любой из этих систем, как это будет диктоваться соображениями удобства изложения.

Любая геологическая карта есть модель некоторой выделенной по тем или иным соображениям совокупности геологических объектов, реально в большинстве случаев — геологических тел. Важнейшим атрибутом тела, наглядно, ощутимо обособляющим его среди других тел, является **граница**. Поскольку тип границы определяется характером взаимоотношений и связей между геологическими телами, удачная классификация границ очень способствовала бы адекватному восприятию на карте реальных пространственных структур геологических тел.

В современной геологии имеются, как минимум, две классификации-перечисления геологических границ, фиксирующие предметную область. Однако в геологической картографии фактически используется только одна, которую можно назвать «традиционной». Вторая, нетрадиционная, классификация [Косыгин и др., 1964] используется лишь в теоретико-тектонических исследованиях [Забродин, 1977; и др.]. Традиционная классификация в отличие от нетрадиционной в явном виде, по-видимому, не излагалась никогда не только в легендах карт, но даже в учебниках, словарях и специальных работах. Она может быть реконструирована в следующем виде.

Множество геологических границ в зависимости от типов разделяемых ими геологических тел делится на **стратиграфические** и **пестратиграфические**. Первые, в свою очередь, делятся на **согласные** и **несогласные**. Для вторых такое деление смысла не имеет, и они по другому основанию делятся на **дизъюнктивные** * (в геологическом обиходе нередко неправильно именуемые «тектоническими») и **интрузивные**. В принципе, на этом классифи-

* Заметим, что в класс дизъюнктивных границ входят, например, и «протрузивные».

цирование границ для большинства типов геологических карт заканчивается. Однако для ряда карт — в том числе всегда для карт первого поколения — границы любого из отмеченных выше классов делятся еще по степени обоснованности материалами наблюдений на достоверные и предполагаемые (следует отметить, что дизъюнктивные границы имеют такое же деление).

Передко выделяется еще следующий уровень классификации, обозначаемый словами «в том числе по геофизическим данным». Следует отметить, что такое выделение является неграмотным с точки зрения теории классификации, так как неявно подразумевает, что все остальные границы выделяются по «не по геофизическим данным», а среди последних есть ведь не только геологические данные (например, геоморфологические, которые тоже заслуживали бы самостоятельного существования). Поскольку для тектонических карт особенно важна дробная классификация геологических границ, было бы разумным потребовать введения в эту классификацию на любом уровне упомянутую выше нетрадиционную классификацию (с выделением границ резкостных, условных, произвольных и т. п.).

Как же реально реализуется эта восстановленная классификация в легенде? Если ограничиться наиболее общими типами геологических карт, то классификационное поле, или перечислительная классификация, состоит из четырех минимальных таксонов: границ стратиграфических — согласных и несогласных, нестратиграфических — дизъюнктивных и интрузивных. В принципе, поскольку таксономические и диагностические признаки для геологических границ фактически совпадают, эта же классификация может использоваться и для диагноза. Как отмечалось, когда-то диагностическая классификация границ примерно в таком виде и была представлена в легенде (правда, таксоны «стратиграфические согласные границы» и «интрузивные границы» и тогда не различались). Ныне же в явном виде диагностическая классификация границ содержит лишь два таксона: дизъюнктивные границы и все остальные. Однако, поскольку для любых геологических целей этого явно недостаточно, диагностическая классификация из четырех вышеупомянутых таксонов по-прежнему используется, но держится исследователем «в уме»; явно упоминается не в легендах, а в специальных текстах (объяснительных записках), сопровождающих карты.

Таким образом, решение задач диагноза на множестве геологических границ для квалифицированного геолога не представляет проблемы, хотя и затруднено предпринятыми без должного анализа, непродуманными действиями по «усовершенствованию» и «унификации» легенд.

Верхняя часть легенды любой карты общегеологического содержания представляет собой классификацию стратиграфических подразделений. Это очень интересная классификация. Поскольку любая геологическая карта есть модель участка геологического пространства, естественно было бы полагать, что классификаци-

онным универсумом для легенды-классификации должно было бы быть это геологическое пространство (совокупность геологических тел, составляющих в сумме земную кору). Однако на самом деле классификационным универсумом выступает некий теоретический конструктор, в большинстве случаев — Международная стратиграфическая шкала. Поскольку же реально предметной областью является некоторое множество геологических тел, естественных или искусственных — в зависимости от целей геологической съемки или научных и производственных задач, а также взглядов исследователя и (или) руководителя работ, легенда в рассматриваемой части фактически с самого начала строится как классификация диагностическая. При этом диагностические и таксономические признаки оказываются скоррелированными очень сложным образом — через посредство Международной геохронологической шкалы, которая, как считают, является оборотной стороной Международной стратиграфической шкалы.

Реальная перечислительная классификация, где таксонами выступают классы геологических тел, при этом держится «в уме» и в явном виде ни в одной известной нам легенде не фигурирует. Взамен используется другая перечислительная классификация — либо фрагмент Международной стратиграфической шкалы, либо фрагмент классификации так называемых «местных (или региональных) стратиграфических подразделений». Эти две перечислительные классификации не только не изоморфны, но даже и не гомоморфны друг другу. Ясно, что это и вызывает сложность корреляции таксономических и диагностических признаков стратиграфических подразделений, в большинстве карт являющихся важнейшими представителями реальных геологических тел.

Классификация геохронологических подразделений носит ярко выраженный комбинативный характер. На высшем таксономическом уровне (эры) выделение таксонов оправдывается некоторым параметром — положением в геохронологической шкале, которое выводится из взаимного расположения в земной коре крупных комплексов отложений, в свою очередь как-то коррелируемых через соотнесенность с геохронологической шкалой. Здесь имеется ситуация порочного круга, отмечавшаяся многими исследователями. Однако во многом она лишь кажущаяся (в основном из-за неверных определений терминов), так как первичными и исходными являются именно пространственные соотношения стратиграфических подразделений. Геохронологическая шкала, взятая в целом, не является ни таксоном, ни даже объединением таксонов (она не имеет начальной точки). Таксоны высшего ранга (эры) являются корнями деревьев, подразделения каждого такого таксона порождают самостоятельные иерархии по отношению включения. Каждая такая иерархия полностью независима от других: количество таксонов низших рангов на каждом фиксированном уровне в них неодинаково (количество периодов в палеозойской, мезозойской и кайнозойской эрах различно, а в докембрийских эрах они и вовсе не выделяются, и т. д. — чем

ниже по ступеням иерархии, тем хуже). Количество уровней этой классификации в каждой конкретной легенде определяется, в общем, масштабом карты.

Через Международную геохронологическую шкалу к классификации стратиграфических подразделений причленяется другая, задающая перечень так называемых нестратифицируемых геологических тел, в большинстве своем представленных интрузивными образованиями. Мы не можем обсуждать здесь вопрос о том, как осуществляется соотнесение стратиграфических и нестратиграфических тел, отметим лишь, что процедура эта в достаточной степени сложна и во многих случаях ведет к неоднозначным, а то и противоречивым результатам. Здесь важно лишь, что такое соотнесение как-то осуществляется. Однако классификационные построения для интрузивных образований проводятся на совершенно других основаниях.

Так, если на совокупности стратиграфических единиц задано отношение нестроеного порядка («выше или на одном уровне», определяемое по отношению к выделенной системе координат), которое для привязки к Международной геохронологической шкале интерпретируется как отношение «моложе или одновозрастно», то на множестве интрузивных тел можно задать лишь отношение пересечения [Забродин, 1981а]. Таким образом, структуры разных частей единой легенды-классификации оказываются различными.

Указанное различие влечет за собой неявное использование при классифицировании интрузивных образований вспомогательной классификации — форм геологических тел. Выше отмечалось, что специальных знаков для форм геологических тел в легенде нет, однако формы эти нередко упоминаются при описании таксонов, особенно в тех случаях, когда к единому таксону относятся образования, состоящие тела с разными формами (например, «шток гранитоидов» и «дайки гранитоидов», относимые к одной «интрузивной фазе», т. е. имеющие «одинаковый геологический возраст»). В этом случае для одного таксона классификации используются разные индексы в знаковой части легенды, т. е. неявно этот таксон делится на подтаксоны по некоторому основанию, явно отличному от других, принятых в легенде. Отметим, что это же имеет иногда место и для таксонов стратиграфических подразделений — в тех случаях, когда таксоны, заимствованные из классификационного поля, представленного фрагментом Международной шкалы, разбиваются на подтаксоны, заимствованные из другого классификационного поля — региональной (местной) шкалы, т. е. когда отдел — в рамках единой легенды — по-разному делится на свиты (для разных «структурно-формационных зон», которые считаются «одновозрастными»). Еще сложнее те случаи, когда одни отделы делятся на ярусы, другие — на свиты (в одной легенде).

Отметим, что Ю. А. Шрейдером [1974] было доказано, что структура любой классификации в математическом выражении представляет собой полугруппу с единицей [Куроп, 1973].

Если мы попытаемся описать в математических терминах структуру Международной геохронологической шкалы, то окажется, что, какую бы бинарную операцию мы не вводили на множестве ее элементов, это множество **всегда** оказывается незамкнутым по отношению к этой операции (в данном случае существуют такие элементы множества, что результат применения к ним бинарной операции оказывается элементом, не принадлежащим данному множеству, и не существует разумных правил, по которым его можно было бы в это множество включать). Поэтому Международная геохронологическая шкала в целом классификацией не является, хотя таким статусом обладают отдельные ее части. Уже этот пример показывает, что не всякая легенда и не в любой своей части является классификацией, по Ю. А. Шрейдеру.

Несмотря на то, что некоторые легенды целиком излагаются как классификации (обычно это легенды тектонических карт), а в других классификационные разделы весьма значительны, не удалось встретить ни одной, в которой классификационный подход был бы выдержан без ошибок. Наиболее существенный недостаток — несоблюдение последовательности операций при классификационных построениях, в частности явного указания набора классификационных признаков и правил комбинирования признаков или таксонов. Поэтому никогда не приводится количество логически возможных классов. Понятно, что в самой легенде это и не нужно (в ней отражается конкретный результат реализации классифицирования, т. е. классы регионально осуществимые). Однако этому должно быть место в объяснительных записках и других текстах, сопровождающих карты. Важность этого требования заключается в следующем.

В любой достаточно развитой классификации, соотносимой с геологической реальностью, обнаруживаются пустые классы. Поэтому самый первый переход на пути конкретизации классификации геологических объектов — переход от классификации с логически возможными таксонами к классификации с фактически возможными. Здесь-то и возникает важная теоретическая проблема: **почему** не могут существовать некоторые из логически возможных классов? Потому ли, что это запрещено формальными соображениями, или потому, что запрет накладывает существующее геологическое знание? В первом случае пустые классы следует просто отбросить. Во-втором — возникает важная проблема: а собственно почему мы эти таксоны не наблюдаем в природе? Потому ли, что их существование запрещено геологическими законами (тогда очень важно явно сформулировать эти законы), или потому, что мы просто чего-то еще **не знаем** в нашей науке? Как видно, в любом случае возникает возможность получить очень существенные теоретические результаты. Пропуск соответствующей стадии в построении классификации затушевывает возникающие проблемы и сильно обедняет возможности теоретического анализа в геологической картографии, а следовательно, и в геологии в целом.

С. В. Мейеном [1977, 1978] заложены основы учения о таксо-мерно-мерномических процедурах в области классифицирования. Выше мы использовали понятия «таксон» и «архетип» в смысле этого учения. А отражаются ли как-нибудь таксомерно-мерномические процедуры в легенде-классификации? Несомненно. Ведь любое стратиграфическое подразделение (кроме подразделений самого низкого ранга), с классификационной точки зрения, представляет собой таксон — класс меромов, причем в качестве последних выступают стратиграфические подразделения рангов ниже, чем ранг таксона. При этом в архетип таксона могут попасть признаки из резко различающихся меромов — литологические, биостратиграфические и др.

Отражается ли проблема «естественности — искусственности» классификацией в легенде? Представление о естественных классификациях и дискуссия о том, что же это все-таки такое, имеют уже почти двухвековую историю в науке (по-видимому, начиная с работ К. Линнея, а вполне отчетливо — с работ Карла фон Бэра). Как выяснилось, с помощью «сильного критерия естественности» классификация может быть связана с понятием «закон» [Забродин, 1980б, 1981б; Забродин, Соловьев, 1981]. Ни в одной из легенд законы природы явно не отображаются, поэтому их классификационные части все более или менее искусственны. Здесь можно увидеть классификации полностью искусственные (например, разделение месторождений полезных ископаемых по величине в легендах карт полезных ископаемых) и классификации, наделенные чертами «естественности»* (классификация в легенде месторождений на отработанные, эксплуатируемые и неэксплуатируемые). Приведенные примеры нарочито примитивны. Более сложным примером является классификация стратиграфических подразделений, основу которой составляет Международная стратиграфическая шкала. Обычно считается, что эта шкала представляет собой «второе лицо» геохронологической шкалы. Выше мы упомянули, что Международная геохронологическая шкала в целом не является классификацией, в смысле Ю. А. Шрейдера. Если действительно существует изоморфизм между стратиграфической и геохронологической шкалами, то сказанное верно и для Международной стратиграфической шкалы. По-видимому, это может служить дополнительным обоснованием отсутствия в стратиграфии строго формальных классификационных построений, в смысле С. В. Мейена.

Нужно ли из сказанного делать категорический вывод, что в легендах геологических карт совершенно не отражаются элементы каких-то естественных — или близких к ним по шкале «естественность — искусственность» — классификаций? Думается, что нет. Если полагать, что иерархия естественных геологических

* Понятие «естественности» можно считать приложимым не только к классификациям в естественных науках, но и в гуманитарных, общественных, технических дисциплинах [Забродин, 1981б].

тел есть закон природы [Забродин, 1981а], то этот закон явно или неявно во многих легендах отражается. Правда, такая иерархия тривиальна, и потому карты, построенные только в ее рамках, могли бы иметь чисто теоретическое значение (их можно было бы считать чистыми моделями структур геологических тел). Потребности практики (поиски месторождений полезных ископаемых) заставляют вводить в легенду принципы искусственных, целевых классификаций, например выделение и обозначение рудных формаций, месторождений и т. п. В соответствии с этим естественные геологические тела делятся на части, те, в свою очередь, еще на части и т. д., покада позволяет масштаб карты (иногда даже и это ограничение не действует, и тогда вводятся знаки «вне масштаба»). Классифицирование объектов в этих случаях ведется по произвольным прагматическим признакам, причем далеко не всегда соблюдается «принцип соразмерности». Процедура построения таких классификаций имеет внешнее сходство с мерономией, однако «мероны» нередко выделяются настолько произвольно, что архетипы даже очень далеких таксонов в итоге зачастую имеют значительные области пересечения (например, у «месторождения» и «рудной формации» — в определениях не всех, но значительной группы исследователей).

Если оценивать некую усредненную легенду геологической карты в целом с позиций слабых критериев естественности [Забродин, 1981б], то окажется, что она почти наверняка удовлетворяет так называемому критерию Пановой — Шрейдера (интенсивности), т. е. должна располагаться где-то в середине шкалы «естественность — искусственность», что не так уж и плохо при нынешнем состоянии теоретической геологии.

§ 4. Легенда как модель структуры

Под структурой понимается совокупность связей и отношений, существующих между элементами системы. Модель структуры должна отражаться в легенде, а точнее — классификации. Однако связи сами по себе в легенде вообще не выражаются, они представляются в виде отношений, существующих между объектами картографирования. Таким образом, легенда в рассматриваемом аспекте содержит сведения только об отношениях.

Типичной чертой абсолютного большинства легенд геологических карт является то, что отношения между картографируемыми объектами в явном виде не фигурируют, что отличает эти легенды, положим, от легенд экономико-географических карт. Однако мы можем попытаться выявить и охарактеризовать те отношения, которые содержатся в легендах неявно.

Из всего множества известных сейчас геологических отношений [Усманов, 1977; Забродин, 1981а] наиболее важными представляются отношения между геологическими телами, так как другие геологические объекты (вода, нефть, газ) характеризуются

лишь одним представляющим интерес отношением — отношением включения (строгий порядок). Поэтому мы рассматриваем лишь следующие отношения: порядка, эквивалентности, пересечения и контактирования. Существенно, что это — не те отношения, которые определяют классификационную структуру легенды.

Порядковые отношения. Основное отношение в этой группе, фиксируемое в легенде почти любой геологической карты, независимо от конкретного содержания последней, — это отношение «быть выше по (стратиграфической) вертикали». По своим формальным свойствам это — отношение строгого порядка (асимметричное, не рефлексивное и транзитивное). Именно поэтому во многих легендах оно сразу же переводится в изоморфное ему временное отношение — «быть моложе». Если первое из них выражается в легенде положением знаков геологических тел (выше в тексте легенды — выше по стратиграфическому положению), то второе, кроме того, фиксируется и индексами, и цветовой гаммой.

Для разных групп геологических тел в легенде фиксируются разные порядковые отношения. Так, отношение «быть выше» устанавливается только для стратифицированных образований (осадочных, метаморфических — не всех, эффузивных). Для интрузивных образований в легендах современных карт оно не вводится, хотя известны — довольно редкие — случаи (пластовые интрузивы, полностью локализованные внутри какого-либо геологического тела), когда оно могло бы отмечаться. На множестве интрузивных тел всегда устанавливается отношение «быть моложе», которое в данном случае выводится не из отношения «быть выше», а из отношений пересечения и контактирования.

Поскольку все множество геологических тел на карте оказывается сведенным в единую возрастную последовательность, можно утверждать, что легенда в терминах одного теоретически выводимого отношения — возрастного следования — моделирует целую сетку пространственных отношений, устанавливаемых в значительной мере путем непосредственного наблюдения реальных геологических объектов.

Отношение эквивалентности в явном виде в большинстве легенд встречается достаточно редко — когда моделируемый картой участок геологического пространства включает тела, относимые к разным «структурно-формационным зонам». В таких случаях один знак включает описание двух или нескольких свит. Сдержательно — это стратиграфическое отношение «лежать на одном (стратиграфическом) уровне».

Другое обычное для легенд отношение эквивалентности — хронологическое отношение «быть одновозрастным». Обычно считается, что это отношение связывает между собой геологические тела, не включающиеся в стратиграфическую последовательность одновременно — интрузивные или стратифицированные. Однако это не совсем так. Наиболее распространенный случай фиксации отношения одновозрастности в легенде — это отнесение к «одному возрасту» целой группы геологических образований, перечис-

ляемых в концепте знака («И-ская свита. Известняки, доломиты, известковистые песчаники, мергели. Фауна... и т. д.»). Ясно, что чисто в пространственном смысле такие образования вовсе не лежат на одном уровне, однако их последовательное залегание друг на друге может быть отражено в легенде лишь при переходе к карте более крупного масштаба. В этих случаях отношение эквивалентности оказывается тесно связанным с принципом элементности.

Порядковое отношение «быть выше» в сумме с эквивалентностью «лежать на одном уровне» дают отношение нестрогого порядка, в целом характеризующее структуру стратифицированных образований, или слоистую структуру [Соловьев, 1975].

Отношение пересечения в чистом виде в легенде обычно не фиксируется (за исключением легенд специализированных карт — тектонических, магматизма). Легенда общегеологической карты фиксирует теоретические следствия из реально существующих пересечений геологических объектов (не обязательно тел). Таким следствием является отношение возрастного порядка «быть моложе» для интрузивных тел и некоторых других объектов (например, дизъюнктивов). Как показано ранее [Забродин, 1981a], отношение «быть моложе» не изоморфно отношению пересечения: первое, будучи порядковым, транзитивно, в то время как пересечение геологических объектов таковым не является (из того, что интрузив А пересекает интрузив В, а интрузив В пересекает интрузив С, вовсе не следует, что А пересекает С — и в огромном большинстве случаев так и бывает). Для того чтобы получить в этом случае отношение возрастного порядка, используют отношение, производное от пересечения. Оно называется транзитивным замыканием пересечения и получается из последнего с помощью операции транзитивизации [Шрейдер, 1974]. В конкретном применении к геологическим объектам эта операция строится следующим образом [Френкель, Бар-Хиллел, 1966; Усманов, 1977]: между объектами А и С ищется цепочка объектов $a_1, \dots, a_n$ таких, что А пересекает a_1 , a_1 пересекает a_2 , ..., a_n пересекает С. Такое отношение по определению уже транзитивно, следовательно, является порядковым и изоморфно отношению «быть моложе». Именно это и отражается в легенде.

Однако каждый геолог знает, что практически невозможно построить транзитивное замыкание пересечения **одних только интрузивных** тел почти ни в одном конкретном районе. Приходится привлекать еще пересечения стратифицированных образований интрузивными, стратиграфические отношения порядка и эквивалентности, пересечения геологических тел дизъюнктивами, особые случаи отношения контактирования между стратифицированными и интрузивными телами, наконец, весьма сложный теоретический конструкт, называемый «радиологический (или «абсолютный») возраст», который сам выводится из целой совокупности отношений между распределенными в геологических телах

некоторыми химическими элементами с помощью достаточно сильных допущений как геологического, так и негеологического характера [Забродин, Оноприенко, 1978]. Все это зашифровано в обычной легенде и практически никогда не выражается явно. Не будем, однако, забывать, что пересечение является в этом случае исходным и опорным отношением.

Отношение контактирования выявляется и выражается в легенде только типами геологических границ, фиксируемыми в условных знаках. Особые типы контактирования — перерывы, в том числе стратиграфические несогласия — «вычитываются» из легенды благодаря пропуску условных знаков для тех или иных стратиграфических подразделений (что выражается нарушениями сплошности ряда геохронологических единиц).

Оценивая в целом структурный аспект легенды, мы должны признать, что в стандартных случаях (карты общегеологического содержания) легенда содержит весьма много сведений о структуре геологического пространства, отображаемого на карте, но это содержание не концентрировано и нередко зашифровано. Выявление его требует специального анализа легенды, причем в ряде случаев полный анализ невозможен без обращения к другим моделям — карте, разрезу, стратиграфической колонке.

В несколько лучшем положении оказываются легенды специализированных — тектонических — карт, особенно тех, которые и называются «структурными». Однако явная и полная модель структуры отсутствует в легендах и этих карт, хотя, конечно, анализ их значительно проще, чем легенд карт других типов.

§ 5. Легенда как теоретическая концепция

На заре геологической картографии, во времена В. Смита, роль легенды была чрезвычайно ничтожной. Нельзя даже утверждать, что она сводилась к роли алфавита, так как легенда могла в явном виде вообще не фигурировать: против контура геологических тел подписывалась их характеристика, т. е. легенда попросту совмещалась с картой. Конечно, при этом сразу же возникали неудобства: для разъединенных частей одного и того же геологического тела подписи требовалось дублировать. Несомненно, именно это в первую очередь вызвало обособление легенды, сначала в виде чисто знаковой системы — условных обозначений.

Дальнейшее развитие содержания геологических карт вначале просто влекло усложнение легенды, однако как теоретический конструкт она (неявно) начинает оформляться лишь после решений Второй сессии МГК [Общая стратиграфия, 1979], которой введены унифицированные классификации стратиграфических подразделений и геохронологическая терминология. Отметим, что появление в легенде геохронологического аспекта убедитель-

но свидетельствует именно о ее теоретизации, ибо этот аспект не может прямо основываться на эмпирическом материале.

