

стратегия
и
математика



АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ТЕКТОНИКИ И ГЕОФИЗИКИ

551.7+54 (Методы)

550.8:51

СТРАТИГРАФИЯ И МАТЕМАТИКА

Методологические, теоретические и организационные вопросы,
связанные с применением математических методов и ЭВМ
в стратиграфии

8807

Под редакцией

Ю. А. КОСЫГИНА, Ю. С. САЛИНА, В. А. СОЛОВЬЕВА

Хабаровск
1974



Авторский коллектив:

доцент А. М. БОРОВИЦКОВ (общая геология, тектоника), доктор физ.-мат. наук Ю. А. ВОРОНИН (математическая геология, геофизика), младший научный сотрудник Н. Г. ГОРЕЛОВА (стратиграфия), младший научный сотрудник А. А. КОНОВАЛЕНКО (тектоника, общая геология), младший научный сотрудник В. А. КУЛЫНДЫШЕВ (математическая геология), кандидат геол.-мин. наук Ю. С. САЛИН (стратиграфия), доцент В. А. СОЛОВЬЕВ (тектоника, общая геология), младший научный сотрудник А. А. ТИТОВ (математическая геология), младший научный сотрудник Р. Ф. ЧЕРКАСОВ (геология докембрия, общая геология).

Книга посвящена методологическим проблемам, связанным с использованием математики и ЭВМ в стратиграфии.

Объект и предмет, цели и задачи, методы и средства, организация стратиграфии, связи с другими отраслями геологии — *главные вопросы методологического анализа.*

Предпосылки построения формализованного языка стратиграфии и математическая постановка стратиграфических задач — это разделы книги, закладывающие основу математической стратиграфии, которая авторами рассматривается как наука по своему предмету стратиграфическая, а по принципам, языку и методам — математическая.

Книга, несомненно, привлечет внимание тех, кто интересуется общими и теоретическими проблемами геологии, а также математиков и методологов.

This paper deals with methodological problems concerning the use of mathematics and electronic computers in stratigraphy.

Object and subject, aims and tasks, methods and means, organization of stratigraphy and its connection with other branches of geology are main problems of methodological analysis.

Grounds for creating of formalized stratigraphic language and mathematical approach to stratigraphic problems lay foundations of mathematical stratigraphy. The authors consider it to be a stratigraphic science according to the subject and a mathematical one according to the principles, the language and the methods.

This paper appears to be interesting for geologists, mathematicians and methodologists.

ОТ РЕДАКТОРА

Если поиски полезных ископаемых считать самой важной практической задачей геологии, то следует признать, что путь к этой цели очень сложен. Он состоит из ряда этапов исследований, среди которых наиболее важными являются, очевидно, тектонические исследования, создающие основу для выявления закономерностей размещения полезных ископаемых. В свою очередь, сама тектоника как наука о структуре всех геологических объектов планетарного уровня организации вещества питается результатами многих отраслей знания. И в первую очередь ей необходимы знания о слоистой структуре осадочной оболочки Земли, которые добывает стратиграфия. Н. С. Шатский как-то назвал стратиграфию матерью тектоники. Действительно, родственные связи стратиграфии и тектоники настолько близки, что часто затрудняемся даже ответить на вопрос, с чем приходится иметь дело — то ли с тектоникой, то ли со стратиграфией. Это выражается не только в том, что понятия «слой», «слоистость», «слоистая структура» рассматриваются как в учебниках по стратиграфии, так и по тектонике. Тесно переплетаются и методы этих наук. Известны, например, «тектонические методы корреляции», оказавшиеся незаменимыми при изучении слоистой структуры докембрия. Но думается, что самое главное единство стратиграфии и тектоники подчеркивается общностью методологических проблем, стоящих перед ними.

Прежде всего, я имею в виду проблему усовершенствования языка и «математизации» стратиграфии и тектоники. Опыт исследований в этом направлении показал, что она не может быть решена без руководящего принципа. В качестве такого принципа нами был выдвинут принцип формализации понятий как необходимое условие применения математики и ЭВМ в геологии вообще, а стратиграфии и тектоники в частности.

Книга «Стратиграфия и математика» написана группой научных сотрудников, в которую вошли стратиграфы, тектонисты, математики и методологи. Опыт комплексного подхода к решению методологических задач в геологии осуществлен впервые. Работа завершена в Институте тектоники

и геофизики ДВНЦ АН СССР, головном по методологической проблеме геологии. Сейчас пока трудно говорить о значении проведенных исследований, но несомненно одно — интерес к ним будет значительный, так как авторами затронуты не только кардинальные вопросы стратиграфической теории, но и основания этой теории, т. е. вопросы метастратиграфии. Естественно, не со всеми положениями, развиваемыми в книге, можно согласиться. Требуется серьезной проверки на практике формальная трактовка задач стратиграфии. Вряд ли удачно и название книги, но так или иначе стремление авторов превратить стратиграфию в логически стройную науку налицо.

Академик Ю. А. КОСЫГИН

ВВЕДЕНИЕ

Идея математической постановки и решения стратиграфических задач на ЭВМ возникла в связи с исследованиями по формализации тектонических понятий, проводимыми под руководством Ю. А. Косыгина в лаборатории теоретической тектоники Института тектоники и геофизики ДВНЦ АН СССР. Известно, какое большое значение придавал стратиграфии, как науке о сложной структуре, глава тектонической школы Н. С. Шатский: «Геотектоника нуждается в непрерывно возрастающей детальности геологических карт, в увеличении точности определения возраста и особенно корреляции осадочных толщ, что немислимо без огромной стратиграфической работы, особенно в области биостратиграфии, в определении миграции фаун и законов развития фаун на земной поверхности. Эти вопросы слабо разрабатываются у нас, а они определяют точность многих важных тектонических выводов; от разработки методов стратиграфии и стратиграфии данной страны зависит точность, «структурность» наших карт» (Шатский, 1947, стр. 5).

Действительно, принципы тектоники тесно переплетаются с принципами стратиграфии, а иногда просто повторяют их. Например, в случае установления вертикальных (стратиграфических) и латеральных (фашиальных) рядов геологических формаций при тектоническом районировании. Для установления вертикального ряда используется принцип стратиграфической последовательности напластования, для латерального ряда — все принципы стратиграфической корреляции. Этим и объясняется тот большой интерес, который проявляют тектонисты к общим и теоретическим проблемам стратиграфии.

Но среди тектонистов и стратиграфов все еще бытует представление о том, что для стратиграфических построений важен лишь хороший фактический материал. Однако «...суще-

ствующая сейчас множественность стратиграфических схем далеко не всегда обусловлена только недостатками фактического материала. В значительной мере она связана с неупорядоченностью в вопросах стратиграфической терминологии и номенклатуры (разрядка наша. — В. С.), отражающей в свою очередь недостаточное внимание к методической стороне стратиграфических исследований» (Степанов, 1958, стр. 5).

Действительно, стратиграфия как важнейшая геологическая дисциплина «...всегда имела неисчерпаемую эмпирическую базу» (Соколов, 1971, стр. 156). «Однако все это не сделало стратиграфию наукой логически строгой, не свело ее исходные положения к устойчивой системе аксиом, и даже общие принципы науки не перестали передвигаться с одного места на другое в зависимости от разного понимания их роли, взаимоотношений и масштабности; далеко еще не устоялись представления и об основах стратиграфической классификации» (Соколов, 1971, стр. 156).

Работы таких известных стратиграфов, как Л. Л. Халфина (1960), В. В. Меннера (1962), А. П. Ротая (1962), Г. Я. Крымгольца (1964), Г. П. Леонова и др. (1965), Ф. Г. Гурари и Л. Л. Халфина (1966), Д. В. Наливкина (1967), Д. Л. Степанова (1967), С. В. Тихомирова (1968), А. И. Жамойды и др. (1969), А. М. Садыкова (1969), О. Н. Schindewolf (1960), M. J. Weller (1960), H. G. Schenck (1961), С. Н. Holland (1964), А. В. Shaw (1964), H. D. Hedberg (1965), L. Störmer (1966), Н. J. Harrington (1967) и многих других, по выражению В. С. Соколова, «иллюстрируют это положение сейчас столь же ярко, как и в прошлом» (Соколов, 1971, стр. 156).

Думается, что выход из наметившегося «кризиса» следует искать в развитии методологических и математических исследований в рамках общей стратиграфии. К сожалению, методология стратиграфии не стала предметом внимания ни стратиграфов, ни тектонистов. Поэтому должны быть понятны трудности, которые встали перед нами в попытке разобраться в методологии стратиграфии. Лишь надежда на то, что работа воспримется как первый шаг в этом направлении, вселяет некоторый оптимизм.

Не более утешительно обстоят дела и с «математизацией» стратиграфии, хотя чарам «царицы наук» поддалась и она (Кургалимова, 1972; Поярков, 1969; Скобло, 1970; Dacey M. F., Krumbein W. C., 1970; Dumitriu C., 1970; и др.). Очевидно, не всякое использование математики есть «математизация» в

точном смысле этого слова. Известно, что статистика с давних пор применяется в стратиграфии и палеонтологии, однако использование математики только в форме чисто подсобных вычислительных средств существенно не повлияло на стратиграфию и не изменило образ мышления стратиграфа и его научный язык.

Когда речь заходит о применении математики в стратиграфии, то почему-то упускается из виду, что «математика — это не только совокупность фактов, изложенных в виде теории, но прежде всего — арсенал методов, и даже еще, прежде всего, — язык для описания фактов самых разных областей науки и практической деятельности. Именно этим обстоятельством и обуславливается универсальный характер применимости математики, 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 ко всем отраслям науки (если можно так сказать — к Науке в целом), да и не только науки» (Успенский, 1965, стр. 7). Поэтому проблеме формализации языка стратиграфии мы уделили особое внимание. Прежде всего это выразилось в попытке формализовать основные понятия и принципы и сформулировать задачу стратиграфии на языке математики. Это создало реальные предпосылки для проведения стратиграфических построений на ЭВМ. Они осуществлены в Вычислительном центре СО АН СССР под руководством Ю. А. Воронина (Воронин и др., 1971, 1972).

Цель работы предопределила и ее композицию. Первая часть посвящена методологии стратиграфии, вторая — основам математической стратиграфии. Все разделы были предметом обсуждения и острой дискуссии на коллоквиумах отдела общей и теоретической тектоники Института тектоники и геофизики ДВНЦ АН СССР. По некоторым проблемам авторы разных глав не пришли к общему мнению. Работа над книгой велась параллельно с составлением справочных материалов по тектонической терминологии (вып. V, «Слоистые структуры и методика их исследования»). Эти материалы послужили основой как для проведения методологического анализа, так и для формализации стратиграфических понятий. Для их составления проработана вся отечественная литература, в которой приводятся общие стратиграфические термины и определения, а также различные стратиграфические классификации и методы.

Общеметодологические вопросы обсуждались с доцентами кафедры философии Новосибирского Государственного университета М. А. Розовым и С. С. Розовой. Содержательная сторона стратиграфических задач и методов разбиралась в форме консультации с профессором кафедры палеонтологии Новосибирского Государственного университета А. М. Обутом и сотрудниками отдела стратиграфии и палеонтологии Института геологии и геофизики СО АН СССР А. С. Дагисом, Е. А. Елкинским, А. В. Розовой, С. Л. Троицким и др. Это упоминание — не только знак нашей признательности, но и страховка названных лиц от всякой ответственности за изъяны в работе, вполне возможные при любом новом начинании.

МЕТОДОЛОГИЯ СТРАТИГРАФИИ

Глава I

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ НАУКИ

§ 1. ОБЩИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

Наша цель — методологический анализ стратиграфии как основа ее логико-математического совершенствования. Это общее указание цели должно быть конкретизировано. В соответствии с результатами, полученными М. А. Розовым (1967), надо различать следующие виды методологического анализа: формальнологический, направленный на выяснение логической строгости и логическое обоснование методов и средств решения задач; нормативно-методический, направленный на разработку оптимальных методов решения задач; логико-трансляционный, направленный на определение места и роли каждой задачи в общей системе задач.

Какой вид методологического анализа должен проводиться в стратиграфии? По-видимому, проведение формально-логического анализа необходимо, так как методы и средства стратиграфии разрабатывались без учета требований формальной логики; прежде чем их совершенствовать, надо выяснить их логические недостатки. Не вызывает сомнений необходимость проведения и нормативно-методического анализа, так как прежде чем искать новые методы и средства, надо установить, являются ли существующие методы и средства оптимальными

или нет. Наконец, для стратиграфии давно назрела необходимость в проведении логико-трансляционного анализа, так как надежда на то, что функционирование какой-либо науки и связанных с ней смежных дисциплин отрегулировано самим ходом истории, обычно не оправдывается. Известны парадоксальные ситуации, когда «...исследователь, сам того не подозревая, решает иногда целый комплекс задач, свернутый в продукте-образце, причем некоторые из этих задач он на самом деле и не хотел бы решать» (Розов, 1967, стр. 210).

Определение любого понятия может быть различным для различных целей, для которых выделяется данное понятие. Не является исключением в этом смысле и определение науки. Для целей формально-логического и нормативно-методического анализа (Розов, 1967) и для целей логико-методологического анализа, учитывая современные представления логиков и методологов о структуре науки (Леонтьев, 1969; Логика научного познания, 1965; Проблемы логики научного познания, 1964; Проблемы методологии научного познания, 1968; Раки-тов, 1971; Розин, 1967; Розов, 1965; Садовский, 1962, 1963; Смирнов, 1962; Уемов, 1962, 1971; и др.), можно назвать следующие методологические элементы, которые должны быть отражены в определении науки: объект и предмет, цели и задачи, методы и средства. Совокупность всех этих элементов образует единое целое или систему, т. е. то, что и следует понимать под наукой в широком смысле этого слова. Так как в общих работах по стратиграфии результаты, полученные логиками и методологами, еще не нашли достаточного отражения, остановимся на некоторых положениях.

Речь идет, прежде всего, о самом понимании объекта науки. Часто говорят, что ряд наук имеет один и тот же объект. Это значит, что все они оперируют одними и теми же индивидуальными (конкретными) явлениями, но процесс научной абстракции протекает во всех этих науках по-разному, в результате чего мы строим внутри теоретической системы различные абстракции или модели этих явлений. Совокупность (система) конкретных явлений исследования — это и есть объект данной науки. Совокупность (система) абстракций или моделей образует предмет данной науки (Леонтьев, 1969).

Цели науки должны ограничиваться результатами, получаемыми в пределах самой науки. Нельзя называть, например, целью стратиграфии поиски полезных ископаемых, так как хотя стратиграфия и направлена на достижение в конеч-

ном итоге этой цели, но сама эта цель достигается за пределами стратиграфии, в рамках теории поисков, использующей стратиграфические результаты как одно из средств. Для достижения целей наука решает некоторую совокупность задач.

Методы, с помощью которых решаются задачи, делятся на экспериментальные, или методы наблюдения, и теоретические. В наблюдениях используются такие средства, как приборы. В теоретических методах средствами являются знаки (термины, символы) и обозначаемые ими понятия, а также законы, принципы, аксиомы.

§ 2. АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЙ

Обратимся к некоторым определениям стратиграфии.

Стратиграфия — раздел исторической геологии, охватывающий вопросы исторической последовательности, первичных взаимоотношений и географического распространения осадочных, магматических и метаморфических образований, слагающих земную кору и отражающих естественные этапы развития Земли и населявшего ее органического мира (СКТ, 1960, стр. 7).

Стратиграфия — это наука, изучающая последовательность залегания горных пород в разрезах, корреляцию и установление их относительного возраста (Жижченко, 1969, стр. 5).

Стратиграфия — раздел геологии, занимающийся изучением последовательности залегания и взаимоотношения слоев и толщ осадочных и вулканогенных пород, а также интрузивных пород и установлением их относительного и абсолютного возраста (ГС, 1955, т. II, стр. 292).

Стратиграфия изучает слои земной коры — горные породы с точки зрения их хронологической последовательности и географического распространения (Жинью, 1952, стр. 11).

Стратиграфия — это раздел геологии, охватывающий вопросы последовательности формирования геологических образований во времени и периодизации истории земной коры на основе установления соотношений геологических образований в пространстве и выявления этапов геологической истории (ИСК, 1970, стр. 8).

Стратиграфия как геологическая дисциплина могла бы быть определена как историческая интерпретация нормально пластующихся толщ горных пород независимо от их состава, условий образования, залегания и пространственного распространения. Такие толщ геология изучает методами литологии и петрографии, геохимии, фашиального и формационного анализа, палеогеографии, геофизики и палеогеофизики, тектоники и т. д. Но только стратиграфия с помощью привлекаемых ею самой методов интерпретирует их с точки зрения возраста (моложе — древнее) и длительности процесса формирования (времени), ставя своей целью, с одной стороны, создание региональных схем стратиграфических подразделений, отражающих в

конкретных стратиграфических единицах региональную историко-геологическую последовательность событий, а с другой — разработку общей, универсальной, абстрагированной от региональных схем стратиграфической шкалы, которая бы адекватно отвечала непрерывному геологическому времени и не содержала бы пробелов, свойственных любой региональной схеме (Соколов, 1971, стр. 158).

Стратиграфия — отрасль исторической геологии, изучающая эволюцию неорганического мира или развитие горных пород, составляющих литосферу, в течение последовательных этапов геологической истории (Грэбо, цит. по Крумбейну и Слоссу, 1960, стр. 11).

Стратиграфия — раздел геологии, изучающий последовательность напластования горных пород, их пространственные взаимоотношения и относительный возраст (Меннер, БСЭ, т. 41, стр. 80).

Стратиграфия является областью исследования, разрабатывающей проблему относительного летоисчисления, являющуюся основным рабочим методом геохронологии (Леонов, 1956, стр. 10).

Стратиграфию принято определять как отрасль геологии, изучающую хронологическую последовательность напластования и относительный возраст, а также пространственное распространение слоев земной коры (Степанов, 1958, стр. 13).

Стратиграфия — геологическая дисциплина, изучающая временные и пространственные соотношения толщ горных пород, составляющих земную кору и отражающих естественные этапы развития последней (Степанов, 1967, стр. 106).

Стратиграфия изучает земное вещество на уровне геологических тел с точки зрения их вещественного состава и первичных (изначальных) пространственно-временных соотношений (Садыков, 1970, стр. 23).

Из приведенных цитат следует, что чаще всего в определении стратиграфии входит объект, изучаемый этой наукой (табл. 1), а также цели и задачи стратиграфических исследо-

Таблица 1

Определение стратиграфии

Источник	Признак	Объект	Цели, задачи	Методы
СКТ, 1960		+	+	—
Жижченко, 1969		+	+	—
ГС, 1955		+	+	—
Жинью, 1952		+	+	—
ПСК, 1970		+	+	—
Данбар и Роджерс, 1962		+	+	—
Соколов, 1971		+	+	+?
Крумбейн и Слосс, 1960, по Грэбо		+	+	—
Меннер, БСЭ		+	+	—
Леонов, 1956		—	+	—
Степанов, 1958		+	+	—
Степанов, 1967		+	+	—
Садыков, 1970		+	+	—

ваний. Только Б. С. Соколов (1971) кроме этих элементов называет также методы стратиграфии. Таким образом, ни одно из приведенных определений не включает всех элементов, необходимых для определения стратиграфии как объекта методологического анализа.

Приняв какое-либо из имеющихся определений за основу при анализе, мы вынуждены были бы ограничиться анализом лишь тех признаков, которые указаны автором определения. Очевидно, придется использовать некоторую дополнительную информацию. Так, во многих работах, в которых не приведены определения стратиграфии, названы ее объекты, цели, задачи. При решении задач, названных стратиграфическими, применяется множество понятий, не используемых при решении других, нестратиграфических задач или же используемых в качестве заимствованных из стратиграфии. То же самое можно сказать и о законах, принципах, аксиомах и методах стратиграфии.

При анализе мы будем рассматривать и те практически используемые приемы стратиграфических построений, которые известны нам по опыту личной работы по стратиграфии, геологическому картированию и тектоническому районированию.

§ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛОГИКО-ТРАНСЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА

Вычленить объект логико-трансляционного анализа сложнее. По М. А. Розову (1967), логико-трансляционный анализ должен охватывать обширные области знания. Действительно, проанализировав небольшую область знания, нельзя быть уверенным, что, несмотря на внутреннюю логическую строгость и непротиворечивость, эта область войдет необходимым звеном в более общую цепь исследования. Возникает вопрос — где провести границу анализируемой области знания?

Ответить на этот вопрос можно с позиции теории деятельности (Щедровицкий, Дубровский, 1967; Щедровицкий, 1967). Согласно этой теории, любую научную деятельность можно представить как деятельность по выработке методических указаний для практической деятельности. Практической деятельностью в нашем случае можно считать поиски месторож-

дений полезных ископаемых. Стратиграфия не имеет непосредственной связи с теорией поисков полезных ископаемых. Ее научный продукт потребляется такими отраслями геологии, как геологическое картирование, тектоника, историческая геология, палеогеография и некоторые другие, которые в свою очередь связаны непосредственно с теорией поисков. Для того, чтобы установить соответствие научного продукта стратиграфии нуждам теории поисков, необходимо было бы анализировать строение геологии в целом, всю последовательность задач от стратиграфических построений до поисков. Такая сверхзадача выходит за рамки предлагаемой работы. Однако наметить наиболее важные этапы на этом пути, не детализируя их, можно. Необходимо представить функциональные связи стратиграфии с теми потребителями ее научного продукта, связи которых с теорией поисков несомненны; необходимо также представить связи стратиграфии с ближайшими поставщиками.

По А. А. Ляпунову (1967), исследованию функциональных связей науки должно предшествовать установление ее положения в общей структуре более широкой области знания. Среди признаков, которые должны учитываться при выделении научной области для целей функционального анализа, А. А. Ляпунов указывает практически те же самые, которые должны учитываться и при формально-логическом и нормативно-методическом анализе, — изучаемый предмет (объект), задачи, методы их решения.

Таким образом, поставив своей целью методологический анализ стратиграфии, мы должны проанализировать логическую структуру этой науки, представленную следующими методологическими элементами: объект и предмет, цели и задачи, методы и средства; кроме того, мы должны проанализировать функциональные связи стратиграфии со смежными науками. Попытаемся также для полноты картины провести анализ организационной стороны стратиграфических исследований.

ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ

§ 1. ОБЪЕКТ

1088

Под объектом науки понимается совокупность (система) реальных явлений или тел, которые служат источником ее эмпирического материала. У разных наук может быть один и тот же объект. В таком случае от смежных с ней дисциплин она должна отличаться предметом, целями и задачами, методами и средствами исследования.

Итак, отличается ли стратиграфия от смежных геологических наук спецификой своих объектов или нет? Если отличается, то чем именно?

Объект указан во всех определениях стратиграфии. Дополним эти указания прямыми высказываниями об объекте стратиграфии.

Непосредственными объектами стратиграфии являются толщи суперкристалльных осадочных и вулканических горных пород как метаморфизованных, так и метаморфизованных (ПСК, 1970, стр. 8).

Задачи стратиграфии не ограничиваются толщами осадочных горных пород, хотя породы эти и являются основным объектом стратиграфического исследования. В стратиграфическом отношении (т. е. в отношении относительного геологического возраста и естественной периодизации процессов формирования) могут и должны изучаться также толщи горных пород неосадочного происхождения. Только в отношении этих толщ вследствие специфических условий их образования и отсутствия в них определенных остатков, задачи стратиграфии как метода относительной датировки оказываются значительно более ограниченными (Леопов, 1956, стр. 10).



Огромная, крайне разнообразно построенная толща осадочных пород земной коры служит предметом изучения стратиграфической ветви нашей науки (исторической геологии) (Мазарович, 1938, стр. 63).

Объектом изучения стратиграфии являются толщи горных пород, при этом те их признаки и параметры, которые позволяют определить положение каждой толщи в современном геологическом пространстве, т. е. ее географическое распространение и мощность, взаимоотношения с покрывающими и подстилающими породами, а также ее положение в шкале абсолютного или относительного геологического времени, т. е. ее абсолютный или относительный возраст (Гуарри, 1969, стр. 67).

В первую очередь она (стратиграфия) занимается изучением слоистых (осадочных и вулканогенных) толщ. Слоистых — потому, что к ним можно применить основное правило стратиграфического расчленения, которое говорит о том, что кроющийся пласт является более молодым, а подстилающий — более древним. Неслоистые (интрузивные и другие секущие горные породы) являются уже косвенными объектами стратиграфии. Их возраст обычно определяется по их отношению к слоистым толщам (Зубкович, 1968, стр. 54).

Можно следующим образом классифицировать объекты стратиграфии, предлагаемые разными авторами (табл. 2).

Таблица 2

Объекты стратиграфии

Источник	Т о л щ и					Горные породы
	слоистые толщи или слои		толщи любой структуры и формы			
	осадочные и вулканогенные	любого состава и генезиса	осадочные	осадочные и вулканогенные	любого состава и генезиса	
Жинью, 1952		+				
СКТ, 1950					+	
ГС, 1955					+	
ЦСК, 1970				+	+	?
Данбар и Роджерс, 1962		+				
Соколов, 1971		+				
Крумбейн и Слоес, 1960, по Грэбо						+
Меннер, БСЭ					+	
Степанов, 1958		+				
Леонов, 1956					+	
Мазарович, 1938			+			
Гуарри, 1969					+	
Зубкович, 1968		+			+	?
Жадженко, 1969					+	?
Степанов, 1967					+	
Садыков, 1970						+

Наиболее крупными классами являются толщи (геологические тела) и горные породы. Поясним различие между ними.

Горную породу можно представлять как комплекс некоторых петрографических свойств. В понимании А. И. Умова (1963), комплекс свойств — это вещь. Вещь не имеет никаких пространственных характеристик. Песчаник, например, остается песчаником независимо от того, где, в какой части пространства он встречен, какие пласты или толщи он слагает.

Часть пространства, каждая точка которой охарактеризована некоторым комплексом свойств, — это тело. В понимании А. И. Умова, тело — это вещь, каким-то образом зафиксированная в пространстве.

Если понимать приведенные определения объектов стратиграфии буквально, то по некоторым из них объектами стратиграфии являются горные породы, т. е. вещи. Однако те из определений, в которых говорится о каких-то пространственных характеристиках горных пород (Меннер, БСЭ; Жижченко, 1969), очевидно, могут быть интерпретированы скорее как тела, потому что для вещей (классов в петрографической классификации) эти характеристики не имеют смысла. В случае возможной двойкой интерпретации в графах таблицы, соответствующих телам и вещам (толщам и горным породам), ставился знак +?

Авторы формулировок, называющих толщи в качестве объекта стратиграфии, выделяют среди них только слоистые толщи или слои. В других формулировках структура и форма толщ, подлежащих изучению, не оговаривается, тем самым допускается изучение толщ любой структуры и формы.

Во многих формулировках в классе толщ или в подклассе слоистых толщ выделяются в свою очередь более дробные классы тел, различающиеся по вещественному составу. Обычно называются осадочные или осадочные и вулканогенные толщи. Если не оговаривался вещественный состав или перечислялись все классы горных пород (например, «осадочные, магматические и метаморфические»), то мы считаем, что автор формулировки допускает изучение толщ любого состава.

При интерпретации некоторых формулировок возникают трудности. Например, в формулировке М. Е. Зубковича (1968) не ясна разница между объектами (непосредственными?) и косвенными объектами. Если косвенные объекты исследуются при решении стратиграфических задач, то они должны быть

отнесены к объектам стратиграфии, если же на них можно лишь распространить выводы, полученные при решении стратиграфических задач, то они объектами этой науки не являются.

Авторы СКТ, кроме указания на объект стратиграфии, имеющегося в определении этой науки, дают специальное определение, где также говорится о непосредственном объекте — толщах осадочных и вулканогенных пород и об интрузивных и других секущих породах, место которых в общем хронологическом ряду определяется по их отношению к слоистым толщам. «Непосредственный объект» упоминается и в ПСК. Предполагает ли существование «непосредственных объектов» существование «косвенных объектов»? Если да, то к таким высказываниям можно отнести все ранее сделанные замечания. Если нет, то «непосредственные объекты» стратиграфии являются ее единственными объектами.

В тех случаях, когда говорилось о «пластующихся горных породах» и «напластовании», мы сочли возможным интерпретировать эти высказывания как указания на слоистые толщи.

Из анализа приведенных формулировок можно сделать следующие общие выводы:

а) большинство авторов относит к объектам стратиграфии геологические тела, а не горные породы. Только Садыков (1970) и Грэбо (по Крумбейну и Слоссу, 1960) прямо и недвусмысленно указывают на горные породы как на объект стратиграфии. Все другие указания на горные породы могут быть интерпретированы и в другом смысле;

б) среди толщ как объектов стратиграфии указываются или только слоистые, или толщи любой структуры и формы. Те и другие в некоторых случаях подразделяются по вещественному составу;

в) так как в настоящее время не существует единого понимания терминов «слой», «пласт», «слоистая структура», то возможно, что авторы, указывающие на слой и слоистые толщи как на объект стратиграфии, понимают под этим разные геологические тела;

г) по мнению одних авторов, объект стратиграфии тот же, что и объект литологии, петрографии (горные породы); по мнению других, он одинаков с такими науками, как тектоника, геологическое картирование, структурная геология (любые геологические тела); по мнению третьей группы, стратиграфия выделяет свой объект среди множества объектов других геологических наук (только слоистые толщи или слои).

§ 2. ПРЕДМЕТ

Под предметом понимается совокупность абстракций, полученных в результате изучения конкретных явлений или тел. Примером может служить представление петрографов о конкретных формациях и абстрактных формациях, т. е. формационных рядах (Кузнецов, 1964). Объект исследования тектоники — геологические тела планетарного уровня организации вещества (Косыгин, 1970; Косыгин и др., 1972), а предметом тектоники служат разнообразные модели, отражающие структуру этих тел; среди этих моделей наиболее распространены тектонические карты.

Если относительно объекта стратиграфии имеется много высказываний, то определения предмета этой науки нам не удалось найти. Вероятнее всего, если за объект принять слоистые толщи, то схемы расчленения, корреляционные схемы, сводные шкалы будут служить моделями этих тел, которые строят стратиграфия. В таком случае совокупность схем расчленения, корреляции, сводных шкал и т. д. и будет предметом стратиграфии. Не будем, однако, развивать это положение, так как нашей целью являются не оригинальные предложения, а выяснение того, что думают по этому поводу стратиграфы.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

§ 1. АНАЛИЗ ФОРМУЛИРОВОК

В стратиграфии, как и в геологии вообще, цели и задачи не имеют четкой формулировки. Обычно не указывается, что дано, что требуется найти, каковы средства решения и граничные условия, как будет проверяться полученный результат.

Проанализируем некоторые формулировки целей и задач стратиграфии:

Стратиграфические исследования при всем разнообразии их методики имеют своей конечной целью решение двух основных задач. Первой из них является стратиграфическое расчленение разреза, т. е. возможно более детальное выяснение последовательности напластования и характерных особенностей различных толщ и слоев в отдельном непосредственно изучаемом разрезе. Второй — стратиграфическая корреляция, под которой понимается сопоставление между собой и установление возрастных соотношений отложений различных более или менее удаленных друг от друга разрезов без непосредственного непрерывного прослеживания соответствующих горизонтов (Степанов, 1958, стр. 13—14).

Основными целями стратиграфии являются:

1. Выяснение конкретных возрастных соотношений горных пород для отдельных участков земной коры как условия, необходимого для выяснения истории развития земной коры, а также для решения задач структурной геологии, геологического картирования и поисково-разведочных работ на полезные ископаемые.

2. Создание единой для всего земного шара естественной шкалы относительной геологической хронологии, т. е. единой системы периодизации истории Земли как необходимой базы всякого историко-геологического исследования (СКТ, 1960, стр. 7).

Близкое определение задач стратиграфии у М. Е. Зубковича (1968, стр. 53).

Основными задачами стратиграфии являются:

1. Установление конкретных временных (возрастных) соотношений горных пород для отдельных участков земной коры.

2. Корреляция стратиграфических подразделений различных категорий и рангов.

3. Создание общей стратиграфической шкалы и соответствующей ей геохронологической шкалы на основе периодизации геологической истории земной коры (ПСК, 1970, стр. 8—9).

К стратиграфии же как таковой относится описание серии отложений или геологических разрезов в различных точках земного шара, сравнение этих серий между собой и их сопоставление, выявление отличительных особенностей этих серий и установление различий между ними и в пространстве, и во времени и, наконец, гармоничная группировка разрезов в серию сопоставимых и лишенных противоречия таблиц (Жинью, 1952, стр. 23).

Главной ее (стратиграфии) задачей является определение относительного возраста отложений и соединение отдельных геологических разрезов между собой в выдержанные на больших пространствах стратиграфические горизонты (Мазарович, 1938, стр. 63).

Наряду с большим разнообразием методов стратиграфических построений их объединяет необходимость решения одних и тех же вопросов, а именно: расчленение разрезов, установление последовательности, корреляция, выяснение возраста горных пород и изменений условий осадконакопления (Жижченко, 1969, стр. 22).

Стратиграфия как наука преследует три главные цели:

1. Установление временной последовательности горных пород в исследуемых районах — стратиграфических схем, необходимых для решения частных геологических задач (частная стратиграфия).

2. Сравнение пространственно-временных соотношений горных пород в разных районах — корреляция стратиграфических схем, необходимая для решения общих практических задач геологии (практическая часть общей стратиграфии).

3. Раскрытие общих закономерностей во временном развитии геологических процессов на поверхности Земли и разработка планетарной схемы геонисторической периодизации, необходимой для решения общих теоретических задач геологии (теоретическая часть общей стратиграфии) (Зубков, 1969, стр. 52—53).

Кроме цитированных определений, включим в сферу нашего анализа также указания на цели и задачи стратиграфии, имеющиеся в определении стратиграфии как науки (см. гл. I).

§ 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЦЕЛЕЙ И ЗАДАЧ

В соответствии с этими данными можно следующим образом классифицировать цели и задачи стратиграфии (табл. 3). Отнесение задач к тому или иному разделу в таблице может

вызвать вопросы. Поэтому оговоримся относительно правил, которыми мы руководствовались.

Термины «историческая последовательность», «хронологическая последовательность», «временная последовательность», «возрастная последовательность» истолкованы нами как синонимы.

Понятия «последовательность», «следование», «отношение порядка» рассматриваются как разновидности более общего понятия «отношение», «историческая», «хронологическая», «временная», «возрастная» последовательности отнесены в группу «возрастных отношений».

Термин «возраст» во всех случаях, когда это не было особо оговорено, понимался нами как «относительный возраст», а «возрастные отношения» — как отношения «моложе — древнее», а не как отношения «насколько моложе — насколько древнее».

Задача установления относительного возраста (или просто возраста) может быть интерпретирована двояко — как задача установления отношений «моложе — древнее» для некоторых тел и как задача установления места тела в общепланетной стратиграфической шкале. Некоторые авторы прямо указывают, в каком смысле понимается эта задача (Соколов, 1971; Жижченко, 1969; ГС, 1955; Леонов, 1956). В других случаях (Меннер, БСЭ, т. 41; Мазарович, 1938; Степанов, 1958) такая интерпретация не дана, тогда в таблице ставился знак +?

«Установление соотношений во времени и в пространстве» может быть понято в двух смыслах: а) как установление вертикальных по нормали к пласту отношений, интерпретированных с точки зрения возраста (отношения во времени) и латеральных соотношений, отношений стратиграфически эквивалентных тел (отношения в пространстве); б) но оно может быть интерпретировано также и как установление отношений «моложе — древнее» (отношения во времени) и отношений «выше — ниже» (отношения в пространстве). В таблице термин «пространственные соотношения» использован во втором смысле. Понятия «последовательность», «стратиграфическая последовательность» включены в класс пространственных отношений. «Пространственные соотношения» в смысле латеральных отношений включены в таблице в графу «географическое распространение».

Если текст формулировки не позволял установить, в каком

смысле использовались автором «пространственные соотношения», то в таблице в обеих графах ставился знак +?

Установление длительности процессов формирования толщ горных пород истолковано нами как задача установления абсолютного возраста.

Проанализируем следующие стратиграфические задачи: описание разреза, расчленение разреза, установление последовательности напластования, корреляция, установление возрастных отношений, построение сводных колонок, установление абсолютного возраста, установление географического распространения геологических тел (стратиграфических подразделений).

§ 3. ОПИСАНИЕ РАЗРЕЗА

Описание как задача стратиграфии часто вообще не оговаривается; очевидно, она считается сама собой разумеющейся. Однако это неизбежное начало любых стратиграфических построений. Эту задачу можно интерпретировать как задачу изучения распределения в пространстве (в данном случае в одномерном пространстве) некоторых свойств, по которым в дальнейшем производится выделение тел. Наиболее отчетливо эта задача выступает как самостоятельная при описании керна, при получении каротажных записей некоторых электрических или радиологических свойств в одномерном пространстве скважины.

Описание не является специфичной задачей стратиграфии. В других отраслях геологии, изучающих статическое геологическое пространство, первым шагом также является описание распределения некоторых свойств.

§ 4. РАСЧЛЕНЕНИЕ РАЗРЕЗА

Задачу расчленения разреза можно интерпретировать как задачу разбиения геологического пространства (в данном случае — одномерного) на геологические тела. Подробно о

задаче разбиения говорилось в некоторых предыдущих работах (Косыгин, Воронин, 1964; Воронин и др., 1967). По разным спискам свойств пространство может быть разбито на тела разной специализации. Свойства могут быть непосредственно замеряемыми и наблюдаемыми или логически выводимыми из непосредственных измерений и наблюдений. К числу непосредственно замеряемых свойств, используемых в стратиграфии, можно отнести всевозможные электрические, температурные, радиологические свойства, измеряемые в скважинах, плотностные и другие физические свойства разрезов. Из числа свойств, изучаемых при полевых геологических исследованиях, наибольшим приближением к списку непосредственно замеряемых свойств является комплекс каких-либо литологических или палеонтологических свойств.

Любые временные характеристики не наблюдаются непосредственно; они должны логически выводиться из наблюдений.

Задача расчленения наиболее четко формулируется К. Даббаром и Дж. Роджерсом (1962) и американским стратиграфическим кодексом (Жамойда и др., 1969). Американцы разбивают одномерное пространство по списку литологических свойств на формации; допускается разбиение по любому другому списку свойств — на биостратиграфические подразделения (тела), почвенно-стратиграфические и др. Эти задачи имеют однозначное решение, если, кроме списка свойств, заданы также значения свойств, по которым должны проводиться границы или же значения их производных, или любых других логически выводимых свойств, — если границы проводятся не по непосредственно измеряемым свойствам. Предлагается также разбиение пространства на хроностратиграфические единицы — подразделения горных пород, рассматриваемые исключительно как свидетельство определенного интервала геологического времени. Такая постановка задачи не имеет смысла, так как любое произвольно заданное «подразделение горных пород» в одном разрезе можно рассматривать как «свидетельство определенного интервала геологического времени». По-видимому, именно это и имеют в виду Б. С. Соколов (1971) и О. Шиндевольф (Schindewolf, 1970), называющие понятие «хроностратиграфическая единица» излишним, так как не существует специального хроностратиграфического метода расчленения; по определению этого понятия любое выделенное в одном разрезе тело будет и хроностратиграфическим.

В. К. Крумбейн и Л. Л. Слосс (1960) предлагают расчленение по двум спискам свойств — литологическому и биологическому. Единицы расчленения и критерии их выделения те же, что у К. Данбара и Дж. Роджерса (1962). Хроностратиграфические единицы также выделяются этими авторами и определяются как «комплекс слоев, отложившихся на протяжении определенного периода геологического времени». Такая же методика расчленения разрезов и у А. Н. Мазаровича (1938), Б. П. Жижченко (1969), Д. Л. Степанова (1958) и у многих других авторов, то есть расчленение проводится по наблюдаемым свойствам с некоторыми их значениями, которым должны соответствовать границы, за исключением расчленения на хроностратиграфические единицы, которые могут ограничиваться любыми значениями любых свойств и практически не несут в себе никакого реального содержания.