С 20-х годов XX в., после создания первых тектонических карт А. Д. Архангельским и Н. С. Шатским, М. М. Тетяевым, Д. В. Наливкиным, все очевиднее становится, что собственно построение карты (любого содержания и степени сложности) является чисто эмпирической процедурой, опирающейся на технику, разрабатываемую в общей картографии. С 60-х годов эта процедура все чаще стала поручаться ЭВМ [Ширяев, 1977]. Поскольку же построению карт (особенно это относится к картам новых типов) предшествует выработка (или обоснование) принципов отбора объектов, правил перехода от геологической реальности, фиксированной в наблюдении, к картографической модели, способов и методов обобщения, абстрагирования, генерализации — необходимо было как-то сообщить эти сведения пользователю карты. Наиболее подробно они излагаются в так называемых объяснительных записках, наглядно изображаются в легендах карт. При этом необходимо отметить, что важнейшая часть объяснительной записки всегда относится к легенде, ибо то, что относится к собственно карте, включает в себе всего лишь описание простейших и временных взаимоотношений объектов, моделируемых картой (разрезами), и в принципе является излишним.

Таким образом, все теоретические представления оказываются зафиксированными (отображенными) в легенде. С ней связаны и методологические соображения, служащие основой для упомянутой теоретической деятельности. Понятно, что методологический аспект не находит прямого выражения в легенде-знаковой модели: именно он заключен в объяснительной записке. Надо отметить, что в тех случаях, когда карта не сопровождается текстом, методологическая позиция ее авторов «вычитывается», хотя и неполно, из легенды, а не из карты. Для того, чтобы уяснить методологическую позицию авторов, вовсе не следует обращаться к карте, для этого необходимо и достаточно проанализировать легенду. При этом, если теоретический аспект (тип знаковой системы, тип классификации и т. п.) в легенде отражен довольно наглядно, то методологический нужно восстанавливать. Такая процедура не всегда является легкой, и почти никогда нельзя быть уверенным в том, что пользователь понял замысел авторов до конца.

Если взять тектоническую схему СССР А. Д. Архангельского — Н. С. Шатского 1933 г., то, даже не обращаясь к соответствующей статье [Архангельский, Шатский, 1933], играющей роль объяснительной записки, мы сообразим, что основной методологический принцип, на котором основана легенда, — районирование по возрасту складчатости. Возможно, что мы догадаемся даже, что авторы имели в виду за в е р ш а ю щ у ю (г л а в н у ю) с к л а д ч а т о с т ь. Однако, поскольку легенда этой карты не содержит понятийно-терминологической системы авторов, нам весьма трудно будет сообразить, что понимали они под «заверша-

ющей складчатостью». Изучая только легенду, мы придем к выводу, что под этим понимаются какие-то геологические тела или границы (которые и отображаются на карте). Однако, обратившись к тексту, мы увидим, что авторы придавали этому понятию геохронологическое содержание. Между тем несложный геохронологический анализ [Соловьев, 1975] показывает, что в данном случае авторы заблуждались (временные отношения нельзя отобразить на карте непосредственно), а легенда, оказывается, более адекватно отражает *суть* методологии авторов, чем текст.

Легенды карт некоторых типов (тектонических, металлогенических) столь сложны и подробны по конструкции, что включают в себя и перечни терминов, используемых авторами, с определениями — реже словесными, чаще таблично-графическими, т. е. несут прямую и неприкрытую терминологически-понятийную нагрузку.

Поскольку карты являются основными моделями, с которыми работает любой геолог как в науке, так и на практике, очевидным становится, что на легенды карт приходится основная теоретическая нагрузка геологической картографии, да и в значительной мере — выражение общетеоретических представлений геологии. Наглядно эта роль проявилась в последние годы в связи с массовым распространением космических изображений земной поверхности и поверхности других планет. Для того чтобы описать видимую ситуацию и изобразить ее знаками, пришлось разработать для легенд космокарт целые новые теоретические концепции, связанные, например, с природой кольцевых дизъюнктивов, ударных кратеров (астроблем) и т. д. [Боровиков, 1979]. Определенную трансформацию претерпели и методологические основы картографирования (принципы составления легенд специализированных тектонических карт), а также гносеологическая проблематика геологической картографии, связанная с особенностями восприятия сильно генерализованных заранее объектов.

Еще Н. С. Шатский был уверен, что в легенде заключено все творческое начало картографирования. Можно утверждать, что роль легенды как ведущей теоретической конструкции в геологической картографии сейчас все более осознается широкими кругами картосоставителей, что, в свою очередь, ведет к непрерывному поиску наиболее адекватного отражения теоретических представлений в способах построения легенд.

§ 6. Принципы построения легенды

Поскольку легенда — это своеобразная теоретическая конструкция, то к ней должны быть предъявлены требования правильного построения знаковых систем, классификаций и моделей. Но они должны иметь силу не для всех легенд одновременно. Принцип правильности знаковой системы должен применяться к легендам всех карт. Принцип правильности класси-

фикационных построений не нужен для легенд простых по содержанию карт. Правильность моделирования структуры требуется от легенд очень ограниченного класса карт.

Рассматривая карту как некоторый специфический язык [Нахимов, 1980; Мирский, 1980; Лютый, 1981], вполне естественно предполагать, что легенда в своей семиотической основе служит алфавитом этого языка. Это означает, что легенда должна содержать полный перечень знаков — «букв», из которых образуются «слова» языка карты — образы реальных объектов геологической действительности или их изображения на картах первого поколения. В принципе, такой алфавит не должен быть избыточным, т. е. не должен содержать одновременно разные знаки для одних и тех же объектов. Известно, что реальные легенды последнему требованию не отвечают. Можно ли эту избыточность ликвидировать? Несмотря на силу привычки — можно. В качестве примера приведем русский алфавит до реформы 1918 г., содержащий, как известно, избыточные буквы (фита, ижица и др.). Хотя реформа и не встретила широкого одобрения, эти знаки были ликвидированы. И поскольку это не сопровождалось ни потерей информации, ни какими-либо неудобствами, к новым правилам быстро привыкли. Поскольку количество пользователей геологическими картами, по-видимому, имеет тот же порядок, что и число носителей русской грамоты в 1918 г., следует ожидать, что соответствующая реформа и геологической легенды также могла бы пройти довольно безболезненно.

С другой стороны, в иных случаях нужно было бы не сокращать, а увеличивать количество знаков в легендах. Так, с точки зрения семиотики и теории информации, следует увеличить количество знаков для геологических границ. Необходимо разделить знаки для стратиграфического и интрузивного контактов и даже ввести отдельный знак для протрузивных границ. Во-первых, есть случаи, когда на карте очень трудно определить, прорывает или нет интрузив какие-то образования (осадочные или метаморфические), когда нет контактовых изменений и они, естественно, на карте не показаны. Во-вторых, стратиграфические и рвущие (интрузивные и протрузивные) контакты отражают разные (содержательно и формально) отношения геологических тел. Хотя на карте эти отношения фиксированы как пространственные, во многих геологических задачах они интерпретируются как временные. А здесь возникают существенные гносеологические трудности, так как стратиграфические контакты отражают отношение «выше» («ниже»), а рвущие — «прорывают» («прорываются»). Уже отмечалось, что переход к временному отношению «моложе» («древнее») в этих случаях осуществляется по-разному.

Однако функцией алфавита легенда как знаковая система не ограничивается. Очень многие легенды еще представляют собой и перечень терминов, которые в той или иной мере получают объяснения. Существенно, что значительная часть этих терминов обозначает индивидуальные (единичные) предметы, многие из кото-

рых являются, так сказать, «абсолютно индивидуальными» — не встречаются нигде за пределами моделируемого картой участка геологического пространства. Таковы, например, условные знаки для местных стратиграфических подразделений, уникальных месторождений полезных ископаемых и др.

Еще в одном смысле легенда более богата, чем алфавит естественного языка: в ряде легенд содержатся некоторые правила синтаксиса языка карты. Так, например, могут встретиться знаки, показывающие объединенные *n*-е и *m*-е стратиграфические подразделения. Однако в целом синтаксис карты держится автором и пользователем «в уме», и, поскольку это не вызывает существенных неудобств, вряд ли следует менять сложившуюся практику, хотя попытки такого рода иногда можно встретить в легендах тектонических карт, составляемых в последнее время.

Поскольку все-таки большая часть легенд геологических карт имеет в той или иной мере выраженное классификационное содержание, следует учитывать результаты Н. А. Пановой и Ю. А. Шрейдера [1974, 1975], относящиеся к принципу двойственности классификаций. Поскольку этот принцип утверждает, что всякая классификация представляет собой терминологическую систему, а выше мы показали, что в легенде-алфавите «буквам» соответствуют «термины», мы можем утверждать, что наиболее экономно сущность легенды выразится в классификационном аспекте [Миловидова, 1977]. Мало того, что классификация в этом случае будет задана в явном виде, — каждый знак легенды получит при этом вполне удовлетворительное с логической точки зрения определение. Сейчас так представляются части легенд металлогенических карт и карт полезных ископаемых, нередко — тектонических. Конечно, в любом случае знаки, не несущие классификационной нагрузки, будут изображаться по-старому. Отметим, что новый принцип представления классификационной природы легенды разработан В. И. Драгуновым [1980] для карт геологических формаций.

Изложенные выше требования представляются обязательными, если, конечно, мы хотим, чтобы легенда полностью удовлетворяла тем целям, ради которых она строится. Однако мы не можем утверждать этого для функции легенды как модели геологической структуры. В большинстве случаев это привело бы лишь к излишнему усложнению легенды. В то же время для карт с существенно структурной нагрузкой требование явного выражения структуры представляется обязательным. На наш взгляд, это приведет к необходимой формализации легенды, что, в свою очередь, позволит пользователям карты однозначно понимать идеи авторов. Напомним, что реальная структура геологического пространства может — в зависимости от целей исследования — по-разному отображаться в модели. Особенно же заметным становится субъективизм авторов при составлении карт по картам, когда исходные методологические предпосылки диктуют отбор и способ обобщения материала. Ясно, что пользователь, знакомый с

исходными картами, может и неправильно понять замысел автора. Избежать этого позволит формализация легенды.

Поскольку наибольшие претензии сейчас можно предъявить к форме представления легенд, казалось бы, вопрос этот — сугубо второстепенный. Однако, пренебрежение формой влечет трудности в уяснении содержания. И чем сложнее легенда, тем это яснее. Поскольку же легенда несет основную теоретическую нагрузку в геологической картографии, пользователь должен точно представлять себе (без излишних пояснений), каковы те теоретические идеи и методологические принципы, которыми руководствовался автор карты, разрабатывая легенду.

Даже чисто знаковая функция легенды выполняется без соотнесения с законами семиотики. В значительной степени именно этим, видимо, можно объяснить дублирование знаков, имеющих одинаковую смысловую нагрузку. Еще хуже обстоит дело с классификационным аспектом легенды. Похоже, что большинство авторов карт попросту не догадываются, что легенда почти всегда является классификацией (и реже серией классификаций). Во всяком случае, чрезвычайно редко приходится видеть карты, легенды которых построены с соблюдением хоть каких-то требований, обязательных для представления классификаций. Одним из таких исключений является Карта тектоники докембрия континентов (1972 г.), где часть легенды представлена в виде иерархической классификации комплексов.

И наконец, можно отметить недостатки показа в легенде (в явном виде) структуры картографируемой реальности. Нам неизвестны опубликованные карты, в легендах которых специально указывались бы типы отношений, существующих между картографируемыми объектами.

Что же можно было бы рекомендовать для того, чтобы легенды отвечали по форме своему содержанию? Ну, например, для стратифицированных образований (верхняя часть легенды общегеологических карт) можно предложить сдвигать по горизонтали вправо знаки стратиграфических подразделений нижних уровней классификации (см. схему). Это сразу позволило бы увидеть, для каких тел до какого уровня классификация развита (допустим, одни тела расчленены до уровня отдела, другие — до уровня свиты, третьи — до уровня подсвиты и т. п.), а кроме того, легенда более наглядно покажет, какие из фактически и регионально возможных классов отсутствуют.

Напрашивается также вопрос о знаках магматических (интрузивных) образований, которые должны рассматриваться параллельно со знаками для обозначения стратифицированных образований. Очевидно, они должны располагаться в легенде на соответствующих уровнях *. Это, во-первых, сразу же покажет, что

* Так строятся легенды крупномасштабных геологических карт Мингео СССР.

МЕЛОВАЯ СИСТЕМА	Верхний отдел	αK_2	Туфы андезитового и андезито-дацитового состава, андезиты. K_{2am} — амутская свита. Андезиты... и т. д.
	Нижний отдел	K_{1uk_1}	Уктурская свита. Нижнеуктурская подсвита. Песчаники, алевролиты... и т. д.
		K_{1pn_2}	Пионерская свита. Верхнепионерская подсвита. Алевролиты, песчаники, аргиллиты
		K_{1pn_1}	Пионерская свита. Нижнепионерская подсвита. Алевролиты, песчаники... и т. д.
		K_{1gr}	Горюнская свита. Песчаники, алевролиты, грауваксы, седиментационные брекчии с ауцелами
		(Часть легенды выпущена)	
		$T_3 - J_1$	Верхний отдел триасовой системы, нижний отдел юрской системы. Глинистые сланцы, алевролиты... и т. д.

основная классификация геологических тел является комбинативной, а во-вторых, хотя бы для части образований явно задаст отношение «на одном уровне» (напомним, что из него выводится отношение «одновозрастно», важное для исторических реконструкций).

Для легенд тектонических (структурных) карт желательно было бы применять иную форму представления. Здесь хорошо бы давать ее в виде дерева классификации. Поскольку, очевидно, в общем случае легенда-классификация будет комбинативной, мы получим группу деревьев. В ней наряду с геологическими телами будут показываться пликативы и дизъюнктивы. Такие классификации, как известно, могут быть достаточно сложными — например, дизъюнктивы могут разделяться по кинематическим типам, возрасту, вещественному составу их тел. В некоторых — сравнительно простых — случаях легенда-классификация может иметь табличную форму, как это практикуется на современных тектонических картах.

§ 7. Легенды и картографические модели

Осталось дать окончательные ответы на такие вопросы. Могут ли карты и разрезы существовать без легенд? А легенды — без карт? Зачем нужны стратиграфические колонки?

Если учесть сказанное о легендах, то сразу же возникает отрицательный ответ на первый вопрос. Даже если карты или разрез

не сопровождаются специально изложенной легендой, последняя автором и пользователем обязательно держится «в уме»: никто не прочтет текста, не зная языка, на котором этот текст написан. Сейчас стали издавать различные геологические карты в виде почтовых открыток. Сопровождающие их легенды очень бедны, однако геолог извлекает даже из таких миниатюрных карт достаточное содержание именно потому, что в его памяти заложены гораздо более сложные легенды подобных же карт.

В то же время не вызывает никаких сомнений, что одна легенда сама по себе, без карты или разреза, представляет собой значительную научную ценность — именно ценность почти целиком теоретическую (что лишний раз убеждает нас в том, что легенда — гораздо больше, чем просто алфавит). Конечно, если мы знаем, для какого района составлялась легенда, и знакомы с геологическим строением этого района, легенда может представлять (без карты) ценность и в практическом отношении (например, из нее мы узнаем, как в настоящее время трактуется последовательность свит или соотношенность интрузивных образований со стратифицированными и т. п.). Но это не основное. Главное — из анализа одной лишь легенды мы можем узнать, как автор классифицирует те объекты, которые он изучает, какие принципы выделения объектов он использует, с какой дробностью расчленяет те или иные геологические тела. Недаром описанию легенд посвящены значительные части объяснительных записок, а нередко — и специальные работы.

Как совершенно справедливо отметил Ч. Б. Борукаев [1979], стратиграфическая колонка лишь детализирует и расшифровывает легенду. Это значит, что она переводит модель на другой уровень исследования геологических тел, показывая структуру тех объектов, которые на карте и в легенде являются элементарными. Кроме того, колонка наглядно изображает отношения «быть выше» и «лежать на одном уровне», существующие между геологическими телами. Но в целом стратиграфическая колонка — сама по себе легенда: последняя задается в ней чистым описанием. С легендой же карты колонка практически никак не связана. Таким образом, легенда и стратиграфическая колонка — независимо существующие модели.

Колонка практически всегда дублируется в тексте (описанием разрезом). Некоторое преимущество колонки перед словесным описанием заключается в компактности и наглядности ее. В то же время описание всегда более детально. Кроме того, разрезов может быть описано много, а колонка построена только одна. Вывод, который мы можем отсюда сделать: колонка может считаться действительно необходимой лишь в тех случаях, когда карта не сопровождается объяснительной запиской, либо если колонка (без описания) используется как самостоятельная модель для сравнения (сопоставления) с другими колонками (например, для составления разреза).

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ

§ 1. Разрезы и их типы

Основное отличие разреза от карты состоит не только в том, что он имеет другую ориентировку в системе координат, а и в том, что карта — это проекция на горизонтальную плоскость секущей поверхности довольно сложной формы, в то время как разрез — это сечение некоторого тела вертикальной плоскостью. Поэтому разрез как модель действительности в геометрическом смысле несколько более точен, чем карта. Для достаточно расчлененного рельефа построение двухмерной модели трехмерного объекта неизбежно вносит искажения в соотношения тел (карта), тогда как на двухмерный разрез переносятся (проецируются) пространственные соотношения тел в двухмерном сечении.

Если мы имеем модель геологической действительности в виде карты, если эта модель сопровождается еще и другими моделями, дающими представление об «объемности» (легенда, стратиграфическая колонка), — то зачем еще нужны разрез и такой специальный тип графической модели, как блок-диаграмма?

Специфика разреза и блок-диаграммы как средств познания заключается в том, что они более наглядны. Наглядность разреза нередко усиливается специальным методическим приемом — увеличением вертикального масштаба над горизонтальным. Несмотря на возникающие при этом искажения форм геологических тел, в целом зрительное восприятие модели геологического пространства существенно улучшается.

Кроме того, карта и разрез как знаковые системы имеют между собой еще одно различие. Карта — как язык — «мягка», опытный геолог всегда сумеет «спрятать» в ней недостаточность наблюдательного материала, слабую обоснованность теоретических концепций, заложенных в легенде, различного рода неувязки, от которых не удалось избавиться на начальных этапах картографирования (полевые работы, отбор материала при составлении сводных карт). Разрез же в этом смысле беспощаден: на нем с неизбежностью вскрываются все недостатки построений, в первую очередь структурных, которые не заметны или слабо заметны на карте. Думается, что некоторые карты именно по этой причине не сопровождаются разрезами, однако опытный пользователь, построив разрез такой карты, все равно увидит эти недостатки.

Известны геологические разрезы двух типов. Разрезы первого типа составляются непосредственно на местности по обнажениям и горным выработкам. Разрезы второго типа строятся по известным правилам структурной геологии в направлении, проведенном на готовой геологической карте. Несмотря на одинаковое назва-

ние, это существенно разные графические модели, которые строятся с разными целями и несут разную информацию о действительности.

Разрез первого типа (опорный разрез) строится до составления карты или, во всяком случае, до ее окончательного завершения. Его цель — скорректировать легенду будущей карты, наметить границы геологических тел, которые подлежат картографированию, их стратиграфическую последовательность, возможные пропуски в этой последовательности. Такой разрез строится на первом этапе составления карт. Это подчеркивается и тем обстоятельством, что разрезы данного типа нередко выступают как самостоятельные графические модели, не связанные с составлением какой-либо определенной карты.

Познавательная роль разрезов рассматриваемого типа заключается в том, что в процессе их составления производится подробное (последовательное) описание встреченных образований, предназначенное для детальных корреляций с разрезами других территорий. Поэтому масштаб разреза — значительно более крупный, чем масштаб карты, и определяется только возможностями графического изображения минимальных из описываемых тел. Разрезы рассматриваемого типа всегда сопровождаются подробным словесным описанием, которое в принципе для составления карты не нужно, так как в нем фигурируют такие признаки изучаемых объектов, которые в настоящее время не могут использоваться для корреляции отложений.

Что представляет собой разрез первого типа? Прежде всего — это узкая полоса наблюдений (фактически — линия с некоторыми результатами ограниченной экстраполяции в одну или обе стороны). Поэтому такой разрез напоминает разрез по керну единичной скважины (разница только в ориентации). Эта узкая полоса служит основой для построения вертикального сечения, причем последнее представляет собой не единственный кусок плоскости, а совокупность иногда большого количества таких кусков. Необходимость такого построения обусловлена тем, что линия разреза (в отличие от разрезов второго типа) никогда не бывает прямой, хотя по общему правилу линия разреза закладывается вкрест преобладающего простирания геологических тел, фактически она вынуждена повторять те физико-географические элементы местности, вдоль которых существуют наилучшие условия для наблюдений. Это — водостоки и горные хребты, а также искусственные обнажения вдоль железных и автодорог, которые, естественно, никогда не бывают прямолинейными. Некоторое исключение представляют собой разрезы, составляемые в закрытых районах с помощью горных выработок, однако они никогда не бывают слишком протяженными.

Построение вертикального сечения не является самодовлеющим, так как, поскольку назначение его чисто вспомогательное, оно нужно для учета повторений частей разреза в складках, выпадения и сдвигания частей разреза в крыльях дизъюнктивов,

а также «съедания» стратифицированных образований интрузиями. И все это направлено к одному — восстановлению без пропусков и повторений последовательности геологических тел.

Следует отметить, что к выбору мест построения разрезов первого типа сейчас предъявляются довольно жесткие требования. В прошлом веке, когда еще не велось площадное геологическое картирование, а знания геологии и географии многих мест были довольно приблизительными, выбор места разреза обуславливался случайными обстоятельствами. Сейчас требование исходит из того, что разрез должен обладать наиболее возможной информативностью. В связи с этим в областях развития плитных комплексов (платформенный чехол) разрезы первого типа по понятным соображениям не строятся, так как их заменяют разрезы по скважинам. Орогенные комплексы нередко залегают в благоприятных географических обстановках: располагаясь в предгорьях, они прорежаются стекающими с гор реками в нужных направлениях. Что касается геосинклинальных комплексов, то лишь немногие районы развития складчатых сооружений обнажены настолько хорошо и обладают настолько простым строением, что допускают практически однозначное построение разрезов по любому удобному направлению. К таким районам относятся, например, северная часть Горного Крыма. Не зря Бахчисарайский район является излюбленным местом для проведения учебной практики по геологической съемке во многих геологических вузах страны.

Несмотря на свою близость карте, разрез первого типа имеет некоторые особенности. С одной стороны, изображения форм геологических тел на нем более точны, так как осуществляется проектирование тел, вскрытых вертикальными или близкими к ним по залеганию плоскостями, на вертикальную же плоскость. С другой стороны, при построении разреза с учетом какой-то глубины распространения геологических тел неизбежно вносятся субъективизм в трактовку их формы и структуры, поскольку непосредственному наблюдателю доступны лишь небольшие части. Если при построении карты мы в принципе можем проследить контуры тела или форму пликатива, то при построении разреза такой возможности у нас нет. Однако эта особенность, в общем, существенна только для разрезов второго типа, ибо на разрезах первого типа нам важно просто установить, что два наблюдаемых фрагмента геологического тела расположены на крыльях пликатива (а не залегают моноклиinally), в то время как сама форма пликатива нас может не интересовать. Поэтому мы можем считать, что практически всегда разрез первого типа полнее отображает геологическую действительность по данной линии, чем карта одного с ним масштаба.