Резко различен подход к постановке задачи расчленения у американских геологов, принимающих рекомендации Американской стратиграфической комиссии 1957 г., и у советских геологов, сторонников концепции единой стратиграфической шкалы (ЕСШ).

Американские геологи допускают расчленение по разным спискам непосредственно наблюдаемых и измеряемых свойств. По разным спискам свойств расчленение может быть различным. Выбор списка свойств определяется целями исследования, в конечном итоге — практической пользой. Для разных целей списки могут быть различными. Стратиграфические подразделения, выделяемые по наблюдаемым и измеряемым свойствам, характеризуются как объективные, подразделения же, выделяемые по свойствам, основанным на интерпретации наблюдаемых свойств (возраст, генезис и др.), названы субъективными (Hedberg, 1958, 1959, 1965; Wheeler, 1959). Расчленение на хроностратиграфические единицы в соответствии с рекомендацией XXI сессии Международного геологического конгресса должно устанавливаться таким образом, чтобы границы этих единиц в стратотипе совпадали с границами формаций или биостратиграфических единиц (Hedberg, 1965).

Совершенно по-другому ставит задачу расчленения Г. П. Леонов (1956). Он расчленяет разрезы, выделяя комплексы слоев, «отвечающие последовательным этапам геологического развития соответствующего геологического региона». В разрезе они фиксируются следующими реально наблюдае-

мыми признаками: а) перерывами, б) сменой литологического состава, в) сменой органических остатков в слоях. Однако эти признаки должны учитываться в комплексе и лишь после того, как установлено, что это признак не случайный, а действительно отвечающий этапу формирования отложений или развития органического мира.

Настаивают на необходимости расчленения на подразделения, отвечающие этапам развития органического и неорганического мира, В. В. Меннер (1962), М. Е. Зубкович (1968), авторы брошюры СГП (1954), СКТ (1956, 1960), СКТН (1965) и др.

При попытке логического истолкования подобной задачи прежде всего возникает вопрос: могут ли быть выделены этапы в конкретном, отдельно взятом разрезе, или же только в трехмерном полнозаданном геологическом пространстве, каким-то образом уже построенном (т. е. на уже построенной геологической карте)? Если «этапы» могут быть выделены в каждом из разрезов, то задача расчленения разреза на тела, отвечающие «этапам развития», может ставиться и решаться. Но и в этом случае, если «этапы» для каждого списка свойств свои (для каждой группы фауны, например), то единого для всех списков свойств разбиения не может быть. Такая операция была бы просто подгонкой «естественных этапов эволюции данной группы» к «заранее predetermined рамкам уже выделенных по тому или иному признаку стратиграфических единиц» (Степанов, 1958, стр. 88).

Если же «этапы» должны быть «этапами развития бассейнов», «этапами развития регионов в целом» или же «естественными этапами в общем ходе развития Земли и населяющих ее фауны и флоры в целом» (СКТ, 1960), то задача может иметь несколько вариантов. Первый из них — разбиение на тела, отвечающие «этапам», производится в уже построенном полнозаданном геологическом пространстве. Эта задача не имеет отношения к задаче расчленения разрезов. Второй вариант — расчленение разрезов на тела, отвечающие «этапам развития бассейна или всей Земли в целом». Задача во втором ее варианте — очень трудная задача. Ее решение должно быть таким: по некоторому произвольно выбранному списку свойств разбиваем одномерное геологическое пространство на тела, далее производим корреляцию разрезов и построение трехмерного полнозаданного геологического пространства и проверяем, отвечают ли выделенные в разрезе и прокоррелированные тела «этапам развития Земли в целом

или какой-то ее части». Если да, — то задача решена. Если нет, — снова возвращаемся к расчленению разреза, выбираем следующий список свойств, расчленяем разрезы, коррелируем их, строим полнозаданное пространство, проверяем соответствие выделенных тел «этапам» и так далее до тех пор, пока не попадется такой список свойств, который даст разбиение, отвечающее требованию «этапности».

Таковы возможные пути решения задачи разбиения, отвечающие требованию «этапности», для случая, если бы строгие определения понятия «этапности», «этапа» существовали. Однако таких строгих определений нет. Границы этапов проводятся по резким изменениям в развитии фауны (Меннер, 1964). Резкие изменения могут быть интерпретированы как наибольший для всего рассматриваемого интервала градиент изменения свойств или как разрыв функции. Г. Я. Крымгольд (1968) для выделения этапов использует понятие коэффициента обновления состава фауны, который он предлагает определять как отношение числа таксонов, не перешедших некоторую границу, к числу таксонов, переходящих ее без изменения. Критерий «этапности» в таком понимании может быть использован для оценки решения задачи разбиения. Однако этот критерий не дает ответа на вопрос: должно ли быть разбиение, отвечающее требованию «этапности», единственным или оно может быть различным для разных списков свойств?

По-видимому, «этапы» имеют смысл только в том случае, если эти «этапы» являются «естественными для общего хода развития Земли в целом или какой-то ее части и населяющих их фаун и флор», т. е. единственными (В. В. Меннер (1962), СГП (1954), СКТ (1956, 1960), СКТН (1965)). Из этого вытекает неизбежное следствие, — если два списка свойств дают разное разбиение, каждое из которых отвечает требованию «этапности», то одно из этих разбиений или неправильно, или «этапность», которому она отвечает, не является «естественной». Требование единственности разбиения по «этапности», таким образом, вызывает необходимость формулировки критерия «правильности» или «естественности» разбиения, что резко усложняет задачу. Найти такие критерии в литературе нам не удалось. В отсутствие таких критериев оценку задачу ставить нельзя.

§ 5. УСТАНОВЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ НАПЛАСТОВАНИЯ

После выделения геологических тел в разрезе устанавливается последовательность их напластования. Эта задача включает:

1. Установление порядка расположения тел в разрезе, т. е. совокупности элементов, связанных отношением «выше — ниже».

2. Выявление «нормальности» — «опрокинутости» разреза.

Решение первой задачи — операционное, т. е. производится при помощи операции непосредственного измерения: для скважин — по метражу, по отметкам глубины, для обнажений — чаще всего «на глаз», но и это установление «на глаз» вполне однозначно.

Вторая задача не может быть решена измерениями. Для ее решения предложено много способов. Обзоры этих способов даются в ряде руководств (Данбар и Роджерс, 1962; Халфин, 1967; и др.) и особенно в фундаментальной работе Р. Широка (1950). Для оценки правильности решения необходимо строгое определение понятий «нормальности» и «опрокинутости» залегания. Найти такие определения нам не удалось.

По мнению некоторых исследователей, задача установления последовательности напластования не является стратиграфической задачей: «Распознавание опрокинутого залегания слоев относится скорее к области структурной геологии, хотя разграничить здесь сферы интересов структурной геологии и стратиграфии трудно» (Халфин, 1967, стр. 17).

§ 6. КОРРЕЛЯЦИЯ РАЗРЕЗОВ

Задачу корреляции разрезов можно считать основной задачей стратиграфии, так как все геологические выводы строятся на полнозаданном геологическом пространстве, свойства которого по некоторому списку известны для каждой точки этого пространства, а все геологические материалы получают для неполнозаданного пространства в виде отдельных

разрезов или точек. Построение полнозаданного пространства для слонстых толщ производится путем корреляции разрезов и проведения границ выделенных толщ.

Приведем некоторые высказывания о назначении и содержании задачи корреляции:

Возможность получить наглядную картину строения стратисферы основана на корреляции, т. е. на сопоставлении или параллелизации пластов, развитых в частях земной поверхности, более или менее далеко отстоящих друг от друга. При этом в основе параллелизации или сопоставления лежит установление одновозрастности или, по крайней мере, однозначности соответствующих слоев (Динер, 1934, стр. 131).

Второй (из основных стратиграфических задач) является стратиграфическая корреляция, под которой понимается сопоставление между собой и установление возрастных соотношений отложений различных, более или менее удаленных друг от друга разрезов без непосредственного непрерывного прослеживания соответствующих горизонтов (Степанов, 1958, стр. 13—14).

Стратиграфической корреляцией называется сопоставление в пространстве стратиграфических подразделений или их частей по геологическому возрасту (ПСК, 1970, стр. 11).

Стратиграфическая корреляция показывает эквивалентность стратиграфических подразделений. Коррелировать можно толщи пород, био-стратиграфические или геохронологические серии. Поэтому эквивалентность может быть выражена в литологическом или биологическом составе или же в шкале геологического времени (Крумбейн и Слосс, 1960, стр. 229).

Стратиграфическая корреляция может быть местной (для отдельных разрезов одного и того же района или бассейна) и общей — сопоставление разрезов удаленных друг от друга областей, расположенных иногда даже на разных континентах.

При общей корреляции сопоставление отложений, как указывает Л. С. Либрович (1948), производится обычно на основе установления соответствия данного изучаемого напластования (слоя, свиты и т. д.) и сравниваемого с ним одному и тому же стратиграфическому горизонту, представляющему уже не какие-либо определенные отложения, а теоретически построенный уровень или подразделение эталонной шкалы, отвечающей определенному геологическому возрасту (Степанов, 1958, стр. 14).

Стратиграфическая корреляция представляет сопоставление между собой и установление возрастных соотношений вскрываемых различными разрезами отложений в более или менее удаленных друг от друга районах без непосредственного непрерывного прослеживания отдельных горизонтов.

Корреляция может быть местной и общей. Местная корреляция — это сопоставление отдельных разрезов в пределах одного, сравнительно небольшого района, а общая корреляция — сопоставление разрезов удаленных областей, иногда расположенных на разных континентах. При общей корреляции устанавливается соответствие данных слоев и сравниваемых, находящихся в разрезе удаленного района, одному и тому же стратиграфическому уровню, представляющему обычно какую-либо единицу единой стратиграфической шкалы и отвечающему определенному геологическому возрасту (Зубкович, 1968, стр. 94).

Корреляция как задача стратиграфии принимается практически всеми стратиграфами. Правда, не во всех стратиграфических руководствах, монографиях и учебниках говорится об этой задаче, не везде она формулируется, но трудно найти стратиграфическую работу, в которой эта задача не решалась бы. Не вызывает сомнений важность этой задачи и в практической работе.

В постановке задачи корреляции наблюдаются значительные расхождения. Прежде всего, неоднозначно само понимание термина «корреляция». Одна группа геологов понимает его узко, только как установление возрастных (временных) отношений геологических тел, другая группа использует этот термин в более широком смысле и обозначает им также установление невозрастных пространственных отношений геологических тел по литологическому составу, фауне и другим свойствам.

Впервые в стратиграфии термин «корреляция» был использован Дж. Пауэллом в 1891—92 гг. в значении установления временных отношений. В 1895 г. он был употреблен Дж. Дана в значении установления «одного и того же геологического горизонта» (Rodgers, 1959). В настоящее время понимают термин «корреляция» в узком смысле Л. Ш. Давиташвили (1948), Б. П. Жижченко (1969), К. Данбар, Дж. Роджерс (1961), Rodgers (1959), О. Schindewolf (1958, 1970), Н. Harington (1965) и др. Установление пространственных отношений по литологии, фауне и другим свойствам сторонники такого понимания термина называют установлением фаунистических, литологических и других соответствий, фаунистической, литологической эквивалентности или непрерывности. Некоторые из них даже относят эту операцию к «простратиграфии» или буквально — «достратиграфии» (О. Schindewolf, 1958, 1970). В широком смысле понимают термин «корреляция» Д. Л. Степанов (1958), В. К. Крумбейн и Л. Л. Слосс (1960) и др.

Примем значение слова «корреляция» в широком смысле. При этом очевидно, что корреляцией называется одна общая задача, которая может быть разбита на две самостоятельные задачи. Установление возрастных отношений назовем задачей синхронизации; за второй задачей оставим название «установление пространственных отношений». Такое обозначение не будет противоречить сложившейся языковой практике.

При логическом истолковании задачи корреляции возникают трудности. Эта задача не может быть сведена к задачам других наук, для которых имеются логически строгие форму-

лировки. Не имеется формулировки этой задачи и в большинстве предыдущих работ по формализации и математизации геологии. Впервые попытка логического истолкования задачи корреляции была предпринята в статье «О проведении стратиграфических построений на ЭВМ» (Воронин и др., 1971). Прием предложенную в этой работе формулировку.

Задачей корреляции двух разрезов можно считать решение вопроса: являются ли два одномерных тела разных разрезов (стратиграфические подразделения этих разрезов) частями одного и того же двумерного (трехмерного) тела, пересекающего оба разреза, или они являются частями разных двумерных (трехмерных) тел, одно из которых лежит выше другого. Мы назвали такую операцию идентификацией.

По-видимому, к такой формулировке может быть сведено большинство задач установления фаунистических, литологических соответствий, все задачи установления литологической, фаунистической непрерывности, а также задачи установления синонимии угольных пластов (Жемчужников, 1950). Часть задач установления соответствий не может быть сведена к идентификации. Имеется в виду ситуация, при которой коррелируются два тела, принадлежащие к «одному и тому же геологическому горизонту», но выполненные разными породами или формациями или содержащие различные виды окаменелостей и т. д., вследствие чего они не могут быть объединены в одно и то же геологическое тело. Назовем такое отношение «стратиграфической эквивалентностью».

Задача установления возрастных отношений — синхронизация, очевидно, может быть представлена как идентификация по возрасту.

Способы решения задачи корреляции и способы оценки решений будут рассмотрены в следующей главе.

§ 7. УСТАНОВЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Задача установления относительного возраста имеет различные формулировки для одномерного и для двумерного (трехмерного) геологического пространства. Для одномерно-

го пространства эта задача является задачей логического вывода отношений «моложе — древнее» из отношений «выше — ниже» с помощью принципа Стено, который позволяет при некоторых условиях относительно «выше» поставить в соответствие отношение «моложе». Эти условия разными авторами формулируются по-разному. Большинство стратиграфов относят к ним только условия «нормальности (неопрокинутости) залегания». В таком понимании задача определения относительного возраста сводится к задаче установления последовательности напластования и перевода отношений «выше» и «ниже» в отношения «моложе» и «древнее». Л. Л. Халфин (1967) добавляет к этим условиям еще и знание генезиса: «Относительный возраст двух сопоставляемых геологических тел очевиден, если сохранились или реставрированы их первичные пространственные соотношения и если известен их генезис» (Халфин, 1967, стр. 7). Если генезис может быть установлен для одномерных геологических тел, то задача имеет решение для одномерного варианта, если же для установления генезиса необходимо уже построенное трехмерное полнозаданное пространство, то задача не имеет решения в одномерном варианте.

Для трехмерного пространства возможны несколько путей решения задачи.

В каждом разрезе можно установить отношения «моложе — древнее» для выделенных здесь тел, затем найти отношения đồngовозрастности между некоторыми телами разных разрезов, т. е. провести синхронизацию.

Можно поступить и другим образом — после установления последовательности напластования, не интерпретированной с точки зрения возрастной последовательности, провести корреляцию разрезов как их идентификацию, провести границы выделенных трехмерных тел, далее перевести отношения «выше — ниже» для выделенных трехмерных тел в отношения «моложе — древнее», а точкам одной и той же границы приписать отношения đồngовозрастности. Может быть предложена какая-либо иная методика перевода пространственных отношений порядка в возрастные отношения, возможно более сложная.

Различия обоих путей состоят в использовании принципа Стено — до корреляции или после нее. В первом случае корреляция может быть только синхронизацией, во втором случае при корреляции должны быть установлены «фациальные, литологические или фаунистические соответствия».

§ 8. ПОСТРОЕНИЕ СВОДНЫХ КОЛОНОК

Вопрос о сводных стратиграфических шкалах, подходе к их построению, взаимоотношении друг с другом является сейчас наиболее дискуссионным.

Дискуссии ведутся по следующим направлениям:

Множественность шкал по географическому распространению подразделений, охватываемых этими шкалами, — местные, региональные, межрегиональные, провинциальные, межпровинциальные, международные, общие и т. д. (см. в работах — Меннер, 1962; Степанов, 1958; Зубкович, 1968; Жижченко, 1969; и др.).

Множественность стратиграфических шкал по специализации охватываемых ими подразделений (по спискам свойств, по которым выделены включенные в них тела). Должны ли выделяться единые стратиграфические подразделения по комплексу всех известных свойств или возможны разные разбиения пространства на тела по разным спискам свойств и соответственно разные стратиграфические шкалы для одного и того же пространства по разным спискам свойств (см. в работах — Зубаков, 1969; Садыков, 1969; Жамойда и др., 1969; и др.).

Соотношения местных (региональных) стратиграфических шкал с международной общей стратиграфической шкалой. Являются ли местные шкалы временными, вспомогательными (СКТ, 1956, 1960; СКТН, 1965; Меннер, 1962) или самостоятельными, независимыми (Гуарри и Халфин, 1966; Халфин, 1969; Садыков, 1969; ПСК, 1970; Соколов, 1971).

При таком подходе к проблеме остается в стороне важнейший вопрос: что такое стратиграфические шкалы, как и для чего они строятся?

Прежде всего заметим, что стратиграфическая шкала является некоторой абстракцией, сложнейшей логической конструкцией. Определить такое сложное понятие — значит дать процедуру построения этой конструкции. При построении любой абстрактной логической конструкции необходимым этапом является процесс абстрагирования, отбрасывания несущественных признаков (Розов, 1965; Еганов, 1971). Несущественность признака может быть оценена только с позиции какой-либо цели, для достижения которой конструируется понятие. Поэтому прежде всего должен быть поставлен вопрос: для каких целей, для решения каких задач предназначены

стратиграфические шкалы? Некоторую ясность в этот вопрос вносят высказывания Л. Л. Халфина и Б. С. Соколова.

«Очевидно, региональные (местные) подразделения, эти реальные геологические тела, каждое из которых знаменует тот или иной этап истории развития региона, и подразделения МСШ, при помощи только палеонтологического метода датирующие эти этапы, глубоко и принципиально различны: региональная стратиграфическая схема выражает **геологическую историю** региона, а МСШ представляет собой лишь **хронологию** этой истории. Те и другие принципиально различны по их природе, по критериям и методам их выделения, по их назначению и практическому использованию» (Халфин, 1969, стр. 33).

«Международная шкала является биологической по своей природе и, представляя собой особую систему счисления геологического времени, является инструментом корреляции региональных схем и их подразделений. Региональные схемы геологические по своей природе и представляют собой средство познания геологической истории региона» (Халфин, 1960, стр. 389).

«Полный скоррелированный свод этих подразделений (свит, серий, горизонтов) любого региона образует его стратиграфическую схему — своеобразную модель, отражающую положение стратиграфических тел в исследуемом пространстве» (Соколов, 1971, стр. 159).

Если допустимо сводить эти высказывания воедино, то можно сделать из них некоторые общие выводы.

Существуют два типа шкал, различных по своему назначению:

а) шкала-модель, отражающая положение тел в пространстве;

б) шкала-инструмент для корреляции.

Шкала-модель является результатом решения задачи корреляции; самостоятельной задачи построения сводных региональных шкал-моделей не существует.

Так как назначение шкалы-инструмента является иным, чем назначение шкалы-модели, то и способы построения этой шкалы должны быть иными.

Мы не сумели найти в известных нам работах изложения последовательности операций по построению сводной шкалы-инструмента. Ясно лишь одно: если эта шкала должна быть инструментом для корреляции, ее построение должно предшествовать решению задачи корреляции.

В заключение заметим, что мы не выдаем изложенное выше понимание шкал за общепринятое. Подобному пониманию мы смогли придать некоторую нашу интерпретацию. Истолковать стратиграфические шкалы в понимании других стратиграфов мы затрудняемся.

§ 9. УСТАНОВЛЕНИЕ АБСОЛЮТНОГО ВОЗРАСТА

Анализ задачи установления абсолютного возраста удобно начать с высказывания: «...физические методы, по меткому выражению А. А. Полканова (1960), ввели в стратиграфию «меру и число...» (Меннер, 1965, стр. 5). Что касается физических методов установления абсолютного возраста, то с этим высказыванием следует согласиться.

Стратиграфические последовательности пластов — логические функции, для которых не имеют смысла арифметические операции сложения и умножения (Воронови и др., 1971). О двух пластах в стратиграфической последовательности можно сказать лишь, который из них выше, который ниже, но нельзя сказать на сколько ниже, во сколько раз выше. После введения количественных характеристик в установленную шкалу стратиграфической последовательности такие операции становятся возможными.

Очень важен вопрос о месте задачи установления абсолютного возраста в последовательности решения стратиграфических задач. Возможно введение этой характеристики в последовательность пластов частных разрезов; в этом случае количественные данные используются при корреляции. Возможно нанесение цифр абсолютного возраста на уже полученную в результате корреляции сводную колонку.

Использование цифр абсолютного возраста в задаче корреляции и в превращении шкалы логических функций в шкалу числовых функций, вообще говоря, никак не связано с временной интерпретацией используемых цифр. Временная интерпретация стоит в стороне от решения задач описания, расчленения разрезов, их корреляции, построения сводных шкал; она включается лишь в последовательность решения задач в их историческом варианте и необходима лишь для восстановле-

ния истории. Эта интерпретация — очень сложная задача, требует для своего решения исчерпывающей аксиоматики, сформулированной в явном виде (Воронин и др., 1967; Холмс, 1967; Барацов, 1971; и др.).

§ 10. УСТАНОВЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Задачу установления географического распространения стратиграфических подразделений мы можем интерпретировать как задачу установления положения в трехмерном геологическом пространстве любого из «полного свода скоррелированных подразделений». Это и есть задача построения полнозаданного геологического пространства (Косыгин, Воронин, 1965; Воронин и др., 1967). Для решения этой задачи необходимо и достаточно провести в изучаемом пространстве границы выделенных в разрезах и скоррелированных подразделений. Задача установления географического распространения стратиграфических подразделений выступает, таким образом, как обобщающая для задач расчленения, корреляции и проведения границ. В свою очередь, результат решения этой задачи является, по-видимому, необходимым (и, возможно, достаточным) начальным условием любых исторических задач, среди которых можно назвать восстановление условий образования стратиграфических подразделений, восстановление условий существования флор и фаун, изменения этих условий во времени, выяснение эволюции органического и неорганического мира.

§ 11. АНАЛИЗ ВЫСКАЗЫВАНИЙ О ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ РЕШЕНИЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

При логическом истолковании задач стратиграфии мы пытались представить себе возможные функциональные связи ближайших соседних задач друг с другом, анализировали

формулировки некоторых задач, меняющиеся в зависимости от различной последовательности решения ближайших предыдущих задач.

Обратимся теперь к анализу прямых высказываний по поводу последовательности решения стратиграфических задач.

«...Решение стратиграфических вопросов для каждой исследуемой области должно вестись в строгой последовательности. Сначала необходимо произвести расчленение разрезов на основании полученных материалов, затем корреляцию разрезов, имеющихся в пределах исследуемой площади, и только после этого определять возраст выявленных и уже прокоррелированных местных стратиграфических подразделений» (Жижченко, 1969, стр. 5).

Корреляцию Б. П. Жижченко понимает как синхронизацию, а определение возраста — как установление места стратиграфического подразделения в общепланетной возрастной шкале.

К. Данбар и Дж. Роджерс (1962) хотя и не указывают на определенную последовательность в решении задач стратиграфии, но считают, что «...первым шагом в восстановлении геологической истории района должно являться объективное изучение и описание выходов пород. При описании любого разреза даже в пределах небольшого участка требуется расчленение комплекса пород и выбор мелких подразделений». Следуя этому и некоторым другим высказываниям, можно представить следующую последовательность решения задач стратиграфии: 1) описание отдельных разрезов, 2) расчленение отдельных разрезов на мелкие подразделения, 3) корреляция разрезов, 4) корреляция и синтез региональных разрезов и привязка к международной стратиграфической шкале (МСШ), 5) выяснение геологической истории района и истории Земли. Корреляцию К. Данбар и Дж. Роджерс понимают как синхронизацию. При этом признак, положенный в основу расчленения, может оказаться неудобным для сопоставления разрезов, т. е. решение задачи 3 может оказаться неудовлетворительным, тогда возможен возврат к задаче 2, расчленение по другому признаку и т. д.

В. К. Крumbейн и Л. Л. Слосс (1960) первым шагом к решению какой-либо стратиграфической проблемы считают наблюдение и систематизацию исходных данных. «...Таковыми являются данные о последовательности напластования в обнажениях и разрезах скважин» (стр. 14). Следующий этап исследования предполагает обобщение стратиграфических дан-

ных, полученных путем описания и систематизации. На этом этапе, названном авторами аналитической стратиграфией, решаются вопросы корреляции (в широком смысле) географического распространения, фацальной изменчивости отложений, составление стратиграфических схем и т. д. «Интерпретативная стратиграфия — это последняя стадия исследования, которая использует предварительно собранные, систематизированные и проанализированные данные»; на этой стадии решаются проблемы палеогеографии, исторической или экономической геологии.

Анализ работы А. Н. Мазаровича (1938) приводит к следующей последовательности решения стратиграфических задач:

1) описание и расчленение отдельных разрезов, 2) определение относительного возраста слоев в каждом разрезе, 3) корреляция, 4) составление сводных колонок для каждой изученной местности, 5) установление географического распространения слоев, 6) составление сводных колонок для целых стран и континентов.

«Все отдельные разрезы сводятся к общим группировкам слоев в более или менее обширной местности; слои прослеживаются из одного ее края в другой, затем эти группировки переносятся на целые страны и, наконец, даже на обширные континенты» (Мазарович, 1938, стр. 10).

Во всех проанализированных высказываниях порядок решения задач, имеющих одно и то же название, одинаков, т. е. описание (везде, где оно отмечено) предшествует расчленению, расчленение — корреляции, корреляция — построению сводных колонок и установлению географического распространения подразделений. Расхождения в порядке решения задач могут появиться только при расшифровке задач, при их разбиении на отдельные операции, т. е. при разделении основных задач на частные. Эти расхождения связаны в основном с различным положением интерпретационных задач в последовательности решения стратиграфических задач (интерпретируется ли стратиграфическая последовательность как возрастная в разрезе, до корреляции или в трехмерном пространстве, после корреляции; проводится ли корреляция как идентификация тел, выделенных по литологическим, палеонтологическим признакам и потом идентичность интерпретируется как одновозрастность, или корреляция проводится как синхронизация).

Существуют, однако, и другие высказывания относительно

последовательности решения стратиграфических задач. При рассмотрении задачи расчленения мы разбирали точку зрения Г. П. Леонова (1956), который в основу расчленения кладет этапы геологического развития района. Для выбора признака, по которому выделяются этапы, необходимо прежде доказать, что он не случайный, а отражающий переломный момент в истории формирования отложений. Возможно ли это до корреляции? По Г. П. Леонову — нет. Следовательно, задаче окончательного расчленения разреза должно предшествовать многократное решение цикла задач: предварительное расчленение — корреляция — проверка соответствия требованию этапности — следующее предварительное расчленение и т. д.

Расчленение на этапы является первой задачей стратиграфии, в то же время конечной целью стратиграфии и определения относительного возраста. Г. П. Леонов считает «восстановление естественных этапов развития района и его органического мира». Здесь либо имеется логический круг, либо расчленение как первая задача стратиграфии должно пониматься в смысле предварительного расчленения, еще не проверенного на соответствие требованию «этапности».

Близкой точки зрения придерживается Л. Ш. Давиташвили (1948), считающий, что говорить о последовательности решения стратиграфических задач неверно: «...в настоящее время уже нельзя думать, что сначала стратиграфы и палеонтологи разрабатывают геохронологическую схему, а затем уже геологи на основе этой схемы восстанавливают события истории земной коры. Имея предварительную, более или менее грубую стратиграфическую схему, геолог стремится расшифровать геологическое прошлое данного участка земной коры, изучает историю развития этого участка и перемены в его населении...»; полученные разнообразные данные позволяют вносить уточнения в стратиграфические схемы; пользуясь такой уточненной и усовершенствованной шкалой, геолог может «...расширить и углубить свои знания о геологическом строении и геологической истории области, что опять-таки позволяет нам детализировать и исправлять стратиграфическое подразделение отложений и параллелизацию развитых в изучаемых горизонтах фаций» (стр. 507). Отмечается, что подразделения стратиграфической шкалы изменяются параллельно с изучением геологии района.

Возможна следующая интерпретация предлагаемой последовательности действий: предварительное расчленение разре-

зов — корреляция — построение трехмерного полнозаданного участка пространства — восстановление истории участка — оценка полученного результата с точки зрения некоторых критериев («грубости — детальности»?, «правильности — неправильности»?) — выделение фрагментов, не отвечающих выдвинутым требованиям, — следующее расчленение и т. д. Формулировку критериев оценки Л. Ш. Давиташвили не приводит.

Если принятая интерпретация правильна, то и в этом случае приходится констатировать, что последовательность решения стратиграфических задач в каждом цикле та же, что и у других авторов. Просто Л. Ш. Давиташвили, так же как и Г. П. Леонов и в некоторых случаях К. Данбар и Дж. Роджерс (1962), предлагает решать некоторую последовательность задач многократно.

Можно констатировать, таким образом, что, если наша интерпретация верна, то представляется возможным выделить целый блок задач, последовательность которых (однократная или многократная) понимается всеми авторами одинаково: описание — расчленение — корреляция и построение стратиграфических шкал — установление географического распространения выделенных стратиграфических подразделений.

Такой представляется и нам последовательность задач в этом блоке.

Можно назвать этот блок по результату последней задачи блоком задач построения полнозаданного геологического пространства. Правда, не у каждого из названных авторов указаны все задачи этой последовательности. Например, у Б. П. Жижченко, Г. П. Леонова и Л. Ш. Давиташвили не указано на задачу описания (по В. К. Крумбейну и Л. Л. Слоссу эта задача названа задачей наблюдения). Однако мы не находим здесь оснований считать, что она выпадает из общей последовательности: прежде чем расчленять, надо иметь что расчленять; скорее всего, эти стратиграфы просто не считают ее заслуживающей упоминания.

Выпадает у некоторых авторов также упоминание о задаче установления географического распространения (Жижченко, 1969; Данбар и Роджерс, 1962; Леонов, 1956; Давиташвили, 1948). В данном случае эта задача, по-видимому, включена в более общую последующую задачу восстановления геологической истории участка, района или бассейна. Восстановление палеогеографии, физико-географических условий древних бассейнов, очевидно, невозможно без исходных данных о гео-

графическом распределении пород, фаций, формаций и комплексов органических остатков.

Можно было бы при дальнейшем анализе рассматривать последовательность задач от описания до установления географического распространения выделенных стратиграфических подразделений как единый блок, как одну общую задачу построения полизаданного пространства и устанавливая функциональные связи этого единого блока с другими задачами стратиграфии и смежных геологических наук. Однако различное содержание, вкладываемое разными стратиграфами в понятия «расчленение» и особенно «корреляция», заставляет предварительно проанализировать всю трансляционную сеть задач, на которые разложимы задачи расчленения, корреляции и другие задачи этого блока, и выяснить, позволяют ли связи этих более элементарных задач выделять такой блок.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА

§ 1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ

Под экспериментальными методами понимаются методы наблюдения или воспроизведения некоторых объектов, процессов и явлений. Хотя в стратиграфии и возможно в принципе использование экспериментального воспроизведения объектов и процессов для решения некоторых задач, этой стороной деятельности можно пока пренебречь. До настоящего времени стратиграфия использует для решения своих задач в абсолютном большинстве данные наблюдения, а не воспроизведения.

Стратиграфия имеет дело со свойствами геологических тел и с их отношениями. Среди свойств геологических тел можно выделить тектонические, литологические и палеонтологические. В каждом классе этих свойств можно выделить, в свою очередь, кроме непосредственно наблюдаемых, также логически выводимые из наблюдаемых. Эти логически выводимые свойства не имеют отношения к рассматриваемому вопросу. Наш дальнейший анализ должен был бы касаться только непосредственно наблюдаемых тектонических, литологических и палеонтологических свойств, однако для стратиграфа и разделение свойств на наблюдаемые и выводимые и их анализ были бы вторжением в чуждую сферу деятельности. Изучение тектонических, литологических и палеонто-

гических свойств является предметом соответственно тектоники, литологии, палеонтологии. Поэтому заниматься выделением среди этих свойств наблюдаемых и их анализом мы в данной работе не будем.

Конечно, стратиграф при полевых работах сам наблюдает и тектонические и литологические свойства, а при обработке материалов зачастую производит и определение палеонтологического материала, но из этого не следует, что эти наблюдения надо относить к экспериментальной базе самой стратиграфии. Ведь стратиграф обязательно производит в своей работе и некоторые математические выкладки (хотя бы простейшие — сложение, умножение), но из этого никто не делает вывода, что эти операции надо считать стратиграфическими.

Особо отметим лишь радиологические данные, о которых может возникнуть представление, что они являются непосредственными. Но к непосредственным данным можно отнести лишь количества радиоактивных — дочернего и материнского — изотопов или их соотношения, цифры же «абсолютного возраста» являются уже логически выводимыми из этих данных, а во-вторых, и эти эксперименты по определению количества изотопов относятся не к области стратиграфии, а к области физики или геохимии.

Среди стратиграфических отношений все возрастные отношения являются не непосредственно наблюдаемыми, а логически выводимыми из некоторых пространственных отношений: отношения соседства, отношения последовательности пластов в конкретных разрезах, отношения латеральной последовательности тел — фаций, формаций, отношения пересечения (пластов с секущими телами, секущих тел друг с другом, пересечений любых этих тел с поверхностями разломов), отношения включения (окаменелостей и галек в геологические тела, одних геологических тел в другие). Отношения соседства, т. е. непосредственного контакта или соприкосновения двух тел, наблюдаются очень часто. Они просто и однозначно устанавливаются. Для стратиграфии эти отношения имеют очень важное значение. Так, например, для всех дальнейших построений необходимо знать, что в серии последовательно сменяющихся друг друга по разрезу пластов каждый член последовательности связан с ближайшим вышележащим и ближайшим нижележащим отношением соседства, т. е. непосредственного контакта.

Наиболее распространенными в стратиграфии являются, бесспорно, отношения последовательности пластов. Никаких принципиальных затруднений в установлении отношений «выше — ниже» для двух непосредственно контактирующих пластов, если выбрано направление вектора (разреза), не возникает. Измерения одинаковы для всех наблюдателей и воспроизводимы неограниченное число раз с одним и тем же результатом.

Проблемы возникают лишь в связи с массовостью этой экспериментальной базы стратиграфии. Особое внимание к этому вопросу привлечено В. В. Меннером (1953, 1962). В. В. Меннер отмечает, что зачастую описание обнажений не несет в себе необходимой детальности, привязка находок органических остатков производится «посвитно», «поскально» — ко всей свите в целом, всему обнажению (скале) в целом. При этом отношения порядка, которые существуют в обнажении между некоторыми формами окаменелостей и могут быть наблюдаемы, не фиксируются. Отношения между всеми формами окаменелостей неправомерно переводятся в группу «совместное нахождение», «сонахождение», т. е. в группу неупорядоченных (в смысле последовательности) отношений. При таком подходе стратиграфия лишается большей и важной части своей экспериментальной базы.

Другая сторона проблемы — нечеткое разграничение непосредственно наблюдаемых отношений «выше — ниже» и отношений, установленных в результате решения некоторых задач, обычно задач корреляции.

Поясним это примером (рис. 1).

Имеются два обнажения. В каждом из них непосредственно установлены отношения:

тело 1_I лежит ниже 2_I и ниже тела 3_I ; тело 2_I лежит ниже тела 3_I ;

тело 1_{II} лежит ниже тела 2_{II} и тела 3_{II} ; тело 2_{II} лежит ниже тела 3_{II} .

Если обнажения расположены достаточно близко друг от друга, простирания пластов выдержаны и последовательности пластов, сложенных одними и теми же породами, одинаковы в обоих обнажениях, то скоррелированные обнажения описываются часто как одно; при этом отношение тел $1_I - 3_{II}$, полученное в результате корреляции, записывается так же, как и непосредственно наблюдаемые. Отношения сводного разреза выдаются при этом за отношения конкретного разреза;

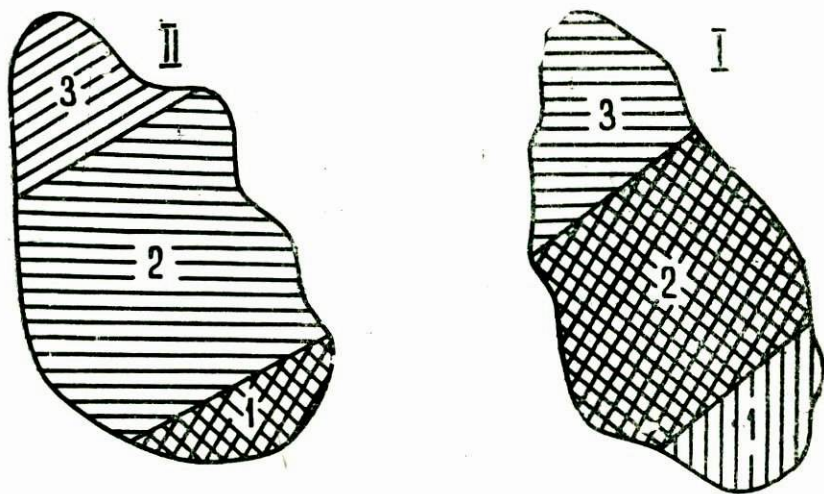


Рис. 1.

логически выводимые отношения выдаются за непосредственно наблюдаемые отношения.

На недопустимость подобной подмены также указывает В. В. Мешер (1962).

Отношения латеральной последовательности фаций, формаций, других геологических тел в принципе также могут быть легко установлены, если дано направление вектора, по которому должен производиться отсчет относительного сложения тел: «следует за...» и «предшествует». Сложность экспериментального установления этого отношения возникает в результате того, что такой вектор очень трудно построить. Операции установления латеральной последовательности обычно предшествует решение сложной задачи построения «горизонтов синхроничных тел», «горизонтов стратиграфически эквивалентных тел» и т. д. Такие горизонты устанавливаются, как правило, лишь в модели — на карте, в схеме корреляции.

В пределах этих горизонтов и строятся латеральные ряды — в абсолютном большинстве в модели, на уровне конструкций, а не на уровне наблюдений (Косыгин, Соловьев, 1967; 1969). Лишь в редких случаях можно представить возможность экспериментального установления отношения латеральной последовательности двух тел в пределах обнажения — при

относительно малых размерах тел и относительно больших размерах обнажения.

Еще раз подчеркнем, что экспериментальное установление отношения следования по латерали возможно только в пределах уже установленного «горизонта эквивалентности», для построения которого необходимо строгое определение отношения «стратиграфической эквивалентности». В настоящее время такое определение отсутствует.

Отношения включения в стратиграфии используются достаточно часто, фиксируются они вполне однозначно.

Отношения пересечения (соприкосновения в какой-то части пространства тел или поверхностей, в других частях пространства не соприкасающихся) наблюдаются и тоже вполне однозначно. В стратиграфии используются отношения последовательности пересечений, но последовательность в данном случае не наблюдается, а логически выводится из наблюдений пересечений, некоторых других дополнительных наблюдений и каких-то логических посылок (аксиом, постулатов). Отношения последовательности пересечений не являются, таким образом, экспериментально устанавливаемыми.

Для решения некоторых стратиграфических задач требуются многочисленные данные линейных метрических измерений — мощностей, глубин, расстояний. Привязка точек наблюдения к некоторым координатным системам (топографическим) производится посредством измерения расстояний и углов. Все эти экспериментальные данные получают при помощи простых методов, разрабатываемых обычно топографией, горной геометрией; вряд ли их стоит относить к собственно стратиграфической экспериментальной базе (за исключением, может быть, мощностей).

Итак, экспериментальная база стратиграфии невелика и не отличается разнообразием. С экспериментальными методами стратиграфии не связано существенных проблем.