Разрезы второго типа обладают существенно иными функциями. Их основная цель — помочь пользователю (а зачастую и автору) избавиться в какой-то мере от двухмерности карты, представить геологические объекты в объеме. Эти разрезы помогают пользователю увидеть структуру геологического пространства (в том

числе пликативную и дизъюнктивную), особенности форм геологических тел. При отсутствии разрезов для восстановления форм тела можно было бы воспользоваться принципами стереологии, но в складчатых областях тела нередко имеют столь сложную форму, что стереологические методы вряд ли дадут приемлемое приближение к действительности. Восстановление рисунка складчатых сооружений в вертикальном сечении преследует еще одну, вспомогательную, цель — определение мощности стратиграфических подразделений так называемым графическим методом (замером на разрезе по перпендикуляру к геологическим границам). Этот метод является практически единственным для подсчета мощностей отложений в сложноскладчатых районах с плохой обнаженностью. И наконец, разрез второго типа дополняет карту в том отношении, что на нем изображаются те геологические образования, которые не выходят на земную поверхность и потому, как правило, на карте никак не отображены.

В теоретическом плане весьма существенно то обстоятельство, что разрез второго типа как геометрическая модель не отражает действительность непосредственно: по принципам построения он определяется ситуацией, уже смоделированной картой. Данные натуральных наблюдений находят на нем отражение в тех немногочисленных случаях, когда при построении разреза учитываются материалы по буровым скважинам и глубоким горным выработкам, которые на карте, естественно, используются лишь частично. Следует учитывать, что разрез второго типа как средство познания более субъективен (при отсутствии буровых данных), чем карта или разрез первого типа. Казалось бы, если разрез определяется картой, то они должны быть примерно одинаково объективны. Но это не так. Как известно, при построении картографических моделей составитель широко пользуется методами интер- и экстраполяции. Но если на карте линии интерполяции зачастую близки к прямым, то на разрезе, особенно для территорий со сложной складчатостью, они могут приобретать весьма сложную форму, которая обуславливается не только рисовкой пликативов на карте, но и представлениями автора, основывающимися частично на данных наблюдений, а частично на собственном опыте. Сказанное особенно очевидно для линий экстраполированных. Вообще, объективность и точность карты и построенного по ней разреза постепенно сближаются по мере упрощения геологического строения территории и, по идее, должны бы совпасть для моделей плитных комплексов. Однако здесь вмешивается новый фактор: одинаковость вертикального и горизонтального масштаба разреза не позволяет отобразить на нем все необходимые нам тела (их мощности не выражаются в вертикальном масштабе). Преувеличение же вертикального масштаба, как известно, ведет к искажению представлений об углах наклона слоев, форме тел и пр.

При построении разрезов второго типа возникает парадокс: чем «грубее» разрез, тем адекватнее он действительности. В самом деле, попытка отразить на разрезе все детали, показанные на кар-

те, особенно для складчатых областей, неминуемо приводит к искажениям во всех случаях проведения пологих границ в верхней части разреза при сложной линии рельефа, для которой вертикальный масштаб при равенстве его с горизонтальным может оказаться слишком мал: мы физически не можем показать крохотные отрезки линий, которые должны бы быть на разрезе, и вынуждены удлинять их на некоторых участках. Преувеличение же вертикального масштаба для разрезов в горно-складчатых областях недопустимо, так как резко искажает реальные соотношения объемов. Причины парадокса, очевидно, кроются в том, что разрез отражает действительность опосредствованно, через моделирование на карте. При этом выделяются «сами собой» инвариантные детали, устойчивые к многократным преобразованиям. Таким образом, вопреки общепринятому в геологической картографии стремлению показать на разрезе все детали строения территории, следует как можно больше разгружать его. Только в этом случае разрез второго типа будет полностью соответствовать своему основному назначению — достижению трехмерности восприятия карты и моделированию структуры. Правда, при этом мы лишимся возможности подсчитать мощности **всех** выделенных на карте стратиграфических подразделений — но ведь для этого можно разработать и иные методы, в том числе и более точные, чем графические.

Несмотря на «вторичность» разреза второго типа по отношению к карте, мы всегда стремимся к тому, чтобы он не только выражал **наши** представления, но и объективно моделировал действительность. Конечно, это зависит не только от адекватности карты как модели геологического мира, но и от степени ее информативности. Лишь в простых случаях (платформенные области; удачное расположение обнажений, скважин и горных выработок по прямой линии, к тому же вкrest преобладающего простирания геологических тел и др.) информации, содержащейся в карте, бывает достаточно для точного (геометрического) построения разреза. Обычно же для построения хорошего разреза карта несет либо избыток, либо недостаток информации (складчатые области в горно-таежных, тундровых и других районах). Плохо и то, и другое. В первом случае исследователь не знает, например, к какому рангу пликативов относятся показанные на карте замеры элементов залегания слоев, взятые в обнажениях, особенно если последние невелики и разрозненны. Отсюда вытекает резко различная иногда рисовка складчатых сооружений не только на разрезах, но и на картах, составленных для одних и тех же территорий разными авторами. Во втором случае очень многое на разрезе рисуется по догадке исследователя, хотя кое-что диктуется картой (например, более или менее точно можно построить разрез, если задана форма складок в плане — с использованием принципа подобия сечения складки в горизонтальной и вертикальной плоскостях). Особо сложные случаи представляют отсутствие на карте замыканий складок (случай нередкий для карт,

составляемых в границах топографических планшетов, а не естественных геологических регионов). При небольшом количестве показанных элементов залегания или их противоречивости разрезы по одним и тем же данным могут быть построены «с точностью до наоборот» и примеры можно найти в учебниках по структурной геологии.

§ 2. Разрез и структура

Согласимся, что основное назначение разреза — моделирование структуры изучаемой геологической реальности. Ведь представления об объемности геологических тел, где нас больше интересует форма, могут быть в принципе достигнуты иными методами (стереология). Но полного представления о структуре изучаемых объектов без обращения к вертикальному сечению мы не получим — недаром эту роль частично играют другие картографические модели, легенда и стратиграфическая колонка, которые несут нам информацию о важнейшей структуре геологии — слоистой. Однако легенда дает о ней самое обобщенное представление, так как в ней фигурируют **классы** геологических тел. Лишь в редких случаях в ней специальный условный знак отмечает единичный объект. Стратиграфическая колонка несколько ближе к показу взаимоотношений между единичными телами, однако и она изображает их обобщенно. В частности, из нее невозможно понять, где точно располагаются те или иные тела на картографируемой поверхности. Это связано с тем, что колонка лишь **выглядит** двухмерной (из-за особенностей графического построения), а на самом деле одномерна. Двухмерности изображения добиваются с помощью **серии колонок**, однако возникающая при этом картина дискретна и не позволяет получить целостного восприятия особенностей поведения слоистой структуры в латеральном направлении. В отличие от колонки и легенды разрез показывает, как на всей территории вдоль линии разреза соотносятся друг с другом конкретные геологические тела и другие объекты. «Огрубление» изображения геологических тел на разрезе по сравнению с картой на восприятии структуры не сказывается, поскольку разрез дополняется легендой и стратиграфической колонкой. Допустим, на разрезе показаны геологические тела ранга отделов, а на карте эти тела разделены еще на свиты. Перечень и последовательность свит внутри каждого отдела задаются легендой и колонкой, и все основные особенности слоистой структуры в данном районе будут видны из поведения границ отделов в разрезе. Сложность представляют лишь те случаи, когда свиты резко меняют мощность или две и более свиты занимают один стратиграфический уровень (т. е. когда линия разреза пересекает несколько структурно-формационных зон). В таких случаях допустима дальнейшая детализация изображения на разрезе, приближающаяся к карте. При этом вовсе не обязательно пока-

зывать более детально границы по всему разрезу — во многих случаях достаточно ограничиться лишь местами фациальных переходов или резких скачков мощностей. При этом более мелкие тела должны быть индексированы, для улучшения зрительного восприятия разрезов. Проводя такую детализацию, мы наглядно введем в модель слоистой структуры, кроме отношения строгого порядка, и отношение стратиграфической эквивалентности («лежать на одном уровне»).

Если в моделировании слоистой структуры разрез дополняется графическими моделями других типов, то иные виды структуры — дизъюнктивная и инъективная — в вертикальном сечении воспроизводятся только на разрезе. В этом отношении на разрез падает значительная гносеологическая нагрузка, и без него карта как модель сильно обедняется.

Действительно, из курсов структурной геологии известно, что при изучении только одной горизонтальной проекции участка геологического пространства некоторые особенности геологических тел, связанных с дизъюнктивным отношением [Забродин, 1981а], воспринимаются неоднозначно. Геометрия тел, обнажающихся на сложнорасчлененной поверхности Земли, при проецировании на горизонтальную поверхность иногда существенно искажается. В то же время на вертикальную плоскость проецирование осуществляется без искажений. Поэтому, если на карте мы видим изображение крутопадающего дизъюнктива, то — если не указано специально направление смещения крыльев — истинный кинематический характер дизъюнктива определяется с трудом, и не всегда можно быть уверенным, что мы его определили верно. На разрезе подобные случаи исключены. Правда, во многих случаях (когда дизъюнктивы не вскрыты выработками на глубине или нет большого размаха рельефа) трактовка дизъюнктива оказывается во многом субъективной. Но, все-таки, лучше иметь хоть какие-то явно выраженные соображения автора, чем никаких. Но крайней мере, они могут служить отправной точкой для размышлений.

Сказанное можно отнести и к пликативной структуре, хотя здесь характер изображения на разрезе в большей степени задается изображением на карте и моделированием слоистой структуры по правилам интерполяции границ. И здесь лучше видеть интерполяцию автором данных наблюдений, отображенных на карте (так как в этом случае мы получаем некоторую дополнительную информацию, отсутствующую в геологической действительности), чем размышлять над разрезом, где автор, полностью отказавшись от попыток интерпретации неоднозначных данных, оставил нас перед частоколом параллельных линий, полагаясь либо на нашу догадливость, либо на поступление нового наблюдательного материала. Модель, предложенная автором, пусть даже заведомо спорная или вовсе неверная, может служить мощным эвристическим средством познания, стимулируя деятельность пользователя.

Особенно важен разрез как модель инъективной структуры, в которой ведущим оказывается отношение пересечения. В легенде это отношение фиксируется лишь косвенно и в обобщенном виде, на карте же эта структура далеко не всегда отображена достаточно информативно, а многое попросту не может быть показано. Это относится к важной категории интрузивных тел, имеющих пластообразную форму (силлы, лополиты, лакколлиты). Такие тела нередко не выходят на дневную поверхность, и присутствие их устанавливается по косвенным признакам, материалам буровых скважин и горных выработок. Только разрез показывает наглядно особенности сочетания таких тел с иными образованиями, друг с другом и с другими элементами инъективной структуры, раскрывает важнейшие закономерности сочетания инъективной структуры с дизъюнктивной, пликативной и слоистой, что и позволяет воспринимать структуру геологического пространства в целом. Опять-таки субъективизм автора при построении такой модели неизбежен и в данном случае в наибольшей степени, поскольку именно инъективная структура хуже всего выражена в карте, что и обуславливает значительно меньшую определенность, «мягкость» разреза в этом отношении. Однако у нас нет иного пути моделирования действительности. Несомненно, в этом случае модель оказывается наиболее нагруженной теоретическими представлениями. Кроме указанных выше моделируемых особенностей, важным для теоретических аспектов формационного анализа являются представления о связях интрузивов на глубине (дайки, сателлиты), о строении вулканических центров, взаимоотношениях плутонических и вулканических формаций и т. п. В свою очередь, разрез как специфическая модель именно в случае инъективной структуры дает наибольшую пищу для дальнейших теоретических построений, касающихся строения геологического пространства и слагающих его отдельных геологических тел.

Более полная по сравнению с картой информация об отношениях пересечения, наглядность сочетания носителей этих отношений с телами, образующими слоистую структуру, позволяют именно разрез использовать в первую очередь для перехода от пространственных отношений к отношениям временным. Если мы попытаемся при этом обойтись одной только картой, то почти ничего не сможем сделать и поневоле — если разрез по каким-либо причинам не воплощен материально в чертеже — будем строить этот разрез мысленно. Таким образом, мы видим, что разрез является и средством мысленного моделирования.

Более высокие выразительные возможности разреза-модели по сравнению с картой проявляются и при отображении комбинированных структур, особенно включающих большое количество дизъюнктивов. Так, карты, изображающие «структуру битой тарелки» (с большим количеством пересекающихся дизъюнктивов разного характера), очень трудно читаются. Изучение таких карт попросту утомительно, и никогда нельзя быть уверенным при этом,

что что-то важное не пропущено. Серия разрезов, построенных по таким картам, где те же дизъюнктивы уже различаются по углам наклонов и характеру смещений, позволяет и в таких случаях составить более или менее адекватное представление о действительности. Все, что говорилось до сих пор о «разрезах», относится к картированию в среднем и крупном масштабе. Но понятие «разрез» не менее важно для мелкомасштабного картирования, при составлении региональных геологических карт. Правда, здесь чаще используются термины «геологический профиль» или «геотраверс». Но суть моделирования структуры пространства от этого не меняется. Более того, построение профилей при региональном картировании, особенно тектоническом и геофизическом, должно стать обязательным.

Глава 5

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КОЛОНКА

§ 1. Понятие «колонка»

Кроме разреза и легенды карта сопровождается «колонкой», точнее «стратиграфической колонкой». Попытка понять, что это такое, наталкивается или на отсутствие определений, или на единичные определения типа: 1) «графическое изображение в условных обозначениях всех напластований, развитых на данном участке земной коры. Она имеет вид длинного прямоугольника, в котором сверху вниз выделены все напластования (от молодых к более древним) пропорционально их мощности» [Общая стратиграфия, 1979, с. 157]; 2) «столбик, в котором условной штриховкой показывается состав осадочных, вулканогенных и метаморфических пород» [Там же, с. 157].

Но наряду с термином «стратиграфическая колонка» в языке геокартографии широко используется термин «стратиграфическая шкала». Из одиннадцати его определений, приведенных в терминологическом справочнике «Общая стратиграфия», остановим внимание на одном: «Стратиграфическая шкала — это идеальная последовательность отложений, которую мы никогда не встречаем в природе в одном и том же пункте земной поверхности; она представляет схему напластований в том виде, в каком мы их реконструируем, исходя из наших знаний о строении всей земной поверхности; для такой реконструкции руководящее значение имеют те изменения, которые претерпевал органический мир на границе между отдельными горизонтами» [Общая стратиграфия, 1979, с. 157]. Это определение, хотя и не является строгим в логическом отношении, но в нем, как мы убедимся, отражены основные

содержательные стороны данного понятия. Во-первых, выражение «идеальная последовательность» можно интерпретировать как «модель», во-вторых, указывается, что это модель «напластования», т. е. надо понимать так, что смоделирована слоистая структура какого-то участка осадочной оболочки, в-третьих, подчеркивается, что в построении модели слоистой структуры «руководящее значение имеют те изменения, которые претерпевал органический мир», т. е. биостратиграфический принцип установления последовательности напластования является главным.

Почти общепризнано, что в зависимости от охвата площади, для которой строится модель слоистой структуры, стратиграфические шкалы или колонки подразделяются на «международные» (общие) и «региональные» (провинциальные, местные). Региональные шкалы или колонки часто называются «стратиграфическими схемами». Таково в общих чертах состояние вопроса о терминологии стратиграфии. О чем оно свидетельствует? То, что понятие «стратиграфическая колонка» играет определенную роль в геокартграфии, — очевидно. Просвечивает также идея о том, что колонка выступает в качестве модели слоистой структуры. Но она, к сожалению, выражена нечетко. Действительно, моделью слоистой структуры чего она выступает? Ответ можно найти только самый общий — «осадочной оболочки», «участка земной коры», «осадочных образований», «отложений» и т. д. Следовательно, можно фиксировать нечеткость понимания в стратиграфии объекта моделирования. Чтобы не быть голословными, сошлемся на раздел «Объект и предмет» упомянутого терминологического справочника, в котором объект стратиграфии назван просто «толщи» — «толщи суперкрупных осадочных и вулканогенных пород», «толщи слоистых пород» и т. д. [Общая стратиграфия, 1979, с. 50]. Такой портрет объекта стратиграфии очень расплывчат, и требуется нанести на него более четкие линии профиля. Для этого вновь вернемся к фундаментальному понятию «геологическое тело». Геологические тела подразделяются, по крайней мере, на минералы, породы, геотекстуры, геоконгломаты и геосферы. Среди них имеются такие, которые обладают слоистой структурой. Природа слоистости тел может быть различной: одно дело, «наслоенные» осадочные породы, другое — «расслоенные», магматические интрузии, и совсем особый случай будет представлять «зональная слоистость» метаморфических формаций и комплексов. Стратиграфия имеет дело в основном с «наслоенными телами» (осадочными, осадочно-вулканогенными). При этом важно осознать еще одно обстоятельство — объектами моделирования всегда выступают тела более крупного ранга, чем породные, т. е. это всегда какие-то ассоциации породных тел (пачки, толщи, свиты, подсвиты, серии, комплексы). Породные тела (слои) играют здесь только роль составляющих элементов. Следовательно, можно утверждать, что в иерархии геологических тел объекты стратиграфии начинаются с геологических формаций и заканчиваются геосферой (осадочной оболочкой). В этом смысле правиль-

нее говорить не о стратиграфии вообще, а более конкретно — о «стратиграфии осадочных формаций», «стратиграфии осадочных комплексов» и «стратиграфии осадочной оболочки». Признание в качестве объектов стратиграфии разноранговых тел — необходимое, но еще не достаточное условие для полного решения вопроса об объекте. Необходимо также определить место ископаемых организмов и соотнести понятия «литостратиграфия» и «биостратиграфия». Строго говоря, ископаемые организмы — это объекты палеонтологии, которая вместе с палеоботаникой выступает в качестве раздела палеобиологии (раздела биологии). Но методическая роль палеобиологии в решении стратиграфических задач настолько важна, что ее стали рассматривать как часть геологии. Действительно, «биостратиграфический принцип» расшифровки слоистой структуры геологических тел является определяющим. Поэтому, когда говорится о «стратиграфии», то всегда подразумевается прежде всего «биостратиграфия». Это происходит потому, что «литостратиграфия» и «биостратиграфия» действительно тесно связаны между собой объектами. Связь ощущают все геологи-съемщики, но далеко не все могут представить ее в явном виде, через отношение «литотел» и «биотел». В теоретическом плане смысл соотношений прост: 1) имеются ранговые геологические тела (породы, формации, комплексы, геосферы) и ранговые ассоциации ископаемых организмов (ассоциации видов, родов, семейств, классов); 2) каждому рангу «литотел» соответствует свой ранг «биотел», которые находятся с ними в отношении «включения» — породные тела включают ассоциации видового ранга, геологические формации — родового ранга, геоконтакты — еще более крупного ранга и т. д. Несмотря на теоретическую простоту соотношений «литотел» и «биотел», на практике в явном виде они почему-то не представляются. Может создаться иллюзия, что «биотела» (зоны, ярусы, системы, группы) выделяются как бы независимо от «литотел» и что ископаемые организмы включены в какую-то однородную массу осадков в виде точек (как изюм в булке). Действительно, стратиграфические границы проводятся без учета соотношения «биотел» и «литотел», т. е. без четкого определения «тел включенных» и «включающих тел». Отсюда частые дискуссии о «пересечении» биостратиграфических и литостратиграфических границ, о границах стратиграфических подразделений. Выход видится в установлении соответствия между «литотелами» и «биотелами». Установить такое соответствие не так-то просто. Контуры иерархии «литотел» пока только намечены. Еще в худшем положении находится проблема с иерархией «биотел», так как она связана с проблемой таксономии ископаемых организмов и растений. Традиционно в иерархическом ряду биостратиграфических подразделений выделяют зоны, ярусы, отделы, системы, группы, эоноотемы. На вопрос «Как эти „биотела“ соотносятся с „литотелами“?» однозначного ответа нет. Можно выдвигать только варианты решения. В первом приближении соответствие усматривается:

между геосферами и экзотемами; между геокомплексами и группами; между формациями и отделами; между частями формаций и ярусами; между породами и зонами. Но приведенная схема должна рассматриваться только как повод для размышления на эту тему. Решение задачи еще впереди, и оно может быть получено только на основе объединения усилий литологов и стратиграфов.

Итак, для определения термина «стратиграфическая колонка» (шкала, схема) выявлено три существенных момента — то, что она выступает в качестве модели слоистой структуры, то, что объектом моделирования являются геологические тела разного ранга, и, наконец, то, что при моделировании слоистой структуры для определения отношений между «литотелами», составляющими моделируемый объект («выше», «ниже», «эквивалентно»), используется биостратиграфический метод. Это дает возможность определить «стратиграфическую колонку» как модель слоистой структуры геологических тел разного ранга (геоформаций, геокомплексов и геосфер), построенную на основе биостратиграфических или иных методов определения последовательности напластования.

§ 2. Колонка как модель слоистой структуры

Понять колонку как модель слоистой структуры — это значит понять смысл термина «слоистая структура». Первое, с чем ассоциируется слово «слоистая», — это обнажение, в котором геологические тела имеют форму горизонтально залегающих слоев, и эти слои последовательно сменяют друг друга в разрезе. Такой образ, конечно, включает в себе все необходимое для понимания термина «слоистая структура», но требует дополнительного литологического анализа. Прежде чем говорить о «слоистой структуре», надо определить общий термин «структура». Как и понятие «система», понятие «структура» является фундаментальным понятием для геологии вообще и стратиграфии в частности. Для стратиграфии оно особенно важно, поскольку цель стратиграфических исследований состоит в познании слоистой структуры геологических тел разного ранга. Развивая представление о геологических телах как системах, можно утверждать, что каждая система имеет определенное «устройство», «организацию», «упорядоченность», которые определяются характером отношений и связей элементов системы. Поэтому структуру системы можно определить как совокупность внутрисистемных отношений и связей. Структура существует объективно, как внутреннее устройство системы, и может изучаться в отвлечении от субстанции данной системы. Структура не может существовать вне субстанции, но она может быть, и на определенной стадии исследования должна быть, абстрагирована от субстанции и как бы обособлена. Еще раз повторим, что

структура не равна объекту (системе) в целом. Структура есть объект минус составляющие его элементы, т. е. совокупность отношений и связей между элементами независимо от природы самих элементов. Целесообразно различать реальные и идеальные объекты. Соотношение между ними такое же, как, например, между геологией района и его картой. Идеализированные объекты-системы обладают соответственно и идеализированными структурами, которые в данном случае представлены колонками. Общая идеализированная структура есть некоторое инвариантное начало, вокруг которого колеблются реальные структуры — варианты данного инварианта.

Естественно, что размер колебаний не может превышать некоторого предела. Сами эти колебания, т. е. отклонения от идеализированного инварианта, обусловлены тем, что каждый конкретный объект обладает своей субстанцией и своими элементами, создающими свою неповторимую структуру. В случае выхода за допустимый предел образуются новая структура и соответственно новый объект. Соотношение здесь такое же, как между индивидом и видом, и вполне можно говорить об «индивидуальной» структуре и «видовой» структуре. Следовательно, идеализированная структура есть то общее, что объединяет ряд индивидов (конкретных тел) в вид (абстрактное тело). Идеальный объект и его идеальная структура есть «инвариант», который реализуется в природе в виде «вариантов» — конкретных тел со своими реальными структурами [Солищев, 1971].