§ 2. ЯЗЫК КАК СРЕДСТВО ТЕОРЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Общие предпосылки

Проблема языка любой конкретной отрасли науки — это прежде всего лингвистическая проблема. Поэтому ее целесообразно рассматривать, а тем более пытаться решать

без знания тех принципов, которые выработаны лингвистической наукой. Имеются в виду те лингвистические понятия, идеи и методы, на основе которых можно оценить состояние стратиграфического языка и наметить пути его усовершенствования.

Начнем с понятия о языке. В поисках точки опоры для определения обратимся к семиотике — науке о знаковых системах любого вида. Человеческий язык или, как принято говорить, естественный язык рассматривается в семиотике как одна из наиболее сложных знаковых систем. Кроме этой универсальной знаковой системы существует целый ряд специализированных, т. е. таких, которые создаются для обслуживания только какой-то одной сферы человеческой деятельности. Поэтому они часто называются искусственными языками. К ним относятся язык любой конкретной науки и все так называемые вспомогательные языки. Например, универсальная десятичная классификация, машинные языки, алгоритмические языки и др.

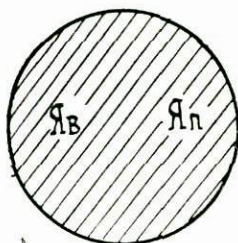
В каждом языке, как знаковой системе, различают:

- 1) алфавит — исходные знаки, из которых строятся слова и выражения;
- 2) синтаксис — правила, по которым знаки алфавита группируются в слова и выражения;
- 3) семантику — смысл слов и выражений данного языка.

В этих трех аспектах можно изучать и язык стратиграфии. Поскольку главным, несомненно, является семантический аспект, небезынтересно познакомиться с историей смысла языковых выражений вообще.

Язык — средство передачи информации. В этой роли он выступает как элемент коммуникативной системы. В процессе коммуникации передающий и воспринимающий должны, очевидно, понимать друг друга или, как говорят, иметь общий язык. При этом понимание определяется как теоретико-множественное пересечение совокупности правил синтеза — анализа передающего и анализа — синтеза воспринимающего.

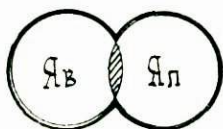
Понимание может колебаться от абсолютного непонимания (когда указанное пересечение пусто) до абсолютного понимания (когда происходит совпадение множеств). При пересечении имеется только некоторая область, в которой достигается понимание, но за ее пределами оно отсутствует. С помощью диаграмм Венна это выражается так:



языки передающего (Яп) и воспринимающего (Яв) разные — абсолютное непонимание;

один язык совпадает с другим — абсолютное понимание;

языки пересекаются — понимание достигается в области пересечения.



В вопросе о природе понимания и смысла существует три подхода:

1. Экспрессионистический — смысл трактуется как абсолютное отражение мира, т. е. любое слово выражает нечто из объективного мира или мира духа.

2. Функционалистический или операционалистический — смысл трактуется как относительное понятие (нет одного какого-то абсолютного смысла слов), т. е. семантика оказывается гетерогенной. Например, по Бриджмену (операционализм), смысл слова «стратиграфическая колонка» состоит, очевидно, в том, как ее построить; по Моррису (бихевиоризм) — в том, как будет вести себя студент, увидев стратиграфическую колонку. Наконец, по Дьюи (инструментализм) и Джемсу (прагматизм), смысл состоит в том, какая

польза от стратиграфической колодки и для какой цели ее можно использовать.

3. Переводческий — смысл трактуется через перевод. Это может быть перевод с неизвестного языка на известный или перевод с языка человека на «язык» природы, т. е. непосредственная демонстрация смысла с обращением к природным объектам. Однако, если при переводе с неизвестного языка на известный смысл может быть проверен (например, учителем, знающим оба языка), то при переводе на язык природы дело обстоит гораздо сложнее. И только структурируемость мира, упорядоченность и закономерность явлений спасает положение расшифровщиков языка природы. Отсюда следует определенный вывод — передача смысла во всех его тонкостях и нюансах, по-видимому, невозможна. Она возможна только с заранее заданной точностью. Но и в этом отношении возникают сомнения, так как измерять смысл пока никто не умеет.

Важным лингвистическим понятием является понятие о формализованном языке. 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 уточняются не только отдельные понятия, а вся система понятий в целом. Подбираются все более и более экономные и простые средства кодировки и символизации языковых выражений, приемлемые в психологическом отношении термины и т. п. Этот процесс совершенствования языка на основе логико-математических принципов называется формализацией. В зависимости от состояния языка формализуется либо синтаксис, либо семантика, либо то и другое одновременно. Построение синтаксиса в формализованных языках предполагает наличие не только алфавита, но и самое главное — строгих правил (алгоритм), с помощью которых можно четко различать или отождествлять знаки, а также группировать их в выражения. Если в выражении не указывается отношений между знаками, то это термины, если отношения указываются — формулы. Поэтому 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 термов и формул. В отличие от формализованного языка в естествен-

ном языке такая система правил не строгая. Помимо конкативного синтаксиса, формализованный язык имеет и более точную семантику. Это достигается за счет того, что из множества семантических значений каждого из уточняемых понятий выбирается только одно, а от остальных отвлекаются. В этом отношении формализованный язык **моносемичен**, а естественный **полисемичен**.

Построение науки с помощью формализованного языка дает пока что непревзойденный по точности способ проверки правильности научных рассуждений. Примером формализованного языка является язык математики. Степень формализации стратиграфического языка, как и многих других «описательных» наук, еще мала. При анализе языка нам требуется различать «термин» и «понятие». Ученый оперирует терминами. Термины — это знаки для высказывания. Они, несомненно, должны обладать свойствами, удобными с точки зрения этой их роли: легкостью конструирования и восприятия, общедоступностью и т. п. Но термины — это еще не понятие. Он становится понятием, когда мы раскрываем его смысл. Понятие — это термин, смысл которого устанавливается посредством определения, т. е. соглашения считать данный знак термином для обозначения определенного смысла. Когда смысл термина однозначен, только тогда он и становится понятием. Возьмем, например, такое слово, как «слой». Его можно рассматривать как один сложный знак. Используя его в высказывании «слой — название формы геологического тела», мы превратили его в термин. Но понятием этот знак станет лишь тогда, когда мы определим, что такое «слой», т. е. договоримся о смысле, который в него вкладываем. Если окажется, что по смыслу он точный синоним термина «пласт», то вряд ли целесообразно вводить его в научный язык, если мы даже искренне хотим обогатить словарный запас.

Множество терминов, используемых в языке, образует его терминологическую базу, а множество понятий — понятийную базу. В точных языках имеется полное соответствие между двумя этими множествами. Если оно нарушается и терминов меньше, чем понятий, то язык считается бедным. В обратном случае мы встречаемся с излишней перегруженностью языка.

*Одним из интереснейших достижений лингвистической науки является предложенная Б. Л. Уорфом концепция лингвистической относительности (Сегал,

1962). Давно подмечено, что от характера языка зависит наше представление о мире. Принцип языковой относительности сводится к тому, что язык, на котором человек мыслит и говорит, определяет то, как он воспринимает, членит и понимает окружающий мир, картина которого меняется при переходе от языка к языку. Например, если в стандартных европейских языках категория времени представлена в виде настоящего, прошедшего и будущего, соответствующих понятию о времени как о кинетическом движении, то у индейцев племени хопи понятие кинетического времени отсутствует. У них существует так называемое понятие динамического времени в пространственно-временном континууме. Оказывается, что в этом смысле язык хопи лучше приспособлен для выражения основных понятий современной физики, чем европейские языки. Этот пример показывает, что существуют различия в том, как те или иные языки членят окружающую нас действительность и как в результате получаются несколько иные картины мира у носителей разных языков. Осознание принципа лингвистической относительности еще раз подтверждает, какое огромное значение приобретает проблема усовершенствования языка для каждого стратиграфа, особенно стратиграфа-теоретика.

Понятие и его определение

Рассмотрим требования, предъявляемые к понятиям (Косыгин, Воронин, 1965):

1. Первое требование, предъявляемое к понятию, вытекает из самого назначения этой логической категории. Понятие должно фиксировать отвечающий ему класс объектов, т. е. для каждого произвольно взятого объекта должна иметься однозначная возможность установить, относится ли этот объект к данному классу или не относится. В случае, если понятие не отвечает этому требованию, никакие дальнейшие операции с ним не будут иметь смысла. Когда неизвестно, над каким именно классом объектов производятся операции, не могут быть однозначно истолкованы и результаты операции. Более того, если понятие не фиксирует класса объектов, то при неоднократном его использовании в разных случаях оно

может включать разные классы объектов, а это может привести к логическому противоречию.

Фиксировать класс объектов можно несколькими способами:

а) перечислением всех объектов, входящих в данный класс;

б) указанием признака или списка признаков, которым должны обладать все объекты, входящие в данный класс;

в) преобразованием всех объектов какого-то исходного класса по указанному закону.

2. Понятие должно быть целевым. Очевидно, если не накладывать никаких ограничений на список свойств, по которым устанавливается сходство объектов, то любые два объекта могут попасть в один класс по сходству какого-то из свойств. Например, два таких объекта, как яхта и латинский язык, могут попасть в один класс по сходству свойства «состоять из разнородных элементов» (Уемов, 1971). Для сведения объектов в один класс должно быть выбрано некоторое множество существенных свойств. Единственный возможный критерий оценки существенности или несущественности свойства — критерий цели. Никакое свойство не может быть существенным или несущественным вообще; оно может быть существенным или несущественным только для решения данной задачи (Розов, 1965; Воронин и др., 1967; Египов, 1971; Карнап, 1959; и др.).

Если понятие удовлетворяет первому требованию, но не удовлетворяет второму, то оно может использоваться в любых операциях, не приводя к логическому противоречию и давая однозначно истолковываемые результаты, но оно не приведет к достижению поставленной цели.

Проверить удовлетворительность понятия, с точки зрения целевого критерия, можно только использовав это понятие при решении данной задачи и получив удовлетворительный результат. Однако есть некоторые косвенные способы оценки пригодности понятия для решения данной задачи. Так, если при определении понятия используются признаки, не наблюдаемые, а выводимые из наблюдаемых, то задача логического вывода не должна быть более сложной, чем та, для решения которой предназначено определяемое понятие, т. к. решать более простую задачу при помощи более сложной нецелесообразно. То же самое можно сказать и о попытках использования при определении понятия таких признаков, которые

могут быть выведены только после решения задачи, для которой предназначено определяемое понятие. В этом последнем случае приходится говорить не только о целевой неудовлетворительности понятия, но и о логическом круге (Клаус, 1960). Кроме того, существенность или несущественность свойства для данной задачи часто бывает известна из имеющегося опыта решения этой задачи, из сведений об удачности или неудачности использования при ее решении понятия, включающего оцениваемое свойство.

3. Наконец, для понятий, при определении которых используются хотя бы некоторые свойства, выводимые из непосредственно наблюдаемых, приходится вводить требование формальной выводимости (Карнап, 1959; Яновская, 1959) или операционной определенности (Косыгин, Воронин, 1965; Воронин и др., 1967; и др.). Это требование означает, что должны быть указаны непосредственно измеряемые свойства и последовательность однозначных операций, которые должны быть произведены над ними для получения используемых в определении свойств. Процедура вывода не должна давать логического круга или приводить к логическому противоречию.

Кроме понятий, специфичных для каждой предметной науки, в любой из них используются также понятия, вводимые из других наук, и понятия общие для всех наук. К числу последних относятся многие понятия формальной и математической логики, теории множеств, например, такие, как множество, точка, пространство, сами понятия «понятие», «определение», «абстракция» и т. д. Если понятие введено из другой предметной науки или из прикладных разделов математики, где оно было предназначено для вполне определенных целей и выделяло некоторый класс объектов, то возможность использования его в данной науке должна быть проанализирована. Должна быть установлена его пригодность для целей данной науки, способность выделять класс объектов, а также формальная выводимость из экспериментальной базы этой науки.

Отметим, что для удовлетворительного решения некоторой задачи удовлетворительными должны быть все понятия, используемые при ее решении. Если хотя бы одно понятие строго не определено, то несмотря на безупречность операций и всех остальных понятий, решение задачи может оказаться правильным лишь случайно.

Анализ основных стратиграфических понятий

Для удобства анализа разделим понятия стратиграфии на следующие группы — геологические тела и их отношения.

Общее определение понятия «геологическое тело» дано Ю. А. Косыгиным, Ю. А. Вороным (1965), Ю. А. Косыгиным, Ю. А. Вороным, В. А. Соловьевым (1964). Но это определение еще не нашло применения в стратиграфии; определение своих объектов — слоев, пластов, слонстых геологических тел или каких-то других геологических тел стратиграфия дает, не используя определение понятия «геологического тела».

Так как стратиграфия этимологически — наука о слоях, естественно ожидать, что одним из основных для нее или, по крайней мере, исходным для многих стратиграфических понятий будет понятие «слой» или «пласт». Рассмотрим некоторые из имеющихся в литературе определений этих понятий. Кроме того, проанализируем определения наиболее часто употребляемых в стратиграфических построениях понятий — «пачка», «толща», «слон», «горизонт», «формация», «зона», «тейльзона», «конкурентно-ранговая зона», «биостратиграфическая зона», «группа», «система», «отдел», «ярус», «свита».

Слой (пласт)

1. **Пласт** — литологически однородные, более или менее маломощные отложения, отличающиеся какими-либо признаками и ограниченные более или менее ясно от ниже- и вышележащих пластов. Морфологическими модификациями пласта являются: линзовидный пласт, линза, клин, лавый поток, залежь, пластовые рифы и биогермы и т. д. (ПСК, 1970, стр. 42).

2. **Пласт** — форма залегания однородной горной породы, ограниченной двумя более или менее параллельными поверхностями (СНГ, 1935, стр. 143).

3. **Пласт** — геологическое тело, сложенное однородной осадочной породой, ограниченное двумя более или менее параллельными и во всяком случае не резко сходящимися под углом (за исключением пережимов) поверхностями напластования, имеющее одинаковую мощность и занимающее большую площадь (ГС, т. 2, стр. 147).

4. **Слой** — часть толщи или пласта, выделившаяся вследствие изменившихся условий отложения осадка и ограниченная поверхностью осаждения и размыва. Отличается петрографическими, гранулометрическими и другими литологическими особенностями. В некоторых случаях слон могут быть однородными по литологическим особенностям, но разделяться ясно выраженными поверхностями осаждения или размыва. Иногда термин: «слой» употребляется как синоним термина «пласт» (если пласт не слонист) (ГС, т. 2, стр. 269).

5. **Слой** в узком смысле — единица настижения, отличающаяся по составу (или структуре и внутренней текстуре) от смежных слоев.

6. **Слой** в широком его понимании представляет: а) большой протяженности геологическое тело плоской формы, ограниченное двумя разновозрастными поверхностями и обособленное по вещественному составу и (или) структурным и текстурным признакам от смежных слоев; б) определенные фациальные образования, накопившиеся в одну фазу седиментации; в) следствия прерывисто-непрерывного процесса седиментации, ступень в ряду соседних слоев; г) единицу геохронологии, геологически равнозначную на большой площади и большей частью одновозрастную; д) элементарную форму в структуре (тектонике) земной коры; е) низшую таксономическую единицу макростратификации *отложений по их форме и составу, текстурную единицу* слоистых толщ (Вассоевич, 1948, стр. 47).

7. **Слой (наслой)** представляет собой широко распространенную в природе пластообразную форму залегания качественно однородного осадка, форму его обособления от смежных пород. Это обособление может быть следствием изменения вещественного состава осадка или перерыва в осадконакоплении (Вассоевич, 1954, т. 1, стр. 55).

8. **Слой** представляет геологическое тело плитообразной или близкой к плитообразной формы, сложенное породами определенного состава и ограниченное двумя более или менее четкими поверхностями, отделяющими его от подстилающего и налегающего (покрывающего) слоев (Ажгирей, 1956, стр. 73).

9. **Пластами** называются тела, однородные по своему петрографическому составу и четко ограниченные почти параллельными поверхностями от других отложений. Мощность пластов значительно меньше (примерно в 1000 раз и более), чем поперечник области их распространения. Каждый пласт представляет собой уплотненное линзовидное тело, выклинивающееся в разных направлениях (Рухин, 1961, стр. 219).

В определении понятия «пласт» по Геологическому словарю (1955) неизвестно, должны ли границы пласта разделять тела с разными свойствами, разного состава или нет? Границу пласта — поверхность напластования — Геологический словарь определяет как «поверхность, на которой происходит накопление осадка, образующего пласт или слой» (т. 2, стр. 158). Следовательно, для выяснения, происходило ли на этой поверхности накопление осадка, надо до выделения и описания пласта произвести восстановление процессов осадконакопления, что делает процедуру выделения пласта сложной, многоступенчатой, зависящей от многих гипотез. В словаре далее даются дополнительные описания поверхности напластования, по-видимому, разъясняющие первую фразу: «Поверхности напластования, являясь границами соприкосновения различных пластов, указывают на изменения условий образования осадков. Для однородных по вещественному составу осадков характерно расположение пластинчатых минералов, чаще чешуек слюды или растительных остатков параллельно поверхности напластования» (там же, стр. 158). Ос-

тавляя в стороне «указания на изменение условий образования осадков», можно сделать вывод, что это высказывание предлагает два варианта проведения поверхности напластования:

1. Поверхность напластования — граница, разделяющая различные пласты (очевидно, различные по составу?). В таком случае это, возможно, поверхность, на которой происходит изменение свойств пород.

2. Поверхность напластования — поверхность, проведенная в пространстве, свойства которого одинаковы по обе стороны этой поверхности. Эта граница должна лишь удовлетворять требованиям параллельности некоторым телам (пластинчатым минералам).

Неопределенной остается параллельность границ пласта или допустимая степень отклонения от нее («более или менее параллельные»), не определены степень «резкости схождения под углом», «пережимы», «большая площадь». Например, «схождение под углом» в 2° — резкое или нерезкое «схождение»? Площадь в 1 м^2 — большая или не большая? Гораздо более определенным является условие одинаковой мощности (расстояние по нормали от одной границы пласта до другой), но в таком случае излишней оказывается вся характеристика, заключенная в словах «...ограниченное двумя более или менее параллельными и во всяком случае не резко сходящимися под углом (за исключением пережимов)...» поверхностями. Такие определения в силу расплывчатости, неоднозначности формулировок не дают возможности даже попытаться оценить их с точки зрения их целевого характера, операционной определенности и пригодности для выделения класса объектов.

Подобные замечания можно было бы сделать и к другим определениям. Но не будем в дальнейшем заострять на этом внимание, так как это помешает нам оценить принципиальные черты определений стратиграфических понятий. Из многих возможных смыслов определения будем выбирать какой-то один, даже рискуя при этом навлечь на себя обвинения в неправильном истолковании. Относя чисто лингвистические недостатки на счет неудачности формулировок, попробуем поставить вопрос таким образом: если бы определения были сформулированы более удачно, были бы они безупречными?

Некоторые из приведенных определений (4, бв, г) пытаются представить понятия «слой» и «пласт» как результат сложной, неоднозначной процедуры восстановления условий осадкообразования.

Использование определяемых таким образом понятий для решения задач стратиграфического расчленения, корреляции разрезов и построения шкал — это решение простой задачи при помощи более сложной, т. к. названные задачи более просты, чем задача восстановления условий осадконакопления. Кроме того, восстановление условий осадконакопления невозможно без использования понятия о слоях или пластах. Отмеченные понятия следует признать неудовлетворительными с точки зрения целевого критерия. В некоторых определениях (3, 6а, д, 9) используются такие свойства, как большая площадь распространения, большая протяженность, соотношение мощности и площади распространения. Возможно, что в некоторых случаях эти свойства могут быть установлены в пределах одного обнажения. Однако для большинства реальных ситуаций эти свойства установимы лишь по карте, построенной в результате решения задач расчленения и корреляции разрезов. Поэтому понятия, определяемые через эти свойства, не могут быть пригодными для целей расчленения и корреляции разрезов. Возможно, они будут пригодными для других целей, скажем, структурной геологии. Целевое назначение этих понятий авторами определений не оговорено.

Удовлетворительность других понятий с точки зрения критерия цели может быть установлена после попыток использования их при решении задач.

Попробуем оценить, позволяют ли они выделять соответствующий класс объектов.

В определении, приведенном в «Проекте стратиграфического кодекса» (1970), пластами названы отложения, литологически однородные, отличающиеся какими-либо признаками и ограниченные более или менее ясно от ниже- и вышележащих пластов. Если литологической однородностью считать принадлежность к одному и тому же классу в классификации пород (условимся понимать «литологическую однородность», «однородность горной породы», «литологическую одинаковость», «однородность по литологическим особенностям» в других определениях так же), а отличие по каким-либо признакам истолковывать как принадлежность к разным классам в классификации пород, то пластом можно назвать любое условное геологическое тело в понимании Ю. А. Косыгина, Ю. А. Воронина и В. А. Соловьева (1964). С учетом принятых нами толкований приведенное определение выделяет класс объектов, но это — класс геологических тел вообще, а не каких-то особых тел-пластов, обладающих некоторыми спе-

цифическими чертами. Дополнение «ограниченные более или менее ясно от ниже- и вышезалегающих пластов» не вычленяет какие-то тела из множества любых геологических тел, т. к. для любого из тел можно представить «более или менее ясное ограничение» от соседнего и для любой пары геологических тел, например, в керне скважины можно одно из них считать залегающим выше, а другое — залегающим ниже. В анализируемом определении упоминание «морфологических модификаций пласта» можно было бы считать попыткой задать класс объектов при помощи перечисления всех принадлежащих ему элементов. Но добавление «и т. д.» после перечисления показывает, что в данном классе есть и другие, не перечисленные элементы. В математике известен и такой способ задания класса — например, считается заданным класс 2, 4, 6, 8... Роль многоточия здесь аналогична роли «и т. д.». Но если здесь совершенно ясно, что скрывается за «и т. д.», то в приведенном определении такой ясности нет.

В других определениях (2, 3, 6а, 7, 8, 9) при принятых нами истолкованиях слой или пласт — это геологическое тело, выделяющееся среди любых геологических тел своей формой.

Форма, выделяющая пласты среди множества всех геологических тел, определяется как плоская или любая, но с параллельными границами. Всевозможные «более или менее», «четко», «почти», «близко» можно истолковать как попытки охарактеризовать допустимую степень отклонения от плоскости или параллельности.

Если по этим определениям пласт — это, во-первых, геологическое тело, а, во-вторых, не любое геологическое тело, а определенной формы, то для выделения пласта необходимо сначала провести некоторые операции по выделению его как геологического тела и затем — как тела определенной формы. Предположим, что выделение тел плоской, плитообразной, пластообразной формы или тел, ограниченных параллельными поверхностями, — это вполне разработанная процедура. Если это и не так, то не будем фиксировать на этом внимание, так как это, по существу, чисто геометрическая, а не геологическая задача. Предлагают ли авторы определений понятия «слой» или «пласт» какую-либо процедуру выделения геологических тел вообще? Нам нигде не удалось встретить упоминания о такой процедуре. Поэтому определения понятия «слой» или «пласт» как геологических тел определенной формы мы не можем считать отвечающими требованию операционной определенности. Такому требованию все упомянутые

определения будут отвечать лишь в том случае, если определение понятия «геологическое тело» принять по Ю. А. Косыгину, Ю. А. Вороницу, В. А. Соловьеву (1964).

Некоторые из цитированных авторов предлагают дополнения к определению пласта как геологического тела определенной формы. Такие дополнения (если принять предложенные нами истолкования «литологической однородности» и т. д.) делают определения отвечающими требованию операционной определенности, но в то же время делают ненужными упоминания о геологических телах. Различные авторы предлагают различные варианты выделения пласта:

1. Пласт сложен одной и той же породой (СНГ, 1935; Рухин, 1969; Вассоевич, 1954; Ажгирей, 1956).

2. Пласт сложен одной и той же породой, граница его проводится по смене пород (ПСК, 1970; Вассоевич, 1948).

Нетрудно установить, что это разные способы выделения пласта. Первый — не исключает проведения границ внутри однородного по своему составу тела, второй — запрещает вести границу «по живому месту».

Н. Б. Вассоевич (1948) определяет слой в широком понимании через такие понятия как «единица геохронологии» и «одновозрастность». Вопрос об определениях понятий через их возраст будет рассмотрен в следующем разделе.

Если фразу из определения, приведенного в той же работе, — «геологическое тело плоской формы, ограниченное двумя разновозрастными поверхностями», — понимать как «не любое геологическое тело плоской формы, а только такое из этого класса, которое ограничено разновозрастными поверхностями», то и это определение сводится к определению через понятие «возраст».

Следующие фразы из той же работы мы затрудняемся истолковать как определение:

Слой в широком его понимании представляет... элементарную форму в структуре (тектонике) земной коры; низшую таксономическую единицу макростратификации отложений по их форме и составу; текстурную единицу слоистых толщ (Вассоевич, 1948, стр. 47).

Пачка, слой, толща

Определения многих других тел в стратиграфии в явном или неявном виде опираются на определение понятия «слой» или «пласт».

Пачка (без числового или буквенного обозначения) — от-

носителем небольшая по мощности совокупность пластов, характеризующаяся некоторой общностью признаков.

Слои (без собственного географического названия) — отложения, имеющие какие-либо общие литологические или палеонтологические признаки.

Толща — совокупность осадочных, эффузивных или метаморфических образований (либо то или иное их сочетание), которая характеризуется некоторой общностью входящих в нее пород в отношении их литологического состава или характера их чередования.

Все три определения взяты из работы «Стратиграфическая классификация и терминология» (1960). Все три понятия — пачка, толща, слои — при таких определениях не выполняют своей основной задачи, — не позволяют выделять тела в пространстве. Действительно, любые произвольно взятые части геологического пространства будут «иметь какие-либо общие литологические или палеонтологические признаки», «характеризоваться некоторой общностью входящих в них пород в отношении их литологического состава или характера их чередования», «характеризоваться некоторой общностью признаков». Эти определения допускают отнесение любой совокупности слоев как к «толще», так и к «пачке» или «слоям», как к одной, так и к разным «толщам» или «пачкам», или «слоям».

Горизонт

Более удовлетворительным является определение понятия «горизонт»:

Горизонт (без собственного географического названия) — маломощные отложения, развитые на некотором стратиграфическом уровне, выделяемые внутри подсвиты, свиты или яруса на основании каких-либо характерных маркирующих особенностей: однородного состава слагающих эти отложения пород, наличия определенной фауны или других особенностей, заметно отличающих данный горизонт от вмещающих отложений (СКТ, 1960).

Очевидно подразумевается, что горизонт — это тело, ограниченное границей, внутри которой остаются одинаковыми те свойства, которые изменяются при переходе через эту границу. Но в таком случае ясно, что значит «на некотором стратиграфическом уровне» и не будет ли это требование входить в противоречие с требованием однородности свойств внутри тела и изменении их при переходе через границу, какова степень требуемой «маломощности» и чем она измеряется.

Основное понятие, которым оперируют американские стратиграфы — формация.

В стратиграфическом кодексе США (Жамойда и др., 1969) формация определена как тело горных пород, которое характеризуется литологической однородностью; обычно, но не обязательно формация имеет пластовую форму. Границы формации располагаются в местах, где сменяется литология, они приурочены или к резким контактам или могут быть установлены произвольно внутри переходных зон. Критерии выбора признаков для проведения границы — единообразие и практическое удобство.

Это определение близко к определению условного геологического тела, данному Ю. А. Косыгиним и Ю. А. Ворониным (1965). Здесь задана процедура проведения границы формации. Граница проводится по поверхности, на которой изменяются свойства, остающиеся в пределах формации неизменными. Это определение позволяет достигнуть основной цели, для которой предназначено определяемое понятие — разбивать одномерное пространство на геологические тела или, как говорят стратиграфы, расчленять разрез на стратиграфические подразделения. В примечании к соответствующей статье американского стратиграфического кодекса специально оговорено, что это определение пригодно не только для осадочных, но и для магматических пород.

**Зона, биостратиграфическая зона, тейльзона,
конкурентно-ранговая зона**

Зона — слой или совокупность слоев, охарактеризованных ископаемым таксоном или таксонами (Американский стратиграфический кодекс, в кн. Жамойда и др., 1969, стр. 81).

Биостратиграфическая зона — отложения, охарактеризованные определенным комплексом ископаемых организмов, который является руководящим для данной биостратиграфической единицы и не повторяется в подстилающих и перекрывающих ее отложениях (Степанов, 1958, стр. 47).

Тейльзона — слои, отвечающие реальному распространению вида в разрезе конкретного района (там же, стр. 54).

Конкурентно-ранговая зона — зона, включающая перекрывающие друг друга интервалы распространения характерных таксонов (Американский стратиграфический кодекс, в кн. Жамойда и др., 1969, стр. 81).

Определенные таким образом понятия позволяют расчленять разрез на стратиграфические подразделения, т. е. производить разбиение одномерного пространства на геологиче-

ские тела. Тела, выделенные с помощью этих понятий, должны обладать сходством по одному свойству — содержанию какого-либо морфологического класса окаменелостей (вида, рода, другого таксона) или группы этих классов (комплекса окаменелостей). Граница тела должна отделять те части пространства, в которых присутствует указанный класс или группа классов, от тех частей пространства, которые не содержат этих классов.

Тейлльзона в таком случае является одномерным телом, выделенным в разрезе по наличию одного морфологического класса, конкурентно-ранговая зона — по наличию совокупности нескольких морфологических классов. Зона — общее понятие, охватывающее оба рассмотренных случая. Термин «биостратиграфическая зона» (по Степанову, 1958) можно было бы понимать как синоним конкурентно-ранговой зоны, т. е. как название, обозначающее то же понятие, но американское определение не содержит требований к комплексу «быть руководящим для данного стратиграфического подразделения и не повторяться в подстилающих и перекрывающих отложениях».

Хроностратиграфические понятия

Назовем хроностратиграфическими все понятия, содержащие в любой форме требования к геологическим телам — «быть синхронными», «быть одновременными», «быть ограниченными разновозрастной или приблизительно разновозрастной границей».

В официальных стратиграфических документах СССР все подразделения единой стратиграфической шкалы и вспомогательные региональные стратиграфические подразделения являются хроностратиграфическими (СКТ, 1956, 1960; СКТН, 1965). Исключение сделано только для так называемых «стратиграфических обозначений свободного пользования», разобранных нами выше (пачка, толща и др.).

Группа — отложения, образовавшиеся в течение одной эры. Группы в целом отражают наиболее крупные этапы развития Земли и ее органического мира.

Система — отложения, составляющие часть группы и образовавшиеся в течение одного периода. Система характеризуется свойственным исключительно ей или имеющими здесь преобладающее развитие и типичными для нее семействами и родами большого вертикального распространения в фауне и родами и видами во флоре. Для практического разграничения смежных систем основное значение имеет существенное обновление морской фауны, выражающееся в появлении и широком развитии новых групп крупного систематического ранга (роды, виды, семейства и т. д.).

Отдел — отложения, составляющие часть системы и образовавшиеся в течение одной эпохи. Отделы характеризуются наличием исключительно им свойственных или преобладающим распространением типичных для каждого из них относительно крупных систематических групп фауны и флоры (подсемейств, родов и т. д.), причем существенные изменения (обновления) в составе флоры нередко происходят раньше, чем в составе морской фауны.

На границах, а отчасти и внутри отделов наблюдаются угловые несогласия, более или менее резкие смены фаций и другие признаки, связанные с различными тектоническими движениями, а также продукты разнообразной магматической деятельности.

Кроме понятий «группа», «система», «отдел», в «Стратиграфической классификации и терминологии» приведены определения еще двух понятий, отнесенных к единицам единой стратиграфической шкалы: яруса и зоны.

Для вспомогательных региональных стратиграфических подразделений ограничимся приведением определения лишь одного, основного понятия этой группы — свиты.

Свита представляет собой совокупность отложений, образовавшихся в пределах данного региона в определенных физико-географических условиях и занимающих в нем определенное стратиграфическое положение. Выделяется она на основе совокупности тех же признаков, по которым выделяются и подразделения единой шкалы. Но свита может быть выделена и при отсутствии некоторых из признаков, в частности, при отсутствии или недостатке фауны и флоры.

Кроме своего стратиграфического положения, одна свита должна ясно отличаться от другой всей совокупностью признаков и прежде всего по фациально-литологическим особенностям, а также по палеонтологическим признакам, причем границы между свитами должны быть достаточно четкими.

Возраст свиты в целом должен быть на всей площади ее распространения приблизительно одинаковым, хотя нижняя и верхняя возрастные ее границы все же могут быть немного отличными в разных участках развития свиты.

Не будем проводить детального анализа цитированных определений. Отметим лишь одну их общую черту: все понятия определены либо через некоторый интервал времени («эру», «период», «эпоху»), либо через одновозрастность («...возраст свиты... должен быть ...приблизительно одинаковым»), однако сами эти исходные понятия — интервал времени и одновозрастность — совершенно умозрительны. Они употребительны лишь в идеальных умозрительных моделях; не предложено никакой однозначной процедуры вывода этих понятий из наблюдаемых геологических фактов. Соответственно, невозможно на основании наблюдаемых фактов однозначно выделить в земной коре и геологические тела, определенные через «интервал времени» или «одновозрастность».

Видимо, понимание экспериментальной нереализуемости

понятия «система» привело авторов «Стратиграфической классификации и терминологии» к формулировке критериев «практического разграничения смежных систем» на основе доступных непосредственному наблюдению свойств. Но и эти критерии «практического разграничения» не улучшают положения. Непонятно, что значит «основное значение имеет», что такое «широкое развитие», на чем должно основываться разграничение смежных систем при несовпадении «первого появления» и «широкого развития» одной и той же крупной группы, при несовпадении «первого появления» разных крупных групп, при несовпадении «широкого развития» разных крупных групп. Следует учесть, что выделение разных систем по разным признакам в одном и том же пространстве в связи с требованием создания «единой стратиграфической шкалы» не допускается.

Точно так же не ясна роль наблюдаемых признаков — литологических и палеонтологических — и при выделении свит, так как не оговорено, каким образом выделить свиту при несовпадении границ, проведенных по сходству одних признаков, с границами, проведенными по сходству других признаков, а также с границами, проведенными в соответствии с требованиями к границе свиты «быть поверхностью разновозрастности». Таким образом, и формулировки практических критериев разграничения не помогают однозначно разделять геологическое пространство на геологические тела — группы, системы или свиты.

В американском стратиграфическом кодексе никаких иных требований, кроме «возрастной эквивалентности», к хроностратиграфическим единицам не предъявляется:

Система является основным подразделением мировой стратиграфической классификации отложений фанерозоя.

Отдел — хроностратиграфическое подразделение, следующее по рангу за системой.

Ярус — хроностратиграфическое подразделение, следующее по рангу за отделом.

Ярус здесь определен через отдел, отдел — через систему, а система вообще никак не определена. Не определено также что такое «ранг» и что такое «следует за...»

Хотя нам нигде не удалось встретить указания на цели выделения хроностратиграфических единиц, нам кажется, что мы не ошибемся, если определим эти цели как восстановление геологической истории некоторых участков земной коры. Действительно, история — это совокупность процессов геологического прошлого; для реконструкции этих процессов не-

обходима временная шкала, которая и создается из упомянутых выше интервалов.

Стратиграфические отношения

В стратиграфии используются следующие отношения геологических тел: «моложе», «древнее», «одновозрастно», «выше», «ниже», «стратиграфически эквивалентно» или «на одном стратиграфическом уровне», а также отношения включения и пересечения.

Понятия «моложе» и «древнее» обычно определяются через понятия «выше» и «ниже». Например: в нормально залегающих осадках кроющий (т. е. залегающий выше) слой всегда моложе подстилающего (т. е. залегающего ниже) (СКТ, 1960, стр. 7).

Остается уточнить только условие, при котором данное определение справедливо. Определения нормальности залегания нам найти не удалось. Возможно, под нормальным понимается залегание, противоположное опрокинутому. В Геологическом словаре (1960, т. II, стр. 96) опрокинутое залегание определяется как залегание, при котором древние слои лежат на более молодых (1) и подошва слоев обращена вверх, а кровля — вниз (2). Кровля в том же словаре определяется как горная порода, непосредственно перекрывающая пласт, а подошва — горная порода, подстилающая пласт (т. I, стр. 358, т. II, стр. 162).

Попробуем подставить в определение понятия «моложе» условие (1):

В осадках, в которых более древние слои лежат под (т. е. ниже) более молодым, слой, лежащий выше, всегда моложе слоя, лежащего ниже.

Не будем пытаться подставить в определение условие (2). Сделаем лишь вывод, что граничные условия, при которых понятие «моложе» может быть определено через понятие «выше», остались неизвестными.

Определение понятия «одновозрастно» вообще не существует, так как попытки определить его через «равенство возраста» или «равенство времени формирования» нельзя считать удовлетворительными вследствие отсутствия определенных этих понятий, выводимых из доступных для наблюдений геологических фактов.

Проанализируем, например, определение геологического возраста, приводимое Геологическим словарем:

Возраст геологический — время, прошедшее от какого-либо геологического события: наступления или отступления моря, внедрения интрузий, образования горных пород, появления организмов и др.

Различают возраст геологический абсолютный и возраст геологический относительный (стр. 131, т. 1).

В этом определении способы установления возраста не указаны, но имеется ссылка на определение абсолютного и относительного возраста.

Возраст геологический относительный — время какого-либо события в истории Земли по отношению ко времени другого геологического события. Возраст геологический относительный определяется по остаткам организмов, находимых в горных породах (палеонтологический метод) и по взаимоотношениям пород. Первый метод основан на том, что развитие органического мира происходит по восходящей линии — от простых организмов к более сложным. Сравнивая органические остатки, найденные в горных породах, можно установить более древние и более молодые горные породы. Второй метод основан на том положении, что в разрезе нижележащие породы являются более древними по отношению к вышележащим, а прорванные породы — более древними по отношению к прорывающим породам. Продолжительность времени при установлении В. г. о. определяется в таких единицах, как эра, период, эпоха, век (ГС, т. 1, стр. 131).

Отметим, прежде всего, что здесь налицо два определения относительного возраста; принятие обонх вместе приводит к логическому противоречию. Допустив, что в вышележащем пласте найдены организмы более простые, чем в нижележащем, получаем, что по первому из определений вышележащий пласт древнее нижележащего (в силу большей простоты его органических остатков), по второму из определений он моложе (в силу того, что он вышележащий). Имеем результат и его отрицание, что недопустимо (Клаус, 1960). Если пользоваться только вторым из определений (что и принято в геологической практике), то приходится констатировать, что оно позволяет устанавливать только отношения «моложе» и «древнее» для непосредственно контактирующих геологических тел. Из отношений «моложе» и «древнее», которые могут быть установлены между телами любого из множества геологических разрезов, никак не следует отношение «одновозрастно» между телами двух разных разрезов.

Возраст геологический абсолютный — время, протекшее от какого-либо события до современной эпохи, исчисляемое в млн. и тыс. лет. В г. а. определяется по распаду радиоактивных элементов, входящих в состав минералов..., а также по скорости накопления осадков, количеству лент в ленточных глинах и др. признакам (ГС, т. 1, стр. 131).

И эта цитата предлагает несколько определений понятия «абсолютный геологический возраст» — по распаду радиоактивных минералов (несколько методов!), по скорости накопления осадков и количеству лент в ленточных глинах (два

самостоятельных метода?) и по «др. признакам». Одновременное принятие нескольких определений, как мы могли убедиться, приводит к логическим противоречиям.