Каково положение с определением термина «слоистая структура» и «геологическая структура» в геокартографии? Проведенный экскурс в историю показал [Иерархия..., 1977], что определений термина «слоистая структура» нет, а термин «геологическая структура» определяется в нескольких смыслах, при этом отличных от общенаучного понимания термина — «структура». Во-первых, под «геологической структурой» понимается строение вообще («строение района», «строение толщи», «строение массива»); во-вторых — отдельные формы залегания тел («антиклинали», «синклинали», «грабены», «синеклизы», «антиклизы»). В руководствах по структурной геологии и геологическому картированию термин «геологическая структура» используется в обоих приведенных смыслах. Нет единства в понимании этого термина и в петрографии. Здесь это понятие как бы распадается на два — «структуру» и «текстуру». При этом соотношение между ними весьма неопределенно. Некоторые считают их синонимами. Добавим, что в американской и русской геологической литературе понятия «структура» и «текстура» употребляются в прямо противоположных смыслах. Выход видится в закреплении за термином «структура» общенаучного смысла, как это имеет место в химии, физике, кристаллографии, математике, философии. Действительно, понятие «структура» давно переросло в общенаучную категорию, и лишь в геологии почему-то не считаются с этим реальным явлением в научном языке. Следуя общенаучному подходу к опре-

делению структур во всех науках, под «геологической структурой» также следует понимать совокупность отношений и связей элементов в геологических телах (системах). При этом структурному анализу всегда должна предшествовать процедура определения иерархического уровня тех тел, структура которых определяется. Для минералов структурный анализ ведется на уровне химических элементов, для пород — на уровне кристаллов, для формаций — на уровне породных тел, для комплексов — на уровне формационных тел и т. д. Термин «организация» как синоним термина «структура» лишь подчеркивает принципиальные различия в типах структур геологических тел, относящихся к разным рангам или уровням организации твердого вещества земной коры.

Определив структуру через понятия «отношения» и «связи», мы должны пояснить, чем они отличаются. Обратимся к структуре тех объектов, для которых теория отношений и связей уже разработана — к структурам кристаллов. «Отношение» определяется здесь расположением химических элементов в пространстве по определенным законам симметрии (14 решеток Браве, 230 пространственных групп симметрии Федорова — Шенфилса). «Связи» определяются характером обобществления электронов при взаимодействии атомов, т. е. типами химических связей (ионная, ковалентная, металлическая, вандерваальсовская). Теория структур геологических тел более крупного ранга еще не создана. В этой области преобладает пока эмпирический подход и основное внимание сосредоточено на описании отношений между элементами в конкретных телах. Вопрос о связях между элементами даже не ставится. В этом можно убедиться, задав вопрос любому геологу-съемщику о силах, которые удерживают породные тела от разрушений и придают им прочность. Еще менее изучен вопрос о силах взаимодействия породных тел в формациях и формаций в комплексах. Для характеристики связи между элементами внутри этих рангов тел ссылаются обычно на силы гравитации. Итак, для тел крупного ранга структура характеризуется обычно только совокупностью отношений. Какими же отношениями характеризуются слоистые структуры? Обратимся к тому самому обнажению, которое ассоциируется у нас с этим понятием, но изобразим его схематично (рис. 5). Фрагмент наблюдаемого тела представлен множеством горизонтально залегающих слоев (*a*, *b*, *c*, ...), сменяющих друг друга по вертикали и латерали. Чтобы охарактеризовать взаимоотношения между этими слоями, прибежем к таким выражениям: слой *a* залегает выше слоя *c*; слой *a* находится на одном уровне со слоем *b*; на «одном уровне» находятся также слои *d* и *e* и т. д. (см. рис. 5). Это выражения,

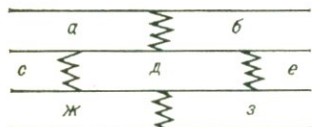


Рис. 5. Схема отношений порядка и эквивалентности в слоистой структуре. Пояснения см. в тексте.

фиксирующие отношения между телами. На языке математики — это отношения порядка («выше», «ниже») и отношения эквивалентности («одинаков», «на одном уровне»). Следовательно, совокупность отношений в слоистой структуре сводится к множеству отношений «порядка» и «эквивалентности». Возникает вопрос: «А как оцениваются отношения “выше”, “ниже”, “на одном уровне”; относительно чего они измеряются?» При горизонтальном залегании ответ ясен — относительно вектора напластования, совпадающего в данном случае с радиусом Земли (направлением силы тяжести). А если слои стоят «на головах» или, более того, оказываются опрокинутыми? «Низ» и «верх», «подшва» и «кровля» разреза должны, очевидно, сохраняться, и должны быть методы их определения. Биостратиграфический метод является в этом случае решающим. Действительно, вектор напластования определяется направлением смены фауны и флоры, и если она оказывается обратной «нормальной», то делается вывод об опрокинутом залегании или надвигании одного слоя на другой, что уточняется литологическим и тектоническим анализом. При составлении колонки мы абстрагируемся от конкретных условий залегания слоев и фиксируем в ней как модели слоистой структуры только «нормальную» последовательность слоев по вертикали и смену их по латерали (фациальное замещение). Графически колонка представляет собой матрицу, строки которой обозначают разноранговые стратиграфические подразделения (группы, системы, районы, ярусы, зоны), т. е. «биотела», а столбцы — «литотела» и последовательность их напластования (с краткой литологической характеристикой и указанием мощности). Колонка как модель слоистой структуры обладает прогностической ценностью, так как с ее помощью можно предсказывать последовательность тел в любой точке района, для которого она построена. Но чем сложнее нарушения залегания (отклонение от «горизонтального»), тем труднее предсказание на практике. Действительно, если слои просто смяты в складки, без нарушения их сплошности разрывами (пликативная форма нарушения), то на построении модели слоистой структуры эти нарушения не скажутся, а отсюда и прогноз последовательности будет надежным. С нарушением сплошности тел разрывами (дизъюнктивная форма нарушений) картина усложняется. Возникают большие трудности в построении модели, а отсюда и прогноз последовательности будет менее надежным. Но так или иначе — необходимо в моделировании последовательности напластования не отпадает. Колонка как модель слоистой структуры выступает существенным дополнением к геологической карте.

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ КАРТОГРАФИИ

§ 1. Понятие «тектоническая карта»

Теоретические исследования в любой области предполагают прежде всего разработку систем понятий и соответствующих им систем терминов. Это наиболее трудоемкая и важная стадия исследования, поэтому к ней проявляется особый интерес во всех науках по мере их развития. Не являются исключением в этом отношении тектоника и тектоническая картография [Бархатов, 1979]. Интерес к терминологии можно понять, если учесть, что язык, в том числе и язык картографии, является не только средством выражения достигнутых результатов и их распространения, но и орудием добычи новых знаний. И не зря по состоянию понятийной базы науки судят об ее зрелости и авторитете. «Не так давно, во времена Великой Французской революции, нельзя еще было произносить слово «геология», не возбуждая смеха. В дальнейшем, по мере развития этой науки и завоевания ею прав на существование, это скептическое отношение удерживалось лишь за немногими из ее ветвей. Последний из них, находящейся и в наши дни в столь лестном положении, является **тектоника**. Передко к ней относятся как к удобному полю для безответственных псевдонаучных спекуляций и фантазий, но не как к научному методу. Именно в области тектоники наблюдается наибольшая несостоятельность взглядов и пестрота идей, меняющихся столь быстро и коренным образом, что следить за ними трудно» [Мушкетов, 1926, с. 9]. Известно, что за теоретический и терминологический хаос тектоника однажды получила от К. Р. Лонгвелла название «сумасшедшего дома» [Тетяев, 1934]. На «крайне большой хаос» в терминологии и «ущерб», наносимый тектонике из-за «недостаточно точного употребления терминов и основных выводов», неоднократно указывал основоположник тектонической картографии Н. С. Шатский, усматривавший в этом главную причину, которая «заставляет некоторых ученых относиться к геотектонике в лучшем случае как к дисциплине с массой гипотез, но без точных основ и методов, а в худшем — как к ненаучным фантазиям» [1947, с. 5]. Учитывая такое состояние научного языка тектоники и тектонической картографии, целесообразно начать с самого термина «тектоника».

Термином «тектоника» обозначаются разные понятия. К. Науман, который предложил его в своем Учебнике геогнозии в 1850 г., считал, что тектонист — это архитектор, отвечающий за **форму, материал, положение и соединение** отдельных частей земной коры. Автор первого учебника по тектонике в СССР определял тектонику (геотектонику) как «науку о строении и раз-

витии Земли» [Тетяев, 1934]. Близкое по смыслу определение находим у Н. С. Шатского [1965], который называл тектонику наукой о строении, движениях и развитии земной коры и Земли в целом. Однако такое использование термина «тектоника» не является общепринятым. Существует тенденция называть тектоникой гораздо более узкую науку, изучающую структуру земной коры, ее движение и развитие [Косыгин, 1958; Хаин, 1964]. Правда, авторы делают оговорку, что тектоника изучает структуру и развитие земной коры в связи с развитием Земли в целом. Еще более узко, как прикладную механику, определяет тектонику А. В. Пэк [1939]. И. К. Гогель [1969] называет тектоникой отрасль геологии, занимающуюся исследованием деформации горных пород. Приведенных примеров достаточно, чтобы убедиться в многозначности термина «тектоника». Самым большим недостатком определений является отсутствие четких разграничений между объектом и предметом тектоники, ее методами и средствами. Действительно, если даже принять точку зрения, что «тектоника» — наука о структуре, то о структуре каких объектов — пород, формаций, комплексов, геосфер или планеты в целом? Вопрос об объектах геологии и картографии нами уже обсуждался выше. Здесь уместно еще раз остановиться на тех объектах, которые изучает тектоника, и тех предметах, в рамках которых проводятся исследования. Ясно, что тектоника не изучает ни минералы, ни породы. Это объекты специальных дисциплин. Правда, когда речь заходит о форме породных тел (слоев и массивов), о форме нарушений (пликативных и дизъюнктивных), интересы петрографа и тектониста совпадают, но разграничение по объекту все равно сохраняется. Совпадение интересов происходит по предмету, поскольку геологические тела (породы, формации, комплексы) изучаются не только в отношении состава и свойств, но и формы и структуры тел. Форма и структура — это те фундаментальные характеристики, которые изучает тектоника в геологических телах более крупного ранга, чем породы. В этом отношении мы вправе говорить о тектонике формаций, тектонике геоконфлексов, тектонике геосфер как самостоятельных предметов, признанных познать структуру и форму этих тел. Но именно эти стороны реальных тел призвана моделировать картография. Поэтому без тектонической картографии нет и тектоники. Если даже тектонику понимать в широком смысле, т. е. расширить ее цели и задачи, включив сюда познание не только формы и структуры, но и процессов, приводящих к их образованию (геодинамика), то все равно фундаментальное значение тектонической картографии очевидно, поскольку в основе всех геодинамических и историко-генетических реконструкций должна лежать информация о современной структуре и форме крупных геологических тел. Завершается иерархический ряд этих тел планетами и тектоника на них не призвана изучать их форму и структуру. Строго говоря — это уже область планетологии.

Итак, структурные исследования целесообразно вести в соответствии с рангом изучаемых объектов и в рамках сложившихся или формирующихся дисциплин о структуре этих объектов. Разграничение важно еще и потому, что для каждого ранга тел требуются свои методы исследований формы и структуры, в том числе своя тектоническая картография. Если тектоника — это наука о форме и структуре геологических тел, то тектоническая карта — это графическая модель структуры и формы тел, а тектоническое картирование — это моделирование этих фундаментальных характеристик. Форма и структуры геологических тел часто оказываются нарушенными. Нарушения представлены системами дисъюнктивов и пликативов. Так же как и тела, которые они нарушают, они различаются по рангам. Для каждого ранга тел существует свой ранг нарушений: трещины и пloidчатость для породных тел; разломы, синклинали и антиклинали — для формационных тел; глубинные разломы, синклинии и антиклинории, синеклизы и антеклизы — для комплексов. Если возникает задача картирования только нарушений, то строятся и специальные тектонические карты — карты дисъюнктивной тектоники и карты пликативной тектоники. Часто их именуют просто «структурными картами». Думается, что это не совсем точно. Понятие «структура» более широкое, чем «тектоника». Оно подразумевает характеристику не только отношений, но и связей между элементами. При тектоническом картировании мы можем моделировать только пространственные характеристики (форму элементов, отношения между ними). «Связи», в том понимании как это принято в структурной минералогии и кристаллохимии, тектоника не изучает. Понятие «тектоника» по своему логическому смыслу скорее ближе к петрографическому понятию «текстура», только тектоника в отличие от петрографии изучает «макротекстуры».

Тектонические карты — это модели «макротекстур», т. е. модели структур формаций, «комплексов» и «геосфер». Интересен вопрос о соотношении понятий «геологическая карта» и «тектоническая карта». Ясно, что в самом общем смысле понятие «геологическая карта» должно охватывать все разновидности карт: «геохимические», «геофизические», «минералогические», «формационные», в том числе «структурные» или «тектонические». Но в действительности «геологическими картами» называют в основном карты, составленные по «биостратиграфическому принципу» В. Смита с отражением цветом последовательности залегания слоев. Такие карты точнее называть «стратиграфическими», поскольку они выступают моделями слоистой структуры осадочной оболочки. При этом ранг тел слоистой формы строго не задается. На карте любого масштаба изображаются все тела (условные и естественные) всех размеров (мелкие, средние и крупные), которые могут быть изображены в данном масштабе, а ряд тел (важных в каком-то смысле) изображается даже вне масштаба. Способ изображения не выдер-

жан для тел разной формы. Для тел слоистой формы цвет обозначает место в стратиграфической последовательности, а для формы массивов (интрузии, протрузии, дайки, силлы) цвет обозначает их состав (ультраосновные, основные, кислые). Итак, «геологические карты», как и любые, отображают пространственные характеристики объектов (форму элементов, их распределение). Собственно геологическая картография моделирует главным образом слоистую структуру, т. е. отношение «порядка» и «эквивалентности» между «изображаемыми телами». Поэтому эти карты рекомендуются называть «стратиграфическими», а термин «геологические карты» закрепить за общим понятием, включающим все разновидности геологических карт. Тектоническая картография призвана моделировать структуру пространства в целом (форму тел, отношения «порядка», «эквивалентности», «пересечения» и др.), т. е. «макротекстуру» объекта. Тектоническую картографию от геологической отличают также более строгие требования к рангу изображаемых тел. Как правило, это тела более крупного ранга, чем породные, и, что самое главное, в идеале это должны быть **о д н о р а н г о в ы е** тела (или только формации, или только комплексы). Существенное внимание при тектоническом моделировании уделяется **п л и к а т и в н ы м** и **д и з ъ ю н к т и в н ы м** нарушениям тел. Поэтому тектоническая карта — это такая разновидность геологических карт, которая изображает более полную структурную характеристику геологических тел крупного ранга (геокомплексов, геосфер). В соотношении между геологической и тектонической картографией важна еще одна методическая деталь. Геологическое картирование предшествует тектоническому и служит ему **о с н о в о й** для углубленного структурного анализа.

§ 2. Теория геологических структур

Уже на стадии методологического анализа геологической картографии мы столкнулись с необходимостью совершенствования теории геологических структур. Особенно ярко она проявилась при определении объекта и предмета картографии, при выдвижении в качестве руководящих принципов системности, иерархии, элементности. Развитие теории геологических структур предполагает прежде всего совершенствование **с и с т е м ы** **п о н я т и й**. Сразу же отметим, что этому важному вопросу геологии почему-то не уделяли должного внимания. Нам известно только несколько публикаций, в которых вопрос теории геологических структур рассматривается специально [Драгунов и др., 1974; Соловьев, 1975; Усманов, 1977]. Поэтому читателю должны быть понятны те трудности, с которыми нам пришлось столкнуться в попытке построения системы понятий структурной геологии. Начнем с понятий, принимаемых за фундаментальные. Они составляют то, что называется понятийным базисом науки. Геология как наука имеет дело с фрагментом материального мира. Следовательно

но, исходным понятием, как и в физике, будет понятие «материя». Геолог сталкивается с двумя формами проявления материи, изучая «вещество» и «поле». Физические поля изучаются геофизикой, и результаты исследований используются для совершенствования геофизических методов поисков. Определенную роль играет здесь геофизическая съемка как метод выявления пространственной локализации геофизических аномалий (магнитных, гравитационных, электрических). Выявление аномалии полей необходимо увязать с «веществом». При изучении «вещества» геологическая съемка начинает играть первостепенную роль. Из четырех состояний вещества земной коры геология изучает «твердое» (минералы, породы и др.), «жидкое» (нефть, вода и др.) и «газообразное» (различные газы). «Плазменное» состояние вещества предполагается на больших глубинах (в ядре), но пока не доказано. Мы ограничимся рассмотрением проблем картирования твердого вещества земной коры. Твердое вещество земной коры неоднородно и представлено дискретно обособляющимися геологическими телами разного ранга. Геологическое тело — основной объект картирования, и этому понятию следует уделить особое внимание. После длительного перерыва, связанного с забвением идей В. Н. Вернадского о понятии «геологическое тело», к нему вновь пришлось обратиться в связи с бурным развитием в 50—80-е годы тектонического картирования.

Путь возрождения был сложным и длительным. Он нашел отражение в многочисленных статьях, написанных о геологических телах, границах и пространствах [Косыгин и др., 1964; Косыгин, 1974; и др.]. Эти понятия не столько сложные, чтобы еще раз в деталях повторять сказанное. Ограничимся принципиальной схемой рассуждения, которая принята. Планета Земля представлялась как многопризнаковое пространство (универсальное геологическое пространство). К признакам предъявлялось требование наблюдемости. Совокупности однородных признаков в этой теоретической схеме представляли подпространства, которые названы «специализированными» по данному набору признаков (петрографическому, геохимическому, геофизическому, палеонтологическому и т. д.). На основе наблюдений за изменением признаков в пространстве выделялись границы — поверхности, при переходе через которые происходит изменение признаков. В зависимости от характера изменений признаков могут быть выделены различные виды границ («резко-острые», «постепенные», «простые», «составные», «дизъюнктивные» и т. д.).

Части пространства, оконтуренные границами, образуют геологические тела разной формы. Принятую тогда последовательность «пространство — признак — граница — тело» нельзя упрекнуть в нелогичности. В формальном отношении это очень стройная схема. Но применительно к геологическому картированию она оказалась искусственной, не соответствующей реальному ходу картографической деятельности. Действительно,

уже на уровне наблюдений в поле, отбивая молотком образец, геолог имеет дело не с воображаемыми «признаками», а с конкретными телами, точнее с частью тел определенного ранга. Поэтому применительно к геологической съемке более правильно говорить о наблюдении на уровне минералов, пород, геологических формаций, а не на уровне «признаков».

Система понятий должна быть уточнена. В новой системе последовательность понятий будет такой: «материя — вещество — твердое вещество — геологическое тело». Означает ли это, что система «пространство — признак — граница — тело» должна быть отвергнута? Думается, что нет. Просто эта система фундаментальных понятий имеет свою область применения. Когда геологические тела определенного ранга уже закартированы, мы можем заинтересоваться, как распределяются те или иные признаки в их пределах (цвет, плотность, процентное содержание полезных компонентов и т. д.). Эта процедура тоже приводит к выделению тел, но не «естественных» тел в понимании В. М. Вернадского, а «условных». Их картирование непосредственно обусловлено процедурой выделения по заданным признакам. Итак, практика геолого-съемочных работ свидетельствует о необходимости разграничения понятий «естественное» и «условное» геологическое тело. Когда мы говорим о рангах тел, о систематике тел разного ранга, то имеем в виду «естественные» тела. Представление об иерархии естественных тел складывалось постепенно и до сих пор еще не устоялось, особенно в отношении тел выше породного ранга.

При разработке иерархии геологических тел нами принята идея «элементарной ячейки» и «периодичности». На основе ее построена пятиранговая иерархия обособления твердого вещества: минералы — породы — формации — комплексы — геосферы. Предложенная иерархия геологических тел может служить теоретической основой при реализации с т р у к т у р н о - в е щ е с т в е н н о г о принципа картирования и, во всяком случае, служить основой о б ъ е к т и в н о г о выбора масштаба картирования. Действительно, одно дело вести картирование на породном уровне тел (здесь требуется крупномасштабное картирование) и совсем другое — на геокомплексном уровне (здесь достаточно мелкомасштабное картирование). В соответствии с двумя типами тел при картировании должны выделяться и два типа г р а н и ц — «естественные» и «условные». Для одного и того же ранга тел эти границы устанавливаются по изменению их фундаментальных характеристик: с о с т а в а и с в о й с т в, ф о р м ы и с т р у к т у р ы.

На границе естественных тел происходит скачкообразное изменение всех четырех характеристик, на границе условных тел наблюдается только постепенное изменение какой-то одной характеристики. В первом случае граница разделяет разные виды тел. Например, граница между известняком и прорывающим его гранитом. Во втором случае граница разделяет р а з н о в и д н о с т и т е л. Например, границы между минералами в изоморф-

ном ряду плагиоклазов; границы в породах и формациях по их окраске (красно- и сероцветные песчаники и молассы), границы между разными значениями плотности в интрузивном массиве и другие условные границы. Итак, система фундаментальных понятий геокартографии должна быть расширена и включать еще понятия «индивида», «вида» и «разновидности» тел. И н д и в и д — это тело, с которым съемщик встречается в конкретном районе (конкретная формация в понимании Н. С. Шатского). Например, путоранская серия, Устьбельский массив, гусиноозерская серия, хилокская свита — это конкретные формации. Множество индивидов, характеризующиеся одинаковыми составами и свойствами, структурами и формами, образуют в и д (абстрактная формация в понимании Н. С. Шатского). Например, траппы Индии, Африки, Азии образуют трапповую формацию, песчано-сланцевые толщи Урала, Казахстана, Аппалачей, Кавказа и других складчатых поясов образуют аспидную формацию и т. д. В пределах вида индивиды, конечно, претерпевают изменения характеристик состава и свойств, формы и структуры, но эти изменения носят непрерывный характер и колеблются в определенных пределах. Выделение видов должно осуществляться с учетом этих колебаний и индивиды с разными характеристиками в пределах колебаний должны называться р а з н о в и д н о с т я м и. Следовательно, в разграничении понятий «вид» и «разновидность» существенную роль играют фундаментальные характеристики тел: с о с т а в и с в о й с т в а, ф о р м а и с т р у к т у р а. Для геологического картирования вообще и для тектонического картирования в частности особый интерес представляют понятия «структура» и «форма». Начнем с более простого понятия «форма». Тело всегда ограничено поверхностью и, следовательно, всегда имеет ф о р м у. Поскольку ф о р м ы т е л играют особую роль в тектоническом картировании, нами был составлен терминологический справочник «Формы геологических тел» [1974, 1977]. Наиболее изученными в отношении форм оказались минералы. Для них имеется хорошо разработанная теория с математическим обоснованием выводов. Формы породных тел изучены хуже. Для них подготовлена только эмпирическая база, а теория пока не разработана. Сведения о форме крупных тел (формаций, комплексов) почти отсутствуют, и поэтому мы нашли отражения даже в справочнике. Перед тектонистами еще только встает задача разработки теории форм тел крупного ранга. Если за эталон разработанности теории форм тел принять минералы, то становится очевидным, что теорию необходимо строить для тел каждого ранга в отдельности — для породных, формационных и комплексных тел. Для формационных и комплексных тел этого пока сделать невозможно из-за слабой эмпирической базы. Итоги теоретических разработок для тел породного ранга можно суммировать так. Среди тел обособляются п л о с к и е, л и н е й н ы е и и з о м е т р и ч н ы е. Примером плоских тел является слой. Геометрически его можно аппроксимировать п л о с к о й л и н з о й, у которой поверхности на боль-

шей площади приблизительно параллельны (подошва и кровля) и к краям сходятся под углом (зоны выклинивания слоя). Размеры линзы можно определять мощностью (расстояние между подошвой и кровлей) и диаметром (расстояние между границами слоя в плане). Для тел породного уровня максимальная мощность слоя очевидно не может превышать 10^3 м, а максимальный диаметр не может быть больше 10^3 км. Для качественной оценки иерархии размеров слоев часто используется такая терминология: «макрослой», «микрослой», «прослоек», «слоек» и др. Такой прием вряд ли целесообразен. Важно определиться в отношении максимальных и минимальных значений мощности слоя породных тел, а затем в конкретных случаях оперировать количественными показателями. К сожалению, экспериментальных работ по оценке максимальных и минимальных значений мощности слоя породных тел не проводилось. Теоретические работы допускают оценивать порядок величин, который колеблется в пределах 10^{-3} — 10^3 м.