Проанализируем так называемый радиологический абсолютный возраст. Отметим прежде всего следующие замечания: «Использование цифр абсолютного возраста метаморфических минералов и пород допускается только в том случае, если исключена возможность локального или регионального «омоложения» толщ, связанного с последующим воздействием метаморфических, тектонических, магматических и других процессов. Абсолютный возраст должен определяться по возможности **несколькими методами** (калий-аргоновым, стронциевым, свинцовым), **контролирующими друг друга**». (Задачи и правила изучения и описания стратотипов и опорных стратиграфических разрезов, 1963, стр. 19). Из этого высказывания может быть сделано два вывода: во-первых, использованию цифр абсолютного возраста должна предшествовать процедура выяснения, имели ли место «метаморфические, тектонические, магматические и другие процессы», которые могли вызвать «локальное или региональное «омоложение» толщ, и, во-вторых, разные радиологические методы могут давать разные результаты, что опять-таки может привести к логическому противоречию. Но попробуем не обращать внимания и на это. Допустим, что радиологическое определение абсолютного возраста единственно, непротиворечиво, неограниченно применимо для всех случаев, когда известны содержания дочернего и материнского изотопов. Это определение устанавливает все три искомые возрастные отношения — «моложе», «древнее» и «одновозрастно». Но так как для отношений «моложе» и «древнее» существует и другое определение — по месту пластов в стратиграфической последовательности, то снова возникает дилемма: либо принять оба определения, имея в виду неизбежность логического противоречия, либо отказаться от одного из них. Отказавшись от определения по последовательности, мы теряем практически всю экспериментальную базу стратиграфии, что немислимо, по крайней мере, до тех пор, пока цифры радиологического возраста не стали столь же массовыми, как и данные о литологическом составе пород на территории исследования.

Для данного этапа при имеющемся соотношении количества литологических и палеонтологических, с одной стороны, и радиологических данных, с другой стороны, отказываться приходится от радиологического определения отношений «мо-

ложе» и «древнее». Кроме того, допустив возможность независимого установления для двух объектов отношения «моложе» по месту в последовательности пластов и отношения «одновозрастно» по радиологическому возрасту (такое допущение не противоречит опыту стратиграфии), снова приходим к логическому противоречию. Таким образом, неизбежно приходится отказываться и от радиологического определения отношения «одновозрастно».

Во избежание недоразумения, оговоримся, что мы призываем отказаться не от **радиологических способов установления отношений** «моложе», «древнее», «одновозрастно», а только от радиологических способов **определения** этих отношений. Разница между способами определения некоторого отношения и способами его установления такова: при установлении искомого отношения полученный результат должен быть проверен. Отношение, верное по определению, не подлежит проверке, оно верно именно в силу определения, в силу того, что именно этим определением данное отношение впервые вводится. Например, не подлежит проверке длина эталона метра, хранящегося в Парижском бюро мер и весов; метр и есть согласно определению длина данного предмета; длина же любых других предметов признается равной метру только при условии ее соответствия длине эталона.

Примечательны следующие высказывания: «Что же касается стратиграфической шкалы, то она не может быть автономно построена на базе одних изотопных датировок, так как последние всякий раз нуждаются в своей геологической интерпретации на основе относительной хроностратиграфической шкалы» (Соколов, 1971, стр. 161). При построении геологической шкалы фанерозоя, например, из 95 цифр абсолютного возраста были отобраны только 24 «опорных точки, относительный возраст которых доказан палеонтологическими данными» (Жамойда, 1968, стр. 653, 655). В стратиграфической литературе уже привычным стало употребление терминов «омоложение», «удревнение», «завышение», «занижение» возраста по радиологическим данным. Такая терминология отчетливо указывает на то, что возрастные отношения по радиологическим данным не принимаются как непроверяемые. Они проверяются с помощью других методов, в результате чего и обнаруживаются явления «удревнения» и «омоложения».

Заканчивая главу, можем сказать следующее.

Наш анализ был по необходимости выборочным. Однако,

опираясь на опыт работы, проводимой в Институте тектоники и геофизики Дальневосточного научного центра АН СССР по составлению картотеки стратиграфических терминов, мы можем утверждать, что рассмотренные случаи вполне отражают общее положение дел в стратиграфической семантике, поэтому выводы, сделанные на основе проведенного анализа, можно отнести к стратиграфии в целом:

1. Большинство определений понятий в стратиграфии таковы, что они либо не позволяют выделять соответствующий класс объектов из множества, либо не отвечают требованиям операционной определенности, либо непригодны для решения практических задач стратиграфии, либо сформулированы настолько неоднозначно и расплывчато, что не позволяют даже оценить их соответствие логическим требованиям.

2. Имеющихся удовлетворительных с точки зрения логики понятий в стратиграфии недостаточно для проведения какой-либо законченной последовательности операций, поэтому при решении любой стратиграфической задачи всегда используются неудовлетворительные понятия.

3. Операции, использующие неудовлетворительные понятия, не могут давать удовлетворительных результатов, даже если сами эти операции вполне безупречны.

4. Возможный путь совершенствования стратиграфической семантики — формализация основных понятий стратиграфии и разработка систем понятий, достаточных для решения некоторых стратиграфических задач, а в конечном итоге — для решения общей задачи стратиграфии.

§ 3. МЕТОДЫ КОРРЕЛЯЦИИ

Общие предпосылки

Наиболее распространенными способами решения естественнонаучных задач являются аксиоматические, дедуктивные способы, а также выводы по аналогии.

Логическая структура выводов по аналогии такова: если для некоторых представителей какого-либо класса установ-

лено наблюдением некоторое свойство или некоторая связь с другими предметами или явлениями, то вывод о наличии этого свойства или связи распространяется и на других представителей данного класса, для которых это свойство или связь не наблюдались. По А. И. Умову (1971), «аналогия... предполагает, что заключение относится к совсем иному предмету, чем тот, о котором шла речь в посылке» (стр. 62). Обстоятельному анализу, обоснованию и детальному изложению формализованных приемов выводов по аналогии посвящены работы А. И. Умова (1962, 1965, 1971).

Гораздо более мощным и более распространенным исследовательским инструментом являются гипотетико-дедуктивные теории (название принято по В. Н. Садовскому, 1963). Общую схему гипотетико-дедуктивной теории можно представить следующим образом: при эмпирическом изучении некоторого множества устанавливается, что для всех изученных его элементов справедлива следующая связь: если элемент обладает свойством f , то он обладает и свойством φ . Если изученное множество достаточно велико, то делается индуктивный вывод о том, что данная связь справедлива для всех предметов, относящихся к этому множеству. Тем самым данная связь возводится в ранг универсального закона науки, который символически записывается так:

$$\forall x \{ f(x) \rightarrow \varphi(x) \}, \text{ или —}$$

для всех x , если x обладает свойством f , то x обладает и свойством φ (Никитин, 1970; Мейбаум, 1967; Солодухин, 1968; и др.). Законы позволяют и без всяких дополнительных операций предсказывать наличие у предмета неизвестного свойства φ , если для этого предмета установлена принадлежность к множеству x и наличие свойства f . Однако основное назначение закона другое. Обычно некоторый строго фиксированный набор законов используется в качестве аксиом дедуктивной аксиоматической теории. Из этих аксиом с помощью также строго фиксированного набора правил преобразования, которыми чаще всего служат законы логики, выводятся теоремы. В качестве наиболее известных аксиоматических теорий можно назвать геометрию Эвклида, арифметику Пеано, аксиоматические системы математики Гильберта, Рассела и Уайтхеда, квантовую механику, классическую термодинамику, релятивистскую кинематику и др. (Садовский, 1962; Бор, 1961).

Если аксиоматическая теория разрабатывается как совер-

шенно абстрактная процедура знаковой деятельности, т. е. просто как процедура получения одних знаков или комбинаций из других (к таким теориям принадлежат многие разделы математики), то к ним предъявляются следующие требования: непротиворечивость, независимость и полнота. В таких теориях не должны быть одновременно выводимыми некоторое утверждение и его отрицание (непротиворечивость); все утверждения этой теории должны быть доказуемыми или опровергаемыми (полнота); ни одна аксиома не должна выводиться из других (независимость). Иногда добавляются другие требования — разрешимость и простота. Наиболее существенное требование — непротиворечивость. Нарушение этого требования приводит к разрушению аксиоматической системы.

«До тех пор, пока дедуктивная теория рассматривается просто как система утверждений, не требующих эмпирической интерпретации, мы имеем дело с системой категорических утверждений — категорических потому, что всякое сомнение в них просто остается за рамками таких построений. Но как только мы переходим в сферу основанного на эмпирии знания, то дедуктивная система теряет свойство категоричности и выступает как система гипотез, требующих эмпирического обоснования» (Садовский, 1963, стр. 73). К перечисленным выше требованиям — непротиворечивости, независимости, полноте — добавляются требования эмпирического обоснования: достаточно большое множество объектов, послуживших эмпирической базой для индуктивного вывода закона, использованного в качестве аксиомы дедуктивной теории, и возможность экспериментальной проверки полученных выводов. Под экспериментальной проверкой понимается наблюдение предсказанных свойств, отношений, явлений.

В этом разделе мы попытаемся выяснить, к каким логическим операциям сводятся действия, применяемые в методах решения задачи корреляции, как осуществляется оценка решений, каково эмпирическое обоснование производимых операций, позволяет ли оно делать выводы только по аналогии или в основу действия могут быть положены некоторые существующие законы.

Задача корреляции понимается различными авторами по-разному — как синхронизация, или установление временных отношений тел в разных разрезах, и как установление пространственных отношений этих тел. Формулировка задачи и способы ее решения различны для этих двух случаев. Рассмотрим их отдельно.

Временная корреляция (синхронизация)

Временная корреляция является идентификацией тел по возрасту, т. е. синхронизацией.

Для удобства анализа можно разделить признаки, используемые при синхронизации, на тектонические, литологические, палеонтологические.

К тектоническим признакам отнесем такие, которые наблюдаются в складчатой слоистой структуре — наличие несогласий, характер и степень дислоцированности и др.

К литологическим отнесем такие, которые наблюдаются в любой точке пласта, во всем пласте или в последовательности слоев — гранулометрия, минералогический состав, физические свойства пород, ассоциация пород, характер переслаивания и др.

Палеонтологическими признаками пласта или группы пластов являются заключенные в них органические остатки.

Как правило, оценка правильности синхронизации проводится двумя путями:

1. Анализируется модель, положенная в основу метода, с целью выяснить, доказывает ли она обязательность одновозрастности некоторых тел, их свойств или их отношений или допускает лишь возможность одновозрастности в некоторых случаях.

2. Проводится синхронизация с помощью другой методики, которая принимается контролирующей, и в случае получения противоречия проверяемый результат признается неверным.

Для одних методик синхронизации используются оба способа оценки, для других — какой-либо один из них.

Простые методы синхронизации

К ним относятся методы синхронизации по сходству тектонических признаков.

Диастрофический метод. В основе этого метода лежит положение об одновременном проявлении по всему земному шару или на больших его территориях фаз складчатости, при-

водящих к образованию угловых несогласий. В наиболее развитой форме этот метод был предложен Г. Штилле, хотя многие существенные его черты можно установить и в работах Кювье, Орбиньи и Агассица.

В качестве ведущего признака при корреляции используются поверхности угловых несогласий, признаваемые синхроничными.

При сравнении результатов синхронизации, полученных диастрофическим методом, с результатами, полученными другими методами (в основном биостратиграфическими), были получены многочисленные противоречия, которые были истолкованы как доказательство непринемлемости диастрофического метода синхронизации (Меннер, 1962). По Г. Уилеру (Wheeler, 1958) и Г. Уилеру и Э. Бисли (Wheeler, Beesley, 1948), закономерным является скорее неоднородность несогласий в разных участках земной коры, чем их синхронность.

Методы синхронизации по сходству дислоцированности. В их основе лежит представление о том, что разновозрастные и поэтому испытывшие одинаковое число фаз складчатости толщи должны иметь одинаковую или близкую степень дислоцированности. Сравнение степени дислоцированности при этом предполагается возможным провести однозначно.

Этот метод часто используют для предварительной оценки геологического возраста в малоизученных регионах, обычно вместе с оценкой степени метаморфизма пород. Так, на Камчатке был оценен возраст дислоцированных толщ о. Карагинского и п-ова Говена А. И. Юдиным и Б. Ф. Дьяковым как меловой (Двали, 1955). В дальнейшем в этих толщах были найдены органические остатки и по ним была проведена корреляция с толщами, занимающими гораздо более высокое стратиграфическое положение (Мигович, Титов, 1966; Храмов, Салин, Флоренский, 1968). Несовпадение результатов синхронизации по степени дислоцированности и метаморфизма с результатами синхронизации по другим методикам обычно истолковывается как доказательство неверности результатов синхронизации по степени дислоцированности.

Другую группу образуют методы синхронизации по сходству литологических признаков.

Синхронизация пластов и толщ слоистых пород. В основе этих методов лежит представление об одновременном существовании одинаковых условий осадконакопления в древних бассейнах седиментации, приводящих к образованию одинаковых пластов или толщ.

Таковы все методы синхронизации по маркирующим пластам (одинаковые условия существовали одновременно по всей площади распространения пласта при его формировании) или по маркирующим пачкам, по сходству толщ, в которых нельзя синхронизировать ни один из имеющихся в них пластов (тогда подразумевается, что одновременно существовали не одинаковые условия образования конкретных пластов, а одинаковые обобщенные, усредненные, суммированные по всем пластам этой толщи условия образования).

Иногда при сравнении пластов или толщ совпадают в разных разрезах не все признаки, положенные в основу выделения пород или толщ, а лишь некоторые из них, — например, комплекс тяжелых минералов, карбонатность, содержание пирита или органического вещества и т. д. Другие признаки при этом могут и не совпадать, например, одинаково карбонатными или содержащими одинаковый комплекс тяжелых минералов могут оказаться алевролиты, песчаники, гравелиты. В этих случаях принимаются одновременно существовавшими по всей площади распространения коррелируемых отложений не все физико-географические условия бассейна седиментации, а лишь некоторые из них, послужившие причиной образования именно этих черт породы.

Почти все стратиграфы, анализировавшие модель процесса, положенного в основу синхронизации по сходству литологических признаков, допускают возможность миграции одинаковых условий, что приводит к возрастному скольжению образовавшихся пластов, толщ и литологических границ.

Многочисленны и примеры, приводимые в качестве доказательства возрастного скольжения. В литературе часто указывается на возрастное скольжение глинистых сланцев Брайт-Эйнджел в Большом Каньоне Колорадо. На протяжении 350 км они подстилаются одними и теми же песчаниками Тепитс, но содержат в своем основании на западе один комплекс окаменелостей, коррелируемый с нижнекембрийскими толщами, а на востоке — другой комплекс, коррелируемый со среднекембрийскими толщами. Пересечение литостратиграфической границы с биостратиграфической здесь истолковано как доказательство неодновременности литостратиграфической границы (Мак-Ки, 1954). Пересечение литологической границы группы Кэтскилл и Шеманг в штате Нью-Йорк с биостратиграфическими границами также было интерпретировано как доказательство возрастного скольжения литологической границы (Данбар и Роджерс, 1962).

Л. Я. Трушкова (1967) приводит пример резкого пересечения границ, проведенных по фауне, с границами, проведенными по литологии, в пределах одной разведочной площади. Г. Уилер и Э. Бисли (Wheeler, Beesley, 1948) и Г. Уилер (Wheeler, 1958) возводят явление возрастного скольжения литологических границ в ранг всеобщего закона стратиграфии столь же важного, как законы Стено и Долло.

Синхронизация последовательности пластов и толщ. В основу этих методов положено представление об одновременности существования одинаковых условий не только во время образования одного пласта (или толщи), а и о синхронной и одинаковой смене условий, что приводит к образованию одинаковых последовательностей пластов или толщ.

Таковы методы циклического анализа, фациально-циклического анализа, геотектонического анализа, ритмостратиграфии при изучении флишевых толщ (Динер, 1934; Жемчужников, 1950; Золотницкий, 1955; Меннер, 1962; Вассоевич, 1948; Зубкович, 1968; Жижченко, 1958, 1969; и др.).

Если допускать возможность «возрастного скольжения» для каждого элемента последовательности, то такая возможность должна быть допущена и для всей последовательности в целом.

Примеры «возрастного скольжения» последовательностей толщ:

скольжение последовательности групп Шеманг — Кэтскилл в штате Нью-Йорк (Данбар и Роджерс, 1962);

скольжение последовательности: аргиллиты (куломзинская мегнионская свиты) — песчаники — алевролиты — аргиллиты (тарская и нижневартовская свиты) — пестроцветы и зеленоцветы (княжлицкая свита) в центральной части Западно-Сибирской равнины (Трушкова, 1970).

В обоих случаях было установлено пересечение литологических границ с границами, проведенными по палеонтологическим признакам. Это противоречие было истолковано как доказательство неправильности синхронизации по литологическим признакам.

Синхронизация по сходству палеонтологических признаков.

О роли палеонтологических методов синхронизации в стратиграфии достаточно ясно говорят следующие цитаты:

«...палеонтологический метод является контролирующим все остальные» (Степанов, 1958, стр. 19).

«Палеонтологический метод «корреляции» или «параллелизации» был и остается основным методом геологической синхронизации» (Давиташвили, 1948, стр. 487).

«Палеонтологическая методика стратиграфии (биостратиграфии) положена в основу всякого геологического картиро-

вания и тем самым определяет все развитие как региональной, так и общей геологии» (Шатский, 1965, стр. 8).

Синхронизация отдельных форм и их комплексов. Этот метод синхронизации основан на предположении, что какие-либо формы древних организмов появлялись и вымирали одновременно во всех участках своего обитания, причем все их особи одинаково захоронялись осадком и сохранялись в образовавшейся породе до наших дней, поэтому пласты во всех разрезах, где отмечены первые появления остатков этих форм, одновозрастны. Одновозрастны и пласты во всех разрезах, где остатки этих форм отмечены в последний раз. Такова же схема использования для синхронизации слонетых толщ и целых комплексов окаменелостей.

Однако модель и этого метода также допускает возможность неодновременности границ, проведенных по палеонтологическим признакам. Для примера проанализируем границы, проводимые по первому появлению в разрезах какого-либо вида окаменелостей:

1. Все палеонтологи и стратиграфы, разделяющие точку зрения Дарвина на эволюцию, стоят на позиции монофилетического видообразования, т. е. считают, что все особи одного вида происходят от одних и тех же предков.

Современная палеонтология и биология позволяет выделить различные способы монофилетического видообразования. Возможен случай, когда дочерний вид образуется из материнского вида в каком-то одном месте и впоследствии расселяется по всему ареалу своего максимального распространения. Возможен и противоположный случай — дочерний вид образуется из материнского по всему ареалу распространения материнского вида и в дальнейшем никуда не мигрирует.

Первый способ видообразования называется монотопным, второй — один из крайних случаев политопного видообразования. Мы взяли именно этот крайний случай для удобства анализа. Между *обоими* крайними случаями допускаются любые взаимопереходы.

Рассмотрим подробнее случай монотопного видообразования. На распространение вида из центра его происхождения по всему ареалу необходимо время. Это время разными биологами и палеонтологами оценивается различно:

а) Время, необходимое на расселение, было очень большим даже в геологических масштабах, поэтому сходство фаун,

особенно на больших расстояниях, доказывает скорее неодновременность, чем синхронность:

«...когда геологу приходится иметь дело с обширными пространствами или с полностью разобщенными отложениями, тогда вред от объединения под обычным термином «одновременность», «гомотаксиса», или «сходства в расположении», которое может быть установлено, и «синхронности» или **«тождества возраста», для которого нет и тени доказательства**, оказывается неисчислимым и становится источником необоснованных спекуляций» (Гексли, 1862, цит. по Степанову, 1958, стр. 126).

«...палеонтология сама по себе констатирует скорее гомотаксис, чем синхронизм...» (Криштофович, 1948, стр. 166).

б) Противники этого взгляда утверждают, что виды расселяются так быстро, что время на расселение в геологическом смысле ничтожно, им можно пренебречь. В доказательство приводятся примеры миграции современных форм, таких как *Littorina littorea* и некоторые другие. Однако те же авторы, доказывающие геологическую мгновенность миграций, оговариваются, что мгновенным может быть лишь свободное расселение при отсутствии барьеров, задерживающих миграцию. Если же есть барьер, пространственно ограничивающий условия среды, пригодные для существования формы, то расселение будет происходить с такой скоростью, с какой перемещается барьер, и за ним — благоприятные условия среды.

Л. Л. Халфин (1960), оспаривая эти выводы, утверждает, что «...зависимое расселение (вслед за барьерами) совершается медленно, и фауна, участвующая в нем, может достичь значительно удаленных областей, лишь существенно изменившись...» (стр. 14), т. е., что она будет представлена уже другими видами.

Однако в рассматриваемом случае происходило лишь смещение во времени условий среды и видов вместе с ними, в результате чего виды все время находились **в одних и тех же условиях среды**. Изменение таких видов, очевидно, должно было происходить аналогично изменению видов, никуда не мигрирующих, остающихся на месте в одних и тех же условиях своего постоянного местообитания. Для видов, остающихся на месте, известны как примеры быстрых изменений, так и примеры длительного в геологическом смысле существования одного и того же вида. Очевидно, такую же возможность надо допустить и для видов, мигрирующих вслед за барьерами.

Рассмотрим теперь политопную модель видообразования. Здесь имеется в виду происхождение новой формы в каждом участке от своих, местных представителей одной и той же старой формы.

Если изменение условий среды происходило одновременно по всему ареалу, то одновременным на всей этой территории было и происхождение новой формы. Если условия, послужившие причиной видообразования, мигрировали, то вслед за ними перемещался и участок видообразования. Такой процесс видообразования можно представить как для исходного вида с достаточной экологической пластичностью, так и для исходного вида с недостаточной пластичностью, но при синхронном перемещении необходимых мутагенных факторов вместе с необходимыми условиями существования.

Таким образом, и монотопная, и политопная модели видообразования допускают возможность одновременности первого появления особей одного и того же вида в разных участках своего местообитания.

2. Но даже приняв одновременным появление какой-либо формы во всех участках обитания, нельзя считать синхронными во всех разрезах пласты с первыми находками этих форм. Далекое не во всех участках своего обитания остатки организмов захоронялись и сохранялись в породе до наших дней. Это положение о неполноте геологической летописи, предложенное Ч. Дарвином, принимается без существенных оговорок большинством современных стратиграфов.

3. Так как окаменелости, в силу дискретности своего распространения в объеме породы, в отличие от литологических признаков не могут быть фиксированы в каждой точке пласта, то возможен и наверняка нередок такой случай: хотя представители вида присутствуют в одном и том же пласте во всех разрезах, но в одних разрезах они уже найдены, а в других еще нет, вследствие чего биостратиграфическая граница, проведенная на основании имеющихся находок, будет не совпадать с действительной границей распространения вида в отложениях изучаемой территории.

Учитывая все названные основания, можно утверждать: границы, проведенные по первому появлению в разрезах какой-либо формы, могут соединять пласты, образовавшиеся одновременно. Такие же выводы делают Х. Д. Хедберг (Hedberg, 1958, 1959, 1965, 1970), Г. Уилер (Wheeler, 1959), Г. Харрингтон (Harrington, 1965), анализировавшие модель, положенную в основу метода синхронизации по сходству от-

дельных форм или их комплексов. Они называют следующие причины возможной неоднородности одной и той же биостратиграфической границы в различных участках: латеральные изменения фаций или обстановок осадконакопления, изменения условий захоронения, случайности обнаружения окаменелостей, метаморфизм и т. д.

Если для каждого отдельного вида какого-либо комплекса можно допустить одновременность первого появления в разных разрезах, то то же самое надо допустить и для всего комплекса в целом.

Проверка правильности синхронизации осуществлялась как для отдельных форм, так и для целых комплексов. «Возрастное скольжение» некоторых руководящих форм брахиопод было обнаружено в каменноугольных отложениях Волго-Уральской области. Аналогичен пример «возрастного скольжения» аммонитов *Gonioloboceras*, в Центральном Казахстане ассоциирующихся с верхнетурнейским комплексом фауны, а в Соединенных Штатах Америки — с фауной пенсильваня. За синхроничные границы в этих случаях были приняты границы, проведенные по сопутствующим формам (Степанов, 1958). Очевидно, в этом случае просто-напросто имело место пересечение границ, проведенных по некоторым руководящим формам, с границами, проведенными по большинству остальных форм. Руководящие формы верхов виле — низов намюра *Striatifera striata*, известные в этих отложениях от Англо-Бельгийского бассейна до Китая включительно, неожиданно были найдены в ассоциации с руководящими турнейскими брахиоподами (Нехорошев, 1970). Гораздо чаще отмечаются случаи, когда формы, широко распространенные в более древних отложениях, обнаруживаются в более молодых. Большинство таких случаев обычно квалифицируется как «переотложение».

Многочисленны примеры «возрастного скольжения» и целых комплексов органических остатков. Таковы все случаи, приводимые под названием колоний Барранда и суперситовых фаун (Жижченко, 1969; Зубкович, 1968; и др.).

Баррандовскими колониями обычно называют случаи обнаружения среди одного комплекса окаменелостей или ниже него по разрезу другого комплекса окаменелостей, который в других разрезах всюду располагался выше первого.

Суперситовыми или реликтовыми фаунами обычно называют случаи обнаружения среди одного комплекса окаменелостей или выше него по разрезу другого комплекса ока-

менелостей, который в других разрезах всюду располагался ниже первого.

Налицо пересечение границ, проведенных по первому комплексу, с границами, проведенными по другому. За синхроничные в обоих случаях приняты границы по первому комплексу, что равносильно признанию «возрастного скольжения» границ по другому.

Нетрудно видеть, что при любом пересечении границ неизбежен вывод о «возрастном скольжении» какой-либо одной из них. Случай же пересечения биостратиграфических границ никак нельзя признать редкими. Общеизвестна противоречивость независимых датировок одного и того же объекта по флоре и фауне, по моллюскам и фораминиферам, даже по разным видам в пределах одной и той же группы.

Приведем два примера.

Возраст «ежевого горизонта» залива Корфа на Камчатке, содержащего остатки моллюсков, всегда считался более молодым, чем возраст перекрывающей его флороносной толщи. Так, И. П. Хоменко (1933) сопоставлял «ежевый горизонт» по сходству фауны со средним миоценом, а А. Н. Криштофович сравнивал флористические комплексы с олигоцен-миоценовыми (1934). После сравнительного изучения сахалинских и камчатских разрезов обнаружилось сходство фаунистического комплекса «ежевого горизонта» с комплексом сертунайского горизонта Сахалина (наши данные — Ю. С. Салин), а флористического комплекса — с комплексом верхнедуйской свиты (Челебаева, 1971). Последовательность верхнедуйского флористического комплекса и сертунайского фаунистического комплекса противоположна последовательности корфовского флористического комплекса и комплекса моллюсков «ежевого горизонта».

Тюшевская свита Кроноцкого района Камчатки всегда сопоставлялась по сходству фауны с пильской и холмской свитами Сахалина, с гакхинской свитой Западной Камчатки, а ракитинская свита и свита Горячих Ключей — с более молодыми, вышележащими сертунайской, окобыкайской свитами Сахалина, с кавранской свитой Западной Камчатки (Ильина, 1963; Белова и др., 1961; Криштофович, 1960; Геология СССР, 1964; и др.). В 1964 г. А. С. Арсановым (Пронина, 1969; Криштофович, 1969) был обнаружен и изучен непосредственный контакт тюшевской и ракитинской свит. Последовательность залегания оказалась обратной той, что была установлена по сходству фаунистических комплексов.

Примеры противоположных последовательностей зональных видов граптолитов в различных разрезах приводят Б. М. Келлер (1954), Д. Л. Степанов (1958) и др.

Филогенетический метод синхронизации. Синхронизация производится не по отдельным одинаковым формам, а по филогенетическим рядам, т. е. по вертикальным рядам форм, где каждая вышележащая является потомком ближайшей нижележащей. Соответственно синхронными в разных разрезах считаются слои, где фиксируется первое появление каждой новой формы.

Но если для каждого отдельного вида филогенетической линии можно допустить, как мы видели в предыдущем разделе, одновременность первого появления в разных разрезах, то такая же возможность должна быть допущена и для всей филогенетической линии в целом.

У этого метода синхронизации имеется и другой большой недостаток. Как правило, филогенетические ряды не могут быть построены на материалах одного разреза; строятся они на материалах сводных разрезов, скоррелированных другими методами, и уже поэтому несут в себе всю неоднозначность и ошибки синхронизации другими методами.

Эволюционный метод синхронизации. Название метода принято по Д. Л. Степанову (1958). Суть его состоит в том, что для синхронизации используется сходство признаков у форм, относящихся к разным группам, например, сходство лопастной линии у аммонитов, относящихся к разным родам. Модель, положенную в основу метода, В. В. Меннер (1962) характеризует так: «И действительно, если эти признаки вызваны прямым воздействием внешней среды на организмы, находящиеся на определенной ступени развития, то сходные условия в близкие интервалы времени могут приводить к выработке в родственных группах и сходных признаков» (стр. 50).

И эта модель допускает те же возражения, что и прежде: сходные условия, приводящие к выработке сходных признаков, могли существовать и не одновременно. В. В. Меннер (1962) приводит многочисленные примеры «неправильной синхронизации» этим методом — результаты синхронизации другими методами, противоречащие результатам, полученным отмеченным методом, принимаются как доказательства его ошибочности.

Species range method. Часто диапазоны вертикального пространства в данном разрезе каждого вида в отдельности

не дают возможности произвести достаточно детальное расчленение разреза и корреляцию его с другими. Использование ассоциаций форм (при несовпадении вертикальных диапазонов отдельных форм) позволяет выделить в разрезе гораздо более дробные подразделения. Синхронизация в дальнейшем проводится по сходству выделенных ассоциаций форм.

Такой прием используется в *species range method*, как называет его вслед за М. К. Элиасом Л. Ш. Давиташвили (1948), а также при синхронизации при помощи анализа фаунистических и флористических комплексов (Степанов, 1958).

Возражение к подобным методам синхронизации: если появление и исчезновение в разрезах каждого вида в отдельности, как мы имели возможность убедиться ранее, могут быть несинхронными во всех разрезах, то очевидно, что могут быть несинхронными и пласты с их совместным нахождением.

Методы количественного учета. Может оказаться, что и использование ассоциаций форм не обеспечивает требуемой детальности расчленения и корреляции. Тогда для каждой формы в ассоциации вводится количественная оценка обилия представителей этой формы в породе или оцениваются количественные соотношения разных форм в ассоциации. В разрезе выделяются ассоциации, различающиеся своими количественными характеристиками.

В разных разрезах синхронизируются комплексы с тождественными или близкими количественными характеристиками. Допустимую степень близости при этом считается возможным оценить однозначно.

Подобные приемы широко используются в палеоэкологических методиках корреляции Р. Ф. Геккером (1957), А. И. Осиповой (1955), Р. Л. Мерклиным (1950), Р. Ф. Геккером, А. И. Осиповой, Т. Н. Бельской (1962), В. А. Захаровым (1966), Е. А. Ивановой (1958), Ю. С. Салным (1966, 1972), и др.

При синхронизации по сходству количественных характеристик комплексов опираются на предположение об одновременном существовании одинаковых условий среды, приведших к формированию комплексов с одинаковыми количественными характеристиками идентичных форм. Модель допускает возможность неодновременности одинаковых условий среды.

Процентно-статистический метод. При сравнении комплекса окаменелостей в одном разрезе с комплексами другого разреза может оказаться, что ни с одним из них сравниваемый не имеет полного сходства, тождества, хотя общие формы

имеются у него с каждым комплексом. За синхронный принимают тот из них, с которым у сравниваемого комплекса имеется наибольший процент общих форм. Чаще сравнение производится не с каким-то конкретным эталонным разрезом, а с обобщенным, сводным разрезом, составленным на основании синхронизации многочисленных частных (Слодкевич, 1938; Либрович, 1948). При этом неоднозначность построения сводного разреза автоматически переносится и на результаты синхронизации искомого комплекса с этим сводным разрезом.

У этого метода нет хорошо разработанной модели, объясняющей, почему наибольшее процентное сходство должно истолковываться как синхроничность. Примеры «неправильной» синхронизации статистическим методом приводит Л. Ш. Давиташвили (1948), Б. П. Жижченко (1969) и др.

Сложные методы синхронизации

Синхронизация с помощью замены одной из совпадающих границ другой. В. К. Крумбейн и Л. Л. Слосс (1960) отмечают случай полного совпадения границ, выделенных в олигоценовых отложениях побережья Мексиканского залива по присутствию фораминифер зоны *Heterostegina*, с границами, выделенными по электрокаротажу. Совпадение здесь настолько полное, что зону *Heterostegina* часто выделяют в скважине по электрокаротажу, не используя данные по фораминиферам. В. К. Крумбейн и Л. Л. Слосс пользуются этой заменой чисто формально, не давая этому возрастной интерпретации.

Однако во многих других случаях подобный прием используется для целей синхронизации. Так как при этом логическая сущность его не оговаривается и сам прием не выражен в столь явном виде, дадим возрастную интерпретацию его на примере, приведенном В. К. Крумбейном и Л. Л. Слоссом.

Очевидно, комплекс фораминифер зоны *Heterostegina* жил при таких же физико-географических условиях, при которых происходило и формирование отложений, обладающих отмеченной каротажной характеристикой.

К этому приему можно отнести в полной мере все замечания о возможности миграции во времени данных условий сре-

ды, что привело бы к возрастному скольжению как границы, выделенной по фораминиферам, так и границы, выделенной по каротажу или по обоим признакам вместе.

Методы синхронизации по сходству восстановленных признаков. Модель, положенная в основу этих методов, такова: по всей территории распространения синхронизируемых отложений существовали одновременно какие-то одинаковые условия среды. Отождествляются по геологическому возрасту тела, обладающие признаками, позволяющими восстановить именно эти условия среды. Признаки могут быть различными для различных мест, например, в одном разрезе это могут быть литологические признаки, в другом — комплекс окаменелостей, в третьем — спорово-пыльцевой спектр.

Такова палеогеологическая методика синхронизации, предложенная Б. П. Жижченко, где одновременно существовавшими условиями принимаются, например, солевые условия древнего бассейна. «Выявить гидрологические условия бассейна, в частности солевой режим во время формирования тех или иных отложений, принципиально возможно на основании изучения остатков почти любой группы организмов, в них находящихся. Поэтому возможно производить сопоставления между собой даже тех слоев, которые не содержат ни одной общей формы» (Жижченко, 1969, стр. 292).

Такова палеоклиматическая методика синхронизации по различным следам оледенений, принимавшихся синхронно существовавшими на больших территориях земного шара в четвертичное время. Здесь также синхронизируются отложения не на основании сходства наблюдаемых признаков, а по разным индикаторам, указывающим на оледенение — в одном случае это может быть литологический состав (морена), в другом случае — комплекс остатков спор и пыльцы древних растений, в третьем — комплекс моллюсков.

Такова в некоторых чертах палеоэкологическая методика корреляции — когда приравниваются комплексы окаменелостей, не имеющие ни одной общей формы, но которые могут быть интерпретированы как сформировавшиеся в одинаковых гидродинамических условиях или в условиях одинакового удаления от берега, одинаковой глубины и т. д. (Степанов, 1958).

Такова комплексная литолого-палеоэкологическая методика, когда приравниваются, например, такие признаки, как грубообломочность породы, преобладание устриц или митилл в комплексе окаменелостей, и окатанность, обломанность, потертость раковин моллюсков.

Во всех этих методиках синхронизации, несомненно, в какой-то степени учитывается и совпадение границ, выделенных по разным признакам, — например, во многих случаях прямо отмечается постоянное пространственное совпадение грубообломочных отложений с комплексами раковин митилид, с наличием большого количества обломанных, окатанных раковин моллюсков, часто неопределенного систематического положения из-за своей фрагментарности. Но если это совпадение и отмечается, то в основном попутно, мимоходом. Основным достоинством методик авторы считают их исторический, палеогеографический характер. Логика действий здесь представляется следующей:

1. Классифицируется современная среда по какому-либо признаку, например, гидродинамике.

2. Классифицируется множество организмов, например, моллюсков таким образом, чтобы границы пространственного распространения какого-либо класса этого множества совпали с границами какого-либо класса условий среды. Чаще всего классы организмов при этой операции определяются не какими-то морфологическими признаками, общими для всего выделенного класса, а путем группирования уже существующих морфологических групп (видов, родов, семейств и т. д.) в экологические классы.

3. Классифицируется множество современных осадков по какому-либо признаку, например, гранулометрии таким образом, чтобы границы пространственного распространения какого-либо выделенного гранулометрического класса осадков совпали с границами какого-либо класса условий среды.

4. Выделенные классы моллюсков и гранулометрического состава осадков приравниваются друг к другу как диагностирующие одинаковые условия среды.

5. Среди ископаемых моллюсков выделяются те же морфологические классы, или экологические классы, содержащие морфологически идентичные современным группы (виды, роды и т. д.).

6. Среди пород выделяются те же гранулометрические классы, что и среди современных осадков.

7. Для выделенных классов ископаемых моллюсков постулируется то же отношение к классам древней среды, что и для современных моллюсков — к современным условиям.

8. Для выделенных классов пород постулируется то же отношение к классам древней среды, что и для аналогичных классов современных осадков.

9. Выделенные классы древних моллюсков и гранулометрические классы пород приравниваются друг к другу как диагностирующие одинаковые условия среды.

Во многих случаях гораздо проще установить пространственные отношения современных моллюсков прямо с современными осадками, чем моллюсков с гидродинамикой и осадков с гидродинамикой, и через отношение тех и других к гидродинамике установить их пространственные связи друг с другом. Тогда интерпретационная, историческая часть умозаключений отпадает, вся цепь резко сокращается: выделяем среди современных осадков и моллюсков взаимносогласные группы, т. е. группы, которые дают совпадающие границы. Взаимное согласие приписываем и ископаемым моллюскам, и породам тех же групп. В принципе эта операция может быть сравнена с операцией приписывания взаимного согласия признаков, установленных на одном пласте, другому пласту. Современные осадки выделяются здесь просто как самый верхний пласт. Неоценимые преимущества этого самого верхнего пласта — его несравненно большая, чем для древних пластов, доступность непосредственным наблюдениям.

В других случаях интерпретационное звено рассуждений нельзя выкинуть из-за невозможности прямого установления взаимного согласия границ.

Следует подчеркнуть также, что даже в тех случаях, когда интерпретационное звено рассуждений не является необходимым, от него не отказываются, обосновывая это стремлением к установлению не формальных механических, случайных связей, а причинно-следственных связей.

Кажется очевидным, что к синхронизации по сходству не наблюдаемых, а восстановленных, палеогеографических признаков можно предъявить все возражения, предъявляемые к синхронизации на основании сходства наблюдаемых признаков. Так, одинаковые условия по-прежнему можно представить не синхронными, а мигрирующими во времени.

Кроме того, здесь появляются ошибки, неоднозначность стадий интерпретации, установления взаимного согласия границ. Сами эти операции надо признать формально совершенно не разработанными, неоднозначными.

Синхронизация на основе гипотез о географическом распределении синхронических тел. Схема этих методов такова: строится модель географического распределения пород, фаунистических или флористических комплексов. Модель может

иметь примерно такой вид: от линии нулевой мощности синхронизируемых толщ («береговая линия») сменяются в направлении, перпендикулярном этой линии («в глубь бассейна седиментации»), грубообломочные породы все более и более мелкообломочными и далее карбонатными или кремнистыми породами. Подобный подход используется в палеогеографическом анализе по Н. С. Золотницкому (1955), в палеогеографическом методе по Б. П. Жижченко (1958), в методах сопоставления на основе фациального анализа по Б. П. Жижченко (1969), таковы методы выделения горизонтов «парвафаций» по В. К. Крумбейну и Л. Л. Слоссу (1960), M. Weller (1958), таковы же методы выделения синхроничных горизонтов в циклических отложениях (Гейслер, 1950) и др. Подобная модель строится чаще всего на основании наблюдений над современными осадками и организмами, иногда — на основании географического распределения древних отложений, синхронизированных другими методами. В последнем случае уже в самой модели заключена неоднозначность, связанная с принятыми методами синхронизации.