Форму слоя имеют не только породные тела, но формационные, комплексные и геосферные. При переходе к телам более высокого ранга начинает сказываться влияние кривизны, и формы этих тел могут быть аппроксимированы сферическими линзами с разным радиусом кривизны подошвы и кровли. На телах формационного уровня разница между этими радиусами не очень сказывается, но для тел комплексного и геосферного уровня становится ощутимой и должна учитываться при структурно-морфологическом анализе. Например, по теоретическим оценкам мощность плитных комплексов колеблется в пределах от 1 до 10 км, а мощность верхней геосферы (литосферы) от 10^1 до 10^2 км. Так или иначе, но задача количественной оценки геометрических элементов слоев разного ранга тел должна находиться в центре внимания исследователей.

К изометрическим телам с большой долей условности могут быть отнесены различные массивы (интрузивные, биогермные). Геометрически эти формы почти не изучены. Их «изометричность» наблюдается только в плане. Что касается их замыкания на глубине, то пока существуют только догадки. Может оказаться, что они имеют не сферическую, а цилиндрическую или коническую форму. Область неизвестного здесь большая.

К линейным телам могут быть отнесены интрузивные штоки, вулканические нейки, лавовые потоки, шнурковые залежи и другие аналогичные формы. Пока эти формы зафиксированы только для породных тел. Из тел более крупного ранга к линейным могут быть причислены геосинклинальные комплексы (геосинклинальные пояса), но изученность формы этих тел, к сожалению, плохая, и сказать что-то определенное невозможно.

Приведенные данные по теории форм породных тел и особенно тел более крупного ранга свидетельствуют о необходимости постановки специальных исследований по геометрии тел.

Обратимся теперь к понятию **с т р у к т у р а**. Структура — наиболее существенная характеристика естественных геологических тел. Если эти тела представить в качестве статических сис-

тем, то с и с т е м а (S) — это множество элементов определенной природы (M_{π}), множество отношений (R) и множество связей (C).

В виде формулы определение системы будет выглядеть так: $S \overset{Df}{\rightleftharpoons} \{M_{\pi}, RC\}$, где Df означает «по определению» (дефиниция). Например, рассматривая минерал как систему, мы определяем его состав (множество химических элементов), отношение между составляющими элементами (пространственное расположение в решетке) и химические связи между элементами (ковалентная, ионная). Эта формула справедлива также для породных, формационных и комплексных тел. Если отвлечься от природы составляющих систему элементов и заинтересоваться только множеством отношений и связей, то мы будем иметь дело со с т р у к т у р о й. Итак, структура (St) — это множество отношений и связей в системе:

$$St \overset{Df}{\rightleftharpoons} \{RC\}.$$

Применительно к телам-системам крупного ранга (породам, формациям, комплексам) эта формула требует уточнения. Дело в том, что связи при определении структур тел крупного ранга не учитываются. Происходит это от того, что теория связей даже для породных тел, не говоря уже о формациях и комплексах, до сих пор не разработана. Поэтому связи между элементами здесь предполагаются (гравитационные силы), но в явном виде при описании структур не представляются. Имеется еще одно существенное отличие понимания «структуры» для породных тел и тел более высокого ранга. Хотя природа составляющих систем элементов не учитывается, но учитывается их р а з м е р (r) и ф о р м а (f), что нашло отражение в использовании наряду с термином «структура» и термина «текстура». Двойственность в понимании этих терминов требует объяснения их смысла. «Структура» — совокупности о т н о ш е н и й и с в я з е й в системе. Такое понимание должно быть сохранено и в геологии, даже в том случае, когда связи не учитываются (узкое понимание). «Текстура» — термин для обозначения о т н о ш е н и й между элементами с учетом их формы и размеров (обломочная, сферондальная, полосчатая, мелкозернистая, среднезернистая, крупнозернистая). Следовательно:

$$St \overset{Df}{\rightleftharpoons} \{RC\},$$

$$T \overset{Df}{\rightleftharpoons} \{M_{f,r}RC\}.$$

Для тел, начиная с породного ранга и выше, формулы упрощаются за счет исключения связей (C), и формулы приобретают вид

$$St \overset{Df}{\rightleftharpoons} \{R\}, \text{ а } T \overset{Df}{\rightleftharpoons} \{M_{f,r}R\}.$$

Из этого следует, что определяющим для геологических структур

и текстур является понятие о т н о ш е н и е (R). Определив структуру и текстуру через «отношение», мы тем самым поднимаем один из интересных вопросов тектоники — классификации «отношений», выделения их т и п о в, а по ним и типов структур. К сожалению, приходится констатировать, что достижения в этой области весьма незначительны. На вопрос о том, какие же типы отношений наблюдаются в геологических телах (системах), мы не нашли ответа ни в одном из руководств по тектонике и структурной геологии. Налицо парадоксальная ситуация — в науке, призванной расшифровывать структуры геологических тел путем их картирования, знания об «отношениях» между элементами в системах оказываются несистематизированными. Поэтому попытаемся развить теорию отношений, хотя бы в самом общем виде, для того, чтобы в последующем можно было опереться на нее при конкретизации отношений в геологических телах и определении типов геологических структур. Выявить отношение — это значит, прежде всего, отдать себе ясный отчет в том, между какими элементами оно устанавливается. Используя язык математики, это значит — определить множество, на котором задаются отношения. В геологии множество представлено геологическими телами разного ранга. В минералах — это множество химических элементов, в породах — это множество минералов, в формациях — это множество пород и т. д. Следовательно, в качестве элементов, между которыми выявляются отношения, всегда выступают о д н о р а н г о в ы е тела. П р и н ц и п о д н о р а н г о в ы х тел очевиден при расшифровке структур минералов и пород, но при переходе к телам более высокого ранга (формациям, комплексам и геосферам) он почему-то нарушается и искусственно вносятся трудности в составление и чтение тектонических карт. Большинство известных нам тектонических карт составлено с нарушением принципа одноранговости. Тектоническое картирование — это моделирование структуры (текстуры) тел определенного ранга и нарушение принципа одноранговости здесь просто недопустимо. Если же этот принцип соблюден, то можно переходить к выявлению отношений и определению типов структур (текстур). В качестве подготовки ответа на вопрос о типах структур тел разного ранга остановимся на общей теории отношений, которая разработана в математике и может быть заимствована для описания геологических структур. Чтобы не углубляться в математические тонкости, будем опираться на книгу Ю. А. Шрейдера [1971] «Равенство, сходство, порядок», которая писалась как популярное введение в теорию бинарных отношений. У нас при чтении книги сложилось мнение, что она как будто бы специально написана для геологов-съемщиков, имеющих в большинстве случаев дело как раз с отношениями равенства, сходства и порядка. Понятие «о т н о ш е н и е» является логическим уточнением, точнее, формализацией, и еще точнее экспликацией таких слов естественного языка, как «взаиморасположение», «соотношения», «пространственная связь» и др.

В математике, в отличие от геологии, оно не имеет вполне однозначный смысл, выводимый из исходных понятий «множество», «подмножество», «упорядоченная пара» («кортеж» из двух элементов). Задать отношение — значит указать, между какими объектами оно выполняется и какими свойствами характеризуется. Если отношение устанавливается между парой объектов, то оно называется бинарным. Для примера зададим отношение «ниже» на множестве слоев в колонке из четырех слоев (снизу вверх): a_1, a_2, a_3 и a_4 . Здесь множество слоев

$$M = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}.$$

Множество всех упорядоченных пар (R) этого множества M обозначим $M \times M$ и перечислим его: $a_1a_2, a_2a_1, a_1a_3, a_3a_1, a_1a_4, a_4a_1, a_2a_3, a_3a_2, a_2a_4, a_4a_2, a_3a_4, a_4a_3$. Подмножество пар R , характеризующихся свойствами транзитивности и антирефлексивности ($a_1a_2; a_1a_3; a_1a_4; a_2a_3; a_2a_4; a_3a_4$) и будет отношением «ниже». Аналогично можно подобрать подмножество пар, характеризующихся свойствами транзитивности и антирефлексивности, $a_2a_1, a_3a_1, a_4a_1, a_3a_2, a_3a_1, a_4a_3, a_4a_1$, которые будут отношением «выше». Этот простой пример со множеством слоев в колонке иллюстрирует основной смысл понятия: отношение — это множество пар, троек, четверок и т. д. данного подмножества. В зависимости от числа элементов отношения называются бинарными, тернарными и до n -арными. Элементы теории отношений мы приводим для бинарных отношений. Начнем со свойств отношений.

1.1. Рефлексивность $r \stackrel{Df}{\rightleftharpoons} (R \subset E) \wedge (xRx)$ — это, по определению, отношение (R), заданное на единичном элементе ($R \subset E$), или ($\wedge$) элемент (x) входит в отношение (R) с самим собой (xRx). Например, отношение «иметь общий признак» рефлексивно (алмаз имеет одинаковую твердость с алмазом).

1.2. Антирефлексивность $\bar{r} \stackrel{Df}{\rightleftharpoons} [(R \cap E) = \emptyset] \wedge [x\bar{R}x]$ — это, по определению, отношение (множество), пересечение ($\cap$) которого с единичным элементом (E) образует пустое множество ($\emptyset$) или ($\wedge$) элемент (x) не входит в отношение ($\bar{R}$) с самим собой ($x\bar{R}x$). Например, отношение «залегать выше» обладает этим свойством так как один и тот же слой не может залегать выше самого себя.

2.1. Симметричность $s \stackrel{Df}{\rightleftharpoons} (R \subset R^{-1}) \wedge (xRy \rightarrow yRx)$ — это отношение (R), которое является подмножеством обратного множества (R^{-1}), или из отношения xRy следует ($\rightarrow$) yRx . Если слой x «находится на одном стратиграфическом уровне» с y , то и y с x тоже находится на одном уровне.

2.2. Асимметричность $\bar{s} \stackrel{Df}{\rightleftharpoons} [(R \cap R^{-1} = \emptyset)] \wedge (xRy \rightarrow y\bar{R}x)$ — это отношение (множество), пересечение которого ($\cap$) с обратным множеством (R^{-1}) образует пустое множество ($\emptyset$) или из xRy не следует yRx (из двух отношений по меньшей мере одно не выполняется). Отношение «быть связанным» обладает этим свойством,

когда мы говорим, что с разломами связаны магнитные аномалии, но обратная связь реализуется не всегда.

2.3. Антисимметричность $as \stackrel{Df}{\rightleftharpoons} [R \cap R^{-1} = E] \wedge (xRy \rightarrow yRx, x = y)$ — это отношение (R) , пересечение которого $(\cap)$ с обратным ему (R^{-1}) приводит к единичному элементу (E) . Или $(\wedge)$ оба отношения выполняются $(xRy \rightarrow yRx)$ только тогда, когда x и y представляют один и тот же элемент. Например, что означает отношение «не выше»? Если слой x залегает не выше слоя y , то это означает: x является тем же слоем, что и y .

3. Транзитивность $t \stackrel{Df}{\rightleftharpoons} [R^2 \subset R] \wedge (xRy, yRz \rightarrow xRz)$ — это отношение, квадрат которого (R^2) является подмножеством $(\subset)$ самого отношения (R) или из xRy и yRz следует $(\rightarrow) xRz$. Если слой x выше y , а y выше z , то x тоже выше z . На основе описанных свойств бинарных отношений могут быть выделены типы отношений.

1. Эквивалентность $R_e \stackrel{Df}{\rightleftharpoons} R(r, s, t)$ — это отношение, характеризующееся свойствами рефлексивности (r) , симметричности (s) и транзитивности (t) . Эквивалентность является экспликацией таких слов обыденной речи, как «одинаковость», «равенство», «взаимозаменяемость». Уточняя эти термины, следует отметить следующее. «Одинаковость» всегда понимается как бинарное отношение на некотором множестве объектов; содержание этого отношения зависит от ситуации, в которой мы рассматриваем эти объекты, или от наблюдателя, который с выбранной им точки зрения смотрит на «одинаковость» объектов; «одинаковость» попадает в один синонимический ряд с термином «взаимозаменяемость» объектов в данной ситуации. Мы говорим, например, о стратиграфической эквивалентности, подразумевая их «взаимозаменяемость», «одинаковость» по положению в разрезе, по «одинаковости» заключенных в них ископаемых остатков и т. д.

2. Толерантность $R_t \stackrel{Df}{\rightleftharpoons} R\{r, s\}$ — это отношение (R) , характеризующееся свойствами рефлексивности (r) и симметричности (s) . Толерантность является экспликацией таких слов в обыденной речи, как «сходство», «частичная взаимозаменяемость». Если «одинаковость» объектов обозначает их полную взаимозаменяемость в некоторой ситуации, то «сходство» — это частичная взаимозаменяемость, т. е. возможность замены с некоторыми (допустимыми в данной ситуации) потерями, с допустимым «риском» замены. Математическое отношение, соответствующее нашему интуитивному представлению о «сходстве» или «неразличимости» объектов в данной ситуации, получило название «толерантность». Например, две разные формации могут быть «сходными» по условиям деформации. Ясно, что эквивалентность является частным случаем толерантности.

3.1. Отношение строгого порядка $R_{sp} \stackrel{Df}{\rightleftharpoons} R(t, \bar{r})$ — это отношение (R) , характеризующееся свойствами транзитивности (t) и антирефлексивности $(\bar{r})$.

3.2. **Отношение нестрогого порядка** $R \overset{Df}{\underset{sp}{\rightleftharpoons}} R(t, r, as)$ — это отношение (R), характеризующееся свойствами транзитивности (t), рефлексивности (r) и антисимметричности (as).

3.3. **Отношение квазипорядка** $R_{kp} \overset{Df}{\rightleftharpoons} R(t, r)$ — это отношение (R), характеризующееся свойствами транзитивности (t) и рефлексивности (r).

С отношением порядка мы встречаемся в ситуациях, когда объекты некоторого множества соотносятся по взаимному «старшинству», по «важности», по «первичности» и т. д. Например, с отношением порядка мы имеем дело, когда пытаемся упорядочить слои по последовательности их залегания в разрезе и строим стратиграфическую колонку (отношение «выше» и «ниже», «раньше» и «позже»).

Перечисленными отношениями далеко не исчерпывается все многообразие и сложность математической теории отношений. Мы заострили внимание лишь на тех из них, с которыми геолог-съемщик наиболее часто встречается, но не осознает этого. Знание языка математической теории отношений оказывается полезным не только для понимания логики тектонического картирования, но и для составления тектонических карт. Кроме того, по типу отношений могут быть выделены и типы геологических структур.

§ 3. Типы геологических структур

При картировании геолог имеет дело с очень сложной системой, которую представляет верхняя геосфера Земли. В литосфере тела находятся в отношении «соподчиненности» или «иерархичности» или еще точнее «включения». Например, химические элементы «включены» в минералы, минералы «включены» в породы, а те в свою очередь — в формации и т. д. Структуры систем, в которых определяющим являются отношения «включения» называются и е р а р х и ч е с к и м и, а сами системы — и е р а р х и я м и. Тела, которые эквивалентны между собой по положению в иерархии, образуют определенные уровни организации вещества или ранги иерархии. Иерархия тел литосферы представлена минералами, породами, геоформациями и геокомплексами. Каждый уровень, или ранг, характеризуется своим типом структур, изученных в разной степени. Наиболее изучены структуры минералов. Законы строения минералов выявлены благодаря открытиям Огюста Бравэ, установившего 14 различных типов кристаллических решеток, и Е. С. Федорова, выявившего 230 пространственных групп симметрии. Типы структур минералов определяются отношениями элементов в кристаллической решетке, химическими связями, и поэтому могут быть названы к р и с т а л л и ч е с к и м типом структур. Основные используемые здесь понятия — это пространственная решетка, точечная группа симметрии, пространственная группа симметрии.

Такой ясности и точности в отношении типа структур породных тел уже нет. Ю. А. Косыгин [1970], рассмотревший этот вопрос, считает, что структура горной породы также должна быть определена структурной решеткой. Схема рассуждения такова. В качестве структурных элементов пород можно рассматривать кристаллы в случае кристаллических пород и обломки в случае обломочных пород, объединив их общим названием *зерен* или *гранул*. Центры масс зерен образуют структурную решетку. Для структуры пород, так же как и для структуры любого кристалла, характерна *периодичность*, т. е. повторяемость в пределах области распространения породного тела некоторой элементарной группы структурных элементов. Например, для гранита такой элементарной группой может служить минимальный по размерам агрегат, включающий все характерные для гранита порообразующие минералы.

Действительно, чтобы определить породу, бывает достаточно указать состав, структуру, а также размеры такой элементарной группы, что практически осуществляет петрограф на шлифе под микроскопом. Как и в случае с минералами, это можно делать потому, что порода представляет лишь многократное повторение в пространстве элементарной группы. Идея *периодичности* структуры горных пород не нова и подчеркивалась в свое время Ф. Ю. Левинсон-Лессингом. Новая идея здесь просвечивает в попытке выделить элементарную ячейку породного тела и распространить на породу понятие *решетка*. Так же, как и для минералов, Ю. А. Косыгин предлагает различать типы решеток (тетраэдрическая, кубическая и т. д.) и их параметры (плотность, сжатие, нерегулярность). Идея подхода заманчива, но она не доведена до конструктивного результата. Закономерности отношений гранул в пространстве остаются невыясненными, и отсюда говорить о каком-то «решетчатом» типе отношений и «квазирешетчатом» типе структур породных тел можно пока только условно.

Попытку разобраться в структуре пород на основе теории бинарных отношений предпринял Ф. А. Усманов [1977]. Им дана формальная трактовка 15 видам отношений, наблюдаемых в породе: «изолированность», «соприкосновение», «контактирование», «изоморфизм», «панидиоморфизм», «панксеноморфизм» и др. Эта интересная в логическом аспекте работа не внесла нового в содержательную сторону явления структурообразования пород. Следует признать, что теория структур пород остается неразработанной, несмотря на высокий эмпирический материал, которым располагает петрография по текстурам пород.

Действительно, число видов текстур, выделенных по *форме и размерам* зерен, огромно, но *отношения*, в которых они находятся, не представлены и тем более не открыты еще *законы*, по которым они группируются в «элементарные ячейки». Засвидетельствовав сугубо эмпирическую основу изученности структур пород, перейдем к телам более крупного ранга.

При переходе к телам формационного ранга логическая нить «решетчатого» строения обрывается. Идея «решетки», распространяемая Ю. А. Косыгиным [1970], и на формационный уровень не реализуется даже в самом общем виде. Очевидно, она уже не соответствует структуре этого объекта. Думается, что, начиная с формационного уровня организации твердого вещества Земли, вступают в силу качественно новые типы отношений. Что же это за отношения и структуры? Несмотря на большой срок существования геотомологии как самостоятельного раздела геологии, надо признать, что знание о структуре этих объектов скудно, хотя значение строения формаций аналогично значению структур и текстур при выделении горных пород. «Подобно тому, как одинаковые по составу горные породы, например гранит, гнейс и аркозовый песчаник, относятся к различным петрографическим классам, формации, весьма сходные друг с другом по общему составу, также могут относиться к разным формационным классам» [Херасков, 1967, с. 376].

Сейчас намечились два подхода к исследованию структур формаций. Один из них базируется на понимании с т р у к т у р ы в общенаучном смысле, другой — на понимании в петрографическом смысле, т. е. как т е к с т у р ы. Методологическое обоснование необходимости разграничения понятий «структура» и «текстура» дано нами в соответствующих разделах. Здесь подчеркнем еще раз только то, что при «структурном» подходе геологические тела рассматриваются как системы, устроенные по законам «элементарной ячейки» и «периодичности». В частности, составляющими элементами формаций являются горнопородные тела, а в качестве «элементарных ячеек» могут быть приняты «парагенезы» пород, в понимании Шатского — Хераскова, или «парагенерации», в понимании В. И. Драгунова. Отсюда ясно, что структура формаций может исследоваться на уровне «элементарных ячеек», в которых элементом структуры выступают горнопородные тела, и на уровне собственно формационных тел, в которых элементами структуры выступают «парагенезы» (элементарные ячейки).

При «текстурном» подходе структурный анализ упрощается, но и информация о структуре обедняется, так как исследуются в основном ф о р м а и р а з м е р ы слагающих формацию породных тел. Например, такой подход наиболее ярко проявился у В. М. Цейслера [1980]. Опираясь на существующие в петрографии представления, под с т р у к т у р о й осадочной формации автор подразумевает «ф о р м у выделения (слой, линза, желвак и др.) и м о щ н о с т ь слоев горных пород, слагающих формацию, а под т е к с т у р о й формации — характер взаимоотношения слоев горных пород» [Цейслер, 1980, с. 29]. По мнению автора, в совокупности структура и текстура определяют с т р о е н и е формаций. По признакам выделяются различные типы строения: массивное, неяснослоистое, яснослоистое (по мощности и выдержанности слоев); равномернослоистое, неравномернослоистое, прослоевое (по соотношению мощностей слоев); парал-

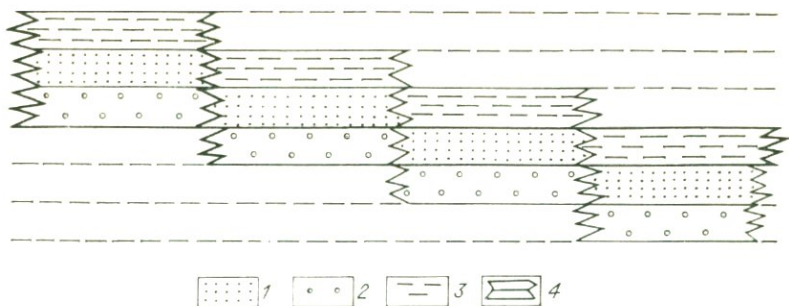


Рис. 6. Модель слоистой структуры осадочной формации.