Использование модели начинается с установления «береговой линии» и направления, перпендикулярного к нему. При этом также необходима предварительно проведенная синхронизация для установления береговой линии. Далее с грубообломочными отложениями, лежащими у береговой линии, синхронизируются в направлении, перпендикулярном к этой линии, отложения не идентичного литологического состава, а все более и более мелкообломочные и так далее по этому направлению.

Другие возражения к этому методу синхронизации — закономерности географического изменения отложений зависят от типа бассейна. Чтобы установить тип древнего бассейна, надо также предварительно провести синхронизацию толщ другими методами. Поэтому данный метод несет в себе всю неоднозначность других методов плюс свою собственную.

Таким же образом строятся некоторые палеоэкологические реконструкции, при этом используется модель географического распределения фаунистических комплексов (Геккер, 1957).

Чаще при синхронизации на основе гипотезы о географическом распределении используется модель распределения не вещественных признаков пород или фаунистических комплексов, а модель распределения условий древней среды. Таковы многие палеоклиматические реконструкции, в частности для четвертичного периода.

Последовательность действий при этом можно представить таким образом:

1. Классифицируется современная среда по температурному признаку. Выделяются климатические пояса.

2. Классифицируется множество современных осадков таким образом, чтобы границы пространственного распространения классов осадков совпали с границами климатических зон. Чаще производится операция группирования уже существующих типов пород в климатические классы. Классификация пород при этом представляется диагностирующей, классификация условий среды — диагностируемой. Диагноз обычно не детерминированный, а вероятностный (Воронин и др., 1967; Ледли и Ластед, 1962).

3. Среди древних пород выделяются те же классы, что и среди современных осадков, им приписываются те же условия среды.

4. Выбирается направление поперек древних климатических поясов. Для четвертичных отложений это, в общем, направление с севера на юг, так как простирались древних климатических зон принимается параллельным современному.

5. Для настоящего времени принимается изменение климата в направлении с севера на юг от более холодного к более теплему до экватора, далее будет обратная картина (т. е. изменение будет от более теплого к более холодному).

6. Для древних условий принимается та же модель распределения климатических поясов, что и для современных, — от более холодного на севере к более теплему на юге.

7. В направлении с севера на юг с отложениями, диагностирующими холодный климат, синхронизируются не отложения, диагностирующие тот же климат, а отложения, диагностирующие все более и более теплый климат.

При этом так же, как и в предыдущем разделе, зачастую два класса разных множеств (например, комплекс моллюсков и спорово-пыльцевой комплекс) приравниваются друг к другу, если они диагностируют одинаковые климаты.

На использовании подобной логической схемы основаны, как указывалось раньше, методы палеоклиматической синхронизации четвертичных отложений, методы выделения синхроничных горизонтов в циклических, ритмических отложениях, некоторые широко применяемые приемы в палеоэкологических и комплексных литолого-палеоэкологических методах синхронизации (для направления, перпендикулярного к поясам условий среды) и др.

К этой методике можно привести, кроме высказанных ранее, следующие возражения:

Кроме направления, перпендикулярного к направлению климатических поясов (или вообще поясов условий среды), и знака изменения климата вдоль этого направления (или других условий) должна либо постулироваться, либо устанавливаться другим образом также скорость изменения климата (другого признака) вдоль этого направления. Другими словами, до синхронизации надо иметь полную пространственную картину распределения климата. Постулировать такую картину довольно абсурдно, так как она выглядит более уместной в качестве окончательной цели исследования. Для установления этой картины иным образом необходима предварительно проведенная синхронизация другими методами со всей вытекающей из них неоднозначностью.

Синхронизация на основе комплексного подхода. Признавая ненадежность синхронизации как по сходству наблюдаемых, так и по сходству реконструированных признаков, а также на основе гипотез о географическом распределении синхроничных тел, многие стратиграфы видят выход в комплексном использовании многих методов.

Однако все эти рекомендации высказываются в общих словах и совершенно не конструктивны. Решения не предлагаются ни в общем виде, ни с разбиением всей проблемы на несколько возможных ситуаций при четкой формулировке граничных условий с конкретным решением в каждой из ситуаций (Золотницкий, 1955; Зубкович, 1968; Леонов, 1956; и др.).

Обычно при противоречивых результатах синхронизации несколькими методами один из вариантов принимается предпочтительным, но и в этом случае избранный вариант не считается окончательным, правильным и не подлежащим проверке.

Имеются единичные конструктивные предложения и общего порядка, но высказываются они настолько неуверенно, что даже формулируются в сослагательном наклонении: «Комплексный метод стратиграфического анализа можно представлять себе по-разному. Можно, например, придать ему статистический характер. В этом случае вопросы синхронизации тех или иных слоев решались бы по сумме показателей всех использованных в данном случае методов. Можно было бы даже усовершенствовать этот статистический метод комплекс-

ного стратиграфического анализа, введя в составленные для этого случая корреляционные таблицы «цену», степень значимости показаний каждого из примененных методов. Однако при таком подходе решение вопросов корреляции слоев и расчленения разрезов носило бы, очевидно, формальный, механический характер и не затрагивало бы самого существа изучаемого объекта» (Золотницкий, 1955, стр. 61).

Синхронизация на основе резких изменений в развитии органического и неорганического мира. В. В. Меннер (1962), авторы СКТ, СКТН и др. предлагают синхронизировать отложения путем сравнения характера изменения фаун, флор и литологического состава пород по разрезу. В основе этого метода лежит представление о естественных этапах развития земной коры, на границах которых происходят резкие изменения органического и неорганического мира. При этом, очевидно, предполагается, что сравниваемые разрезы могут даже не иметь общих форм; для синхронизации используются одинаково резкие изменения в сменах разных групп.

Этот метод пригоден только при отсутствии явления «скольжения» одних границ относительно других. Действительно, если в каком-то разрезе два признака, изменяясь, дают резкий скачок в одном и том же месте, то при существовании скольжения скачки по каждому из этих признаков в другом разрезе обязательно не совпадут, разойдутся в разные точки разреза.

При отсутствии скольжения и каждый признак в отдельности, и несколько признаков в комплексе, и резкие изменения признаков в разрезе приведут к одинаковой синхронизации. Фиксация резких изменений признаков в разрезе даст преимущества лишь при разбиении частного разреза или нескольких уже синхронизированных разрезов на интервалы, внутри которых сходство признаков будет большим, чем между разными интервалами. Очевидно, именно таким интервалам соответствуют естественные этапы в понимании В. В. Меннера (1962), и именно в этом заключается основной смысл использования резких изменений свойств в стратиграфии. Это хорошо иллюстрируется выделением в работе В. В. Меннера (1962) естественных этапов на материалах сводных разрезов, полученных в результате корреляции частных колонок какими-то другими методами.

Оценка решений и эмпирическое обоснование

В результате проведенного анализа существующих методов синхронизации слоистых толщ можно констатировать, что ни одна из проанализированных методик не позволяет однозначно устанавливать синхроничность толщ в разных разрезах. Допускается возможность неправильной синхронизации в случае применения любого из методов. В этом заключено несомненное противоречие, так как неправильность результата можно установить только путем фиксации его несовпадения с правильным результатом. Такой «правильной», окончательной, не подлежащей проверке методики синхронизации в стратиграфии не существует. Очевидно, это равносильно либо признанию недостижимости поставленной цели — выяснения возрастных соотношений — либо признанию эквивалентности любых противоречивых решений.

Такой вывод не является столь уж неожиданным. В самом деле, поставив целью стратиграфии установление *возраста, возрастных соотношений, одновозрастности, стратиграфы* не дали строгих определений этих понятий. Именно отсутствие таких определений — основная причина существующих в стратиграфии противоречий и путаницы, а вовсе не недостаток фактического материала, как это обычно утверждается. При определении понятия, как уже говорилось ранее, обязательным требованием является операционная определенность, т. е. должны быть заданы другие понятия, признаки или величины и однозначные операции, которые надо совершить в установленном порядке, чтобы получить искомое понятие. Тогда правильность или неправильность результата, например установления одновозрастности, всегда можно проверить путем подведения этого результата под определение одновозрастности.

Пока такого определения не дано, результат решения не может быть проверен. Ставить задачу не имеет смысла, если *она в принципе не может дать проверяемого решения.*

Понимая пригодность временных понятий только в идеальных умоглядных построениях, некоторые авторы характеризуют хроностратиграфические единицы, как *intangible entities* — непостижимые вещи (Lawson, 1960; Holland, 1964). Как же все-таки постигаются на практике эти «непостижимые вещи»? Думается, что существующие сейчас способы практического осуществления синхронизации можно разделить на

две группы. Назовем одну из них семантической, другую — синтаксической.

Семантические способы связаны с попыткой замены понятия «идеальные хроностратиграфические единицы» понятием «парахроностратиграфические», «практические хроностратиграфические» или «операционные хроностратиграфические единицы», границы которых проводились бы по сходству каких-либо наблюдаемых свойств (литология, окаменелости и т. д.), избранных по договоренности между стратиграфами. Такие единицы являлись бы, с одной стороны, реальными материальными телами и в то же время они могли бы быть наибольшим возможным приближением к идеальным хроностратиграфическим единицам (Rodgers, 1954). В том же русле лежит попытка замены понятия «хроностратиграфия» понятием «биохронология» (Schindewolf, 1970; Соколов, 1971; и др.). В данном случае выбор наблюдаемых свойств, по которым должна проводиться синхронизация, уже сделан — выбраны биостратиграфические свойства, которые даже по признанию противников «биохронологии» оказывают наибольшую помощь при синхронизации, дают «наибольшее приближение к истинному времени» (Hedberg, 1965).

Такая замена понятий снимает возражения о «непостижимости», но оставляет множество противоречий в определении одновозрастности. Действительно, если два биостратиграфических метода синхронизации, даже два вида в пределах одного метода могут дать разные результаты, то процедура определения одновозрастности оказывается не удовлетворяющей минимальному требованию логики — непротиворечивости. Не решает проблемы и попытка использования при синхронизации не всех групп фауны, а только так называемых архистратиграфических (Либрович, 1948), потому что и в архистратиграфических группах по разным формам могут быть проведены несовпадающие, пересекающиеся границы.

Синтаксическая группа, оставляя хроностратиграфические единицы *inapplicable entities*, предлагает считать достаточными некоторые методы их установления:

«Теоретически границы хроностратиграфических подразделений должны представлять *изохронные* (одновозрастные) поверхности, не зависящие от литологического состава отложений и их палеонтологической характеристики...

Фактически же на практике хроностратиграфические подразделения обычно в той или иной части области своего рас-

пространения совпадают с какой-либо единицей, относящейся к категории биостратиграфических или литостратиграфических подразделений» (Степанов, 1958, стр. 32).

Однако единое для всех понимание, в каком конкретном случае с какой из границ выделенных реальных тел совмещать хроностратиграфическую границу, отсутствует. У каждого стратиграфа на этот счет существует свое мнение. Понятно, что под «одновозрастностью» разные геологи понимают равенство совсем не одного и того же признака, поэтому использование в практике стратиграфии термина «одновозрастность» отнюдь не способствует взаимопониманию.

Примечательны следующие высказывания:

«...так как возрастные термины употребляются вместо приведения фактических данных, таких как описание опорных слоев, зон ископаемых, фаунистической последовательности или литологической последовательности в циклических единицах, они представляются не только ненужными, но даже вредными вследствие тенденции оттеснять таким образом существенные факты...» (Лоумен, 1953, стр. 209).

Во избежание недоразумений при установлении возрастных отношений возрастные термины должны вводиться на возможно более поздней стадии исследования, в идеале — в самом конце. Сначала же должна быть выполнена литологическая, палеонтологическая или иная корреляция или установлены литологические, палеонтологические и иные «соответствия», как называют эту операцию стратиграфы, признающие корреляцией лишь установление возрастных соотношений. Затем за «поверхности одновозрастности» могут быть приняты любые из поверхностей равного значения какого-либо признака или любые иные поверхности. Эту «поверхность одновозрастности» любой стратиграф может провести в соответствии со своим пониманием «возраста», «одновозрастности» и «возрастных соотношений».

Чаще всего предлагается совмещать хроностратиграфические границы с биостратиграфическими. Однако проблема возраста не может быть сведена только к биостратиграфии. Действительно, биостратиграфические границы никогда не являются непрерывными и в местах разрыва должны сами достраиваться с помощью литологических методов корреляции, поэтому предложение совмещать хроностратиграфические границы с биостратиграфическими, очевидно, равносильно предложению проводить эти границы в одних местах по палеонтологическим, в других — по литологическим призна-

кам. Кроме того, как мы видели, и границы, проведенные с помощью разных биостратиграфических методов, и границы, проведенные с помощью одного и того же метода, но по разным группам фауны, зачастую пересекаются. Поэтому и для этого предложения так же неизбежно, как и для любого другого, строгое требование — исчерпывающе оговорить, на каких данных, по каким группам фауны, с помощью каких операций устанавливается биостратиграфическая граница, которую в дальнейшем можно принять за хроностратиграфическую, каковы ограничения принятых операций и что делать в случае отсутствия необходимых данных.

Учитывая невозможность экспериментальной проверки синхронизации, можно утверждать:

1. В отсутствие строгих формулировок понятий «возраст», «возрастные соотношения», «одновозрастность» задача корреляции как установления возрастных соотношений не может быть поставлена.

2. Принимая, что в дальнейшем эти понятия могут быть сформулированы, надо признать необходимым для достижения поставленной цели сначала провести операции фаунистической, палеонтологической и иной корреляции по сходству признаков.

Общая схема вывода о неизвестном объекте по известным данным применительно к синхронизации может быть представлена следующим образом:

Если в n случаях наблюдалось, что геологические тела одинакового литологического состава (или содержащие одинаковую фауну, флору, образовавшиеся в одинаковых условиях и т. д.) образовались в одно и то же время, то этот вывод распространяется и на другие тела одинакового состава, возрастные соотношения которых неизвестны.

Эмпирической базой данного вывода является то число случаев n , в котором искомое отношение наблюдалось. Если n мало, то вывод распространяется на $n+1$ случай по аналогии. Если n велико и для тел одинакового состава наблюдалась только одновозрастность, то данная связь возводится в ранг закона, распространяется на все случаи такого рода, и вывод о $n+1$ случае делается дедуктивно. Если для тел одинакового состава только в m процентах случаев наблюдалась одновозрастность, то вывод о $n+1$ случае, когда сравниваются тела одинакового состава, делается с вероятностью P_m .

Итак, какие выводы о синхронизации позволяют делать эмпирическая база этих методов — выводы по аналогии, вы-

воды, основанные на детерминистских или вероятностных законах? Каков объем и этой базы?

Если принять во внимание, что существующие определения одновозрастности не позволяют устанавливать это отношение по наблюдаемым свойствам геологических тел, то для наблюдения остается только исторический интервал существования человеческого общества, когда образование геологических тел было доступно непосредственному наблюдению.

Однако даже постановка вопроса: в скольких случаях наблюдалось, что резкие изменения органического мира происходили одновременно или в скольких случаях наблюдалась одновременность сходных филогенетических изменений, выглядит абсурдной, так как, по-видимому, эти события за исторический отрезок времени ненаблюдаемы даже в принципе. То же самое можно сказать и о процессах образования достаточно мощных толщ, их последовательностей, крупных изменениях климата и других условий среды и т. д.

Другими словами, при существующем положении с определением понятия «одновозрастность» методы синхронизации не имеют под собой никакого эмпирического обоснования. Исключения составляют только те методы, которые имеют дело с геологическими телами небольшой мощности и заключенными в них органическими остатками, т. е. с объектами, сформировавшимися в доступный для наблюдений интервал времени.

Пространственная корреляция

Большинство стратиграфических методик корреляции предложено именно как методики синхронизации. Некоторые из этих методик могут быть разделены на две части, причем к первой можно отнести операции «простратиграфии» или установление «литологических, фаунистических и иных соответствий», ко второй части — интерпретацию полученных «соответствий» с точки зрения геологического возраста. В этом разделе мы рассмотрим «простратиграфические» операции методов синхронизации для тех методик, где эти операции выделены в явном виде, отделены от возрастной интерпретации полученных данных, или же в тех случаях, когда такого явного выделения не произведено, но где мы найдем возможным произвести такое разделение сами.

Те методы синхронизации, где «простратиграфическая» часть отсутствует, не будут анализироваться в этой главе.

Наконец, существуют и методики чисто «простратиграфические», не ставящие целью установление возрастных соотношений.

Все методы корреляции, как установления пространственных соотношений, можно разбить на две группы: 1) методы идентификации геологических тел, 2) методы установления эквивалентности геологических тел.

Методы идентификации

Условимся под идентификацией геологических тел в двух разных колонках понимать решение задачи, являются ли эти два одномерных тела частями одного и того же двумерного (трехмерного) тела, пересекающего эти колонки, или они являются частями разных геологических тел (Воронин и др., 1971). К одному и тому же геологическому телу могут принадлежать только части пространства, выполненные одной и той же породой (литотело), содержащие один и тот же вид или комплекс видов (биотело), или вообще обладающие сходством по любому другому списку свойств (тела, сложенные одной и той же формацией, одинаковые по каротажным свойствам и т. д.). Подразумевается, что классификация фиксирована, т. е. сравниваются между собой только тела, выделенные по одному и тому же списку свойств.

Идентификация путем непрерывного прослеживания. Идентичными при таком подходе считаются только те тела, которые непрерывно прослежены от разреза к разрезу. Такой способ корреляции предлагают В. К. Крумбейн и Л. Л. Слосс (1960), М. Е. Зубкович (1968), Б. П. Жижченко (1958).

По нашему мнению, эта операция не может быть отнесена к стратиграфической корреляции, так как согласно определению Д. Л. Степанова (1958), которое мы считаем в этом отношении правильным, корреляцией считается отождествление тел без их непрерывного прослеживания.

Идентификация маркирующих тел. Эта группа методов предлагает вариант идентификации двух колонок для следующей ситуации:

В обеих колонках присутствует некоторая порода (вид, комплекс видов, формация или любой другой класс некоторой

классификации), выполняющая в каждой из колонок одно и только одно тело.

Оба таких одномерных тела предлагается считать частями одного и того же двумерного (трехмерного) тела. Именно такую ситуацию рассматривают В. К. Крумбейн и Л. Л. Слосс (1960) при корреляции по литологической идентичности, Б. П. Жижченко (1969) при корреляции по маркирующим пластам.

Эта группа методов распадается на две подгруппы. Методы первой подгруппы характеризуются тем, что ситуация, в которой становится возможной идентификация маркирующих тел, налицо при первичной использованной классификации. Отличие методов второй подгруппы состоит в том, что для достижения этой ситуации необходимо изменение классификации, добавление в нее дополнительных признаков:

При отсутствии легко устанавливаемых основных особенностей, позволяющих отчетливо идентифицировать литологические толщи, следует учитывать ряд более мелких литологических деталей, например, изучение тяжелых минералов может показать, что на всем протяжении данная формация может быть установлена по присутствию в определенных ее слоях характерного комплекса аксессуарных минералов. Точно так же нерастворимые остатки карбонатных толщ дают возможность охарактеризовать литологическую толщ в том случае, если более общие признаки не позволяют это сделать (Крумбейн и Слосс, 1960, стр. 231).

Кроме дополнительных литологических признаков, в классификацию пород часто вводятся палеонтологические признаки. Об этом пишут и В. К. Крумбейн и Л. Л. Слосс (1960). Особенно широко этот прием применяется в палеоэкологической и комплексной литолого-палеоэкологической методике, разработанной в трудах Р. Ф. Геккера (1957), Р. Ф. Геккера, А. И. Осиповой, Т. Н. Бельской (1962), В. А. Захарова (1966), В. А. Захарова и Е. Г. Юдовного (1967).

Другой способ приведения к ситуации, позволяющей использовать прием идентификации маркирующих тел — группирование пластов, каждый из которых повторяется в разрезе, в подмножества или подпоследовательности, не повторяющиеся в разрезе. Если две таких подпоследовательности одинаковы в двух разрезах, то их идентифицируют.

Такова методика корреляции по положению слоев в серии (Крумбейн и Слосс, 1960), методика корреляции по сходству порядка напластования (Б. П. Жижченко, 1969), методы сопоставления по последовательности напластования (Зубкович, 1968), методы циклического и геотектонического анализов (Динер, 1934; Степанов, 1958; Золотницкий, 1955; Меншер,

1962; и др.), фациально-циклический метод установления синонимки угольных пластов (Жемчужников, 1950).

Идентификация тел, выделяемых по биопризнакам (палеонтологическим признакам), ничем не отличается от идентификации тел, выделенных по литопризнакам.

Аналогичны и способы приведения к ситуации, допускающей использование приема идентификации маркирующих тел — введение в классификацию дополнительных признаков. Здесь введение дополнительных признаков достигается заменой биотел, выделенных по присутствию какого-либо одного вида, биотелом, выделенным по одновременному присутствию двух, трех и т. д. видов, т. е. комплекса видов.

В тех случаях, когда и этот прием не позволяет достигнуть цели, в качестве дополнительных признаков вводятся некоторые количественные характеристики — соотношение видов, родов, удельные объемные содержания окаменелостей в породе и др. (Давиташвили, 1948; Геккер, 1957; Геккер, Осипова, 1962; Осипова, 1955; Иванова, 1953, 1958; Салин, 1966; Захаров, 1966). Обычен при идентификации биотел и прием группирования биотел, сложенных видами, повторяющимися в разрезе, в подмножества или подпоследовательности, не повторяющиеся в разрезе. Такова методика идентификации биостратиграфических зон по их положению в колонке (Крумбейн и Слосс, 1960).

Как нам кажется, между способами идентификации тел, выделенных по литологическим признакам, и тел, выделенных по палеонтологическим признакам, нет никаких различий. Различие здесь не в способах или принципах идентификации, а в свойствах самих тел — среди биотел гораздо чаще встречаются маркирующие, неповторяющиеся в разрезе.

Идентификация тел с помощью операции диагноза. Отличие данного подхода от предыдущего состоит в том, что состав горных пород, слагающих колонки, устанавливается не непосредственно, путем наблюдения, а восстанавливается с помощью операции диагноза. Таковы, например, методы идентификации слоев по данным электрокаротажа. Схема этих методов такова:

1. По каротажным данным в каждой скважине распознается, диагностируется порода.

2. Идентифицируются маркирующие пласты (если они есть).

Лучший результат дает следующая модификация этих приемов:

1. Коррелируются непосредственно каротажные диаграммы по разным скважинам.

2. Диагностируется литологический состав уже скоррелированного по каротажу пласта.

В последнем варианте возможности обнаружения неповторимых пластов и, следовательно, идентификации маркирующих тел значительно большие, чем в первом. Характеризуя роль электрокаротажа в операции корреляции, Б. П. Жижченко (1969) пишет:

«Возможность выявления по каротажной диаграмме характера пород, проходимых буровыми скважинами, и возможность выделения особых каротажных реперов обусловили исключительную роль электрокаротажа при расчленении и оставлении разрезов буровых скважин» (стр. 171).

Идентификация тел с помощью замены одной из взаимно-согласных характеристик другой. Подробно этот прием разработан в главе о методах синхронизации. Отличие его от методов идентификации маркирующих тел заключается в том, что идентифицируются тела, сложенные породами, которые могут повторяться. Основанием для идентификации служит совпадение границ идентифицируемых тел с телами, выделенными по другому списку свойств, причем эти новые тела являются маркирующими. Именно таковы, по-видимому, все методы сопоставления свит (литотел) по их фауне (по совпадающим с ними биотелам):

«В областях, где связь между биостратиграфическими зонами и толщами пород установлена и оба эти подразделения совпадают, идентификация зональных руководящих ископаемых часто имеет большое значение для определения и корреляции формаций и отдельных пачек» (Крумбейн и Слоес, 1960, стр. 242).

Оценка решений и эмпирическое обоснование

Результат решения задачи идентификации может быть объективно оценен. Так как в соответствии с определением идентичности пластов двух разных разрезов они являются частями одного и того же тела, то это тело должно присутство-

вать и в пространстве между разрезами, что можно подтвердить или опровергнуть непосредственным наблюдением в этом пространстве.

Именно о таком способе проверки пишет, например, Г. Харрингтон (Harrington, 1965). Чаще всего такая проверка считается сама собой разумеющейся и не заслуживающей упоминания. Таким образом проверяются результаты корреляции при массовых геологосъемочных и буровых работах.

Все понятия, используемые в операциях идентификации, допускают вывод из непосредственно наблюдаемых свойств геологических тел. Эти свойства наблюдаются при практической работе по геологической съемке и бурению в массовом масштабе, поэтому эмпирическая база каждого метода должна быть очень большой. По-видимому, огромный объем наблюдений позволил бы индуктивно установить и многочисленные законы, отражающие детерминированную или вероятностную связь объектов, однако формальное несовершенство понятий не позволяет этого сделать. Поэтому в явном виде формулировок законов, положенных в основу методов идентификации, неизвестно. Очевидно, в работе по идентификации каждый геолог руководствуется некоторыми интуитивно улавливаемыми закономерными связями.

Методы установления стратиграфической эквивалентности

К этой группе относятся методы, позволяющие устанавливать отношение стратиграфической эквивалентности для тел различных по составу:

Установление эквивалентности, например, пласта песчаника и пласта аргиллита; эта операция широко применяется в фаціальном анализе и палеогеографии.

Установление латеральных рядов различных формаций, например, ряда: угленосная формация — терригенные формации — карбонатная формация; подобные соотношения признаются необходимыми для формационного анализа и палеогеографии. Чаще всего эквивалентность здесь понимается как одновозрастность, синхронность. В таком случае к ней

должны быть отнесены те замечания, которые были высказаны в предыдущей главе о методах синхронизации.

Однако некоторые авторы не вкладывают в понятие стратиграфической эквивалентности никакого возрастного содержания; для них стратиграфическая эквивалентность относится к классу пространственных отношений. Такими геологами являются часто упоминаемые нами В. К. Крумбейн и Л. Л. Слосс (1960). Они приводят краткую характеристику «трех методов корреляции путем идентификации интервалов» или трех методов установления эквивалентности в нашем понимании.

Можно сформулировать эти методы следующим образом:

1. В отношении эквивалентности ставятся два различных тела b и c , перекрытых сверху одним и тем же телом a и подстилаемых одним и тем же телом d . Все четыре тела, участвующие в этой операции, выделены по одному и тому же списку свойств.

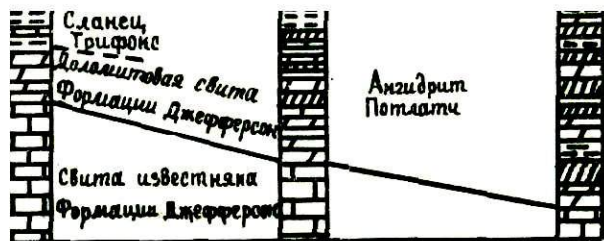
Таким способом устанавливают отношение эквивалентности В. К. Крумбейн и Л. Л. Слосс (1960, стр. 236, рис. 72, в), таков косвенный стратиграфический метод сопоставления разнофациальных свит по аналогии их положения между двумя морскими свитами (Меннер, 1953, 1962).

2. В отношении эквивалентности ставятся два различных тела b и c , совпадающих с телом a . Тела b и c выделены по одному и тому же списку свойств, тело a — по другому.

Именно так мы можем интерпретировать способ установления эквивалентности, предложенный В. К. Крумбейном и Л. Л. Слоссом (1960, стр. 236, рис. 72, б). По-видимому, в этом же смысле понимается многими геологами установление синхронности различных тел по совпадению с одним и тем же биотелом, по совпадению с одним и тем же телом, выделенным по геохимическим признакам, по комплексу тяжелых минералов, по электрокаротажу и т. д.

3. В отношении эквивалентности ставится часть тела b и часть тела c , совпадающие с телом a . Тела b и c выделены по одному и тому же списку свойств, тело a — по другому.

Так мы можем интерпретировать способ установления эквивалентности, предложенный В. К. Крумбейном и Л. Л. Слоссом (1960, стр. 236, рис. 72, а). По-видимому, в этом же смысле понимается установление синхронности многими геологами, чаще всего по совпадению с одним и тем же биотелом.



Методы установления эквивалентности, по В. К. Крумбейну и Л. Л. Слоссу (1960, рис. 72, стр. 236):

а — толщам; в этом случае черный сланец в подошве известняка Монтаны известняка формации Джефферсон сохраняют свои свойства, что корреляцию интервала, состоящего из сланца Трифоркс и доломитовой формации Джефферсон, даже если эти толщи переходят постепенно в эвапоритовые

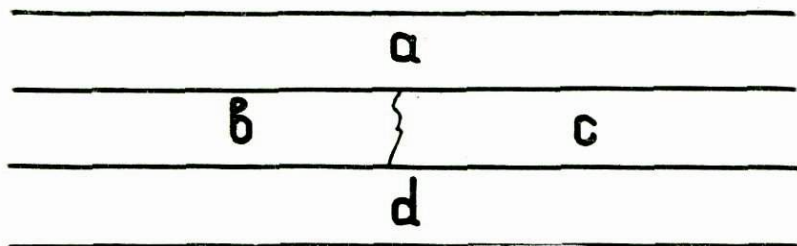


Рис. 3. Возможная интерпретация эквивалентности.

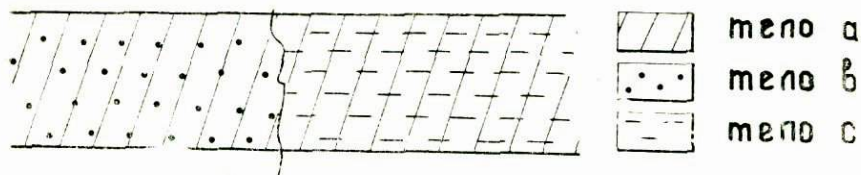


Рис. 4. Вторая возможная интерпретация эквивалентности.

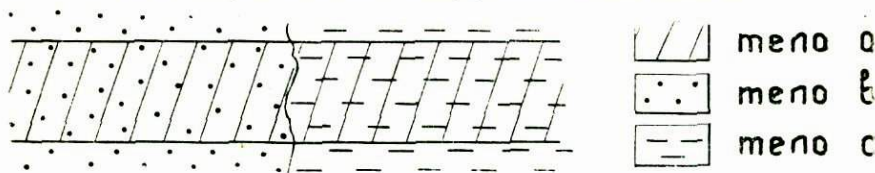


Рис. 5. Третья возможная интерпретация эквивалентности.

Нетрудно убедиться, что использование предложенных способов установления эквивалентности может привести к логическому противоречию. Можно представить себе следующий случай.

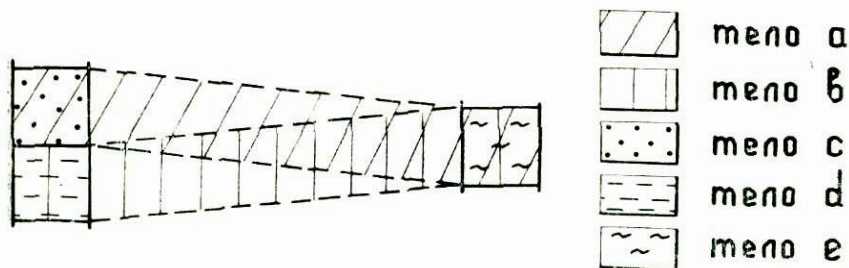


Рис. 6. Установление эквивалентности двумя разными способами приводит к противоречию.

По совпадению с телом a тело e эквивалентно телу c , $e \sim c$.

По совпадению с телом b тело e эквивалентно телу d , $e \sim d$.

Отношение эквивалентности обладает свойством транзитивности, т. е. из $c \sim e$ и $e \sim d$ должно следовать $c \sim d$, однако непосредственно в колонке можно наблюдать, что c лежит выше d , $c > d$, т. е. тело c находится с телом d не в отношении эквивалентности, а в отношении порядка. Из принятых допущений вытекает как существование между телами c и d отношения эквивалентности, так и его отрицание; как существование между ними отношения порядка, так и его отрицание, т. е. имеем явное нарушение закона логического непротиворечия.

К такому противоречию можно прийти, устанавливая эквивалентность одновременно по фауне и по каротажу или по геохимии и по фауне, или по разным видам фауны и т. д. Именно этот случай налицо при многочисленных затруднениях в стратиграфии, когда по фауне какая-то свита ставится в отношении эквивалентности с верхним миоценом, а по флоре — с нижним миоценом, другая свита по моллюскам сопоставляется с миоценом, а по фораминиферам — с эоценом, и т. д.

Все эти противоречия вытекают, как и в случае с синхронизацией, из неблагоприятия в стратиграфической семантике — определение эквивалентности, как и определение одновозрастности, отсутствует. Поэтому не могут быть объективно оценены и все предлагаемые способы нахождения эквивалентности. Соответственно остается неизвестным и объем множества наблюдений, составляющего эмпирическую базу данных методов.

§ 4. ЗАКОНЫ СТРАТИГРАФИИ

Проанализируем наиболее общие фундаментальные положения стратиграфии, сформулированные в явном виде и названные «законами», «принципами», «аксиомами», «постулатами», «основными правилами». Так как различные авторы относят одни и те же высказывания то к принципам, то к за-

конам, то к аксиомам, условно назовем все вышеупомянутые положения законами.

Стратиграфические законы разнородны по своему назначению. Кроме операционных формулировок, позволяющих по известным объектам, свойствам и отношениям делать выводы о неизвестных (такие формулировки могут быть использованы в операциях решения стратиграфических задач), встречаются и высказывания общепhilософского порядка. В частности, имеются гносеологические утверждения, увязывающие модельные теоретические представления с моделируемыми объектами, и высказывания, которые могут быть истолкованы как формулировки целевых критериев, с позиции которых должны выработываться программы наблюдений и операции решения задач.

В качестве первой задачи методологического анализа законов поставим поиск операционных формулировок. Высказывания, являющиеся операционными, подвергнем дальнейшему анализу. Попытаемся дать их формально-логическое истолкование. При этом возможно возникновение трудностей двоякого рода, связанных с тем, что все геологические работы написаны на естественном языке. Естественный язык неоднозначен. Различно могут быть интерпретированы как отдельные его слова (т. е. термины, знаки), так и предложения (т. е. формулы, составленные из этих знаков). Условимся не анализировать в этом параграфе соответствие самих знаков и обозначаемых ими понятий требованиям формальной логики. Такому анализу был посвящен специальный параграф. Договоримся не подвергать сомнению никакие понятия, будь то объекты, их свойства, или отношения: «вид», «фауна», «регион», «одновозрастность», «опрокинутое залегание» и т. д. В таком случае мы сможем сконцентрировать внимание на способах построения предложений из отдельных слов, другими словами, — на способах построения формул из знаков, т. е. на синтаксисе геологического языка.

Если закон представляет собой запись связи между некоторыми объектами или явлениями, то он всегда может быть записан в стандартной логической форме условного предложения (импликации): ...если, ...то. Для операционных высказываний всегда будем пытаться представить такое сведение к стандартной форме.

Если высказывание допускает несколько различных логических истолкований, выберем какое-то одно из них, а именно такое, которое кажется нам наиболее общепринятым. Бу-

дем принимать во внимание при этом всевозможные разъяснения, иллюстрации, а если их нет, будем исходить из сложившейся практики использования анализируемой формулы.

Как и среди законов любой другой естественной науки, среди стратиграфических законов имеются универсальные законы, справедливые для данных объектов во всех случаях, так и частные, выполняющиеся только при некоторых граничных условиях. Попытаемся извлечь формулировку граничных условий (если она имеется) и привести ее в явном виде. Таким образом будет определена область выполнения данного закона.

Естественнонаучные задачи могут решаться и с помощью использования единичных формул, однако для развитых наук характерно стремление к построению теорий, аксиоматических систем из отдельных формул. Возможно и желательно построение аксиоматической теории и в стратиграфии. Попробуем оценить законы стратиграфии с позиции их пригодности для аксиоматической системы.

В соответствии с изложенными целями можно предложить следующую схему анализа:

I. Формулировка закона.

Дается наиболее четкая из известных формулировок, по возможности по первоисточнику. Прилагаются также уточнения (если они имеются) различных авторов.

II. Логическая интерпретация формулировки.

Если это возможно, приводится запись закона в стандартной логической форме.

III. Содержательный анализ закона.

Характер высказывания: гносеологический, операционный, прагматический. Для операционных — область действия, значение (для решения каких стратиграфических задач).

Закон № 1. Принцип Стенона (по Халфину, 1967).

I. Первоначальная формулировка Стенона гласит: «...при данном теле определенной формы, созданном согласно законам Природы, в самом этом теле находим доказательства, раскрывающие место и способ его создания» (Стенон, 1957, 12). «Во время образования какого-либо слоя лежащее наверху его вещество было целиком жидким и, следовательно, при образовании самого нижнего слоя ни одного из верхних слоев еще не существовало» (Стенон, 1957, 31).

Это общее методологическое правило наиболее подробно рассмотрено Л. Л. Халфиным (1967) и сформулировано в общем виде как принцип Стенона: «Относительный возраст двух

контактирующих геологических тел установленного генезиса с очевидностью определяется их первичными пространственными соотношениями» (стр. 8).

II. Стандартная логическая форма: для любых геологических тел, **если** известен их 1) генезис, 2) первичные пространственные соотношения и **если** 3) тела находятся в непосредственном контакте, **то** относительный возраст геологических тел очевиден.

III. Закон в таком виде не является операционным, так как в явном виде не сформулировано ни то, как определяются данные посылки, ни то, как выводятся из них следствия. Это скорее общая методологическая установка для определения относительного возраста любых соприкасающихся геологических тел, из которой должны быть выведены частные правила. Область действия — все геологические тела.

Из этой общей формулировки Л. Л. Халфин выделяет одно частное правило, т. е. принцип Стенона-Хеттона.

Закон № 2. Принцип Стенона-Хеттона, или первая аксиома стратиграфии (по Халфину, 1967), закон Стено-Хеттона (Степанов, 1967), закон Стено (Соколов, 1971).

I. «При нормальной стратиграфической последовательности супракрустальных (осадочных и эффузивных) образований вышележащая (покрывающая) толща моложе нижележащей (подстилающей)» (Халфин, 1960, стр. 392).

Обратная зависимость не рассматривается, но, вообще говоря, подразумевается справедливость и обратного следования при тех же условиях.

II. Стандартная логическая форма: если слой *a* залегает выше слоя *b*, то слой *a* моложе слоя *b*, и обратно, при условии, что *a* и *b* принадлежат к классу осадочных или эффузивных пород и последовательность *a* выше *b* является нормальной.

Закон сводит рассматриваемые отношения к классу отношений порядка, для которого справедливо свойство транзитивности: из *a* выше *b* и *b* выше *c* следует, что *a* выше *c*. Из *a* моложе *b* и *b* моложе *c* следует, что *a* моложе *c*. Это свойство потребуется нам при дальнейшем рассмотрении.

III. Область действия закона — супракрустальные (осадочные и эффузивные) породы, на которых определено нормальное залегание. Закон операционный на этом множестве тел. Применяется при переходе от непосредственно наблюдаемых пространственных соотношений к хронологическим, при решении задачи установления возрастных соотношений

тел как в отдельных разрезах, так и в сводных стратиграфических шкалах. Правило Стенопа-Хеттона может рассматриваться и как интерпретационное, т. е. как правило перевода с языка пространственных статических понятий на язык исторических понятий о геологических событиях.

В традиционно сложившейся практике стратиграфических построений хронологические термины «моложе» (древнее) или «позже» (раньше) используются как синонимы пространственных терминов «выше» (ниже), а обозначаемые ими отношения употребляются в описаниях и рассуждениях как эквивалентные (хотя это верно для отношений между слоями только в одном частном разрезе). Отсюда часто допускаемая стратиграфами эклектичность терминологии. Она закрадывается даже в формулировки законов, так что нельзя бывает понять, относится ли закон к хроно- или к статической стратиграфии. Поэтому стратиграфы используют хронологические термины и представления не только в собственно хроностратиграфии, но произвольно применяют их при решении всех остальных задач стратиграфии. Тогда говорят о «возрастном» расчленении и описании разрезов, о «возрастных» последовательностях пород и фаун, о «хронологической корреляции» или «синхронизации» и т. д. Такое стихийное использование двойственной системы понятий можно расценивать как параллельно проводимое историческое истолкование наблюдаемых явлений, результатов решения каждой задачи и даже отдельных элементов решений. Таким образом, можно считать, что в традиционной практике закон № 2 неявно используется как основание перехода к языку хронологических интерпретаций при решении любой из основных задач стратиграфии, на любом этапе.

Закон № 3. Закон Стэмпа, вторая аксиома стратиграфии или правило непосредственного сопряжения разрезов (Халффи, 1967).

I. «Если верхний слой разреза какой-либо местности при прослеживании на площади оказывается в другой местности перекрытым одним или многими слоями, эти более высоко лежащие слои разреза другой местности будут соответственно еще более молодыми» (Халффи, 1967, стр. 13, по Стэмпу).

II. Стандартная логическая форма: если 1) а выше б и 2) б является частью одного и того же тела с с и 3) d выше с, то d моложе а.

III. Легко показать, что при условии одновозрастности частей одного и того же пласта в разных разрезах закон

Стэмпа является тривиальным следствием закона Стенона и свойства транзитивности отношения порядка. Действительно, из a выше b следует a моложе b ; из d выше c — d моложе c ; из b одновозрастно c и d моложе c — d моложе b ; из a моложе b и d моложе b — d моложе a .

При допущении неодновозрастности частей пласта, находящихся в разных разрезах, т. е. при допущении «возрастного скольжения» пласта, возрастные соотношения пластов разных разрезов, постулируемые законом Стэмпа, могут нарушаться. В самом деле, в результате возрастного скольжения c может оказаться и одновозрастным и более древним по сравнению с a , тогда и d может оказаться не более молодым, чем a , а одновозрастным или более древним.

Закон Стэмпа — операционный. Он применяется в процедурах построения сводных хроностратиграфических шкал по любому списку свойств: «...непосредственное прослеживание пластов может быть заменено использованием надежно различаемых маркирующих уровней изохронности — физических, геологических и палеонтологических» (Халфин, 1967, стр. 13).

Очевидно, закон Стэмпа выполняется на том же множестве тел, что и закон Стенона-Хеттона, при условии, что каким-то образом установлена одновозрастность различных частей одного и того же пласта.

Следующие два закона имеют одинаковое название — закон Смита, однако формулировка их различна. Проанализируем их отдельно как разные законы.

Закон № 4. Закон Смита, или принцип биостратиграфической параллелизации по Д. Л. Степанову (1967).

I. «Одинаковые слои содержат одинаковые ископаемые» (Степанов, 1967, стр. 109, по Смит).

II. Стандартная логическая форма: если слои одинаковы, то они содержат одинаковые ископаемые.

III. В определении Смита нет указания на одновозрастность слоев, поэтому мы считаем себя вправе интерпретировать «одинаковость» слоев как идентичность, т. е. принадлежность к одному и тому же геологическому телу (Воронин и др., 1971).

Существуют два варианта использования закона № 4 как операционного. Он позволяет делать вывод, что если слои в разных разрезах одинаковы (являются частями одного и того же тела), то они должны содержать и одинаковые ископаемые. Однако в реальных процедурах решения стратиграфических задач постановка вопроса прямо противоположна: имеем

окаменелости в пластах разных разрезов, по их сходству и различию требуется установить идентичность слоев. Для решения этой задачи (задачи корреляции) закон № 4 является, в сущности, негативным и может быть использован только для различения, а не для идентификации слоев, потому что из исходной формулировки по законам логики можно однозначно вывести лишь такую: если слои не содержат одинаковые ископаемые, то они не принадлежат к одному и тому же геологическому телу.

Область выполнения закона — все слои, содержащие окаменелости.

Закон № 5. Принцип Смита, принцип биостратиграфической параллелизации по Л. Л. Халфину (1960).

I. «Отложения, содержащие одинаковую фауну (флору), геологически одновозрастны» (Халфин, 1960, стр. 391).

II. Стандартная логическая форма: если слои содержат одинаковую фауну (флору), то они геологически одновозрастны.

III. Закон используется при решении задачи корреляции отдельных разрезов с общепланетной сводной шкалой и сводных колонок регионов друг с другом.

Закон выполняется для любых слоев, содержащих непрерывную фауну при условии, что сравниваемые разрезы принадлежат разным регионам. «... в различных разрезах данного региона одни и те же формы и их совокупность могут оказаться на различных уровнях, т. е. являются неодновозрастными» (Халфин, 1960, стр. 23).

Закон № 6. Принцип Гексли-Криштофовича.

I. «Совершенно различные флоры, тем более взаимно удаленные как по долготе, так и особенно по широте, могут иметь один и тот же геологический возраст, т. е. представлять лишь одну растительную зону, пояс, провинцию, сообщество, формацию. Наоборот, одинаковые растительные комплексы, разделенные более или менее большими пространствами, особенно по широте (на разных широтах), могут иметь различный возраст, но в этих случаях, конечно при достаточно большом числе форм, они никогда не будут совершенно тождественны, отличаясь присутствием различных спутников (эволюция растительной формации) и испытывая те или иные морфологические отклонения (эволюция вида), может быть не всегда еще доступные учету» (Криштофович, 1959, стр. 391—392).

II. Это высказывание можно представить в виде двух

кратких условных предложений: 1) если **различные** флоры достаточно удалены друг от друга, то среди них есть такие, которые имеют **одинаковый** геологический возраст; 2) если **одинаковые** флоры достаточно удалены друг от друга, то среди них есть такие, которые имеют **различный** геологический возраст. Очевидно, предложение 2 противоречит закону 5.

Закон в том виде, как он сформулирован, не дает никаких конкретных рекомендаций и не утверждает необходимой зависимости, а говорит лишь о возможности любых отношений между «одинаковостью» флор и их возрастом и, следовательно, не является операционным.

Закон № 7. Закон Головкинского (он же закон Уилера-Бислея, или закон разновозрастности границ геологических тел по Садыкову, 1969).

I. «Граничные поверхности стратифицированных геологических образований испытывают возрастную миграцию» (Садыков, 1969).

II. Если под «стратифицированными геологическими образованиями» понимать геологические тела, выделенные по литологическим, биологическим или другим реально наблюдаемым или измеряемым свойствам, то стандартная формулировка будет следующей: если границы геологических тел выделены по реально наблюдаемым признакам, то они не являются изохронными.

Закон в такой формулировке является общеотрицательным высказыванием.

III. По Л. Л. Халфину, лито- и биостратиграфические границы могут быть и скользящими во времени, и изохронными. Тогда закон № 7 является уже не общеотрицательным высказыванием, а только говорит о возможности **любых** отношений между границами, выделенными по реально наблюдаемым свойствам, и между изохронами. Однако Л. Л. Халфин указывает, что при наличии надежных стратиграфических реперов (опорных горизонтов), являющихся уровнями достаточно строгой изохронности, могут быть определены и конкретные взаимоотношения между реальными границами и изохронами (Халфин, 1960б). Из этого замечания следует формулировка достаточных условий, при которых может проводиться синхронизация в пределах региона: границы геологических тел, выделенные по реально наблюдаемым признакам, изохронны тогда и только тогда, когда они совпадают со стратиграфическими реперами. В такой формулировке закон операционный.

Задачи, в которых используется закон № 7, общие для первой и второй формулировок: его необходимо учитывать при построении хроностратиграфических схем на основании лито- и биостратиграфических, а также при построении границ слоев и их толковании, если при этом используются какие-либо хроностратиграфические понятия.

Очевидно, во второй формулировке закон действует лишь при наличии надежных стратиграфических реперов, в противном случае задача не может быть решена.

Закон № 8. Закон Головкинского-Вальтера.

I. «Только такие фации могут залегать друг на друге, которые образуются рядом друг с другом» (Вассоевич, 1949, стр. 130, по Вальтеру).

II. Стандартная логическая форма: фация а тогда и только тогда может залегать на фации б, когда а и б находятся в отношении соседства по латерали.

III. По Н. Б. Вассоевичу, закон выполняется только как господствующая тенденция для толщ с миграционной, но не мутационной слоистостью в простых случаях осадкообразования. Кроме того, закон справедлив лишь для фаций, выделяемых по гранулометрическому составу.

Таким образом, закон № 8 принимается не как детерминистская, а как вероятностная зависимость: если фация а находится в отношении латерального соседства с фацией б, то с вероятностью P_n она находится с этой фацией и в отношении соседства по вертикали.

Закон операционный, может использоваться при решении задачи корреляции.

Закон № 9. Третий закон Ламарка (Садыков, 1969.)

I. «Биологическая эволюция есть следствие собственной нарастающей сложности и одновременно результат влияния среды» (Садыков, 1969).

II. Из формулировки можно вывести и такую, которая будет иметь форму условного высказывания, а именно: если в разрезе наблюдается смена органических остатков, то это обусловлено либо изменением литологии (условий среды), либо «собственными» изменениями (эволюцией).

III. Этот закон, по-видимому, учитывается в историко-генетических реконструкциях обстановки седиментации, физико-химических условий среды, биоэволюции и т. д.

Никаких ограничений на область действия закона не предусматривается.

Закон № 10. Закон Никитина-Чернышева, он же — закон

«двоякого характера геологических классификаций» (Халфин, 1960).

I. «Существуют две различные по своей природе и своему назначению системы стратиграфических подразделений: международная шкала с ее двумя аспектами (геохронологическим и биостратиграфическим) и региональные стратиграфические схемы. Международная шкала является биологической по своей природе и, представляя собой особую систему счисления геологического времени, является инструментом корреляции региональных схем и подразделений. Региональные схемы — геологические по своей природе и представляют собой средство познания геологической истории региона» (Халфин, 1960).

Как следует из определения и дальнейших разъяснений Л. Л. Халфина (1969), закон утверждает следующие три положения: 1) независимость и равноправие международной и региональной шкал; 2) различную природу этих шкал: международная — биологическая, региональная — не связана с каким-либо определенным списком свойств; 3) различное назначение шкал: МСШ — инструмент для корреляции, региональная — модель геологического строения района.

По-видимому, аналогичного мнения по всем трем пунктам придерживается А. М. Садыков (1969). О самостоятельности региональных шкал высказывались Д. Л. Степанов (1958), А. Н. Криштофович (1959), Ю. А. Косыгин (1969) и др. Это положение следует из текста американского стратиграфического кодекса (Жамойда, 1969).

На биологическую природу МСШ указывали Б. С. Соколов (1971), О. Шиндевольф (Schindewolf, 1970), Г. Юне (Huré, 1960), Ю. Елецкий (Ieletzky, 1956) и другие. Так, Ю. Елецкий прямо предлагает именовать все подразделения МСШ биохронологическими единицами (Жамойда, 1969).

Явных высказываний по поводу различного назначения МСШ и региональных шкал мы не встретили ни у кого, кроме Халфина и Садыкова.

Так, Никитин и Чернышев, по имени которых назван закон, в явной форме пишут только по поводу самостоятельности шкал (Никитин, Чернышев, 1889). Второе и третье положения могут быть выведены из их работы при известных допущениях и, как мы считаем, впервые сформулированы в явной форме Л. Л. Халфиным.

Проанализируем каждое положение отдельно.

Первое положение отражает определенную связь между

двумя объектами: МСШ и РСШ. Поэтому его можно представить в стандартной логической форме, как высказывание существования: существуют подразделения МСШ и РСШ, находящиеся в произвольном соотношении друг с другом. Это высказывание, утверждающее существование произвольных отношений, формулируется автором в противоположность концепции ЕСШ, постулирующей существование однозначных соответствий между единицами МСШ и РСШ.

Второе и третье положения не могут быть проанализированы с позиций формальной логики. Они относятся к более широкой области — методологии. Второе положение является, по существу, гносеологическим и используется при выборе комплексов признаков для выделения единиц МСШ и РСШ.

Третье положение представляет собой целевой критерий, с позиции которого производится выбор комплексов признаков и разработка процедур построения разных типов сводных колонок (МСШ — инструмент для корреляции, РСШ — модель геологического строения региона).

Закон № 11. Второй закон Стенона (Степанов, 1967).

I. «Во время образования какого-нибудь слоя он был ограничен сбоку другим твердым телом или же покрывал весь земной шар. Отсюда следует также, что всюду, где заметны обнаженные куски слоев, можно найти их продолжение или открыть другое твердое тело, которое остановило вещество этих самых слоев и помешало ему течь и распространяться» (Стенон, 1957, стр. 31).

Д. Л. Степанов, возводящий это положение в ранг основного принципа стратиграфии, своей формулировкой не даст.

Приведенный текст Стенона мы затрудняемся интерпретировать.

Закон № 12. Принцип Грессли-Реневиэ (Степанов, 1967).

I. «Одновозрастные отложения претерпевают в горизонтальном направлении фациальные изменения, обуславливающие существенные различия их литологического состава и палеонтологической характеристики» (Степанов, 1967, стр. 111).

II. С точки зрения формальной логики, это высказывание является общеутвердительным предложением: любые одновозрастные отложения различных разрезов (разобщенные по горизонтали) отличаются друг от друга литологическим составом и палеонтологической характеристикой.

III. По-видимому, автор имел в виду выполнение этого

принципа при определенных условиях, но эти условия не оговорены.

Закон № 13. Принцип Дарвина, или принцип неполноты стратиграфической летописи (Степанов, 1967).

I. «Стратиграфическая летопись в виде толщ горных пород земной коры является неполной, так как более или менее значительная часть геологического времени в каждом конкретном разрезе не отражена в напластованиях и приходится на перерывы» (Степанов, 1967, стр. 112).

II. Если от формирования подошвы толщи до кровли прошло некоторое геологическое время Т, то какая-то часть его в конкретных разрезах приходится на перерывы.

III. Этот принцип, по-видимому, учитывается при различных исторических построениях стратиграфии.

Закон № 14. Принцип Долло (Садыков, 1969).

I. «Смена фаун и флор последовательна и необратима» (Садыков, 1969, стр. 15).

II. Если в разрезе встречена последовательность органических остатков а, б, с и а лежит ниже б, то не может быть встречена а, лежащая выше б.

III. Закон может использоваться для определения «нормальности» разреза, т. е. если нарушается зависимость, указанная в законе, то разрез опрокинутый; может использоваться также при корреляции отложений, содержащих ископаемые остатки. Кроме того, закон, по-видимому, можно рассматривать как утверждение о существовании направленной биоэволюции.

В данной формулировке закон имеет универсальный смысл, т. е. соблюдается для всех разрезов, содержащих органические остатки.

Закон № 15. Принцип Гексли (Криштофович, 1959).

I. «Последовательность, установленная в одном месте, приблизительно сохраняется и в других местах» (Криштофович, 1959, стр. 391).

II. Если в одном разрезе наблюдается последовательность органических остатков а, б, с и т. д., то в другом разрезе этот порядок будет сохраняться.

III. Закон № 15 учитывается в процедурах корреляции слоев, а также при построении хроностратиграфических шкал. Кроме того, он, по-видимому, может учитываться как вероятностное (если принимать во внимание «приблизительно») ограничение возможных вариантов идентификации и сопоставлений. Может использоваться для вероятностного ди-

диагноза положения и порядка биостратиграфических подразделений в одних частных разрезах на основании известного положения и порядка в других разрезах или в шкалах.

Следующие три закона №№ 16, 17, 18, по меткому замечанию Л. Л. Халфина, несут в себе не только элементы субъективности, но и элементы злободневности. Они определяют общую позицию автора (и других исследователей) по некоторым основным вопросам теоретической стратиграфии, из которых следуют и практические выводы. Так как все принципы являются гносеологическими, мы несколько отступим от схемы нашего анализа и будем рассматривать только содержательную часть этих законов.

Закон № 16. Принцип объективности стратиграфических подразделений (Халфин, 1960).

«Международная стратиграфическая шкала и региональные стратиграфические схемы так же, как их подразделения и границы между последними, отражают объективно существующие в природе процессы и явления» (Халфин, 1960а, стр. 389).

Этот принцип является высказыванием общепhilософского, гносеологического порядка и означает «что построения должны адекватно отражать существующие в природе взаимоотношения между изучаемыми стратиграфией объектами» (там же).

Формулировка этого принципа в настоящее время, по-видимому, необходима из-за существующих разногласий между исследователями по поводу того, должно ли каждое подразделение стратиграфической шкалы любого ранга соответствовать «реальным этапам геологического развития земной коры в целом или в отдельных регионах» (Степанов, 1967, стр. 107) или необходимо просто договориться об определенном объеме и границах подразделений.

Закон № 17. Принцип универсальности подразделений международной шкалы (Халфин, 1960).

«Все подразделения международной шкалы, от эры (группы) до времени (зоны) включительно, имеют универсальное (планетарное) значение» (Халфин, 1960а, стр. 390).

Этот принцип формулируется Л. Л. Халфиным в противоположность концепции, выраженной в СКТ и других источниках, в которых ярус и зона отнесены к единицам «провинциального», «регионального» значения.

Важность определения позиций по этому вопросу заключается в том, стоит ли добиваться параллелизации ярусов и

зон различных регионов и провинций и считать пределом возможной точности корреляции на сегодняшний день корреляцию до зоны или ограничить свою задачу корреляцией (обшепланетной) только до отдела.

Закон № 18. Принцип неповторимости региональных стратиграфических схем (Халфин, 1960).

«Подразделения региональных стратиграфических схем представляют собой индивидуальные физические тела, возникшие в процессе геологического развития данного региона и не повторяющиеся ни во времени, ни за пределами данного района» (Халфин, 1960а, стр. 393).

Этот принцип является скорее конкретизацией, «усилением» положения о самостоятельности и объективности подразделений РСШ, которое уже формулировалось в законах № 10 и № 16, чем самостоятельным высказыванием; формулируется также в связи с дискуссией о «временности», подчиненности подразделений РСШ.

1. В результате проведенного анализа выявлены операционные законы, т. е. такие, которые дают конкретные рекомендации, на каких объектах, при каких условиях и какие операции следует проводить, чтобы получить определенный результат. Такие законы выражают определенную связь между несколькими объектами или высказываниями и могут быть формализованы. Это законы №№ 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 14, 15.

2. В статических моделях стратиграфии используются законы №№ 4, 5 (?), 8, 14, 15.

3. В целом наблюдается большая неопределенность, неточность в определении области действия законов. Многие формулировки постулируют условия, недостаточные для существования того, о чем говорится в следствии из посылок, а только необходимые. Отсюда следуют возможные исключения из «закона» при некоторых вариантах понимания условий его выполнения.

Приведены определения области действия следующих законов:

№№ 2, 3 — для супракристалльных пород, на которых определено нормальное залегание.

№ 5 — для разных регионов при условии, что органические остатки не переотложены.

Исходя из формулировок законов №№ 4, 9, 14, 15, они должны выполняться для всех отложений, содержащих органические остатки, однако известны исключения из этих зако-

номерностей, а также случаи переотложенной фауны, которые не учтены в формулировке закона.

Закон № 7 в формулировке А. М. Садыкова выполним для всех отложений, в формулировке Л. Л. Халфина может применяться только в пределах региона и при наличии стратиграфических реперов.

Дальнейшие исследования в этом направлении нам представляются такими:

1) Уточнить понятия и термины, используемые в законах, таким образом, чтобы придать формулировкам единственный однозначный смысл.

2) Выяснить, достаточно ли существующей системы законов для решения наиболее фундаментальных задач стратиграфии.

3) Если нет, то сформулировать в явном виде законы, учитываемые неявно в стратиграфии, при практическом решении задач.

4) Представить все формулировки законов в стандартной логической форме.

5) Проверить выработанную систему аксиом на полноту, непротиворечивость и соответствие другим требованиям, предъявляемым формальной логикой.

Таким образом, логический анализ явных законов стратиграфии намечает направления необходимых увязок, уточнений и дополнений в системе законов, а все это позволит сконструировать формальную систему, которая могла бы стать аксиоматической базой — костяком теоретической стратиграфии, строгой и точной науки.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВЯЗИ СТРАТИГРАФИИ

§ 1. БЛОК-СХЕМА ЗАДАЧ СТРАТИГРАФИИ

Прежде чем анализировать функциональные связи стратиграфии, целесообразно установить ее положение в системе геологических наук. В определение науки мы включаем такие ее элементы, как объект и предмет, цели и задачи, методы и средства. В результате анализа удалось выяснить точку зрения стратиграфов на объект, цели и задачи стратиграфии, понятия, законы, принципы и аксиомы стратиграфии, а также ее экспериментальные и теоретические методы. По поводу объекта стратиграфии существует пять точек зрения, т. е. стратиграфы выделяют пять разных объектов, которые должна изучать эта наука. Цели и задачи стратиграфии также понимаются различно. Хотя здесь подсчет точек зрения в достаточной мере условен (сравнивать между собой придется не отдельные задачи, а их множества, и мера сходства или различия довольно произвольна), можно наметить, по крайней мере, также пять точек зрения. Различны взгляды стратиграфов и на понятия и законы науки. Рассмотрение всех возможных комбинаций различных объектов с различными множествами задач, различными системами понятий и законов, принципов, аксиом приводит не менее чем к пятидесяти различным способам выделения стратиграфии среди множе-

ства геологических наук, т. е. не менее чем к пятидесяти различным стратиграфиям. Все это заставляет искать нечто общее для всех них. В формулировках эта общность (среди них нет полностью идентичных) не обнаруживается. Поэтому приходится опираться на нашу интерпретацию формулировок.

При поисках инварианта в определениях мы исходим из того, что не каждый объект может быть сведен в единую цельную научную систему с любым множеством задач, систем понятий, принципов, аксиом. С чего же начать поиски — с выбора некоторого объекта и искать затем совместимые с этим объектом задачи и методы или начать с выбора задач? Уместно еще раз привести такое высказывание: «Объектом изучения стратиграфии являются толщи горных пород, при этом те их признаки и параметры, которые позволяют определить положение каждой толщи в современном геологическом пространстве, т. е. ее географическое распространение и мощность, взаимоотношения с покрывающими и подстилающими породами, а также ее положение в шкале абсолютного или относительного геологического времени, т. е. ее абсолютный или относительный геологический возраст» (Гурари, 1969, стр. 67).

Мы разделяем мнение Ф. Г. Гурари о выборе объекта стратиграфии с позиции его пригодности для решения стратиграфических задач. Еще более отчетливо выступает подчиненность систем понятий решению некоторых задач (известно, что все понятия должны быть целевыми, сформулированными специально для решения конкретных задач), не говоря уже о законах, принципах, аксиомах и других средствах и методах решения задач. Поэтому попытки определения понятия «стратиграфия» мы начнем с выделения множества стратиграфических задач.

Приведем схему последовательности задач, называемых стратиграфическими. Задачи в таблице 4 приведены в нашей интерпретации. Интерпретация их последовательности также наша.

В таблицу не включена задача установления абсолютного возраста. Включение ее привело бы к еще большей громоздкости и без того трудно воспринимаемой в целом картины. В то же время это не внесло бы никаких принципиальных изменений в общую ситуацию — последовательность решения задач осталась бы прежней. Учет данных по абсолютному возрасту приводит лишь к изменению способов решения задач расчленения и корреляции (разбиение на интервалы и интер-

поляция различны для числовых и логических функций), по не их последовательности.

Для любого из отрезков любой последовательности задач допускается (если решение задачи оценено с позиций некоторого критерия как неудовлетворительное) возвращение от его конца к началу, т. е. многократное решение данного цикла задач вплоть до получения удовлетворительного решения. Соответствующие такому циклическому процессу стрелки в таблице не указаны во избежание ее загромождения.

Мы сочли рациональным объединить для удобства последующего анализа многие конкретные задачи в целые блоки задач. Основанием для объединения послужило сходство результатов, способов решения и места задач в общей последовательности. Выделены следующие блоки задач: I — блок описания, II — блок расчленения, III — блок корреляции и построения сводных шкал, IV — блок проведения границ, V — блок приведения полнозаданного пространства к виду, пригодному для палеогеографических и исторических реконструкций, VI — блок палеогеографических реконструкций, VII — блок исторических задач.

Вне блоков оставлены задачи, решение которых не рассматривается в рамках стратиграфии. В частности, если закон Стеню, принцип актуализма, данные о связи современных физико-географических обстановок с распределением пород, флор и фаун и являются результатами решения каких-то задач, то ни один из цитированных ранее авторов не называл эти задачи в числе стратиграфических.

Совокупность всех стратиграфических и только стратиграфических задач может быть выделена различным образом.

Задачи стратиграфии могут быть представлены в объеме всех семи блоков от описания до восстановления истории и ее этапов или же в объеме блоков I—VI — от описания до восстановления физико-географических обстановок древности. Такой подход к выделению задач стратиграфии обычен для американских стратиграфов (стратиграфия в широком смысле по К. Данбару и Дж. Роджерсу, 1962); в этом случае стратиграфия включает в себя всю сферу, относимую в большинстве других случаев к палеогеографии, палеоэкологии, учению об образовании осадков, исторической геологии. Среди советских стратиграфов называют исторические, палеогеографические задачи в числе стратиграфических Б. П. Жижченко (1959, 1969), В. А. Зубаков (1968), авторы СКТ (1956, 1960), ПСК (1970).

Можно считать стратиграфическими только задачи блоков I—V. Внутри этого интервала может быть выделен комплекс задач построения полнозаданного пространства, состоящий из задач описания, расчленения разрезов, их корреляции и построения сводных колонок и проведения границ выделенных и скоррелированных стратиграфических подразделений. Такая последовательность, как можно было убедиться, выделяется многими авторами. Блок V выступает в отмеченной последовательности в качестве вспомогательного блока задач по приведению полученного полнозаданного пространства к виду, пригодному для палеогеографических и исторических построений.

В случае такого выделения стратиграфических задач, в сферу стратиграфии попадают задачи, часто включаемые в самостоятельную отрасль геологии — геологическое картирование (задача проведения границ).

Наконец, последовательность стратиграфических задач может быть ограничена только блоками I—III, т. е. задачами описания, расчленения разрезов, корреляции и построения сводных колонок.

Рассмотрим теперь все возможные варианты выделения стратиграфии среди множества геологических наук, принимая за основу изложенные варианты выделения стратиграфических задач. Попытаемся восстановить все функциональные связи всех возможных стратиграфий.

§ 2. СТРАТИГРАФИЯ MINIMA

Объект. В качестве исходного материала стратиграфия minima использует данные о составе пород, флор и фаун, получаемые из литологии, петрографии, палеонтологии. Отношения порядка «ниже-выше» в частной колонке не являются продуктом решения задач какой-нибудь смежной науки; стратиграфия должна получать их сама, изучая свой объект — слоистые толщи — с помощью собственных экспериментальных методов. Если в дальнейшем корреляция осуществляется как операция интерполяции логических функций, то слоистые толщи являются единственным необходимым источником соб-

ственного эмпирического материала, т. е. единственным объектом стратиграфии.

Если корреляция осуществляется как операция интерполяции числовых функций с использованием цифр абсолютного возраста, то, во-первых, в качестве исходного материала привлекаются результаты решения задач геохимии и физики (вычисление цифр абсолютного возраста) и, во-вторых, возникает необходимость установления отношений объектов, из которых отобраны пробы для абсолютной датировки, и пластов с известным положением в стратиграфической последовательности. Если проба взята из какого-либо неслоистого тела, то класс объектов стратиграфического изучения расширяется, в него включаются любые неслоистые тела, из которых может быть взята проба на абсолютный возраст. В последнем случае класс объектов стратиграфии ничем не выделяется из класса геологических тел вообще.

В главе об экспериментальных методах стратиграфии мы характеризовали эти методы как доставляющие стратиграфии собственный эмпирический материал, извлекаемый из некоторого собственного объекта изучения. Попробуем найти дополнительные указания на объект изучения, руководствуясь экспериментальными методами. Кроме отношений последовательности пластов в разрезах, стратиграфия использует собственные эмпирические данные об отношениях включения, а также об отношениях пересечения, латеральной последовательности стратиграфически эквивалентных тел. Отношения латеральной последовательности стратиграфически эквивалентных тел не вводят в стратиграфию дополнительный объект изучения, так как они фиксируются только на слоистых толщах, уже отмеченных в качестве объекта этой науки. Кроме того, эти отношения используются не для решения задач расчленения и корреляции (не для стратиграфии *in situ*), а для операций в полнозаданном пространстве и для решения задач по реконструкции физико-географических условий древности.

Отношения включения и пересечения вводят в стратиграфию все объекты, для которых эти отношения имеют смысл. А так как эти отношения имеют смысл для любых геологических тел, то и источником собственного эмпирического материала (объектом) стратиграфии должны быть названы в этом случае все геологические тела.

Завершая рассмотрение объекта стратиграфии *in situ*, можно констатировать, что это либо только слоистые тела

(без учета способов решения задач как операций разбления и интерполяции числовых функций и без учета данных об отношениях включения и пересечения), либо любые геологические тела (с учетом указанных обстоятельств). В первом случае стратиграфия *minima* может быть названа стратиграфией *minima sensu stricto**, во втором случае — стратиграфией *minima sensu lato***. В обоих случаях стратиграфия не изучает такого объекта, как горные породы. Поэтому, возвращаясь к интерпретации формулировок объекта стратиграфии, данной нами в главе об объекте, мы отвергаем такую интерпретацию объекта стратиграфии, как горные породы, т. е. интерпретацию, принятую нами тогда в качестве возможной. Прямое указание на горные породы (Грэбо, А. М. Садыков), по-видимому, придется истолковывать как расширение объема стратиграфии за счет литологии и петрографии.

Методы и средства. Для решения задач стратиграфии *minima sensu stricto* существует большой комплекс методов — методы расчленения, методы установления последовательности напластования, методы корреляции. Разработке и обоснованию этих методов посвящен обширный круг работ. Многие из этих методов являются общепринятыми и используются в массовых стратиграфических работах. Большинство из них используют законы, принципы, аксиомы, специально разработанные для решения задач расчленения, установления последовательности напластования и корреляции. Перечислять эти методы и законы нет надобности, они достаточно подробно охарактеризованы в предыдущих главах нашей работы, их использование и составляет существо собственно стратиграфической теоретической деятельности, с ними обычно ассоциирует у геолога представление о специфике стратиграфической работы. Специфичны и понятия стратиграфии. Если эти понятия и используются в других отраслях, то уже как заимствованные из стратиграфии. Итак, стратиграфия *minima s. s.* со своими задачами, объектами, методами и средствами представляет собой четко ограниченную область человеческой деятельности со взаимно согласованными и приспособленными друг к другу составляющими элементами.

При переходе от стратиграфии *minima s. s.* к стратиграфии *minima s. l.* четкость ограничения, взаимная внутренняя согласованность расплываются. Стратиграфия *minima*

* *Sensu stricto* — в узком смысле.

** *Sensu lato* — в широком смысле.

s. I., изучающая любые геологические тела, уже не выделяется из множества геологических наук своим специфическим объектом. Среди теоретических методов, отличных от методов стратиграфии *minima s. s.*, уместно ожидать встретить методы корреляции как интерполяции числовых функций, методы расчленения, корреляции и установления последовательности геологических объектов на основе использования отношений включения и пересечения. Хотя все эти данные и используются при решении задач, однако специальные методы в этой области еще ждут своей разработки; при использовании цифр абсолютного возраста и данных о пересечениях и включениях геолог обычно руководствуется здравым смыслом плюс методами, заимствованными из других наук, либо построенными по аналогии с ними. В то же время ясно, что специфичность задач требует и разработки специфических методов. Скорее всего, неразработанность методов вызвана отсутствием большой потребности в них. Это становится вполне очевидным при сравнении массовости и стоимости получения данных по литологии и палеонтологии, с одной стороны, и по абсолютной датировке, с другой стороны; по последовательности пластов, с одной стороны, и по последовательности пересечений и включений, с другой стороны.

Методическая бедность стратиграфии *minima s. I.* обусловила и бедность ее специфической понятийной базы, бедность (возможно, полное отсутствие, но это трудно утверждать) набора собственных законов, принципов, аксиом.

Функциональные связи стратиграфии *minima s. s.* **Входные данные.** Источником исходного материала стратиграфии *minima s. s.* служат слонистые толщи, из которых она с помощью собственных экспериментальных методов извлекает данные об отношениях «ниже-выше» в частных колонках и с помощью литологии и палеонтологии — данные о составе пород и органических включений. В других источниках исходного материала эта наука, по-видимому, не нуждается.

В качестве средств решения задач можно назвать многочисленные законы, принципы, аксиомы, а также некоторые критерии (например, критерий нормальности или опрокинутости залегания) и условия, используемые как граничные условия для применения какого-либо метода. Например, средством, используемым для решения задачи установления возрастной последовательности в частной колонке, является закон Стено. Он позволяет пространственному отношению

«выше» ставить в соответствие возрастное отношение «моложе», отношению «ниже» — отношение «древнее». Одним из средств решения задачи синхронизации является закон Смита. Он позволяет ставить два пласта в разных колонках в отношении одновозрастности друг к другу. Как граничное условие для решения задачи установления возрастных отношений в частной колонке Л. Л. Халфин (1967) использует данные о генезисе сравниваемых тел; иными словами, переводит пространственные отношения последовательности в отношения возрастной последовательности можно только для тел определенного генезиса.

Результатами решения каких задач являются эти высказывания (формулы), используемые как средства решения задач стратиграфии *minima s. s.*?

Большинство высказываний, позволяющих ставить два пласта в разных разрезах в отношении одновозрастности друг к другу, могут быть выведены только из наблюдений над распределением современных отложений и организмов. Однако эти высказывания либо отражают не детерминированную, а вероятностную связь объектов или явлений, справедливую лишь для некоторого процента возможных ситуаций, либо они не носят всеобщего характера, а справедливы только в каких-то строго ограниченных пределах. Попытка использовать эти законы как всеобщие приводит к необходимости вводить во все дальнейшие построения вероятностные характеристики, т. е. строить карты, палеогеографические реконструкции, выводы об эволюции с учетом вероятности — не утверждать, что граница толщи проходит здесь, а что она проходит здесь с вероятностью P_n ; не утверждать, что на таком-то месте в такое-то время существовали такие-то условия, а лишь, что вероятность их существования была такой-то и т. д. Вся картина дальнейших построений резко усложняется, изображение любого геологического вывода делается непохожим на все имеющиеся эталоны подобного продукта. Можно сказать, что такие построения уводят нас за пределы традиционных представлений. Этот путь возможен, но тогда должна ставиться проблема построения вероятностных схем корреляции, вероятностных геологических карт, вероятностных палеогеографических реконструкций и т. д.

Попытка сохранить детерминированный характер геологических построений требует введения жестких граничных условий, в пределах которых данная детерминированная связь объектов или явлений, установленная на современных

образцах, всегда справедлива. Этими условиями могут быть: некоторый данный тип бассейна, некоторое фиксированное направление «вдоль береговой линии» или «поперек береговой линии», «вдоль климатических поясов или любых других поясов среды» или «поперек поясов» и т. п. Для того, чтобы узнать, имеет ли место в данной конкретной геологической ситуации данный тип древнего бассейна, данное направление, нужно построить полнозаданное трехмерное (или двумерное) геологическое пространство, так как «...на основании данных только одного обнажения невозможно установить положение берега древнего моря, речной сети и другие элементы древних ландшафтов» (Рухин, 1962, стр. 11). Но построение полнозаданного пространства, в свою очередь, требует в качестве исходного материала результат решения задачи корреляции (синхронизации). Другими словами, в качестве одного из условий решения задачи выступает ее результат, т. е. наличие логический круг.

То же самое можно сказать и о высказываниях, позволяющих ставить два объекта в отношении возрастной последовательности друг к другу, например, о законе Стено, и о некоторых других высказываниях. По Л. Л. Халфицу (1967), граничным условием применения закона Стено является определенный генезис, который требует для своего установления построенного полнозаданного трехмерного (двумерного) геологического пространства.

Другие высказывания, используемые в качестве средств решения задач стратиграфии *minima s. s.*, не могут быть выведены из наблюдений над современными объектами и явлениями. Это относится к высказываниям, охватывающим большие отрезки времени, превышающие доступный для человеческих наблюдений временной интервал — законам эволюции, высказываниям о цикличности, ритмичности образования крупных геологических тел — толщ, свит, формаций. Эти высказывания могут быть лишь результатами изучения полнозаданного геологического пространства или они должны быть постулированы, другими словами, либо мы опять приходим к логическому кругу, либо эти средства решения задач стратиграфии *minima s. s.* являются не результатами решения каких-то задач, а постулатами.

Все сказанное до сих пор о средствах решения задач стратиграфии *minima s. s.* относилось лишь к задачам возрастного расчленения и корреляции как синхронизации.

Для решения задач пространственного расчленения и кор-

реляции как соответствия (идентификации, установления эквивалентности) не используются данные наблюдений над распределением современных отложений и организмов, над современными седиментационными и биологическими процессами. Не нуждаются задачи пространственного расчленения и корреляции и в средствах решения взаимы из будущих результатов. В то же время не ясно, что же позволяет ставить, например, в отношении стратиграфической идентичности два маркирующих тела разных разрезов. Результатом решения какой задачи является это утверждение?

Источник средств для решения задач пространственного расчленения и корреляции в стратиграфических работах не указан. **Выходные данные** стратиграфии *minima s. s.* должны рассматриваться в трех вариантах в соответствии с тремя возможными путями решения задач.

В первом варианте, при истолковании корреляции как установления литологических и фаунистических соответствий, результатом решения задач является, если воспользоваться выражением Б. С. Соколова, «полный свод скоррелированных геологических тел» или региональная сводная стратиграфическая шкала, не интерпретированная с позиций возраста. Эта шкала является необходимым исходным материалом для построения соответствующей (невозрастной) геологической карты.

Во втором варианте, при истолковании корреляции как синхронизации, результатом является «полный свод синхронизированных геологических тел» или региональная сводная возрастная шкала, не интерпретированная с позиций соответствия выделенных стратиграфических единиц подразделениям общепланетной (единой, международной) стратиграфической шкалы. Эта шкала является необходимым исходным материалом для построения соответствующей (возрастной) геологической карты.

В третьем варианте, при истолковании корреляции как синхронизации друг с другом датированных, т. е. предварительно синхронизированных с МСШ колонок, результатом является «полный свод синхронизированных и датированных геологических тел» или региональная сводная возрастная шкала, индексированная индексами МСШ. Эта шкала является необходимым исходным материалом для построения соответствующей (возрастной, индексированной в индексах МСШ) геологической карты.

Кроме того, в качестве выходного материала стратиграфии *minima s. s.* может выступать результат синхронизации с МСШ сводных региональных шкал — возрастной и невозрастной. Эти результаты могут использоваться как средства решения задач при операциях в полнозаданном пространстве, при приведении этого пространства к виду, пригодному для палеогеографических и исторических построений.

Функциональные связи стратиграфии *minima s. l.* Входные данные. Кроме используемых в стратиграфии *minima s. s.*, в качестве исходного материала здесь используются собственные эмпирические данные о включениях и пересечениях любых геологических тел, в том числе и несложных, цифры абсолютного возраста, предоставляемые геохимией, и данные об отношениях тел, из которых взяты пробы на абсолютный возраст, к слоям с известным положением в частной колонке.

В связи с неразработанностью специфической методической базы, отличной от таковой для стратиграфии *minima s. s.*, здесь отсутствует и четко выделенный набор собственных, явно сформулированных средств решения. Очевидно, одним из таких средств является принцип актуализма в применении к радиоактивному распаду и пересечениям: если в настоящее время скорость распада для данного элемента постоянна и равна λ , то и в геологическом прошлом она оставалась постоянной и равной λ ; если в настоящее время все текущие тела образуются позже пересекаемых, то и для любых древних геологических тел это также принимается справедливым. Источником большинства этих средств решения являются, по-видимому, различные разделы физики — ядерная физика, механика и др.