1 — песчаник; 2 — конгломерат; 3 — аргиллит; 4 — элементарная ячейка.

лельнослоистое, линзовиднослоистое, косослоистое, желваковое, биогермное, слоисто-деформированное, глыбовое (по формам выделения породных тел) и т. д. Приведенные примеры убеждают, что при «текстурном» подходе отношения между горнопородными телами не раскрываются, типы отношений остаются неясными, а отсюда и выделенные типы структур — необоснованными.

«Структурный» подход нам представляется правильным, более перспективным. Рассмотрим его идею на примере осадочных формаций, в которых тип отношений между породными телами проявляется наиболее отчетливо, и поэтому можно выделять и особый тип структуры. Если осадочная формация представлена трехчленным набором породных тел, включающих, скажем, конгломерат, песчаник и глину, то между ними могут быть следующие отношения. При нормальном залегании они располагаются в формационном теле или на одном стратиграфическом уровне, образуя л а т е р а л ь н ы й (фациальный) ряд, или последовательно сменяя друг друга в разрезе, образуя в е р т и к а л ь н ы й (стратиграфический) ряд (рис. 6). В латеральном ряду эти породные тела связаны отношениями эквивалентности, а в вертикальном — отношением порядка. Эти отношения являются определяющими для понимания структуры формационного тела. В совокупности они представляют то, что традиционно называется с л о и с т о й структурой. Сохраним этот привычный всем термин, но будем иметь в виду, что с л о и с т о й структура является не потому, что в ней породные тела имеют форму слоев, а потому, что отношения между ними являются отношениями порядка и эквивалентности. Все структуры формационных тел (вне зависимости от форм слагающих их породных тел), характеризующиеся отношениями порядка и эквивалентности, следует называть с л о и с т ы м и.

В нашем примере формационное тело построено по закону элементарной ячейки и периодичности. Элементарная ячейка может быть выделена, по крайней мере, двоя-

ким способом: как парагенез пород латерального ряда и как парагенез пород вертикального ряда, но в том и другом случае наблюдается повторение в пространстве выделенных парагенезов и заполнение ими всего объема, занятого формационным телом.

По типу слоистой структуры с наличием элементарной ячейки и периодической ее повторяемости в пространстве построены вулканогенно-осадочные формации. Этот вопрос рассмотрел В. И. Синюков [1980] и показал, что элементарная ячейка здесь представлена определенным парагенезом пород, включающим в центральной жерловой части раскристаллизованные разности (порфириды, порфиры), в непосредственной близости от центра — шлаковый конус и лавовый покров (поток), сменяющиеся в направлении от центра лавобрекчиями и агломератовыми лавами, переходящими в лапилевые и пепловые туфы. Может создаться впечатление, что описанный парагенез тождественен понятию «фациальная группа». Но в эту группу принято относить все фациальные разновидности вулканических пород данного вулканического аппарата. Это понятие более широкое, чем элементарная ячейка, которая состоит из фациальных разновидностей только близкого петрографического и петрохимического состава. Вулканическая формация является уже совокупностью элементарных ячеек, заполняющих все пространство в пределах площади извержения вулкана. Следует отметить, что такой подход к определению состава и структуры вулканических формаций был осуществлен В. М. Синюковым с целью тектонического картирования и реализовался составлением тектонической карты Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса на уровне формаций. Каких-то позитивных результатов в отношении разработки теории структур магматических и метаморфических формаций в литературе мы не встречали. Думается, что и здесь законы «элементарной ячейки» и «периодичности» будут подтверждены, хотя тип структуры может оказаться другим. В частности, для магматических формаций можно предвидеть значительную роль отношений «пересечения» или «прорывания». В формальном смысле эти отношения могут быть отнесены к «порядковым» и «эквивалентным» (одно тело прорывает другое, тела находятся в одинаковых отношениях и не прорывают друг друга). Отсюда может быть сделан вывод, что структура магматических формаций тоже относится к типу слоистых. Но учет содержательной стороны явлений, недостаточности данных по структуре конкретных массивов удерживает нас от определенного вывода. Чтобы занять твердую позицию в этом вопросе, необходимо поставить специальные исследования.

Обратимся теперь к структуре геологических комплексов. Опорой для развития теории этих объектов служат основополагающие работы Н. С. Шатского и Н. П. Хераскова. В частности, в статье «Парагенезы осадочных и вулканогенных пород и формаций» Н. С. Шатский [1960] распространил понятие «парагенез» на сами формации и для обозначения «парагенезиса формаций»

предложил термины **формационные ряды**. Как было показано позже [Соловьев, 1975], формационные ряды и представляют собой элементарные ячейки комплексов. Н. С. Шатский различал вертикальные (стратиграфические) ряды, образованные формациями, сменяющими друг друга в стратиграфической колонке, и латеральные (фацциальные) ряды, слагающиеся из фацциально сменяющих друг друга формаций. Сведя тектоническую задачу к установлению вертикальных и латеральных рядов формаций, мы вынуждены признать отсутствие принципиальных различий в логике решения стратиграфических и тектонических задач в данном случае. Отсутствие различий объясняется просто — стратиграфия и тектоника имеют дело с одним и тем же типом структур. Что же это за структуры? Если отвлечься от природы объектов, с которыми оперирует стратиграф и тектонист, то ясно, что в обоих случаях в «игре» находятся отношения порядка и эквивалентности. В совокупности они образуют то, что мы условились называть **слоистой структурой**. При этом вертикальный (стратиграфический) ряд в тектонике так же, как и в стратиграфии, отражает порядок напластования элементов, а латеральный (фацциальный) ряд отражает принадлежность элементов к одному и тому же стратиграфическому уровню. На традиционном языке геологии вертикальный ряд — это ряд разновозрастных, а латеральный — это ряд разновозрастных образований (пород, формаций). За терминами «одновозрастности» и «разновозрастности» здесь скрывается понятие «отношение порядка» и понятие «отношение эквивалентности», присущие слоистым структурам. Слоистость — одно из фундаментальных свойств тел планетарного уровня организации твердого тела. Это свойство топологическое. Оно не меняется при деформации тел. Поэтому слоистым типом структур обладают не только нормально залегающие тела, но и деформированные (складчатые). При этом осложняется только методика определения отношений порядка и эквивалентности между деформированными телами, но и тип структуры, обусловленный этим типом отношения, сохраняется всегда.

Итак, в качестве «элементарных ячеек» в структуре геологических комплексов выступают «ряды формаций». Среди них по набору формаций различаются **геосинклинальные, орогенные и плитные ряды**. Тела, сложенные геосинклинальными рядами, называются «геосинклинальными системами» или просто «геосинклиналями». В зависимости от состава и форм тел среди «геосинклиналей» выделяются «эвгеосинклинальные зоны» и «миogeосинклинальные зоны».

Тела, сложенные орогенными рядами формаций, можно называть просто «орогенами». Орогены, так же как и геосинклинали, не одинаковы по составу и форме и среди них выделяются **авлакогены, тафрогены, рифты, вулканогены, межгорные впадины, предгорные впадины, краевые прогибы**, которые следует рассматривать как



Рис. 7. Схема структуры осадочных комплексов. Пояснения см. в тексте.

разновидности орогенов. Тела, сложенные плитным рядом, называются *плитами*. Вопрос классификации плит не разработан. Чтобы показать слоистый тип структуры геологических комплексов, характеризующийся периодичностью, обратимся к модели (рис. 7). В пределах складчатых областей «геосинклинали» залегают друг на друге, обособляясь в пространстве в виде зон, называемых «зонами складчатостей». Такие «складчатости», повторяясь в пространстве, образуют *геосинклинальный комплекс*. Такой периодически построенный комплекс в обрамлении «молодой» Западно-Сибирской плиты представлен «байкалидами», «ранними каледонидами», «поздними каледонидами» и «герцинидами». Периодичность наблюдается и в структуре орогенных и плитных комплексов (см. рис. 7). Выясняется интересная закономерность в отношениях разнородных рядов формаций по вертикали и латерали — последовательность их в этих направлениях повторяется: *геосинклиналь — ороген — плита*. Такой характер взаимоотношений типичен как для слоистой структуры формаций, так и для слоистой структуры геоккомплексов. Не зря в стратиграфии устойчивость такого типа отношений между «фациями» возведена даже в закон, известный под названием «закон Головинского — Вальтера»: «только такие фации могут залегать друг на друге, которые образуются рядом друг с другом». Геосинклиналь, орогены и плиты также можно рассматривать как своеобразные «фации», относящиеся только не к формационному, а к комплексному уровню организации твердого вещества земной коры. Оказывается, отношения между такими «макрофациями» также подчиняются закону Головинского — Вальтера, и, следовательно, тип структуры геоккомплексов должен также быть определен как *слоистый*.

Перейдем к структуре верхней геосферы. В доступной наблюдению области ее часто называют «осадочной оболочкой» Земли. Нижняя граница ее не ясна. Попытки отождествлять ее с геофизическими слоями («осадочными», «гранитными» и «базальтовыми») и выделять под термином «земная кора» не увенчались успехом.

Геологическая природа геофизических границ не ясна. Эксперимент по сверхглубокой Кольской скважине на примере с границей Конрада показал полное несоответствие геологических и геофизических границ. Поэтому вопрос о нижней границе верхней геосферы остается пока открытым. По крайней мере лучше идти от известного к неизвестному, т. е. определить тип структуры доступной наблюдению части и, на основе выявленной закономерности, попытаться прогнозировать на глубину.

После работ А. Д. Архангельского, Н. С. Шатского, А. А. Богданова, Н. П. Хераскова, М. В. Муратова и их последователей «плотью и кровью» тектонического картирования стал метод расчленения территории по возрасту главной складчатости [Тектоника..., 1966]. Картирование по этому методу привело к пониманию структуры осадочной области континентов на уровне геологических или тектонических комплексов. В теле верхней геосферы комплексы залегают в определенной последовательности и группируются в определенных местах, называемых платформенными областями или просто платформами (древние и молодые платформы и их щиты). М. В. Муратовым [1965] была выдвинута идея о главных платформообразующих эпохах складчатости. Следуя этим идеям, за системами, состоящими из последовательно и непрерывно сменяющих друг друга в разрезе геосинклинальных, орогенных и плитных комплексов, целесообразно закрепить название «главные комплексы» или «платформенные системы». В разрезе верхней геосферы можно выделить несколько таких платформенных систем. Самый низкий стратиграфический уровень занимают протоплатформенные [Муратов, 1965] или олоплатформенные [Хаин, 1964] системы, состоящие из последовательно и непрерывно сменяющихся «протогеосинклинальных», «протоорогенных» и «протоплитных» комплексов. Следующие триады главных комплексов представлены в разрезе осадочной оболочки «древними» и «молодыми» платформенными системами. Каждая из этих систем также представлена последовательно и непрерывно сменяющимися «геосинклинальными», «орогенными» и «плитными» комплексами. В самостоятельный класс платформенных систем необходимо выделять «альпийские» платформенные системы (эпимезозойские по терминологии М. В. Муратова). Завершается разрез осадочной оболочки, очевидно, «океаническими» платформенными системами, хотя вопрос об их существовании требует еще проверки экспериментом.

Итак, структура осадочной оболочки представлена периодически повторяющимися в разрезе платформенными системами (главными комплексами), которые с позиции «структурно-системного» подхода нельзя рассматривать иначе, как «элементарные ячейки» осадочной оболочки. Типы отношений между комплексами те же, что и между формациями в самих комплексах, — это отношения порядка и эквивалентности, т. е. струк-

тура осадочной оболочки также относится к слоистому типу. Несмотря на очевидность слоистого типа структуры осадочной оболочки, периодичность в ее строении была не столь очевидной до тех пор, пока не удалось осознать, что платформенные системы являются «элементарными ячейками» [Соловьев, 1975]. Это достигнуто благодаря освоению языка математической теории отношений и многолетнему опыту составления тектонических карт на основе структурно-вещественного принципа.

Возникает вопрос: «Распространяется ли явление периодичности на архейскую часть разреза литосферы и на океанические пространства?» Чтобы ответить на него положительно, надо доказать наличие в этих областях триады главных тектонических комплексов. В частности, для областей архейских складчатостей (щитов древних платформ) доказанным можно считать только наличие здесь «протогеосинклинальных» и «протоорогенных» комплексов. Вопрос о «протоплитных» комплексах остается пока открытым, хотя по результатам исследований Ч. Б. Борукаева [1985] можно судить, что принципиальных отличий в структуре протогея, дейтерогея и неогей не имеется. Действительно, если «серые гнейсы» рассматривать как «комплекс основания» (блоки, массивы), «зеленокаменные пояса» как протогеосинклинальные комплексы, «троговые пояса» и «вулканические пояса» как протоорогенный комплекс, то так называемые «бассейны» (трансваальского и ятулийского типов) можно относить к протоплитным. Если это так, то нижняя граница осадочной оболочки должна проводиться по кровле «серых гнейсов» и ниже выделяться уже «метаморфическая оболочка».

Гораздо сложнее вопрос с пониманием структуры осадочной оболочки под океанами. Интерес к тектонике океанического дна можно понять, если учесть, что океаны занимают две трети поверхности литосферы, а изученность их по сравнению с континентами несоизмеримо мала. Если иметь в виду геологическое картирование, то океаническое дно — это практически белое пятно на геологической карте мира. Какова же должна быть стратегия познания структуры дна океанов в этих условиях? Необходимость формирования всех видов геологических работ в океане очевидна для всех. Менее очевидна, но не менее важна роль картографического моделирования структуры дна океанов. Действительно, простой и ясный принцип «от известного к неизвестному» в последнее десятилетие вдруг стал нарушаться, и тектонисты пошли от менее изученного океана к более изученным континентам, пытались и интерпретировать их структуру на основе скудных геологических данных по океану, но очень «смелых» геофизических гипотез «тонкой океанической коры», «мягкой астеносферы», «жесткой литосферы», «спрединга», субдукции» и др. К чему привела такая стратегия познания, можно судить хотя бы по появлению новых мобилистских концепций «глобальной тектоники» и «первичной океанической коры». Они, несомненно, усовершенствовали ранее существующие гипотезы в отношении динамической интер-

претации реально наблюдаемой структуры литосферы, но не расширили и не углубили знаний о самой структуре континентов и океанов по сравнению с теми, которые были получены благодаря более чем столетнему развитию классической теории структур платформ и складчатых областей. Но самое главное — появление новых мобилистских концепций привело к забвению истинной борьбы идей в области познания структуры континентов и океанов. Действительно, анализ истории развития идей о тектонической природе океанов [Структура..., 1979] показал, что уже на заре возникновения первых тектонических моделей (Д. Холл, Д. Дэна, Э. Зюсс, Э. Ор, А. П. Карпинский, А. П. Павлов, Ф. Н. Чернышев и др.) определились альтернативные точки зрения. Одни исследователи (Д. Холл, Д. Дэна) опирались на идею принципиального различия между структурой литосферы континентов и океанов, другие (Э. Зюсс, Э. Ор) — на идею однотипности их структуры. Эти две линии развития идей о тектонической природе океанов просматриваются через всю историю науки вплоть до настоящего времени. В частности, сторонниками разнотипности структур континентов и океанов можно считать А. Вегенера, Б. Гутенберга, Р. Дэли, Н. П. Кропоткина, Н. П. Васильковского, Б. Н. Красильникова, М. Юинга и Ф. Пресса, А. В. Пейве, В. Е. Хаина, Л. И. Красного, Л. П. Зоненшайна, А. Л. Ковалева и др.; сторонниками однотипности — Л. Кобера, Г. Штилле, Х. Стирнса, М. М. Тетяева, В. В. Белоусова, Г. Клооса, Г. Д. Афанасьева, А. А. Пронина, А. Н. Рыбина, Г. Ф. Макаренко, Т. А. Горшкову и Т. Н. Симененко, Н. К. Булина и др. С появлением концепций первичной океанической коры и новой глобальной тектоники эта исторически сложившаяся альтернатива взглядов стала упускаться из виду, и идея разнотипности структуры континентов и океанов представляется не как одна из гипотез, а как строго доказанная теория. Следует подчеркнуть, что строгих доказательств для принятия какой-нибудь из альтернативных гипотез пока не имеется, а вскрытые закономерности строения литосферы континентов позволяют экстраполировать их и на океанические области. Мы имеем в виду явление периодичности в структуре осадочной оболочки, наблюдаемое на уровне геологических комплексов. Оно доказано для «древних» и «молодых» платформенных систем. Встает вопрос — ограничиваются ли элементарные ячейки (платформенные системы) только «древними» и «молодыми»? Анализ картографического материала по областям мезозойской и кайнозойской складчатости, областям окраинных морей типа Охотского, Берингова и Японского показал, что здесь также выделяется триада последовательно и непрерывно сменяющих друг друга геосинклинальных и орогенных комплексов, т. е. выделяется еще одна платформенная система [Соловьев, 1975]. Определенно можно утверждать наличие в пределах мезозойского и кайнозойского Востока СССР главных геосинклинальных и главных орогенных комплексов. Что же касается плитных комплексов, то этому вопросу просто не уделялось должного внимания

со стороны тектонистов. Действительно, если исключить немногочисленные работы [Боголепов, 1962; Тектоника..., 1966; Тектоника континентов..., 1976], в которых делались попытки выделения Амуро-Зейской плиты в пределах Монголо-Охотских и Сихотэ-Алинских мезозонд и обособления здесь молодой Дунбейской платформы, то, по существу, вопрос о главных плитных комплексах на Востоке СССР специально не изучался. Рассмотрение его и составление тектонической карты Дальнего Востока в масштабе 1 : 2 000 000 показало, что накоплено достаточно данных, свидетельствующих о том, что под водами Берингова, Охотского и Японского морей развит плитный комплекс. Судя по тем участкам, где он выходит на сушу и прослеживается по геофизическим данным, — это верхнемеловой — палеогеновый и неоген-четвертичный комплексы. Ниже плитных комплексов здесь залегает орогенный комплекс, хотя его не всегда удается вычлениить по геофизическим данным. Уверенность в наличии под Охотской плитой главных геосинклинальных и орогенных комплексов возрастает, когда обращаешься к тектонической карте складчатого обрамления окраинных морей, где наличие верхнемезозойских и кайнозойских геосинклинальных и орогенных комплексов очевидно. В пределах «ранних» мезозонд обособляются верхнеюрские — нижнемеловые орогенные комплексы, в пределах «поздних» мезозонд — нижнемеловые — верхнемеловые, в пределах кайнозонд — неоген-четвертичные орогенные комплексы. Наиболее ярким выражением орогенных структур в пределах переходной зоны к океану являются вулканогенные пояса.

Итак, никаких принципиально новых геокомплексов и отношений между ними в переходной зоне не обнаруживается. Тип структуры переходной зоны такой же, как и у «молодых» платформ. В соответствии с этим система, включающая мезозойские и кайнозойские геосинклинальные комплексы Востока СССР, связанные с ними орогенные и плитные комплексы Охотского, Берингова, Японского морей, должна рассматриваться как еще одна платформенная система (эпимезозойская) и, следовательно, как еще одна «элементарная ячейка» осадочной оболочки.

Явление периодичности в слоистой структуре осадочной оболочки комплексов и переходных зон выступает как определенная закономерность, позволяющая экстраполировать структурные признаки с континентов на океаническое пространство. Действительно, для океанических областей, так же как и для континентов, характерно наличие плитных (талассоплитных) комплексов, которые тоже занимают обширные площади, эквивалентные по своей морфологии платформам. Формационный анализ разреза талассосинеклиз подтверждает их близость разрезу плитных комплексов молодых платформ. Например, сравнительный анализ «океанического» формационного ряда Североамериканской талассосинеклизы с одновозрастным рядом Скифской «континентальной» плиты убеждает, что сколько-нибудь существенных отличий в составе, мощностях, характере залегания и пло-

щади распространения не обнаруживается [Кириллова, Соловьев, 1983].

Сложнее дело обстоит с орогенным комплексами. Думается, что их эквивалентом в океане выступают «георифтогениали» (океанические рифты) и океанические вулканогенные пояса, которые, соединяясь с континентальными рифтами и поясами, образуют единую орогенную систему Земли. Совсем открытым остается вопрос о наличии в океане геосинклинальных (талассогеосинклинальных) комплексов. Ответ зависит от понимания состава и структуры «базальтового» слоя, выделяемого геофизиками. Здесь следует отметить, что появляется все больше данных о присутствии на дне океана и на океанских островах пород, типичных для континентов [Кириллова, Соловьев, 1983]. Естественно, что отдельные примеры породного состава дна океанов прямо не доказывают однотипность структур континентов и океанов, хотя бы потому, что имеется в виду «однотипность» на уровне формаций и комплексов, а не пород. Так или иначе, из теории периодичности структуры осадочной оболочки континентов, которую мы развиваем, следует, что кора океанических областей должна быть тоже построена по типу платформенных систем. Определенным препятствием на пути познания структуры океанического дна выступает нарушение принципов тектонического картирования. Анализ легенд тектонических карт показал, что континенты картируются по структурно-вещественным признакам, а дно океанов — в основном по геоморфологическим и геофизическим признакам. Это выражается хотя бы в использовании различной терминологии.