Выходные данные. Если данные об абсолютном возрасте, пересечениях и включениях используются просто как дополнительные для решения тех же задач, что и в стратиграфии *minima s. s.*, то выходные данные остаются прежними — схемы корреляции, сводные колонки в трех вариантах.

Цифры абсолютного возраста могут быть использованы для превращения сводных колонок из шкал логических функций в шкалы числовых функций. Такие шкалы используются для решения количественных исторических задач, т. е. для установления длительности формирования геологических тел, определения скорости протекания геологических процессов.

§ 3. СТРАТИГРАФИЯ OPTIMA

Задачи стратиграфии optima — описание, расчленение, корреляция и построение сводных колонок, проведение границ скоррелированных подразделений — можно объединить в одну общую задачу построения полнозаданного трехмерного геологического пространства.

Объект. Очевидно, для стратиграфии optima остается в силе все, что было сказано об объекте стратиграфии minima, т. е. что она изучает либо только словистые толщи (назовем ее тогда стратиграфия optima sensu stricto), либо любые геологические тела (в этом случае ее уместно назвать стратиграфия optima sensu lato). Другого объекта изучения эта наука не имеет.

Методы и средства. При расчленении, корреляции разрезов и построении сводных шкал, т. е. при решении задач, выступающих здесь в качестве частных задач построения полнозаданного пространства, используются все те методы, о которых говорилось ранее. Для решения последней частной задачи — проведения геологических границ в пространстве между частными колонками — привлекаются другие, специфические теоретические методы. Эти методы рассматриваются в курсах геологического картирования, структурной геологии. Для всех этих методов, по-видимому, может быть дана одна общая интерпретация — это методы выяснения положения границы по некоторым заданным точкам, методы вычисления некоторой числовой функции в любой точке по некоторым заданным значениям. Предполагается, что функция непрерывна (в случае отсутствия разломов) или что она может иметь разрывы (при допущении возможности нарушений).

Для решения этой задачи используется также специфический комплекс экспериментальных методов — методы замеров элементов залегания, глазомерные методы привязки точек наблюдения к объектам, изображенным на топографической карте или на аэрофотоснимке; при точных работах — инструментальные методы установления координат, углов, расстояний.

Все эти специфические теоретические и экспериментальные методы решения задачи проведения границ предложены и разработаны в большинстве своем для ограниченного круга объектов — словистых толщ, хотя некоторые из них применимы и для любых других геологических тел. Так, не имеют

смысла замеры элементов залегания для многих неслоистых тел, в особенности для тел неправильной, прихотливой формы; для таких тел не может быть ограничено множество всех возможных видов функций, пригодных для интерполяции, и т. д.

При решении задач стратиграфии *optima* используется система понятий, в которую, кроме понятий стратиграфии *minima*, входят также понятия, используемые для решения задач проведения границ. Эти специфические понятия предложены и разработаны также в основном для слоистых тел, хотя некоторые из них применимы и более широко.

Очевидно, и в этой сфере деятельности используются какие-то неясные законы, позволяющие ставить некоторые объекты именно в данную, а не в какую-то другую связь. Когда геолог при интерполяции между разрезами проводит границу именно в данном месте, а не в каком-то другом, он руководствуется этим видом связи. Несомненно, существуют связи, справедливые для какого-либо круга ситуаций, возможно, существуют и всеобщие законы, справедливые для всех ситуаций, мыслимых при проведении границ.

Завершая анализ всех признаков, по которым можно выделить стратиграфию *optima*, можем сказать, что и эта наука может быть выделена, как и стратиграфия *minima*, в двух вариантах.

В первом варианте (стратиграфия *optima sensu stricto*) ее можно назвать наукой, решающей задачу построения полнозаданного геологического пространства для объекта — слоистых толщ. В этом случае стратиграфия *optima* имеет достаточно четко ограниченный круг собственных теоретических и экспериментальных методов, а также совокупность понятий, законов, принципов, аксиом. В этом варианте стратиграфия *optima* представляет собой относительно обособленную научную систему.

Во втором варианте (стратиграфия *optima sensu lato*) ее можно назвать наукой, решающей задачу построения полнозаданного геологического пространства для объекта — любых геологических тел. В этом случае очертания стратиграфии *optima* как научной системы теряют свою определенность. Неопределенным, неразработанным является круг методов решения, дополняющих таковой стратиграфии *optima s. s.*, не сформулировано большинство понятий, законов, принципов, аксиом, используемых в этих методах.

Функциональные связи стратиграфии

optima s. s. **Входные данные.** Остается справедливым все, что было сказано об источниках исходного материала стратиграфии *minima s. s.* Данные о литологическом составе слонстых толщ и о составе заключенных в них органических остатков стратиграфия *optima s. s.* получает из литологии и палеонтологии; данные об отношениях «выше-ниже» в частной колонке эта наука получает, изучая слонстые толщи собственными экспериментальными методами. Для решения задачи проведения границ нужны дополнительные исходные данные о координатах точек, которые в дальнейшем принимаются за основу интерполяции, и об элементах залегания пластов. Как уже было сказано, этот исходный материал стратиграфия *optima s. s.* также получает не из других наук, а изучая свой объект — слонстые толщи — собственными экспериментальными методами.

В других источниках исходного материала стратиграфия *optima s. s.*, по-видимому, не нуждается.

Относительно источников средств решения стратиграфических задач остается справедливым все, что было сказано о них в разделе о стратиграфии *minima s. s.* При решении задачи проведения границ используются специфические средства. Такими средствами, несомненно, являются формулы аналитической геометрии — либо линейные уравнения, либо более сложные. Однако здесь возникает, в свою очередь, задача выбора вида уравнений, пригодных для интерполяции в каждом конкретном случае. Эта задача не может быть решена в рамках самой геометрии. Необходима разработка модельных представлений, учитывающих специфику объекта.

Выходные данные. Выходными данными являются фрагменты построенного полнозаданного пространства, геологические карты в трех вариантах, т. е. карта геологических тел, не интерпретированная с позиции возраста, карта с выделением синхроничных геологических тел, не интерпретированная с позиции соответствия единицам МСШ, и карта с выделением единиц МСШ. Эти выходные данные могут быть использованы в дальнейшем:

1. Карта, на которой выделены единицы МСШ, может использоваться непосредственно как геологическая основа для поисков месторождений полезных ископаемых, для палеогеографических построений, а также для исторических построений в рамках региона или всей планеты.

2. Карта с выделением синхроничных тел может быть использована непосредственно как геологическая основа для

поисков месторождений, для палеогеографических реконструкций и для исторических построений в рамках региона. Кроме того, эта карта может быть преобразована в карту с выделением единиц МСШ.

3. Карта, на которой выделены геологические тела, не интерпретированные с позиций возраста, может быть использована как геологическая основа для поисков. Кроме того, она может быть преобразована в карту с выделением синхронных тел.

§ 4. СТРАТИГРАФИЯ TRANSFORMATICA

Так как существо задач последнего блока — приведение полнозаданного пространства к виду, пригодному для палеогеографических и исторических построений, — можно назвать общей задачей стратиграфии *transformatica* построение полнозаданного геологического пространства, пригодного для палеогеографических и исторических реконструкций.

Объект, методы и средства. Все сказанное об объекте стратиграфии *optima* (*sensu stricto* и *sensu lato*) остается справедливым и для стратиграфии *transformatica*.

Методы преобразования карты геологических тел, не интерпретированных с позиции возраста, в карту синхронных тел те же самые, что и методы синхронизации частных колонок. Это, на первый взгляд, неожиданное утверждение (для решения разных задач используются одни и те же методы) легко объяснимо — процедуру преобразования карты можно представить как синхронизацию бесконечного множества разрезов, отстоящих друг от друга на бесконечно малые расстояния.

Одинаковы и системы понятий, используемых при решении задачи синхронизации и задачи преобразования карты; одинаков и набор законов, принципов, аксиом.

Так как на исходной, преобразуемой карте геологических тел не заданы никакие возрастные отношения, а посредством проведения границ синхронных тел задаются только отношения одновозрастности, то для дальнейших исторических построений необходимо введение отношения возрастной по-

следовательности. Возрастная последовательность устанавливается (в рамках задач стратиграфии *transformativa*) путем перевода содержащихся в карте отношений «выше-ниже» с помощью закона Стено в отношении «моложе-древнее».

При преобразовании карты синхроничных тел, не интерпретированных с позиции соответствия единицам МСШ, в карту с выделением единиц МСШ средством решения является результат синхронизации с МСШ сводной региональной колонки синхронизированных тел. Метод решения — приписывание региональным телам, для которых установлено соответствие единицам МСШ, названий МСШ.

Функциональные связи стратиграфии *transformativa*. Входные данные. Все источники исходного материала стратиграфии *optima* (*sensu stricto* и *sensu lato*) остаются таковыми и для стратиграфии *transformativa*. Других источников исходного материала эта наука не имеет.

Что касается источников законов, принципов и аксиом, используемых для решения стратиграфических задач, то в этой науке положение более благополучное, чем в стратиграфии *minima* и стратиграфии *optima*.

Как говорилось ранее, для решения задачи синхронизации используются специфические средства, т. е. высказывания, позволяющие ставить в отношении одновозрастности два тела разных разрезов. Эти высказывания различны для разных типов древних бассейнов, различных направлений по отношению к поясам условий среды. Для выбора одного из многих возможных высказываний необходимо предварительное установление типа бассейна и направления относительно поясов условий, для чего, в свою очередь, необходимо иметь предварительно построенное полнозаданное пространство. Если при решении задачи синхронизации частных колонок такое пространство еще не построено, то при преобразовании невозрастной карты в возрастную это пространство — необходимый источник средств решения — уже имеется. Таким образом, здесь не возникает логического круга.

Подчеркнем еще раз, что карта с выделением синхроничных тел может быть построена двумя различными путями: с использованием корреляции частных колонок как синхронизации с последующим проведением границ синхронизированных тел или же с использованием корреляции частных колонок как соответствия и последующими операциями построения карты невозрастных тел и преобразования ее в возрастную. На втором пути в отличие от первого не возникает не-

обходимости в использовании средств решения взаимны из будущих результатов, вследствие чего он представляется явно более предпочтительным.

Выходными данными являются карты синхроничных тел, не интерпретированные с позиций соответствия единицам МСШ, и карта с выделением единиц МСШ. Об их использовании было сказано выше. Так как карта невозрастных геологических тел, преобразованная в карту синхроничных тел, может быть использована только для палеогеографических построений в пределах каждого горизонта одновозрастности отдельно, то для установления исторической последовательности восстановленных событий необходима еще возрастная последовательность выделенных на карте геологических тел. Эта последовательность также является одним из выходных результатов стратиграфии *transformationalis*.

§ 5. СТРАТИГРАФИЯ МАХИМА

Общей задачей этой науки можно назвать реконструкцию физико-географических условий древности. К задачам построения полнозаданного геологического пространства, пригодного для палеогеографических и исторических построений, добавляется в стратиграфии махима еще одна задача — собственно палеогеографических реконструкций.

Объект, методы и средства. Объект изучения при этом *остается прежним* — *любые геологические тела или только слоистые тела.*

Методы стратиграфии махима расширяются в результате добавления большого круга методов собственно палеогеографических реконструкций.

При решении палеогеографических задач используется достаточно обособленная система понятий, заимствованных из географии, биологии, геохимии, биогеохимии, а также заимствованных из стратиграфии в любом ее более узком объеме, собственно палеогеографических понятий. В качестве средств решения последней задачи палеогеографических реконструкций используется принцип актуализма, позволяющий распространить на геологическое прошлое связи между объ-

обходимости в использовании средств решения взаимности из будущих результатов, вследствие чего он представляется явным более предпочтительным.

Выходными данными являются карты синхроничных тел, не интерпретированные с позиций соответствия единицам МСШ, и карта с выделением единиц МСШ. Об их использовании было сказано выше. Так как карта невозрастных геологических тел, преобразованная в карту синхроничных тел, может быть использована только для палеогеографических построений в пределах каждого горизонта одновозрастности отдельно, то для установления исторической последовательности восстановленных событий необходима еще возрастная последовательность выделенных на карте геологических тел. Эта последовательность также является одним из выходных результатов стратиграфии *transformatica*.

§ 5. СТРАТИГРАФИЯ МАХИМА

Общей задачей этой науки можно назвать реконструкцию физико-географических условий древности. К задачам построения полнозаданного геологического пространства, пригодного для палеогеографических и исторических построений, добавляется в стратиграфии *maxima* еще одна задача — собственно палеогеографических реконструкций.

Объект, методы и средства. Объект изучения при этом остается прежним — любые геологические тела или только слонстые тела.

Методы стратиграфии *maxima* расширяются в результате добавления большого круга методов собственно палеогеографических реконструкций.

При решении палеогеографических задач используется достаточно обособленная система понятий, заимствованных из географии, биологии, геохимии, биогеохимии, а также заимствованных из стратиграфии в любом ее более узком объеме, собственно палеогеографических понятий. В качестве средств решения последней задачи палеогеографических реконструкций используется принцип актуализма, позволяющий распространить на геологическое прошлое связи между объ-

прерывной последовательности по ряду фиксированных состояний — одного из разновидностей метода интерполяции. Дополнительным средством решения здесь является принимаемая модель интерполяции.

В то же время система понятий резко расширяется в результате появления многочисленных исторических, эволюционных понятий.

Функциональные связи стратиграфии supermaxima. **Входные данные.** Дополнительных по сравнению со стратиграфией maxima источников исходного материала стратиграфия supermaxima не имеет.

Источники средств решения те же, кроме модели интерполяции фиксированных палеогеографических состояний. Эта модель, очевидно, постулируется, интуитивно подбирается для каждого конкретного случая. Чаще всего, вероятно, используется линейная модель.

Если для палеогеографических реконструкций, взятых за основу восстановления истории, использовалась карта, составленная первоначально как карта невозрастных геологических тел и впоследствии преобразованная в карту с выделением синхроничных горизонтов, то для исторических построений на этом материале необходима дополнительно установленная возрастная последовательность синхроничных горизонтов. Эта последовательность является результатом решения одной из задач стратиграфии transformatica. Для стратиграфии supermaxima эта задача является внутренней.

Если для восстановления истории Земли в целом использовались карты с выделением синхроничных горизонтов, не интерпретированных с позиции соответствия единицам МСШ, то в этом случае дополнительным средством решения должен быть результат синхронизации выделенных местных горизонтов с МСШ. Эта задача решается в рамках стратиграфии maxima. Для стратиграфии supermaxima она является внутренней.

Выходные данные. Окончательный результат стратиграфии supermaxima — геологическая история Земли или отдельных ее участков, эволюция флор и фаун — используется в многочисленных дальнейших построениях. Среди них можно назвать теорию поисков полезных ископаемых, астрономию, биологию, разнообразные прогнозы будущего на основе изучения закономерностей геологических процессов прошлого и настоящего. Неоценим вклад историко-геологических построе-

ний в философию, идеологию, формирование материалистического мировоззрения. Наконец, в современном культурном обществе историко-геологические модели являются непосредственным продуктом потребления.

§ 7. ВЫВОДЫ

Рассмотрев все возможные случаи выделения стратиграфии из множества геологических наук, мы должны выбрать из них такой, который мы можем принять в дальнейшем за основу при логико-методологическом совершенствовании этой науки. Так как у любого варианта выделения стратиграфии найдутся и сторонники и противники, не станем принимать во внимание возможных возражений.

Будем исходить из следующих соображений:

1. Задача науки должна быть относительно самостоятельной. По этой причине нецелесообразно, по-видимому, выделять стратиграфию с задачами в объеме блоков I—II (описание и расчленение) или с задачами в объеме блоков I—V (описание, расчленение, корреляция и построение сводных колонок, построение полнозаданного пространства и приведение его к виду, пригодному для палеогеографических и исторических реконструкций). В первом случае очевидно, что задача расчленения не самостоятельна, она является вспомогательной для задачи корреляции и построения сводных шкал. Во втором случае задачи блоков I—V явно подчинены задаче палеогеографических реконструкций и восстановления истории.

2. Выделенная наука должна быть внутренне взаимосвязанной, взаимообусловленной, с пригнанными друг к другу задачами, объектами, методами и средствами решения.

По этому признаку, прежде всего, можно сделать вывод, что стратиграфия — это наука о слоистой структуре, т. е. на всех уровнях, при любом охвате задач стратиграфия должна включать подразделения, обозначенные в нашем тексте дополнительным к бинарной номенклатуре значком *sensu stricto*. Можно, конечно, принять и что стратиграфия должна изучать и неслоистые геологические тела, можно разработать и для них столь же завершённый взаимообусловленный комплекс

методов, понятий и законов, принципов, аксиом. Но этот комплекс будет существовать отдельно, не смешиваясь с таковым для слоистой структуры. Стратиграфия для неслоистых тел будет обособленной научной системой. Двучленность объединенной (для слоистых и неслоистых тел) стратиграфия будет очевидной.

3. Для естественных наук, по-видимому, можно принять и такой критерий — окончательный результат науки должен допускать возможность непосредственной экспериментальной проверки (по Ю. А. Косыгину, В. А. Соловьеву, 1969 — проверки на уровне наблюдений). Этому требованию удовлетворяет стратиграфия с задачами в объеме I—III и I—IV, но не удовлетворяет стратиграфия с задачами в объеме I—VI или I—VII.

Ставить общую задачу, если ее решение не единственно, имеет смысл только тогда, когда есть возможность объективно оценить решение, выбрать какое-то одно, правильное.

Проверка решения задачи блока IV более осуществима, чем проверка решения задач блока III. Если результатом решения III является утверждение, что в пространстве между разрезами присутствует некоторое геологическое тело (где именно — не указывается), то в результате решения IV можно выделить конкретную область этого пространства, где можно проверить, правильно ли решение.

Целесообразнее поэтому выделить стратиграфию с задачами в объеме блоков I—IV, т. е. стратиграфию с общей задачей — построением полнозаданного пространства.

4. Наконец, при оценке варианта выделения науки необходимо проанализировать сферу применения окончательного продукта этой науки. Наиболее оптимальным по всем рассмотренным выше показателям, как мы видим, является выделение стратиграфии с задачами в объеме блоков I—IV. Результатом решения задачи блока IV является полнозаданное геологическое пространство. Потребность в таком продукте не вызывает сомнений.

Например, полнозаданное геологическое пространство с выделением синхроничных тел используется для палеогеографических и исторических реконструкций и в дальнейшем для нужд теории поисков, основанной на этих реконструкциях. Полнозаданное геологическое пространство с выделением тел по наблюдаемым (литологическим, палеонтологическим и другим) признакам может быть использовано для нужд теории поисков на основе структурно-вещественных построений, а

кроме того, после приведения к виду, пригодному для палеогеографических и исторических реконструкций, может быть использовано таким же образом, как и пространство с выделением синхроничных тел.

Итак, руководствуясь положением общей теории деятельности (Щедровицкий, 1967; Щедровицкий, Дубровский, 1967) и принимая за «практическую деятельность» поиски месторождений полезных ископаемых, можно считать правомерным выделение стратиграфии с задачами в объеме блоков I—IV.

Подытоживая высказанные соображения по выбору оптимального варианта выделения стратиграфии среди многих возможных, дадим свое определение этой науки. Оговоримся, что это определение мы не считаем окончательным, так как оно формулируется не на формализованном, а на естественном языке. Единственная цель этого предварительного определения — выделить объект дальнейшей работы. Строгое определение может быть дано только на формализованном языке после длительной работы по формализации фундаментальных понятий стратиграфии.

Итак, стратиграфия — это наука, изучающая слоистые геологические тела с целью построения полнозаданного геологического пространства и использующая специфический комплекс методов и средств, общими и необходимыми чертами которых можно назвать целевой характер (для построения полнозаданного пространства) и выводимость из специфики слоистой структуры.

В пределах выделенной таким образом стратиграфии можно установить три возможных пути достижения цели. Полнозаданное пространство может быть построено, как мы видели, в трех вариантах: 1) карта с выделением тел по наблюдаемым признакам без интерпретации с позиции возраста, 2) карта с выделением синхроничных горизонтов, не интерпретированных с позиций соответствия единицам МСШ, 3) карта с выделением единиц МСШ.

Какой путь должны мы выбрать для дальнейшего логикоматематического совершенствования?

Предпочтительным представляется первый вариант. Во-первых, полнозаданное пространство с выделением тел по наблюдаемым признакам может быть преобразовано как в пространство с выделением синхроничных тел, не интерпретированных с позиции соответствия единицам МСШ, так и в пространство с выделением единиц МСШ. Во-вторых, если при построении полнозаданного пространства с выделением

синхроничных тел используется операция синхронизации, которая нуждается в средствах решения, которые могут быть получены только после решения самой задачи, то при построении полнозаданного пространства с выделением тел по наблюдаемым признакам такого логического круга не возникает.

Таким образом, геологическое пространство с выделением тел по наблюдаемым признакам может быть использовано в любых дальнейших построениях — структурных, палеогеографических, исторических, эволюционных и т. д. Процедура построения такого пространства не вызывает никаких возражений с точки зрения логики. Поэтому мы выбираем в качестве объекта логико-математического совершенствования задачу построения полнозаданного геологического пространства по наблюдаемым признакам. Систему формализованных методов и средств мы будем в дальнейшем разрабатывать и оценивать с позиции этой цели и с позиции возможности их вывода из специфики словесной структуры.

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРАТИГРАФИИ

Вначале целесообразно рассмотреть организацию более развитых, чем стратиграфия, естественных наук. Они являются и более организованными и поэтому могут быть в этом отношении своеобразным эталоном для стратиграфии.

§ 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

Наука по своему существу интернациональна, но она творится индивидуальными исследователями. Поэтому всегда существовала необходимость ее организации, т. е. объединения и упорядочения.

На первых стадиях развития науки связи между исследователями осуществлялись путем частных контактов (личных встреч и переписки), а затем и через печать, главным образом, научные журналы.

Потребности практики, а также самой науки, приводили к росту количества исследователей и сужению их специализации. Это вызывало трудности в ее развитии (путаница в терминологии, излишнее дублирование исследований и т. д.).

Они преодолевались повышением уровня организации путем интеграции и введения новых каналов связи (проведение совещаний и т. д.). Постепенно возникла многоступенчатая иерархия отраслевых и межотраслевых объединений — локальных (научные учреждения и научные коллективы), региональных, ведомственных, национальных (государственных), международных. Необходимость разделения труда привела к появлению ученых-организаторов, возглавляющих научные коллективы и учреждения, и к образованию коллегиальных органов (комитетов, советов и т. д.), ответственных за организацию в крупных объединениях.

В ходе научного исследования производится извлечение информации из объекта, ее кодирование, обработка и передача другим исследователям. Для оптимального развития науки весьма существенно, чтобы методы извлечения и обработки информации находились в соответствии с принципами и законами логики и гносеологии, а знаки (термины, символы и т. д.), применяемые для кодирования информации, были стабильными и рациональными, т. е. обеспечивали полное и наиболее экономное кодирование, однозначное и наиболее легкое декодирование.

Главные задачи организации сводятся обычно к следующему:

1. Выработка необходимого минимума требований к методам извлечения информации из объекта, к расчленению и группированию полученной информации (систематизация и классифицирование)*. Эти требования призваны препятствовать движению науки назад, но не ее развитию. Содействие развитию рациональной классификации и систематики.

2. Выработка и принятие рациональной системы единиц измерения величин, а в некоторых случаях — принятие наиболее точных значений констант.

3. Совершенствование научного языка: выработка необходимого минимума требований к терминологии, номенклатуре, т. е. к совокупности терминов и других названий, обычно уя-

* Под систематизацией чаще понимают выявление естественных групп — группирование объектов по тем существенным признакам, по которым они обособлены (например, «периодическая система химических элементов»), а под классифицированием — создание искусственных группировок объектов, в том числе предварительно систематизированных на основе произвольно взятых признаков, имеющих значение для какой-либо цели. Но такое разграничение не всегда возможно. Нередко указанные термины употребляются как синонимы.

занных с определенной системой понятий, а также к символике; упорядочение и унификация терминологии и номенклатуры. Апробация новых наименований. Разрешение спорных вопросов.

4. Координация планов исследований, разработка совместных программ. Выделение главных направлений в соответствии с потребностями практики и самой науки.

5. Содействие проведению научных исследований (наблюдений и т. д.). Кооперация исследований (международные проекты и т. д.).

6. Содействие развитию связей между исследователями, проведение совещаний. Организация научных дискуссий, способствующих развитию любой науки во всех ее аспектах.

7. Координация работ по подготовке научных трудов, справочников, каталогов и т. д. Издание журналов, а также трудов конгрессов, конференций и симпозиумов. Систематическая публикация уточняемых международными конгрессами правил терминологии и номенклатуры.

8. Осуществление международных и разного рода других соглашений относительно единиц измерения, номенклатуры, символики и т. д.

Термины, символы и другие знаки не заданы объектом исследования. Хотя существует ряд общенаучных требований (рациональность; приоритет; интернациональность, т. е. использование греко-латинской основы и т. д.), свобода выбора знаков приводила в ряде наук к терминологической анархии и хаосу. Поэтому в науках, имеющих дело с большим количеством подразделений (от тысяч до миллионов), принимаются на основе согласования и обобщения мнений специалистов путем международных соглашений своды обязательных правил номенклатуры (кодексы). Например, Кодекс зоологической номенклатуры (принят Международным зоологическим конгрессом), Правила номенклатуры органических соединений (приняты Международным союзом теоретической и прикладной химии).

В науках с небольшим количеством подразделений (десятки, сотни) взаимопонимание о правилах терминологии достигается без каких-либо конвенций. Примером может служить атомная и ядерная физика, имеющая дело с несколькими десятками субатомных частиц.

Наименования новых подразделений утверждаются обычно номенклатурными комиссиями или съездами научных союзов (например, утверждение названий астрономических

подразделений, в частности, деталей поверхности Луны; утверждение названий новых химических элементов и т. д.).

Так же конвенционально вводятся системы единиц измерений величины (например, Международная система единиц утверждена Генеральной конференцией по мерам и весам, а решение о замене «кислородной» шкалы атомных весов на «углеродную» принято конференцией Международного союза теоретической и прикладной химии).

Принципы, понятия, законы, закономерности, правила и т. п. положения науки заданы соответствующими объектами (что, разумеется, не исключает появления ошибочных положений ввиду сложности и противоречивости процесса познания). Поэтому они не могут быть предметом соглашения. Попытки решать вопрос об истинности или ложности указанных положений голосованием или делать их обязательными путем соглашения или утверждения в высоких инстанциях ведут к гносеологической ошибке (конвенционализм).

Понятия, принципы, законы и т. д. фигурируют в номенклатурных кодексах, но лишь в качестве положений, которые предлагается обозначать определенными терминами. Сам по себе они кодификации не подлежат. Соглашения на них не распространяются. В отличие от терминологии и номенклатуры взаимопонимание относительно указавших научных положений достигается не путем международных конвенций, не через кодексы, а через объекты исследования. Лишь соответствие природе, объективность делают их общеобязательными.

В заключение отметим, что полная, абсолютная организация науки недостижима ввиду неполноты наших знаний (крупные открытия влекут за собой выделение новых классов объектов, изменение систематики и реорганизацию науки). Но прогрессивен процесс повышения организованности, т. к. он ведет к увеличению продуктивности и потенциала науки. Организация — одно из главных условий развития науки, ибо оно идет не столько за счет увеличения количества исследователей, сколько за счет их качества (повышение требований к отбору) и роста уровня организации науки. Основные помехи развитию: стремление к абсолютизации современного уровня знания в кодексах, инструкциях и т. д.; попытки органов, ответственных за организацию, декретировать сверху на основе недостоверной или недостаточной информации. Эти помехи возникают главным образом в недостаточно развитых науках.

§ 2. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРАТИГРАФИИ

(история и современное состояние)

В первый период (XVII—XVIII вв., от Стено до Вернера) стратиграфия развивалась на основе закона последовательности напластований как литостратиграфия. Количество выделенных подразделений не превышало первых десятков. Для их обозначений использовалось несколько общих терминов (горы, серия, статумен, формация) в сочетании с видовыми названиями. Каких-либо мероприятий по организации не требовалось.

После открытия в самом конце XVIII в. закона фаунистической последовательности стратиграфия бурно развивалась — главным образом, как биостратиграфия. В 20—40-х гг. прошлого столетия были выделены почти все системы и все группы фанерозоя. Увеличилось число общих стратиграфических терминов (серия, класс, порядок, формация, пласт, отложения, система, группа, слой, ярус, зона и др.) и возникла путаница, так как одинаковые термины применялись в ряде случаев к подразделениям разного ранга и наоборот. Хотя появилась первая иерархическая схема (В. Бакленд, 1818 г.), соподчиненность терминов оставалась слабо разработанной.

В развитых странах начали проводиться систематические геологические съемки, издаваться мелкомасштабные геологические карты, устраиваться геологические совещания. Во второй половине XIX в. потребность в стандартизации стратиграфической терминологии и индексации стала осознаваться, главным образом в связи с необходимостью составления международных геологических карт (в первую очередь Европы) и корреляции местных стратиграфических схем. Это привело к развитию международного общения геологов: проводятся международные геологические выставки (Лондон, 1862 г.; Париж, 1868 г.; Филадельфия, 1876 г.). В связи с последней был поставлен вопрос об организации Международного геологического конгресса (МГК).

I сессия МГК (Париж, 1878 г.) собралась для обсуждения вопросов унификации геологической и палеонтологической номенклатуры и условных обозначений геологических карт и разрезов. Комиссия по номенклатуре, организованная МГК, имела национальные подкомиссии в ряде заинтересованных стран.

ванных стран, которые выясняли мнение геологов относительно единой стратиграфической номенклатуры.

Заслуга парижской сессии — «...в признании конгрессом необходимости введения большего единства и возможной унификации геологической терминологии, номенклатуры и картографии. Эта в высшей степени важная своевременная задача, но крайне трудная, вследствие столкновения и местных, и личных интересов и взглядов, могла быть с успехом поднята и разработана только таким авторитетным учреждением, как съезды большинства выдающихся геологических деятелей всех стран. Тема эта... на следующих сессиях и стала главной задачей конгресса» (Никитин, Чернышев, 1889, стр. 116).

На II сессии МГК (Болонья, 1881 г.) состоялась дискуссия по предложениям номенклатурной комиссии и голосованием была принята двойная — стратиграфическая и хронологическая — система терминов в следующей соподчиненности: группа — эра, система — период, отдел (серия) — эпоха, ярус — век, подъярус, комплекс слоев* — (без хронологического эквивалента), слой — (без хронологического эквивалента) (Меллер, 1881; Никитин, Чернышев, 1889).

Кроме того, были приняты единые цветовые и символические обозначения стратиграфических подразделений и пород на геологических картах.

«Весьма ценным вкладом деятельности геологического конгресса следует признать выработку им общей геологической терминологии. Тем, кому приходилось следить за частной геологической литературой, известно, до какой степени желание быть оригинальным, с одной стороны, а с другой — небрежность к языку осложнили и запутали эту терминологию и затруднили понимание мысли отдельных авторов, часто в одном и том же сочинении придававшим, — напр., таким терминам, как формация и ярус, — совершенно различные значения. Хотя универсальное принятие выработанной конгрессом терминологии и не обошлось без ряда более или менее энергичных отдельных протестов, тем не менее следящему за геологической литературой не может не броситься в глаза глубокое различие в отношении точности терминов, употребляемых большинством до и после Болонского конгресса» (Никитин, Чернышев, 1889, стр. 133).

* Французский термин *assise* переводился позднее и как «плита», «пачка», «свита» и т. д.

На болонской сессии рассматривался также лексикон физической географии и геологии, составленный проф. Виланова (Испания). Конгресс выразил пожелание, чтобы этот полезный труд был пополнен и чтобы в нем была дана синонимика на различных европейских языках. Однако по неясной причине работа над первым международным геологическим словарем не была завершена. Лишь много лет спустя МГК вернется к составлению международных словарей по некоторым отраслям геологии.

VII сессия МГК (Петербург, 1897 г.) после дискуссии приняла резолюцию по стратиграфической терминологии из семи пунктов. В ней, в частности, указывалось: для мелких стратиграфических подразделений предпочтительней названия по палеонтологическим признакам, а географические названия должны применяться для отложений, объединяющих несколько мелких подразделений, или к отложениям, палеонтологически не охарактеризованным; необходимо обоснование новых общих стратиграфических терминов, а установление новых названий должно сопровождаться четкой характеристикой обозначаемых ими отложений; принцип приоритета должен сочетаться с поисками перехода к установлению естественных подразделений.

Конгресс избрал Международную комиссию по стратиграфической классификации. На VIII сессии МГК (Париж, 1900 г.) по предложению комиссии была принята новая система хронологических и стратиграфических терминов в следующей соподчиненности:

а) подразделения мирового значения: эра — (без стратиграфического эквивалента); период — система; эпоха — серия (отдел);

б) подразделения регионального значения: век — ярус;

в) подразделения локального значения: фаза — зона.

В основу указанной системы были положены не подразделения слоев, а хронологические подразделения; первые рассматривались как эквиваленты вторых; литостратиграфические термины были изъяты из системы. Новая система терминов, принятая МГК, базировалась, как и предыдущая, преимущественно на материалах Западной Европы.

Итак, в результате регулярного международного сотрудничества на первых восьми сессиях МГК было достигнуто и закреплено официальными документами согласие по большинству вопросов стратиграфической терминологии и номен-

клатуры, актуальных в последнюю четверть XIX в. В то же время в этой работе имелся существенный пробел: за редкими исключениями остались неясными понятия, обозначенные принятыми МГК терминами, а также критерии выделения стратиграфических подразделений разного ранга.

Успешно начатое плодотворное сотрудничество по рассматриваемой проблематике в дальнейшем прервалось на целых полстолетия. Это имело отрицательное последствие. Затруднения в терминологии и номенклатуре, возникавшие по мере появления новых материалов, в первую очередь за пределами Западной Европы, решались изолированно — отдельными геологами, коллективами, реже — ведомствами. Для преодоления терминологической путаницы, вызывавшей нарушения взаимопонимания, в развитых странах начали создаваться комитеты по стратиграфической номенклатуре, которые занимаются также национальной стратиграфической классификацией и систематикой и утверждают названия новых подразделений.

Раньше других на указанный путь вступили американские геологи, ибо геологическая съемка в США велась весьма интенсивно. В 1933 г. там был введен первый стратиграфический кодекс под названием «Классификация и номенклатура подразделений пород». В 1961 г. он был заменен новым «Кодексом стратиграфической номенклатуры», который, кроме США, принят Канадой и Мексикой.

К настоящему времени официальные правила по стратиграфической терминологии, номенклатуре и классификации (кодексы) имеются, помимо указанных стран, в Австралии, Англии, Новой Зеландии, Норвегии, Пакистане, Советском Союзе, Франции, Чехословакии, Японии. Ведется подготовка (или предложены проекты) кодексов в Болгарии, Венесуэле, ДРВ, Израиле, КНР, ФРГ, на Филиппинах, в ЮАР и др. (Жамойда и др., 1969). Предпринимаются попытки выработать единые кодексы для групп стран, в частности, для Азии и Дальнего Востока, для африканских стран южнее Сахары.

Необходимость международной унификации стратиграфической терминологии вновь стала очевидной в связи с началом работ по составлению геологической и тектонической карт мира. Международная стратиграфическая комиссия, практически бездействовавшая со времени своего возникновения (X сессия МГК, Стокгольм, 1910 г.), в 1952 г. верну-

лась к рассмотрению вопросов стратиграфической терминологии, классификации и систематики (XIX сессия МГК, Алжир). В ее составе были образованы подкомиссии по стратиграфическому словарю и по стратиграфической терминологии*.

Подкомиссия по терминологии провела работу по выявлению и согласованию мнений известных стратиграфов (и кроме того, способствовала ознакомлению геологов разных стран с основными опорными разрезами в местах проведения сессий МГК). В результате в 1961 г. был опубликован документ под названием «Основные принципы стратиграфической классификации и терминологии». Однако он не был принят подкомиссией ввиду возражений представителей ряда стран.

Итак, полувековой перерыв в международном сотрудничестве по стандартизации терминов, отсутствие соответствующих организационных мероприятий привели к значительному разнообразию национальных систем стратиграфической терминологии. Поэтому прилагаемые в течение двух последних десятилетий усилия по созданию Международного стратиграфического кодекса пока не привели к положительным результатам.

Подкомиссия по стратиграфическому словарю провела большую работу по созданию многотомного словаря, охватывающего конкретные стратиграфические подразделения разных континентов. Материалы словаря еще раз продемонстрировали существенные различия в терминологии и номенклатуре разных стран.

С 1969 г. функционирует Международная программа по геологической корреляции, в рамках которой проводится разработка принципов стратиграфической классификации, терминологии и геологической корреляции, составляется Международное руководство по стратиграфической классификации, рассматриваются вопросы унификации объемов и границ основных подразделений и методы корреляции.

* Так как деятельность комиссий, комитетов, ассоциаций, существующих при МГК, между сессиями последнего никак не координировалась, то на XXII сессии МГК (Дели, 1964 г.) было принято решение: рекомендовать всем комиссиям и т. д. в области геологических наук войти в состав Международного союза геологических наук (образован в 1960 г.) и сессии МГК впредь проводить под эгидой этого союза. В 1966 г. стратиграфическая комиссия заявила о присоединении к указанному союзу.

§ 3. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРАТИГРАФИИ В СССР

(история и современное состояние)

В конце 20-х — начале 30-х годов в связи с необходимостью индустриализации страны интенсивность проведения поисково-съёмочных работ начала быстро расти. Появилось большое количество новых региональных и провинциальных стратиграфических подразделений и схем. Вскоре выявились трудности в их сопоставлении, так как при выделении не было единства в понимании содержания подразделений, обозначаемых одинаковыми терминами, критериев их выделения, иерархического ранга подразделений и т. д. Индивидуальные попытки навести порядок в этой области (Келлер, 1950; Красный, 1952; Криштофович, 1939, 1945; Либрович, 1948; Маслов, 1952; Степанов, 1946, 1951; и др.) особого успеха не имели.

В связи с развёртыванием полистных (государственных) среднемасштабных геологических съёмок в головном институте Министерства геологии СССР — ВСЕГЕИ — в 1952—54 гг. работала стратиграфическая комиссия, организованная с целью разработки единой системы стратиграфических подразделений, их терминологии и номенклатуры. В результате появилась книга «Стратиграфические и геохронологические подразделения» (1954). В ней были рассмотрены главные вопросы стратиграфической классификации и систематики: объём и содержание основных стратиграфических подразделений, их соподчиненность, критерии выделения и т. д. (терминология основных подразделений соответствовала решениям болонской сессии МГК).

Положения указанной книги обсуждались на Всесоюзном совещании по общим вопросам стратиграфической классификации (1955 г.). На нем был принят ряд существенных изменений и дополнений к предложениям стратиграфической комиссии ВСЕГЕИ, согласованы некоторые представления советских стратиграфов по вопросам терминологии и классификации и было выражено пожелание завершить эту работу выработкой обязательных правил стратиграфической классификации и терминологии для территории СССР.

В том же 1955 г. был создан Межведомственный стратиг-

графический комитет (МСК). В его функции входит решение следующих вопросов (Овечкин, 1957):

1. Установление принципов стратиграфических и геохронологических подразделений и разработка на их основе правил стратиграфической классификации и терминологии, а также изменений и дополнений к ним.

2. Рассмотрение наиболее важных вопросов стратиграфического расчленения и корреляции стратиграфических подразделений. Определение границ между системами, отделами и ярусами как для отдельных регионов, так и для всей территории СССР.

3. Утверждение вновь устанавливаемых стратиграфических подразделений.