Действительно, когда описывается или изображается структура континентов, то используются такие термины, как «формационный ряд», «комплекс», «платформа», «складчатая область», «краевой прогиб», «вулканогенный пояс», «эвгеосинклинальная и миогеосинклинальная зоны», «срединный массив» и др. Когда жемотришь на «тектоническую» карту дна океана, то встречаешь такие термины, как «желоб» и «дуга», «абиссальная равнина и океанический хребет», «зона полосовых аномалий», «зона избыточных масс», «фокальная зона» и др. Налицо противоречие, заключающееся в нарушении принципа и предмета картирования. Но что препятствует соблюдению единого принципа и возможности выделения в океанах таких же типов тел и отношений между ними, как на континентах? Почему океанические плиты не могут рассматриваться как части океанических платформенных областей, а соседствующие с ними океанические хребты, рифтовые и вулканогенные пояса как элементы океанических складчатых поясов? Ясных ответов на эти вопросы нет ни в одной из работ по общей и теоретической тектонике. Это побуждает нас выдвинуть их на обсуждение, когда речь заходит о тектоническом картировании дна океана. Ссылка на недостаточность геологической изученности объективна, но не должна служить препятствием для картографического моделирования, так как оно всегда осуществлялось при

разном уровне изученности. В истории тектоники были примеры, когда еще в худшем состоянии изученности находились континенты, но это не помешало Э. Зюссу увидеть в лике Земли общие черты строения и составить карту, которая в последующем лишь уточнялась и углублялась. Думается, что данные о «лике дна океанов» позволяют проводить картографическое моделирование на тех же принципах, что и континентов. По крайней мере, геологических данных достаточно, чтобы на тектонических картах как графических моделях структуры океанического дна показывать складчатые и платформенные области, а не обозначать их геоморфологической и геофизической терминологией. Прежде всего это касается таких элементов, как островные дуги и желоба, тектоническая природа которых запутана до предела. О путанице в тектонической терминологии писалось много. Наиболее яркий пример — термин «геосинклиналь». Появившись как элемент терминологической системы Д. Холла и Д. Дэна, в которой он служил для обозначения реконструированного объекта (предполагаемого прогиба на месте Аппалачей во время образования палеозойских осадков), он затем приобрел иной смысл. Термином «геосинклиналь» стали обозначать определенные части разреза складчатых областей, характеризующихся определенным набором формаций и структуры (геосинклинальные ряды формаций), геологические комплексы, включающие эти ряды, также стали называть «геосинклинальными» и особо выделять «орогенные комплексы», сменяющие в разрезе геосинклинальные. Но наряду со структурно-вещественным пониманием термина «геосинклиналь» продолжает сохраняться и его первоначальное историко-генетическое содержание. Эта двойственность в понимании термина «геосинклиналь» — основная причина путаницы. Она усугубляется еще тем, что историко-генетическое толкование понятия, как и любое ретроспективное построение, оказывается многозначным. В частности, одна из трудностей на пути историко-генетических реконструкций заключается в поисках таких современных объектов, которые помогают познать прошлое. Пример — поиск «современных геосинклиналей», к которым относят то ложе океана в целом, то окраинные моря, то глубоководные желоба и дуги, то срединные океанические хребты. Наконец, как крайняя точка зрения, современные геосинклинали отрицаются вообще. Если за эталон «геосинклинали» принять то, что когда-то Д. Холл и Д. Дэна изучали в Аппалачах (геосинклинальный комплекс этой складчатой области), и иметь в виду, что аналогичные комплексы есть в других складчатых поясах, то вполне резонно спросить: что общего между геосинклинальными комплексами этих областей и теми объектами, которые называют «современными геосинклиналями»? Конкретизируя этот вопрос, можно спросить — что общего в формационной характеристике (составе), структуре (отношениях между формациями) и позиции (расположении относительно соседствующих элементов) между геосинклиналями, островными дугами и желобами? Ведь островные дуги — те же

складчатые пояса, находящиеся на орогенном этапе развития, а желоба — не «геосинклинальные впадины», а периплатформенные (периталассократонные) прогибы, находящиеся в разной степени компенсации осадками. Трудно уловить логику рассуждений в тех случаях, когда одни и те же геологические образования, в частности складчатые пояса, называются по-разному в зависимости от того, погружены они под воду или нет (Камчатская и Курильская складчатые области). При этом игнорируется даже такая эмпирическая закономерность, как переход по простиранию островных дуг в складчатые пояса, а желобов — в периплатформенные и краевые прогибы континентов (Яванский желоб и Предгималайский прогиб). Думается, что логичнее выглядит концепция однотипности литосферы континентов и океанов. Но самым трудным препятствием на пути развития этой концепции являются геофизические модели, и прежде всего построенные по сейсмическим данным. С тех пор, как М. Юинги и Ф. Пресс проинтерпретировали объективно наблюдаемое повышение сейсмических скоростей на небольшой (2 км) глубине от поверхности дна океана, прошло 30 лет. Эта интерпретационная модель «тонкой океанической коры» не подвергалась никакому сомнению, пока не было изучено поведение скоростей в разнотипных разрезах континентов и не обнаружено явление повторяемости в сейсмической характеристике разрезом. Оказалось, что зоны повышенных скоростей в разрезе могут неоднократно сменяться зонами повышенных скоростей на фоне общего увеличения скоростей с глубиной [Булин, 1982]. Было также обращено внимание на трудности корреляции сейсмических границ с одинаковыми скоростями в условиях отсутствия непрерывности сейсмического профиля от континента к океану. Как только эти вопросы были поставлены, сразу же появилась неуверенность в истинности модели «тонкой океанической коры». Данные сверхглубокого бурения Кольской скважины усилили эту неуверенность в отношении совпадения геологических и геофизических границ, а все, вместе взятое, поставило под сомнение казавшееся незыблемым принципиальное различие в мощности и структуре земной коры континентов и океанов по геофизическим данным. Так или иначе, некоторые специалисты по магнитометрии и гравиметрии совершенно определенно высказались за идею однотипности континентальной и океанической коры [Горшкова, Симоненко, 1974]. Тектоническое картирование дна океанов призвано разрешить эту проблему и установить истину.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог, хотелось бы отметить следующее.

1. Как показывает опыт истории, в развитии каждой науки наступает этап, когда ее представители начинают задумываться над основами своей отрасли знаний, т. е. обращаются к анализу исторического, методологического и теоретического фундамента здания науки. Думается, что такой этап переживает сейчас геокартография. Появление книг Ю. А. Косыгина, В. А. Кулындышева «Введение в тектоническую картографию» [1981], Б. М. Чикова «Основы методологии тектонического районирования» [1985] и данной монографии можно рассматривать как симптомы такого состояния науки. Насколько удачно осуществлены эти опыты анализа основ геокартографии, судить читателю, по крайней мере, есть что с чем сравнить.

2. Исторические основы геокартографии заложили В. Смит в стратиграфии и М. Бертран в геотектонике.

Предложенный В. Смитом «биостратиграфический принцип» картографирования сразу же получил признание в России и имена А. А. Иностранцева, А. П. Карпинского, И. В. Мушкетова, С. Н. Никитина, Ф. Н. Чернышева, Л. Н. Лутугина и других выдающихся отечественных геологов-картографов вошли во все учебники геологии. Под флагом биостратиграфического принципа прошли этапы «Геолкарта 1 : 1 000 000», «Геолкарта 1 : 200 000» и начался новый этап «Геолкарта 1 : 50 000». Сохранит ли этот принцип свое назначение при крупномасштабном картировании или его вытеснит структурно-вещественный принцип? — такой вопрос возник у нас в результате анализа идей и принципов геокартографии.

Предложенный М. Бертраном «принцип картирования по возрасту главной складчатости», а точнее по крупным несогласиям в слоистой структуре осадочной оболочки Земли, показал свою жизнестойкость благодаря трудам А. Д. Архангельского, Н. С. Шатского, А. А. Богданова, М. В. Муратова, А. Л. Яншина, Ю. М. Пущаровского, В. Е. Хаина и других выдающихся тектонистов-

картографов. Тектоническая карта СССР, Тектоническая карта Европы, Тектоническая карта Евразии, Тектоническая карта Тихоокеанского сегмента Земли и другие, составленные по этому принципу, получили мировое признание. Заканчивает эту блестящую серию Тектоническая карта мира, в составлении которой активное участие приняли советские тектонисты. Все это мелкомасштабные карты, в основном 1 : 5 000 000 и 1 : 10 000 000 масштаба и мельче, которые охватывают большие площади материков и океанов. Какова же роль принципа М. Бертрана при переходе на средне- и крупномасштабное тектоническое картирование? В каком соотношении этот принцип находится с принципами «объемного тектонического картирования» и «картирования по принципу превращения океанической коры в континентальную»? Наконец, какое место займет в тектонической картографии «геодинамический принцип», провозглашенный недавно сторонниками «новой глобальной гипотезы»? Анализ идей «историзма» и «уникализма», «фиксизма» и «мобилизма», «структурализма» и «иерархизма» в тектонической картографии привел нас к этим вопросам.

3. Методологические основы геокартографии мы пытались выявить через определение ее как науки, т. е. четко представить ее цели и задачи, объект и предмет, методы и средства.

Читая нашу монографию, можно убедиться в необходимости подразделения геокартографии на статическую, динамическую и историческую (ретроспективную) в зависимости от того, какие из геологических систем картографируются. Следовательно, в самом общем виде можно сказать, что объектом картографии выступают или геологические тела (статическая картография), или геологические процессы (динамическая картография), или реконструируемые тела и процессы (историческая картография). При этом предметом картографирования всегда остаются главные пространственные характеристики — форма и структура тел. Следовательно, по предмету исследования геокартография должна подразделяться на геометрическую и структурную картографию. Если в понимании предмета геокартографии сразу была достигнута ясность, то в понимании ее объекта возникли трудности, обусловленные переменностью этого вопроса в геологии в целом. Действительно, какие ранги тел и сколько их следует различать при картографировании? Как соотносится картографируемый ранг тел с масштабом картирования? К ответу на эти вопросы мы пытались подойти с позиции определенных методологических принципов и в качестве основных выдвинули принципы «системности», «иерархии» и «элементности». Касаясь методов и средств геокартографии, необходимо отметить самое главное: картографирование — это особый вид моделирования, призванный отображать форму и структуры геологических явлений. Отсюда следует, что карта — это модель формы и структуры геологических явлений. При обсужде-

нии вопроса о средствах стала очевидной необходимость значительного улучшения дел с автоматизацией картографических работ. В идеале ЭВМ и графопостроители должны стать для картографа такими же обычными средствами, как когда-то арифмометры и пантографы. В использовании средств автоматизации в геокартографии наблюдается явное отставание от других тематических картографий, например, топокартографии.

Для развития науки очень важно осознание ее представителями методологических принципов, регулирующих научную деятельность. Мнение о возможности «беспринципного» подхода к явлениям природы — это просто маска, за которой скрывается лицо неявных принципов, чаще всего в этом случае псевдонаучных. Поэтому при обсуждении методологических проблем мы попытались в явном виде сформулировать те методологические принципы, которыми должны руководствоваться геологи-картографы.

Принцип системности стал сначала использоваться в тектонике. Затем этот общенаучный принцип распространился на другие отрасли геологии. Для геокартографии он важен, и вот почему. Объектом здесь выступают разных типов геологические тела. Наиболее сложно выявить среди них «естественные» тела в понимании В. И. Вернадского, т. е. определить обособляющиеся в природе массы твердого вещества типа минералов, пород, формаций и др. Только такие тела можно рассматривать как геологические системы, поскольку именно они характеризуются всеми необходимыми и достаточными свойствами систем — целостностью, дискретностью, повторяемостью и эмерджентностью. Принцип системности предписывает особо выделять эти геологические тела и отличать их от условных, выделение которых обусловлено заданной процедурой выделения, т. е. осуществляется на основе случайных признаков, а не таких фундаментальных характеристик, как состав и свойства, форма и структура.

Принцип иерархии предписывает различать при картировании разноранговые тела и масштаб картирования устанавливать в зависимости от ранга картируемых тел.

Много путаницы при картировании возникает из-за смешения понятий часть и элемент. Поэтому мы сочли важным конкретизировать применительно к геокартографии принцип элементности. Этот принцип предписывает отличать часть тела от составляющего его элемента. Действительно, часть тела всегда сохраняет его состав, свойства и структуру, т. е. сохраняет все фундаментальные характеристики данного тела, за исключением его формы. Проще говоря, часть — это кусок или обломок тела, условно выделенный фрагмент (обломок породы, апофиза жилы и т. д.). По аналогии с биологическими телами картируемые части тел следовало бы называть анатомическими частями и при определении отношений между ними говорить об анатомии тел.

Принципиально иная ситуация возникает при картировании элементов геологического тела. Здесь уже речь должна идти о вычленении в теле данного ранга тел более низкого ранга, т. е. об определении состава данного тела. При определении отношений между составляющими элементами следует говорить о структурном элементе и структуре тела. Итак, «анатомирование» и «структурирование» — принципиально разные операции картирования, и, в соответствии с принципом элементности, их надо строго разграничивать.

4. Теоретическую основу геокартографии представляет ее научный язык. Поэтому проблеме языка мы уделили особое внимание. Прежде всего хотелось показать, что и сама карта как знаковая система может рассматриваться языком со своим алфавитом, семантикой и синтаксисом. Плодотворен ли такой подход — судить читателю, но несомненно одно — он полезен хотя бы для преподавания предмета.

Из фундаментальных понятий проанализированы понятия «карта», «легенда», «разрез» и «колонка». Кажущаяся простота их оказалась обманчивой, так как в учебниках и справочниках они определяются в отрыве от других понятий общей системы. В частности, при анализе понятия «колонка» вскрылась необходимость увязать его с понятиями «шкала», «модель», «тело», «биотело», «литотело», «структура», «слоистая структура», т. е. сконструировать, по существу, целую понятийную систему. Системный подход к языку предопределил постановку весьма интересных содержательных вопросов стратиграфии. О чем свидетельствует состояние вопроса о терминологии стратиграфии? То, что понятие «стратиграфическая колонка» играет определенную роль в геокартографии, очевидно. Просвечивает также идея о том, что она выступает в качестве модели слоистой структуры. Но она оказалась выраженной нечетко. Действительно, моделью слоистой структуры чего она выступает? Ответ можно было найти самый общий — «осадочной оболочкой», участка земной коры, «осадочных образований» и т. д. Следовательно, существует нечеткость в понимании объекта стратиграфии. Ясность можно внести через обращение к понятию «геологическое тело». Тогда в иерархии геологических тел объекты стратиграфии начинаются с геологических формаций и заканчиваются геосферой (осадочной оболочкой). В этом смысле точнее говорить не о стратиграфии вообще, а более конкретно — о «стратиграфии осадочных формаций», «стратиграфии осадочных комплексов» и «стратиграфии осадочной оболочки». Признание в качестве объектов стратиграфии разноранговых тел необходимое, но еще недостаточное условие для полного решения вопроса об объекте. Необходимо также было определить место ископаемых организмов и соотнести понятия «литостратиграфия» и «биостратиграфия». То, что эти понятия связаны между собой объектами, ощущают многие геологи-съемщики, но далеко не все могут представить ее в явном виде, через отношение «литотел» и «биотел». В теоретическом плане смысл со-

отношений прост. Имеются ранги геологических тел (породы, формации, комплексы, геосферы) и ранговые ассоциации организмов (таксоны видов, родов, семейств, классов). Каждому рангу «литотел» должен соответствовать свой ранг «биотел». На практике это соответствие почему-то не устанавливается. Создается иллюзия, что «биотела» (зоны, ярусы, системы, группы) выделяются как бы независимо от «литотел» и что ископаемые организмы включены в какую-то однородную массу осадков. В действительности ископаемые организмы всегда выступают в качестве характеристики состава литотел, но в породных телах этот состав один, а в формационных уже другой. В практике биостратиграфических исследований границы проводятся почему-то без четкого разделения «тел включения» и «тел включающих». Отсюда частые дискуссии о «пересечении» биостратиграфических и литостратиграфических границ, о границах стратиграфических подразделений.

Выход мы видим в установлении соответствия между «литотелами» и «биотелами», хотя осознаем, что установить его не так-то просто. Контуры иерархии литотел пока только намечены, а проблема иерархии «биотел» наталкивается на нерешенность проблемы таксономии ископаемых организмов и растений. В первом приближении соответствие усматривается между геосферами и эонотемами, между геокомплексами и группами, между формациями и отделами, между частями формаций и ярусами, между породами и зонами. Но это приближенное соответствие лишь повод для дальнейшего обсуждения. На примере понятия «колонка» мы хотели показать сложность проблемы научного языка.

В теории тектонической картографии интересным оказался вопрос о соотношении понятий «геологическая карта» и «тектоническая карта». Ясно, что в самом общем смысле понятие «геологическая карта» должно охватывать все разновидности карт: «геохимические», «геофизические», «минералогические», «формационные», в том числе «структурные» или «тектонические». Но в действительности «геологическими» называют почему-то карты, составленные по «биостратиграфическому принципу» В. Смита с отражением цветом последовательности залегания слоев. Такие карты точнее было бы называть «стратиграфическими», поскольку они выступают моделями слоистой структуры осадочной оболочки. При этом ранг тел слоистой формы строго не задается. На карте любого масштаба изображаются всякие тела (условные, естественные) и всякого размера (мелкие, средние, крупные), а ряд тел (важных в каком-то смысле) изображается даже вне масштаба. Итак, собственно геологическая картография моделирует главным образом слоистую форму и слоистую структуру тел, поэтому эти карты целесообразнее называть «стратиграфическими картами», а термин «геологические карты» закрепить за общим понятием, включающим все разновидности геологических карт.

Тектоническая картография, в отличие от «стратиграфической», призвана моделировать структуру геоло-

гического пространства в целом (все разнообразие форм тел и их отношений в пространстве). Тектоническая картография отличается также более строгими требованиями к рангам изображаемых тел. В идеале при тектоническом картировании должны были бы изображаться только одноранговые тела, но принцип одноранговости часто нарушается по причине нерешенности до конца проблемы иерархии геологических тел. Но, так или иначе, стремление к соблюдению принципа одноранговости в тектонической картографии налицо. В теории тектонической картографии мало внимания уделяется теории геологических структур. Даже такое общенаучное понятие, как «структура», не стало достоянием всех тектонистов-картографов. Если «система» — это множество элементов определенной природы, множество отношений и множество связей, то «структура» — это только множество отношений и связей, так сказать, только сетка отношений и связей. Применительно к телам — системам крупного ранга (породам, формациям, комплексам), это определение структуры требует уточнения, на которое стоит обратить внимание. Дело в том, что связи при определении структур тел крупного ранга не учитываются. Происходит это потому, что теория связей даже для породных тел, не говоря уже о формациях и комплексах, до сих пор не разработана. Связи здесь, конечно, предполагаются (гравитационные силы), но в явном виде при описании структур не учитываются. Имеется и еще одно существенное отличие понимания «структуры» для породных тел и тел более высокого ранга — учитываются **ф о р м а и р а з м е р ы** структурных элементов. В языке это нашло отражение в использовании наряду с термином «структура» термина «текстура». Двойственность в понимании этих терминов требует конкретизации их смысла. «Структура» — совокупность **о т н о ш е н и й и с в я з е й** в системе. «Текстура» — термин для обозначения **о т н о ш е н и й** между элементами системы с учетом их **ф о р м ы и р а з м е р о в** (обломочная, сфероидальная, полосчатая, мелкозернистая, среднезернистая). Из этого следует, что тектоническая картография, строго говоря, моделирует не структуру, а текстуру тел разных рангов. Определяющим для классификации структур и текстур является понятие «отношение», так как по типу отношений выделяются типы структур. Но в тектонической картографии сложилась парадоксальная ситуация — в науке, призванной расшифровывать структуры геологических тел путем их картирования, знания об «отношениях между элементами оказались несистематизированными. Поэтому теории отношений мы уделили внимание, рассмотрев само понятие «отношение», основные «свойства отношений» и выделив главные, на наш взгляд, для геологических тел типы отношений **э к в и в а л е н т н о с т и , т о л е р а н т н о с т и и п о р я д к а**. По типам отношений выделены типы геологических структур.

Выявить «отношение» — это значит отдать себе ясный отчет в том, между какими элементами оно устанавливается. При этом в качестве элементов всегда должны выступать **о д н о р а н г о**

вые тела. Принцип одноранговости тел, очевидный при определении структур минералов и пород, часто нарушается при переходе к анализу структур тел более крупного ранга, и большинство тектонических карт составлено с нарушением этого принципа.

Существенной для развития теории структур является идея элементарной ячейки и периодичности. Нами предпринята попытка показать, что не только минералы, а и геологические тела всех рангов построены по законам элементарной ячейки и периодичности. В частности, на основе закона периодичности в слоистой структуре осадочной оболочки континентов проведена экстраполяция этих структурных закономерностей и на океанические пространства. Это позволяет картировать в океанах платформенные и складчатые области, краевые прогибы, вулканогенные пояса, рифты и выделять в разрезе осадочной оболочки дна океанов, комплексы основания, геосинклинальные, орогенные и плитные комплексы, т. е. все те же структурные элементы, что и на континентах.

5. Исследование — это своеобразная «цепная реакция» вопросов и ответов. В идеале соотношение между вопросами и ответами должно быть гармоничным. Нам это вряд ли удалось по разным обстоятельствам. Вопросы явно преобладают над ответами.

К объективным причинам следует отнести сложность поставленных вопросов. По существу, это первая попытка всестороннего анализа основ геокартографии с обсуждением исторических, методологических и теоретических проблем науки. К субъективным можно отнести трудности соавторства. Разница в подходе к вопросам и оценке их значений ощущалась постоянно. Различия мы пытались сгладить, но не ценой потери авторской индивидуальности. Естественно, что все конструктивные замечания будут нами приняты с благодарностью.

ЛИТЕРАТУРА

- Ажгирей Г. Д. Шарьяки в геосинклинальных поясах.— М.: Наука, 1977.— 154 с.
- Андреев Н. Д. Статистико-комбинаторные методы в теоретическом и прикладном языкознании.— М.: Наука, 1967.— 300 с.
- Апродов В. А. Геологическое картирование.— М.: Госгеолтехиздат, 1952.— 371 с.
- Арган Э. Тектоника Азии.— М.— Л.: изд. ОНТИ, 1935.— 350 с.
- Архангельский А. Д. Геологическое строение и геологическая история СССР.— М.— Л.: изд. ОНТИ, 1941.— 350 с.
- Архангельский А. Д., Шатский Н. С. Схема тектоники СССР.— Бюл. МОИП. Отд. геол., 1933, т. 11, № 4, с. 322—348.
- Асланикашвили А. Ф. Метакартография: Основные проблемы.— Тбилиси: Мецниереба, 1974.— 125 с.
- Бархатов Б. П. Тектонические карты.— Л.: Недра, 1979.— 191 с.
- Белов Н. В. Школы в науке.— Лит. газета, 1967, 7 июня, № 23, с. 11.
- Беркли Э. Символическая логика и разумные машины.— М.: ИЛ, 1961.— 150 с.
- Берлянт А. М. Картографический метод исследования.— М.: Изд-во МГУ, 1978.— 255 с.
- Богданов А. А. О термине структурный этаж.— Бюл. МОИП. Отд. геол., 1963, т. 38, вып. 7, с. 3—25.
- Боголепов К. В. Краткая объяснительная записка к карте мезозойской и кайнозойской тектоники Сибири и Дальнего Востока.— Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1962.— 50 с.
- Боровиков А. М. Дешифрирование аэрокосмических снимков Земли: аналитический и системный подходы к разработке алгоритмических методик.— В кн.: Системные исследования в геологии.— Владивосток: изд. ДВНЦ АН СССР, 1979, с. 81—88.
- Борукаев Ч. Б. Тектонические и геологические карты.— В кн.: Системные исследования в геологии. Владивосток: изд. ДВНЦ АН СССР, 1979, с. 54—60.
- Борукаев Ч. Б. Структура докембрия и тектоника плит.— Новосибирск: Наука, 1985.— 190 с.
- Бочаров М. К. Основы теории проектирования систем картографических знаков.— М.: Недра, 1966.— 130 с.
- Бубнов С. Н. Основные проблемы геологии.— М.: Изд-во МГУ, 1960.— 200 с.
- Булин Н. К. Земная кора океанов по сейсмическим данным.— Бюл. МОИП. Отд. геол., 1982, т. 57, вып. 1, с. 3—17.
- Бунге В. Теоретическая география.— М.: Прогресс, 1967.— 279 с.
- Вассоевич Н. Б., Меннер В. В. Системные уровни организации сообществ осадочных пород.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1978, № 11, с. 5—13.

- Вернадский В. Н.** Размышления натуралиста.— М.: Наука, 1975.— 175 с.
- Вернадский В. Н.** О состояниях пространства в геологических явлениях.— В кн.: Проблемы биогеохимии. М.: Изд-во АН СССР, 1980, с. 85—164.
- Вознесенский В. Д., Добрецов Г. Л.** Принципы подготовки к изданию материалов крупномасштабных геологосъемочных работ.— В кн.: Методы геологической съемки. М.: Недра, 1973, с. 164—169.
- Воробьев Г. Г., Космачева Н. В.** Симпозиум и координационное совещание по документалистике.— Науч.-техн. информация. Сер. 2, 1982, № 11, с. 35—39.
- Воронин Ю. А.** Основные результаты по простой теории классифицирования в геологии.— Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1981.— 29 с.
- Воронин Ю. А., Еганов Э. А.** О генетическом и агенетическом направлениях в геологии.— 1971.— 25 с.— ВИНТИ, № 3934—72 Деп.
- Воронин Ю. А., Еганов Э. А.** Методологические вопросы применения математических методов в геологии.— Новосибирск: Наука, 1974.— 120 с.
- Вотах О. А.** Структурные элементы земли.— Новосибирск: Наука, 1979.— 350 с.
- Галилей Г.** Начало гидростатики.— М.— Л.: изд. ОНТИ, 1932.— 150 с.
- Геологические формации.**— М.: Недра, 1982, т. 1 — 353 с., т. 2 — 397 с.
- Геологический словарь.**— М.: Госгеолтехиздат, 1955, т. 1 — 402 с., т. 2 — 445 с.
- Геологический словарь.**— М.: Недра, 1973, т. 1 — 486 с., т. 2 — 456 с.
- Геологическое строение земной коры Сибири и Дальнего Востока.**— Новосибирск: изд. РИО СО АН СССР, 1965.— 250 с.
- Геология и математика.**— Новосибирск: Наука, 1967.— 253 с.
- Гносеологические проблемы формализации/Отв. ред. Д. П. Горский.**— Минск: Наука, 1969.— 268 с.
- Гогель Ж.** Основы тектоники.— М.: Мир, 1969.— 250 с.
- Гордеев Р. А.** Проблема иерархии рудных объектов и вопросы прогнозирования.— В кн.: Методология геологических исследований. Владивосток: изд. ДВНЦ АН СССР, 1976, с. 150—154.
- Горшкова Г. А., Симоненко Т. Н.** О морфологии магнитного поля материков и океанов.— Бюл. МОИП. Отд. геол., 1974, т. 69, вып. 4, с. 13—20.
- Греневский Г.** Кибернетика без математики.— М.: Сов. радио, 1964.— 250 с.
- Громин В. И.** О структурах геологических формаций.— В кн.: Вопросы общей и теоретической тектоники. Хабаровск: изд. ДВНЦ АН СССР, 1974, с. 86—90.
- Девдариани А. С.** Сигналы из глубины Земли и ее геологического прошлого.— М.: Недра, 1974.— 120 с.
- Денисов П. И.** Принципы моделирования языка.— М.: Изд-во МГУ, 1965.— 203 с.
- Драгунов В. И.** Тектонические объекты формационного уровня организации и тектонические карты.— В кн.: Структура геологических формаций. Владивосток: изд. ДВНЦ АН СССР, 1980, с. 10—27.
- Драгунов В. И., Айнемер А. И., Васильев В. Н.** Основы анализа осадочных формаций.— Л.: Наука, 1974.— 159 с.
- Жарков М. А., Жаркова Т. М.** Наборы и ассоциации соляных пород соленосных формаций.— В кн.: Сравнительный анализ осадочных формаций. М.: Наука, 1969, с. 7—79.
- Забродин В. Ю.** Зоны смития.— М.: Наука, 1977.— 107 с.
- Забродин В. Ю.** Определение геологической картографии.— Геол. и геофиз., 1980а, № 7, с. 115—117.
- Забродин В. Ю.** Проблема классификации (обзор).— Науч.-техн. информация. Сер. 2, 1980б, № 2, с. 36—38.
- Забродин В. Ю.** Системный анализ дизъюнктивов.— М.: Наука, 1981а.— 199 с.
- Забродин В. Ю.** О критериях естественности классификаций.— Науч.-техн. информация. Сер. 2, 1981б, № 8, с. 22—24.
- Забродин В. Ю., Кузлыдышев В. А.** Мета модель геологической картографии.— В кн.: Методология геологических наук. Киев: Наукова думка, 1979, с. 91—95.

- Забродин В. Ю., Кулындышев В. А., Оноприенко В. П.** Актуальные проблемы геологической картографии.— Геол. журнал, 1977, № 2, с. 32—40.
- Забродин В. Ю., Кулындышев В. А., Оноприенко В. П.** Содержание легенд геологических карт и форма их представления.— Геол. журнал, 1978, № 3, с. 120—124.
- Забродин В. Ю., Кулындышев В. А., Соловьев В. А.** Объект — легенда — карта и проблема модели в тектонике.— В кн.: Методология геологических исследований. Владивосток: изд. ДВНЦ АН СССР, 1976, с. 110—111.
- Забродин В. Ю., Оноприенко В. П.** Типы моделей геологического прошлого.— Докл. АН УССР. Сер. Б, 1978, № 4, с. 299—302.
- Забродин В. Ю., Соловьев В. А.** Классификация и закон.— В кн.: Тезисы докладов к Всесоюзной конференции «Теория классификации и анализ данных». Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1981, с. 33—34.
- Заруцкая И. П.** Составление специальных карт природы.— М.: Изд-во МГУ, 1966.— 232 с.
- Иерархия геологических тел.** Терминологический справочник.— Хабаровск: кн. изд-во, 1978.— 786 с.
- Изучение тектонических структур.**— Л.: Недра, 1984.— 287 с.
- Камалетдинов М. А., Казанцев Ю. В., Казанцева Т. Т.** Происхождение складчатости.— М.: Наука, 1981.— 134 с.
- Карогодин Ю. Н.** Седиментационная цикличность.— М.: Недра, 1980.— 242 с.
- Карпинский А. П.** Собрание сочинений. Т. 4. Опыт системной унификации графических приемов в геологии.— М.— Л.: Изд-во АН СССР, 1949, с. 409—435.
- Картография 1983.**— М.: Прогресс, 1983, вып. 1 — 275 с., вып. 2 — 214 с.
- Келлер Б. М.** Русские геологи на международных геологических конгрессах. (I—XII сессии).— В кн.: Очерки по истории геологических знаний. Вып. 1. М.: Изд-во АН СССР, 1953, с. 120—136.
- Кириллова Г. Л., Соловьев В. А.** Некоторые проблемы тектоники океана.— В кн.: Структурные элементы земной коры и их эволюция. Новосибирск, 1983, с. 110—116.
- Конторович А. Э.** Опыт формального анализа структуры геологических генетических теорий.— В кн.: Математические методы в геологии и геофизике. Новосибирск: изд. СНИИГГиМС, 1968, с. 15—20.
- Косыгин Ю. А.** Основы тектоники нефтеносных областей. Т. 1. Общая геотектоника.— М.: Гостоптехиздат, 1958.— 250 с.
- Косыгин Ю. А.** Понятие структуры в геологических исследованиях.— Геол. и геофиз., 1970, № 4, с. 76—86.
- Косыгин Ю. А.** Основы тектоники.— М.: Недра, 1974.— 250 с.
- Косыгин Ю. А., Воронин Ю. А., Соловьев В. А.** Опыт формализации некоторых геологических понятий.— Геол. и геофиз., 1964, № 1, с. 23—38.
- Косыгин Ю. А., Кулындышев В. А.** Введение в тектоническую картографию.— М.: Недра, 1981.— 290 с.
- Косыгин Ю. А., Соловьев В. А.** Статические, динамические и ретроспективные системы в геологических исследованиях.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1969, № 6, с. 25—32.
- Красильникова Н. В.** Вопросы генерализации при составлении специальных карт (на примере геологических карт).— М.: Изд-во МГУ, 1961.— 157 с.
- Круть И. В.** Исследование оснований теоретической геологии.— М.: Наука, 1973.— 250 с.
- Круть И. В.** Введение в общую теорию земли: уровни организации систем.— М.: Мысль, 1978.— 367 с.
- Куклин А. П.** О генезисе и металлогении.— Газета «Магаданский геолог», 1967, 15 декабря, № 24.
- Куражковская Е. А.** Принцип историзма в геологии.— В кн.: Пути познания Земли. М.: Наука, 1971, с. 21—26.

- Куражковская Е. А., Гордцев Д. Н. О соотношении исторического и логического в истории геологии.— Вестн. МГУ, 1967, № 4, с. 23—35.
- Куроп А. Г. Лекции по общей алгебре. Изд. 2-е.— М.: Наука, 1973.— 399 с.
- Кутырев Э. И. Планетарная металлогения в свете палеореконострукций.— В кн.: Металлогения и новая глобальная тектоника. Л.: Наука, 1973, с. 45—50.
- Ларин Д. А. Научно-техническое проектирование географических карт.— М.: Госгеолтехиздат, 1963.— 166 с.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Петрография.— Петроград, 1923.— 300 с.
- Леонов Г. П. Стратиграфия.— В кн.: История геологии. М.: Наука, 1973, с. 64—73.
- Леонтьев Н. Ф. Тематическая картография.— М.: Наука, 1981.— 102 с.
- Лессинг Г. Э. Лаокоон, или граница живописи и поэзии.— М.: Искусство, 1957.— 250 с.
- Любищев А. А. К логике систематики.— В кн.: Проблемы эволюции. Т. 2. Новосибирск: Наука, 1972, с. 45—68.
- Лютый А. А. Язык карты.— М.: Знание, 1981.— 48 с.
- Майданов А. С. Принципы отражения и проблемы семиотики.— Вопросы философии, 1977, № 11, с. 115—125.
- Мейен С. В. Таксономия и меропомия.— В кн.: Вопросы методологии в геологических науках. Киев: Наукова думка, 1977, с. 25—33.
- Мейен С. В. Основные аспекты типологии организмов.— Журн. общей биологии, 1978, № 4, с. 495—508.
- Методы геологической съемки.— Л.: Недра, 1973.— 196 с.
- Миловидова Н. В. Применение методов логики к анализу физико-геофизических определений и классификаций.— М.: Наука, 1977.— 104 с.
- Миронов Ю. П. Теоретико-множественные модели гранитоидов: Восточное Забайкалье.— М.: Наука, 1975.— 227 с.
- Мирский Э. М. Междисциплинарные исследования и дисциплинарная организация науки.— М.: Наука, 1980.— 304 с.
- Музылев С. А. Геологическая индексация и ее назначение.— Сов. геология, 1971, № 7, с. 143—144.
- Муратов М. В. Главнейшие эпохи складчатости и мегаэтапы развития земной коры.— Геотектоника, 1965, № 1, с. 3—25.
- Мушкетов Д. И. Современные тектонические воззрения в связи с геологией Средней Азии.— Изв. Геол. Комитета, 1926, т. 45, № 4, с. 26—30.
- Мушкетов П. В. Физическая геология.— СПб, 1891.— 700 с.
- Назаров И. В. Генетический и системно-структурный подход в геологии.— В кн.: Философские проблемы геологии. Вып. 83. Свердловск, 1972, с. 21—25.
- Наливкин Д. В. Геологические районы СССР.— Проблемы сов. геологии, 1933, т. 1, № 1, с. 35—56.
- Налимов В. В. Непрерывность против дискретности в языке и мышлении.— Тбилиси: изд. Гос. ун-та, 1978.— 81 с.
- Налимов В. В. Вероятная модель языка: О соотношении естественных и искусственных языков. Изд. 2-е.— М.: Наука, 1980.— 303 с.
- Никитин Е. П. Метод познания прошлого.— Вопросы философии, 1966, № 8, с. 28—35.
- Никитин Е. П. Объяснение — функция науки.— М.: Наука, 1970.— 250 с.
- Обручев В. А. Избранные труды. Т. 5. Образование гор.— М.: Изд-во АН СССР, 1963.— 400 с.
- Общая стратиграфия. Терминологический справочник.— Хабаровск: кн. изд-во, 1979.— 842 с.
- Ог Э. Геология. Т. I.— М., 1914.— 250 с.
- Онопrienko В. И. Геологическая карта: Опыт геосологического анализа.— В кн.: Методологические вопросы геологических наук. Киев: Наукова думка, 1974, с. 133—144.
- Основные типы рудных формаций.— М.: Наука, 1984.— 316 с.
- Павиленис Р. И. Логико-методологические проблемы анализа языка: семантика и прагматика.— Вопросы философии, 1982, № 11, с. 82—91.

- Панова Н. С., Шрейдер Ю. А. О знаковой природе классификации.— Науч.-техн. информация. Сер. 2, 1974, № 12, с. 3—10.
- Панова Н. С., Шрейдер Ю. А. Принцип двойственности в теории классификации.— Науч.-техн. информация. Сер. 2, 1975, № 6, с. 3—10.
- Пейве А. В., Перфильев А. С., Руженцев С. В. Проблема внутриконтинентальных геосинклиналей.— Геотектоника, 1972, № 3, с. 3—18.
- Пейве А. В., Яншин А. Л., Зоненшайн Л. П. и др. Становление континентальной коры Северной Евразии.— Геотектоника, 1976, № 5, с. 6—23.
- Покровский М. П. О «генетическом» и «морфологическом» подходе в изучении геологических объектов.— В кн.: Философские проблемы геологии. Свердловск, 1972, с. 35—37.
- Преображенский В. С. Ландшафтные исследования.— М.: Наука, 1966.— 127 с.
- Пэк А. В. Трещинная тектоника и структурный анализ.— М.: Изд-во АН СССР, 1939.— 250 с.
- Раскина А. А., Сидоров Н. С., Шрейдер Ю. А. Семантические основания объектно-признаковых языков.— Науч.-техн. информация. Сер. 2, 1976, № 5, с. 18—25.
- Ратайский Л. С. К вопросу о видах картографической генерализации.— В кн.: Пути развития картографии. М.: Изд-во МГУ, 1975, с. 57—65.
- Розов М. А. Проблемы эмпирического анализа научных знаний.— Новосибирск: Наука, 1977.— 222 с.
- Розова С. С. Методологическая деятельность ученого.— В кн.: Методологические проблемы науки. Новосибирск: изд. НГУ, 1981, с. 8—24.
- Рудные и рудоносные формации.— М.: Недра, 1983.— 174 с.
- Салищев К. А. Картоведение.— М.: Изд-во МГУ, 1976.— 438 с.
- Синюков В. Н. К вопросу о понятии «вулканическая формация».— В кн.: Структура геологических формаций. Владивосток: изд. ДВНЦ АН СССР, 1980, с. 72—76.
- Солищев В. М. Язык как системно-структурное образование.— М.: Наука, 1971.— 260 с.
- Соловьев В. А. Основные черты мезозойской тектоники Прибайкалья и Забайкалья.— М.: Наука, 1968.— 200 с.
- Соловьев В. А. Тектоника континентов.— Хабаровск, 1975.— 365 с.
- Соловьев В. А. Принципы иерархии геологических тел.— В кн.: Методологические проблемы литологии. Новосибирск: Наука, 1985, с. 25—29.
- Спизарский Т. Н. Обзорные тектонические карты СССР.— Л.: Недра, 1973.— 240 с.
- Степанов Н. П. Концепция элементарности в научном познании.— М.: Наука, 1976.— 174 с.
- Степанов Ю. С. Семиотика.— М.: Наука, 1971.— 167 с.
- Структура континентов и океанов.— М.: Недра, 1979.— 511 с.
- Тектоника Евразии (объяснительная записка к тектонической карте Евразии, м-б 1:5 000 000).— М.: Наука, 1966.— 487 с.
- Тектоника Европы и смежных областей.— М.: Наука, 1976.— 49 с.
- Тектоника континентов и океанов.— Хабаровск, 1976.— 735 с.
- Тектоника платформ и тектонические карты в исследованиях Геологического института АН СССР.— М.: Наука, 1981.— 122 с.
- Тектоническая карта СССР, м-б 1:4 000 000.— М.: ГУГК, 1953.
- Тектоническое районирование и структурно-вещественная эволюция Северо-Востока Азии.— М.: Наука, 1979.— 236 с.
- Тетяев М. М. Принципы геотектонического районирования СССР.— Проблемы сов. геологии, 1933, т. 1, № 1, с. 9—34.
- Тетяев М. М. Основы геотектоники.— М.: изд. ОНТИ, 1934.— 250 с.
- Толковый словарь английских геологических терминов.— М.: Мир, 1977, т. 1 — 586 с.; 1978, т. 2 — 588 с.; 1979, т. 3 — 543 с.
- Туголесов Д. А. Тектонические субботы.— Природа, 1973, № 11, с. 60—75.
- Усманов Ф. А. Основы математического анализа геологических структур.— Ташкент: Фан, 1977.— 200 с.
- Усов М. А. Фазы и циклы тектогенеза.— Томск: изд. Зап.-Сиб. геол. треста, 1936.— 209 с.

- Успенский В. А. Предисловие.— В кн.: Введение в современную математику/Ю. А. Шиханович. М.: Наука, 1965, с. 3—5.
- Федоров Е. С. Курс кристаллографии. Изд. 2-е. СПб, 1897.— 200 с.
- Формы геологических тел.— Хабаровск, 1974.— 286 с.
- Формы геологических тел.— М.: Недра, 1977.— 246 с.
- Френкель А. А., Бар-Хиллел И. Основания теории множеств.— М.: Мир, 1966.— 555 с.
- Хаггет П. Пространственный анализ в экономической географии.— М.: Прогресс, 1968.— 390 с.
- Хайн В. Е. Общая геотектоника.— М.: Недра, 1964.— 350 с.
- Хайн В. Е. Геотектоника.— В кн.: История геологии/Отв. ред. И. В. Батюшкова. М.: Наука, 1973, с. 179—200.
- Харвей Д. Научное объяснение в географии.— М.: Прогресс, 1974.— 500 с.
- Хворова И. В. Флишевая и нижнемолассовая формации Южного Урала.— М.: Изд-во АН СССР, 1961.— 352 с.
- Херасков Н. П. Геологические формации.— Бюл. МОИП. Отд. геол., 1952, т. 27, № 5, с. 3—23.
- Херасков Н. П. Тектоника и формации.— В кн.: Избранные труды. М.: Наука, 1967, с. 375—401.
- Цейслер В. М. Структура осадочных формаций.— В кн.: Структура геологических формаций. Владивосток, 1980, с. 28—36.
- Чиков Б. М. Основы методологии тектонического районирования.— Новосибирск: Наука, 1985.— 165 с.
- Шатский Н. С. Гипотеза Вегенера и геосинклинали.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1946, № 4, с. 3—20.
- Шатский Н. С. О некоторых насущных задачах геотектоники.— Сов. геология, 1947, № 16, с. 3—20.
- Шатский Н. С. Парагенезы осадочных и вулканогенных пород и формаций.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1960, № 5, с. 3—18.
- Шатский Н. С. Избранные труды. Т. 3.— М.: Наука, 1965.— 350 с.
- Шафрановский И. И. Евграф Степанович Федоров.— М.— Л.: Изд-во АН СССР, 1963.— 250 с.
- Ширяев Е. Е. Новые методы картографического отображения и анализа геоинформации с применением ЭВМ.— М.: Недра, 1977.— 182 с.
- Шрейдер Ю. А. Равенство, сходство, порядок.— М.: Наука, 1971.— 256 с.
- Шрейдер Ю. А. Логика знаковых систем: Элементы семиотики.— М.: Знание, 1974.— 64 с.
- Штилле Г. Основные вопросы сравнительной тектоники.— В кн.: Избранные труды. М.: Мир, 1964, с. 90—98.
- Эренбург И. Избранные сочинения. Т. 9.— М.: Худож. лит. 1967.— 250 с.
- Юшкин Н. П. Опыт среднемасштабной топоминералогии: Пайхойско-Южно-новоземельская минералогическая провинция.— Л.: Наука, 1980.— 377 с.
- Яковлев С. А. Общая геология.— М.— Л.: Госгеолтехиздат, 1948.— 300 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение (В. А. Соловьев)	3
-------------------------------------	---

Часть I. ИСТОРИЯ

Глава 1. Основные этапы картографической деятельности (В. И. Оноприенко)	6
§ 1. Предыстория	—
§ 2. Геолком	7
§ 3. Геолкарта 1 : 1 000 000	10
§ 4. Геолкарта 1 : 200 000	14
§ 5. Геолкарта 1 : 50 000	17
Глава 2. История основных идей и принципов (В. А. Соловьев)	18
§ 1. Историзм и уникализм	—
§ 2. Фиксизм и мобилизм	38
§ 3. Иерархизм и структурализм	43

Часть II. МЕТОДОЛОГИЯ

Глава 1. Геокартография как наука (В. Ю. Забродин, В. А. Соловьев)	51
§ 1. Цели и задачи	52
§ 2. Объект и предмет	55
§ 3. Методы и средства	60
§ 4. Метакартография	62
Глава 2. Методологические принципы геокартографии (В. А. Соловьев)	66
§ 1. Принцип системности	67
§ 2. Принцип иерархии	69
§ 3. Принцип элементности	72
§ 4. Принцип формализации	74
Глава 3. Геокартография и гноссология (В. И. Оноприенко)	78
§ 1. Карта как эмпирическое знание	79
§ 2. Карта как теоретическое знание	80
§ 3. Картографирование и моделирование	82
§ 4. Информационная функция карты	85

Часть III. ТЕОРИЯ

Глава 1. Язык геокартографии (В. Ю. Забродин)	88
§ 1. Геокартография и лингвистика	—
§ 2. Алфавит и словарь	90
§ 3. Синтаксис	94
§ 4. Информативность	96
§ 5. Семантика	101
§ 6. Прагматика	103
§ 7. Выразительные возможности	104
§ 8. Язык карты и метаязыки	106
Глава 2. Генерализация геологических карт (В. И. Оноприенко)	107
§ 1. Генерализация как абстрагирование	—
§ 2. Генерализация как обобщение	110
§ 3. Масштаб карты	112

	§ 4. Виды генерализации	114
	§ 5. Способы генерализации	117
Глава 3.	Легенда геологической карты (В. Ю. Забродин)	120
	§ 1. Понятие «легенда»	—
	§ 2. Легенда как знаковая система	121
	§ 3. Легенда как классификация	126
	§ 4. Легенда как модель структуры	134
	§ 5. Легенда как теоретическая концепция	137
	§ 6. Принципы построения легенды	139
	§ 7. Легенды и картографические модели	143
Глава 4.	Геологический разрез (В. Ю. Забродин)	145
	§ 1. Разрезы и их типы	—
	§ 2. Разрез и структура	150
Глава 5.	Геологическая колонка (В. А. Соловьев)	153
	§ 1. Понятие «колонка»	—
	§ 2. Колонка как модель слоистой структуры	156
Глава 6.	Основы теории тектонической картографии (В. А. Соловьев)	160
	§ 1. Понятие «тектоническая карта»	—
	§ 2. Теория геологических структур	163
	§ 3. Типы геологических структур	172
	Заключение (В. А. Соловьев)	186
	Литература	193

Владимир Юрьевич Забродин
 Валентин Иванович Оноприенко
 Владимир Алиевич Соловьев

ОСНОВЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТОГРАФИИ

Утверждено к печати Институтом геологии
и геофизики СО АН СССР

Редактор издательства З. Д. Роскина
 Художественный редактор М. Ф. Глазырина
 Художник А. И. Смирнов
 Технический редактор Н. М. Бурлаченко
 Корректоры Н. В. Лисина, Р. К. Червова

ИБ № 29972

Сдано в набор 17.04.86. Подписано к печати 03.11.86. МП-01264. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага типографская № 1. Обыкновенная гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л. 12,5. Усл. кр.-отг. 12,8. Уч.-изд. л. 14. Тираж 1650 экз. Заказ № 158. Цена 2 р. 30 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука», Сибирское отделение. 630099, Новосибирск, 99, Советская, 18.
 4-я типография издательства «Наука», 630077, Новосибирск, 77, Станиславского, 25.

2 р. 30 к.

4806