4. Утверждение унифицированных стратиграфических шкал для различных регионов СССР, а также общих стратиграфических схем для территории СССР.

5. Рекомендации ведомствам по общему направлению стратиграфических работ и постановка наиболее актуальных стратиграфических вопросов, не получивших своего разрешения в планах.

6. Рекомендации по созданию арбитражных комиссий для решения на месте спорных вопросов стратиграфии по отдельным системам и регионам.

7. Разработка тематики и планов всесоюзных совещаний по различным вопросам стратиграфии.

8. Координация ежегодных и перспективных планов по стратиграфическим работам всех ведомств.

9. Координация работ комитета по определению абсолютного возраста со стратиграфическими работами.

10. Подготовка материалов по стратиграфическим вопросам, рассматриваемым МГК.

МСК играет важную роль в деле упорядочения отечественной стратиграфии. Он выработал на основе вышеупомянутой книги стратиграфической комиссии ВСЕГЕИ и решений Всесоюзного совещания и принял временные положения под названием «Стратиграфическая классификация и терминология» (1956; 2-е перераб. изд., 1960) и «Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура» (1965), которые по своему статусу аналогичны стратиграфическим кодексам других стран.

На основе указанных временных положений и многочис-

ленных критических замечаний к ним*, а также инструкции «Задачи и правила изучения и описания стратотипов и опорных стратиграфических разрезов» (1963) и «Инструкции по составлению корреляционных стратиграфических схем для территории СССР и ее отдельных регионов» (1958) ведется работа по созданию постоянного свода основных положений и правил стратиграфической классификации, терминологии и номенклатуры. ВСЕГЕИ разработан первый «Проект стратиграфического кодекса СССР» (1970), по которому в настоящее время проводится обсуждение.

В 1955—60 гг. МСК организовал для крупных регионов межведомственные совещания по разработке корреляционных и объединяющих их унифицированных схем (по каждой системе отдельно) и сопоставлению последних с международной стратиграфической схемой. С 1960 г. проводятся повторные совещания по уточнению и пересмотру корреляционных и унифицированных схем.

По предложению МСК было начато создание многотомной «Стратиграфии СССР».

Укажем также на работу по государственному упорядочению и стандартизации терминологии, на необходимость государственной стандартизации научно-технической терминологии и обозначений.

Проекты терминологических стандартов разрабатывают институты АН СССР и отраслевых министерств под научно-методическим руководством Всесоюзного научно-исследовательского института научно-технической информации, классификации и кодирования. Стандарты утверждаются Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР. Использование стандартизованных терминов обязательно в учебно-справочной литературе и нормативно-технической документации.

Кроме того, Комитет научно-технической терминологии АН СССР проводит работу по упорядочению терминологии путем выпуска сборников рекомендуемых терминов в различных отраслях науки и техники.

* Обзор основных замечаний к правилам стратиграфической классификации и терминологии как опубликованных, так и поступивших в письменном виде в созданную в 1965 г. Постоянную комиссию МСК по стратиграфической классификации, терминологии и номенклатуре сделал О. П. Ковалевским (1971).

В конце 60-х гг. был выпущен 10-томный свод «Научно-техническая терминология», куда вошли и стандартизованные, и рекомендуемые термины. Геологических, в частности стратиграфических, терминов в нем нет, так как геология отстает от других естественных и технических наук в отношении упорядочения и стандартизации своего языка. Однако не исключено, что в ближайшем будущем появятся и геологические терминологические стандарты и сборники рекомендуемых терминов, ибо установление точных однозначных терминов, соответствующих современному состоянию науки, является в настоящее время одной из важнейших народнохозяйственных задач. Это подчеркивается включением в последние государственные планы развития народного хозяйства СССР проблемы «Научно-техническая терминология и обозначения величин, применяемые в науке, технике и производстве».

§ 4. НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТРАТИГРАФИИ

1. Проблема ответственности. В решениях по стратиграфической номенклатуре и терминологии, принятых МГК и МСК в качестве обязательных, ничего не указывалось об индивидуальной и коллективной ответственности (и ее характере) за их нарушение. Это обстоятельство не способствует упорядочению стратиграфии. Например, болонская сессия МГК постановила не употреблять термин «формация» для обозначения стратиграфических подразделений. Тем не менее он используется до сего времени в американской, английской, французской, немецкой и т. д. литературе для обозначения литостратиграфических подразделений определенного ранга.

Другой пример: термин «горизонт» (с географическим названием) согласно обязательным положениям МСК должен употребляться только для обозначения подразделений, объединяющих разновозрастные разнофациальные свиты. Однако он применяется до настоящего времени и в других смыслах — для обозначения частей ярусов (например, при расчленении

кайнозоя южной части СССР) и частей свит, подсвит (например, при расчленении архея Алдаевского шита).

2. Проблема вотиrowания решений и их обязательности. Известная практика принятия голосованием на совещаниях стратиграфических схем разных типов, объемов и границ стратиграфических подразделений, стратиграфических понятий, принципов и классификаций, не связанных с терминологией и номенклатурой, их последующего утверждения заслуживает специального анализа. Здесь лишь отметим, что если задача стратиграфических схем — отразить естественные закономерности (последовательности, отношения и т. д.), то они не могут быть предметом соглашения. Их обязательность может определяться лишь их объективностью, а не результатами голосования.

Указанная практика — скорее всего отражение трудностей роста стратиграфии, потому что в высокоразвитых науках она не имеет места (см. первый параграф данной главы).

Неприемлемость по тем или иным причинам голосования при рассмотрении научных положений, не касающихся терминологии и номенклатуры, начала осознаваться еще в начальный период международного сотрудничества. Уже на берлинской сессии МГК (1885 г.) стало ясно, что результаты голосования по таким вопросам имели бы случайный характер. Дебаты на этой сессии «...показали, что по многим основным вопросам геологической классификации единодушное соглашение между геологами невозможно, что конгресс в состоянии только поднять таковые вопросы, выяснить их мнениями наиболее компетентных специалистов, принадлежащих к представителям возможно более разнообразных школ, дебатировать эти вопросы, но никоим образом не подвергать голосованию, ибо такое голосование при данных условиях было бы совершенно искусственно и зависело бы даже не от преобладания в данное время в момент голосования случайного большинства лиц, придерживающихся какого-либо определенного мнения, а от того индифферентного большинства голосов, которые по данному вопросу не работали вовсе» (Никитин, Чернышев, 1889, стр. 118).

На лондонской сессии МГК (1888 г.) выявилось отчетливое различие в подходе к решению номенклатурных вопросов, с одной стороны, и так называемых «теоретических вопросов» — классификации (точнее, систематики в виде международной стратиграфической шкалы), объема и границ

стратиграфических систем и их подразделений и т. д. — с другой.

На указанной сессии «...отказались совершенно от мысли когда-либо и каким-либо образом ставить вопросы классификации предметов вотума, признавая эти основы теоретическим построением, не подлежащим оценке большинства даже таких компетентных лиц, каковыми являются специалисты того или другого из поднятых вопросов, касающихся этих основ» (Никитин, Чернышев, 1889, стр. 137). Особая комиссия пришла к следующему результату, одобренному конгрессом: «Вопросы чисто теоретические не подвергаются совершенно голосованию, хотя обсуждение их на конгрессе для выслушания и дебатирования различных мнений признается желательным» (там же, стр. 121).

Хотя по вопросу о развитии в геологии наиболее влиятельна в настоящее время точка зрения, согласно которой прерывность диалектически сочетается с непрерывностью (и основная часть выделенных стратиграфических подразделений имеет естественный характер, отражающий неравномерность в развитии Земли и органического мира), тем не менее сохраняются и издавна существовавшие крайние взгляды.

Точка зрения последователей катастрофизма: развитие прерывисто и, следовательно, настоящие стратиграфические подразделения повсеместно резко разграничены перерывами и скачками, разрывами в развитии органического мира; не могут быть естественными подразделения, связанные постепенными литологическими и палеонтологическими переходами.

Точка зрения сторонников плоского эволюционизма: развитие непрерывно и равномерно, природа не делает скачков и перерывов (из этого положения допускаются лишь частные исключения); стратиграфические границы условны, случайны и произвольны; стратиграфические подразделения и классификация искусственны и их выбор должен определяться требованиями истинности, а соображениями удобства. Следовательно, их обязательность должна устанавливаться голосованием, соглашением.

Влияние последнего взгляда в совокупности с объективными трудностями исследования (неполнота геологической летоисч., слабая обнаженность отложений, несовершенство палеонтологической таксономии, недостаточная разработанность методов изучения, трудная доступность стратиграфических объектов для изучения и проверки — из-за полнотиче-

ских границ и т. д.) приводит подчас к решению ряда вопросов путем вотирования.

Разумеется, искусственные классификации — условные, произвольные разбиения непрерывных объектов на части — полезны при упорядочении информации. Например, классификация по содержанию компонентов, причем границы между классами могут быть выбраны через одинаковые интервалы — 5; 10; 15 и т. д. %, или 10; 20; 30 и т. д. % и через разные — 5; 30; 50 и т. д. %. Обязательность той или иной классификации может быть установлена только соглашением. К такому же типу классификации принадлежит радиометрическая шкала геологического времени, в которой границы проводятся условно, через какие-либо интервалы, например, через 500 млн. лет (Боровиков, Спичарский, 1965).

Искусственная классификация — инструмент для первоначального, предварительного упорядочения информации, которое позволяет выявить закономерности, необходимые для построения естественной классификации (познание закономерностей — длительный процесс, который необходимо включает в себя применение искусственных средств). Кроме того, искусственная классификация — инструмент для увязки частных естественных классификаций до тех пор, пока не будет создана общая естественная классификация. Но искусственные классификации целесообразны лишь в качестве вспомогательных, иначе они будут препятствовать поиску естественных классификаций, отражающих реально существующую расчлененность объектов.

Включение каких-либо стратиграфических понятий, принципов, закономерностей и т. д. в материалы совещаний рационально как метод выделения новых существенных результатов из огромной массы информации для скорейшего доведения этих результатов до широких кругов специалистов. Но такого рода научные положения при всей их спорности или бесспорности не могут быть предметом голосования, соглашения. Справедливо отмечается: «Большинство принципиальных научных вопросов не решается голосованием, и каждый исследователь вправе придерживаться той или иной точки зрения, по его мнению, ближе отвечающей фактическому материалу. Но никто и никогда, а тем более головные институты Академии наук СССР или Министерства геологии и охраны недр СССР или их сотрудники, не могут свои личные взгляды выдавать за общепринятые, что, к сожалению, имеет место» (Мейнер, 1962, стр. 314).

К сожалению, в инструкции, в решениях стратиграфических совещаний и т. д. в качестве обязательных требований включаются весьма дискуссионные положения, что не способствует развитию стратиграфии. Например, в инструкциях по геологической съемке (Инструкция..., 1955, 1956) указывается, что разделение пород по возрасту должно основываться на единых для геологических регионов стратиграфических схемах, разработанных ВСЕГЕИ совместно с другими организациями. Эти схемы «...считаются обязательными при проведении геологической съемки... для всех ведомств и организаций. При этом для различных регионов, в зависимости от их специфики, могут выделяться местные подразделения в пределах общей стратиграфической схемы» (Инструкция..., 1956, стр. 25).

Требование обязательности для всех какой-либо одной стратиграфической схемы дано в названных инструкциях вне зависимости от степени ее достоверности. Следовательно, оно распространяется и на так называемые рабочие стратиграфические схемы. Хотя указанное понятие в официальных документах до сего времени не определено (в отличие от понятий «унифицированная схема», «корреляционная схема» и т. д.), ясно, что рабочие схемы являются проблематичными, дискуссионными, недоказанными положениями — по существу, гипотезами или даже рабочими гипотезами. И как следствие из этого — резкие изменения таких схем на стратиграфических совещаниях: исчезновение свит из середины разреза, появление новых свит в других его частях и т. д. Сравните, например, рабочие схемы архея Алданского щита, принятые на Межведомственных совещаниях (Решения..., 1959, 1963).

Практика применения рабочих схем в качестве обязательных при полетных съемках нуждается в специальном анализе. Здесь только отметим, что требование обязательности создает логический круг в доказательстве: с одной стороны, новые данные — в первую очередь результаты геологического картирования — «вписываются» в прокрустово ложе рабочих схем ввиду их обязательности, с другой стороны, многочисленные факты использования этих схем рассматриваются как доказательство или подтверждение их истинности.

С помощью обязательных рабочих схем легко достигается видимость единства в дискуссионных вопросах стратиграфического расчленения. Но видимость эта в ряде случаев обманчивая, ибо одинаковыми названиями в таких схемах пе-

редко обозначаются разные по возрасту стратиграфические подразделения и наоборот.

Чрезмерное многообразие точек зрения (в частности, стратиграфических схем) в сложных дискуссионных вопросах указывает на несовершенство методов исследования. И декретирование одной схемы ведет лишь к установлению индивидуальной или коллективной монополии на истину. Такой подход не способствует решению проблем, но затрудняет или делает его невозможным. Ущерб наносится в первую очередь стратиграфии древних сложноскладчатых и высокометаморфизованных комплексов.

Для разрешения проблем необходимо усовершенствование и разработка методов изучения. Это приведет к сильному сокращению количества представлений.

Один из важнейших факторов развития стратиграфии — возможность для каждого исследователя вести изучение самостоятельно, независимо от чьих-либо взглядов и предположений и излагать тот результат, который получен, не втискивая его в гипотетические схемы.

Второй пример: в число обязательных положений была включена дискуссионная концепция единой стратиграфической шкалы, согласно которой местные и региональные подразделения (в основном литостратиграфические) не имеют самостоятельного значения, являются вспомогательными и должны быть подчинены планетарным и провинциальным биостратиграфическим подразделениям (Стратиграфическая классификация..., 1956, 1960, 1965). Хотя противоречие этого требования фактам (частое несовпадение границ лито- и биостратиграфических подразделений и нередкое их взаимопересечение; неприменимость представления о единой стратиграфической шкале к большей части стратисферы, т. е. к докембрию или, по крайней мере, к дорифею) было хорошо известно, обязательность указанной концепции приводила нередко к искажению действительных соотношений подразделений в стратиграфических схемах. Лишь в результате длительной критики концепции единой стратиграфической шкалы рядом советских геологов наметились сдвиги по ее исключению из обязательных положений: в «Проекте стратиграфического кодекса СССР» (1970) признается независимость, самостоятельность, отсутствие соподчиненности местных (локальных, региональных и т. д.) и общих (планетарных) схем. Однако как уже упоминалось выше, такого рода положения не должны кодифицироваться.

3. Проблема упорядочения стратиграфических понятий. Одно из главных условий упорядочения стратиграфической терминологии и номенклатуры, без выполнения которого они не могут быть рациональными, — предварительное упорядочение стратиграфических понятий: выявление системы понятий, наиболее адекватной изучаемому объекту (т. е. стратисфере), уточнение одних, исключение других, введение недостающих третьих понятий и т. д. Без упорядочения системы понятий невозможно выявить необходимое и достаточное количество терминов, избавиться от синонимии и гомонимии и построить рациональную систему терминов.

Большинство стратиграфических понятий количественно не определено (что создает серьезные трудности в развитии стратиграфии), т. е. в определении понятий не учитывается ранг сложности (уровень организации вещества и т. д.)^{*} и не указывается порядок мощности. В обязательном положении (Стратиграфическая классификация..., 1956, 1960, 1965) указывается, что термин «свита», обозначающий основную единицу среди региональных подразделений, не является словом свободного пользования (т. е. с широким смыслом). Но так как понятие «свита» количественно не определено, то таким термином обозначают тела мощностью и в десятки метров, и в сотни метров, и в несколько километров.

Согласно указанному положению, свита может быть петрографически однородной, т. е. в таком случае она не отличается от пласта, который характеризуется как «литологически однородные более или менее маломощные отложения» (Стратиграфическая классификация..., 1965, стр. 35). Что такое «более или менее маломощные отложения», каждый геолог решает по-своему.

С другой стороны, свита может быть, согласно тому же источнику, пестрой (сложной) по составу, может залегать согласно или несогласно. В таком случае она не отличается от серии, которая охватывает «мощную и сложную по своему составу толщу» (там же, стр. 29), а залегает обычно несогласно. О том, что определения понятий «свита», «подсвита» и «пачка», приведенные в указанном положении, почти не отличаются друг от друга, уже писалось (Гурари, 1969).

^{*} Среди отложений низшим рангом сложности характеризуется петрографически простое тело, например, пласт. Следующий ранг — у простого переслаивания пластов, скажем, у пакета. Затем следует простое переслаивание пакетов, например, пачка.

Другой пример — определение понятия «группа». «Группа — отложения, представляющие наиболее крупное подразделение единой стратиграфической шкалы, образовавшиеся в течение одной эры. Группа состоит из нескольких геологических систем, между которыми существует тесная связь в отношении тектонических движений, магматической деятельности, осадкообразования и развития органического мира». (Стратиграфическая классификация..., 1965, стр. 23). «В настоящее время выделяют следующие группы: архейскую, протерозойскую, палеозойскую, мезозойскую и кайнозойскую» (там же, стр. 23). Но как хорошо известно, ни архей, ни протерозой не состоят из систем. Что же общего, скажем, между архейской и палеозойской группами — остается совершенно не ясным (так как понятие «группа» не определено: не названы существенные признаки, присущие всем представителям класса, обозначаемого термином «группа»). Зато указано, чем они отличаются друг от друга: «Палеозойская, мезозойская и кайнозойская группы существенно отличаются от архейской и протерозойской тем, что в их обосновании уже большую роль играют крупные изменения в составе органического мира» (там же, стр. 23). Но раз какие-либо образования «существенно отличаются», то они не могут быть отнесены к одному классу и, следовательно, обозначаться одним термином.

Первый организационный шаг в направлении упорядочения стратиграфических понятий — создание справочников и словарей, охватывающих все опубликованные общепонятные. Это сделает понятийную базу стратиграфии обозримой и позволит перейти непосредственно к упорядочению понятий (с помощью формализации и т. д.).

Пока что в указанном направлении ничего не сделано (если не считать начатой в Институте тектоники и геофизики работы по составлению справочника стратиграфических понятий — в рамках учения о слоистой структуре). И в этом смысле тектоника опередила стратиграфию: например, уже издан «Международный словарь английских тектонических терминов» (1971) и «Справочник по тектонической терминологии» (1970).

Определенную роль в деле упорядочения стратиграфических понятий должны сыграть и словари конкретных понятий. Но они нуждаются в существенном пополнении. Например, в последние два десятилетия выделено не меньшее количество новых стратиграфических подразделений, чем то,

которое имеется в последнем издании «Стратиграфического словаря СССР» (1956).

4. Проблема Международного стратиграфического кодекса. Стратиграфия интернациональна, поэтому существенное значение для ее упорядочения может иметь лишь Международный кодекс стратиграфической терминологии и номенклатуры. Изолированная разработка национальных кодексов, хотя и способствует упорядочению стратиграфии в национальном масштабе, создает новые препятствия для разработки и принятия Международного кодекса. Последний же сделает излишними национальные кодексы.

Таким образом, основные усилия должны быть направлены на создание Международного кодекса. Но эта проблема не может быть правильно решена без предварительного упорядочения системы стратиграфических понятий.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ
СТРАТИГРАФИИ

Глава VII

ПРЕДПОСЫЛКИ ПОСТРОЕНИЯ
ФОРМАЛИЗОВАННОГО ЯЗЫКА

Основой языка современной математики является язык теории множеств. Целесообразно принять его за основу и при построении языка математической стратиграфии. Для этого есть по крайней мере две причины. Во-первых, при построении системы собственных стратиграфических понятий неизбежно использование наиболее общих математических понятий, таких как «множество», «подмножество», «класс», «разбиение», «соответствие», «отношение», «функция», «эквивалентность» и т. д. Во-вторых, во многих стратиграфических операциях используются уже сейчас, а в дальнейшем будут использоваться еще шире, некоторые понятия «чистой математики». Выбор языка какой-либо узкой аксиоматической системы привел бы к необходимости перевода с одного языка на другой в случае применения средств и методов другой аксиоматической системы. При выборе языка теории множеств такой проблемы не возникает, так как все понятия и операции большинства разделов математики сводимы (и сведены) к понятиям и операциям теории множеств. Кроме того, именно в рамках теории множеств формулируются необходимые нам наиболее общие математические понятия.

При изложении начальных понятий теории множеств мы будем опираться в основном на работы Ю. А. Шихановича «Введение в современную математику» (1965) и Ю. А. Шрей-

дера «Равенство, сходство, порядок» (1971). В особенности полезной для стратиграфов является последняя работа; многие ее разделы кажутся написанными специально для стратиграфии — науки, имеющей дело именно с отношениями равенства, сходства, порядка.

Множество, подмножество, кортеж

Понятие «множество» в аксиоматической теории множеств является исходным и неопределимым. Смысл этого понятия может быть лишь разъяснен с помощью таких синонимов, как «совокупность», «комплекс», «ассоциация», «ансамбль». Объекты, входящие в множество, называются его элементами. Утверждение, что объект a является элементом множества A (или принадлежит множеству A), записывается $a \in A$. Если элементы множества могут быть перечислены, то возможна такая запись $a \in \{a, b, c\}$, т. е. a является элементом множества $\{a, b, c\}$. Множества состоят только **разными** элементами; порядок их перечисления несуществен, т. е. $\{a, b, c\} = \{b, a, c\} = \{a, b, a, c, a, b, b\}$ и т. д. Например, множество пород, слагающих пачку, в которой пласт песчаника сменяется вверх по разрезу пластом аргиллита и известняка, и множество пород пачки, сложенной соответственно пластами известняка, аргиллита, песчаника и снова аргиллита, одно и то же: {песчаник, аргиллит, известняк}. Множество считается заданным, если существует возможность для каждого произвольно взятого объекта однозначно установить, является ли он элементом данного множества или не является. Множество может быть задано перечислением всех принадлежащих ему элементов. Перечислением задано, например, приведенное выше множество пород, слагающих две пачки. Может быть названо некоторое свойство или свойства; в множество включаются только объекты, обладающие данным свойством. Так задано, например, множество всех карбонатных пород, множество всех вулканических пород и т. д. Может быть указано исходное множество и преобразование, которое надо произвести над каждым его

элементом, чтобы получить искомое множество. В математике таким образом можно задать множество четных чисел, если каждое целое число умножить на два.

Элементами множества могут быть не только единичные объекты, но и множества. Так, можно представить совокупность всех горных пород, составленную из таких элементов: осадочные, магматические и метаморфические породы. Ясно, что осадочные породы можно рассматривать как множество, состоящее из терригенных, хемогенных и биогенных пород и т. д.

Если все элементы множества A являются одновременно элементами множества B , то говорят, что A включено в B , или что A является подмножеством B .

$$A \subseteq B$$

Если одновременно выполнено и $A \subseteq B$ и $B \subseteq A$,

то понятно, что A и B содержат одни и те же элементы; тогда говорят о равенстве множеств.

$$A = B.$$

Из определения включения следует, что любое множество включает само себя в качестве подмножества, т. е. всегда

справедливо $A \subseteq A$.

При проведении операций над множествами используется такая полезная абстракция как пустое множество \emptyset , не содержащее ни одного элемента; эта абстракция играет такую же роль в алгебре множеств, как и нуль в обычной школьной алгебре. По определению, пустое множество является подмножеством любого множества; выражение

$\emptyset \subseteq A$ всегда справедливо.

Если $A \subseteq B$ и при этом A не равно B и не является

пустым множеством, говорят о строгом включении или собственном подмножестве $A \subset B$. В

этом случае ясно, что B содержит хотя бы на один элемент больше, чем A . Включение следует отличать от принадлежности.

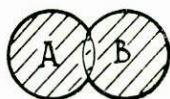
Таким же исходным, неопределяемым, как понятие «множество», является понятие «кортеж». Его можно разъяснить следующим образом: если при задании множества порядок перечисления элементов был несущественным $\{a, b\} = \{b, a\}$ и множества могли слагаться только разными элементами $\{a, b, a\} = \{a, b\}$, то для кортежа и то и другое

существенно. Кортеж $\langle a, b \rangle \neq \langle b, a \rangle \neq \langle a, b, a \rangle$.

Можно сказать, что кортеж есть такая совокупность элементов, разных или одинаковых, порядок перечисления которых существен.

Операции над множествами

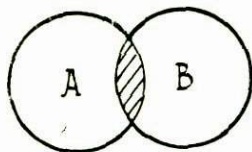
Объединением множеств A и B (символически $A \cup B$) называется операция, в результате которой получается новое множество, содержащее элементы обоих множеств. Если изобразить множества A и B кругами (диаграммы Венна), то $A \cup B$ будет изображаться всей заштрихованной площадью:



Объединение n -ого количества множеств $A_1 \cup A_2 \cup A_3 \cup \dots \cup A_n$ обозначается $\bigcup_{i=1}^n A_i$.

Из определения объединения следует, что $A \cup A = A$.

Пересечением (произведением) множеств A и B (символически $A \cap B$) называется операция, в результате которой получается новое множество, содержащее те и только те элементы, которые одновременно принадлежат множествам A и B , т. е. их общая часть.

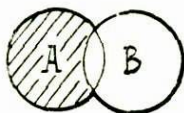


Когда A и B не имеют общих элементов, говорят, что их пересечение пусто $A \cap B = \emptyset$. В случае n -ого количества множеств A_1, A_2, \dots, A_n их пересечение обозначается через $A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n$ и называется прямым произведением множеств, A_1, A_2, \dots, A_n .

Естественно, что пересечение множества A с самим собой есть множество A .

Пересекается в общем случае большинство множеств, выделенных по разным свойствам. Например, результатом пересечения множества вулканогенных пород и множества грубообломочных пород являются грубообломочные вулканогенные породы — туфобрекчии, туфоконгломераты, агломераты, лахары и т. д.

Разностью множеств A и B (символически $A \setminus B$) называется множество всех элементов A , не входящих в B .



Понятно, что $A \setminus A = \emptyset$.

Разностью множества вулканогенно-обломочных пород и множества грубообломочных пород, например, будут туфы от гравийной до пелитовой фракции.

Дополнением множества A до универсального множества (символически \bar{A} , т. е. не A) называется множество всех элементов универсального множества, не входящих в A .

Отношение

Понятие «отношение», используемое в аксиоматической теории множеств, является логическим уточнением, экспликацией таких понятий естественного языка, как «отношение», «соотношение», «взаимотношение». В теории множеств, в отличие от естественного языка (каким является и язык стратиграфии), оно имеет строгий однозначный смысл, выводимый из исходных понятий «множество», «подмножество», «упорядоченная пара» (кортеж из двух элементов).

Задать отношение — значит указать, между какими объектами оно выполняется. Попробуем задать отношение «ниже» на множестве пластов одного из разрезов.

a_4
a_3
a_2
a_1

Множество всех пластов данного разреза $M = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$. Множество всех упорядоченных пар множества M (обозначим его $M \times M$) будет

$$\{ \langle a_1, a_2 \rangle, \langle a_2, a_1 \rangle, \langle a_1, a_3 \rangle, \langle a_3, a_1 \rangle, \langle a_1, a_4 \rangle, \langle a_4, a_1 \rangle, \langle a_2, a_3 \rangle, \langle a_3, a_2 \rangle, \langle a_2, a_4 \rangle, \langle a_4, a_2 \rangle, \langle a_3, a_4 \rangle, \langle a_4, a_3 \rangle \}$$

Подмножество R множества $M \times M$

$$\{ \langle a_1, a_2 \rangle, \langle a_1, a_3 \rangle, \langle a_1, a_4 \rangle, \langle a_2, a_3 \rangle, \langle a_2, a_4 \rangle, \langle a_3, a_4 \rangle \}$$

назовем отношением «ниже» на множестве пластов данного разреза. Подмножество всех оставшихся пар множества $M \times M$ будет, очевидно, задавать отношение «выше».

Если пара $\langle a_i, a_j \rangle$ входит в подмножество R , т.е.

$\langle a_i, a_j \rangle \in R$, то можно писать $a_i R a_j$, что читается: « a_i находится в отношении R с a_j », в нашем случае « a_i ниже a_j ».

Удобным способом задания отношения на конечном множестве является матричный. Можно описать этот способ так. Построим квадратную таблицу. На пересечении строки a_i

	a_1	a_2	a_3	a_4
a_1	0	1	1	1
a_2	0	0	1	1
a_3	0	0	0	1
a_4	0	0	0	0

и столбца a_j ставим единицу в том случае, если пара $\langle a_i, a_j \rangle$

входит в R (т. е., если отношение R выполняется на этой паре), или нуль, если пара не входит в R . Такую матрицу, составленную из элементов a_i, a_j , принято обозначать $\|a_{ij}\|$. Наиболее известным типом матрицы, очевидно, можно считать таблицы розыгрыша футбольных и хоккейных чемпионатов, где записаны отношения «победа», «ничья», «поражение» между каждой парой участвующих команд.

Так как отношение согласно определению является множеством, то над ним можно производить те же операции, что и над любыми другими множествами. Так же полезен символ \emptyset , обозначающий в данном случае пустое отношение, не выполненное ни для одной пары из M . Если отношение выполнено для всех пар, говорят о полном отношении. Матрица пустого отношения содержит одни нули, полного — одни единицы.

Понятие «отношение» позволяет ввести такие понятия, как «функция», «соответствие», «однозначное соответствие», «взаимно однозначное соответствие». Если в выражении aRb элемент a принадлежит одному множеству, а элемент b другому, то говорят о соответствии или об отображении одного множества в другое. Когда элементу a соответствует

только один элемент b другого множества, соответствие называют однозначным или функцией. Обратное в данном случае необязательно. — элементу b может соответствовать и много элементов первого множества. В школьной математике элементы первого множества обозначались как «значение аргумента», а элементы второго — как «значение функции». В теории множеств значение функции обычно называют образом элемента a , а сам элемент a называется прообразом. Если и образ и прообраз (значение функции и значение аргумента) заданы числами, функция называется числовой. Если и на образе и на прообразе имеют смысл только логические операции утверждения и отрицания «да — нет», функция называется логической. Примером логической функции может служить соответствие между типом складки и наличием нефтяной залежи (антиклиналям соответствуют залежи, синклиналям — нет), отношения между типом строения зубного аппарата и характером жабр у двусторонних (замку палеотаксодонтного типа соответствуют примитивные жаберы из двух ктенидиев, замку дизодонтного типа соответствуют пластинчатые жаберы). Если элементы одного из множеств заданы числами, а элементы другого обладают только логическими свойствами, количественная оценка которых не имеет смысла, функцию можно называть логико-числовой. Такая функция задается, например, следующей фразой: «...в 20 м выше подошвы свиты пласта песчаника сменяется лавовым потоком». Здесь явно отражено отношение между расстоянием от подошвы (число) и типом породы, обладающим только логическими свойствами.

Если элементу a одного множества соответствует только один элемент b другого множества, и кроме того, элементу b также соответствует только один элемент a , то соответствие называют взаимно однозначным.

Свойства отношений

В аксиоматической теории множеств отношения классифицируются по их свойствам.

Отношение R называется рефлексивным, если элемент может быть поставлен в это отношение с самим собой,

т. е. если всегда справедливо aRa ; если aRa всегда несправедливо, то R — а н т и р е ф л е к с и в н о.

Рефлексивно отношение сходства: любой элемент сходен с самим собой. Антирефлексивно отношение «выше»: выражение « a выше a » всегда несправедливо.

Если в выражении aRb элементы a и b можно поменять местами и оно останется справедливым, то отношение R симметрично; если после такой операции выражение становится несправедливым для любых a и b , то R асимметрично; если замена справедлива только для $a=b$, то R антисимметрично.

Например, в выражении «пласт a контактирует с пластом b » безразлично, в каком порядке перечисляются эти два контактирующих пласта; отношение контакта (соприкосновения) симметрично. Ясно, что отношение «выше» асимметрично: из справедливости выражения « a выше b » следует, что выражение « b выше a » несправедливо для любых a и b . Антисимметрично отношение «не выше»: выражения « a не выше b » и « b не выше a » одновременно справедливы только при $a=b$.

Если из aRb и bRc следует aRc , то отношение R называется транзитивным. Свойство транзитивности хорошо иллюстрируется на примере отношения равенства или отношения включения: вполне очевидно, что если $a=b$ и $b=c$, то и $a=c$; ярким примером транзитивности включения служит включение одна в другую игрушечных матрешек. В то же время отношение контакта не обладает свойством транзитивности: если пласт a контактирует с дайкой b и дайка b контактирует с пластом c , то из этого вовсе не следует, что пласти a и c контактируют друг с другом.

Типы отношений

Используя введенные свойства, дадим теперь определение различным типам отношений.

Отношение называется эквивалентностью, если оно рефлексивно, симметрично, транзитивно.

Примерами отношений из группы эквивалентности могут служить: равенство, пространственное совпадение, стратигра-

фическая идентичность в том смысле, как она используется в этой работе (т. е. отношение «быть частями одного и того же тела»), синхронность и т. д. Рассмотрим свойства стратиграфической идентичности. Это отношение рефлексивно, так как любой фрагмент какого-либо тела может быть поставлен в данное отношение с самим собой. Оно симметрично: если фрагмент *a* является частью одного и того же тела с фрагментом *b*, то справедливо и обратное утверждение, что фрагмент *b* является частью одного и того же тела вместе с фрагментом *a*. Кроме того, оно транзитивно, так как, если *a* и *b* являются частями одного и того же тела, а *b* и *c* также являются частями того же самого тела, то вполне очевидно, что *a* является частью одного и того же тела вместе с *c*.

Существует несложная теорема о том, что разбиение множества на классы, такое, что ни один элемент множества не попадает сразу в два класса и ни один элемент не остается вне классов, задает отношение эквивалентности между любой парой элементов одного и того же класса.

Эта теорема очень важна для геологии и в частности для стратиграфии. Она указывает основной смысл каждого разбиения: при таком разбиении любое утверждение относительно класса в целом может быть отнесено к каждому элементу данного класса; мы получаем право рассматривать любой элемент класса как равноправный с любым другим элементом представителя данного класса; выбор одного «типичного представителя» несуществен; сходство между элементами класса рассматривается как полное, из чего следует полная взаимозаменяемость; несходство между элементами разных классов также рассматривается как полное.

Преимущество, предоставляемое строгим разбиением, классификацией, очевидно, однако в стратиграфии оно практически не используется в связи с неформальным подходом к классификации. Гораздо чаще близость по каким-либо признакам не разделяется на полное сходство (эквивалентность) и полное несходство; различные объекты рассматриваются как более близкие и менее близкие. Такое доступное количественной оценке сходство также рассматривается в теории отношений. Его логическое уточнение называется *толерантностью*, определяется оно по введенным ранее свойствам как отношение, обладающее свойствами рефлексивности и симметричности.

Легко проверить, что интуитивно понимаемое отношение схождения обладает указанными свойствами: любой элемент

сходен с самим собой; если элемент a сходен с b , то и b сходен с a . Для оценки степени сходства введена количественная мера, называемая мерой сходства или коэффициентом подобия. Предложены процедуры ее вычисления и использования, в частности, для решения геолого-геофизических задач (Вороши, Каратаева, 1967б; Васильев, 1969; Вороши и др., 1970, 1971б).

Ясно, что эквивалентность является частным случаем толерантности при формальном определении этих отношений, так как она обладает всеми свойствами толерантности — рефлексивностью и симметричностью. Не противоречит это и интуитивному пониманию сходства и эквивалентности — эквивалентность могла бы быть охарактеризована как «стопроцентное сходство».

В стратиграфии известно много примеров отношений, которые могут быть сведены к толерантности — сходство, близость, аналогичность, идентичность фаунистических и флористических комплексов, обстановок осадконакопления, литологического состава и т. д. Все эти отношения оцениваются совершенно произвольно, обычно не предлагается ни списка свойств, по которому оценивается степень сходства и различия, ни однозначной процедуры вычисления сходства, ни величины сходства, достаточной для того, чтобы считать сравниваемые объекты «сходными», «близкими», «аналогичными», «идентичными».

Несмотря на широкую применимость отношений класса эквивалентности и толерантности, все-таки самыми распространенными в стратиграфии являются отношения порядка. Примерами таких отношений являются стратиграфическая последовательность пластов в конкретном разрезе, возрастная последовательность хроностратиграфических единиц, латеральная последовательность фаций и формаций, филогенетические ряды и т. д.

Отношение называется отношением строгого порядка, если оно антирефлексивно и транзитивно. Отношение «выше» антирефлексивно и транзитивно, в чем легко убедиться; следовательно, это отношение строгого порядка. Существует доказательство, что из свойств антирефлексивности и транзитивности выводится свойство асимметричности. В том, что таким свойством обладает отношение «выше», также легко убедиться.

Отношение называется отношением нестрогого порядка, если оно рефлексивно, транзитивно и антисим-

метрично. К нестроному порядку принадлежат отношения «не выше», «не больше»: каждый пласт не выше самого себя; если пласт *a* не выше пласта *b* и пласт *b* не выше пласта *c*, то пласт *a* не выше пласта *c*; выражение «пласт *a* не выше пласта *b* и пласт *b* не выше *a*» справедливо только для совпадающих пластов.

Отношение называется отношением квази порядка, если оно рефлексивно и транзитивно. При сравнении определений легко видеть, что определению квази порядка отвечает как отношение нестроного порядка, так и отношение эквивалентности. — и то и другое обладает свойствами рефлексивности и транзитивности. Дополнительно к этим свойствам эквивалентность обладает симметричностью, а нестрогий порядок — антисимметричностью. Все примеры эквивалентности и нестроного порядка могут служить и для иллюстрации квази порядка.

Для сравнения отношений полезно привести таблицу типов отношений (табл. 5).

По-видимому, не требует особых доказательств утверждение, что все рассмотренные здесь начальные понятия теории множеств без всяких изменений применимы в стратиграфии. Все они могут служить логическим уточнением неформально заданных стратиграфических понятий. Кроме недву-

Таблица 5

«Сводная таблица основных типов отношений и определяющих их свойств (по Ю. А. Шрейдеру, 1971, стр. 227)»

Тип отношений	Свойства отношений					
	рефлексивность	симметричность	транзитивность	антирефлексивность	асимметричность	антисимметричность
Эквивалентность	+	+	+			
Толерантность	+	+				
Строгий порядок			+	+	(+)	
Квази порядок	+		+			
Нестрогий порядок	+		+			+

+ — данное свойство входит в определение данного типа отношений,
 (+) — данное свойство вытекает из остальных свойств отношений.

смысленности, однозначности, эти понятия обладают другим важным преимуществом — для них известны связи друг с другом, преобразования, следствия, теоремы, которые также будут применимы в стратиграфических построениях. Конечно, стратиграфическая семантика и синтаксис не могут быть сведены только к существующим элементам теории множеств. Специфика стратиграфических объектов и операций требует разработки и специфических, отсутствующих в других науках, математических элементов. Фундаментом для таких разработок могут служить, с одной стороны, формально определенные понятия «геологическое пространство», «геологическая граница», «геологическое тело» (Косыгин, Воронин, 1965; Косыгин и др., 1964; Воронин и др., 1967), с другой стороны, рассмотренные выше математические понятия.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ОБЩЕЙ ЗАДАЧИ СТРАТИГРАФИИ

§ 1. ФОРМАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКАЯ ТРАКТОВКА

Опираясь на соображения, приведенные в первой части монографии, можно попытаться дать формальные трактовки общей задачи стратиграфических построений. Наличие таких трактовок позволит внести ясность в логическое существо интересующей нас задачи. Это очень важно при обсуждении вопросов существования и единственности решения общей задачи стратиграфических построений, рассмотрении возможных способов ее решения, обсуждении принципиальной стороны разбиения общей задачи стратиграфических построений на основные задачи и взаимосвязь между ними. Наконец, это дает возможность дальнейшей проверки стратиграфических построений на модельных примерах.

Такой подход позволяет уточнить смысл основных законов стратиграфии, дать им однозначную трактовку, проверить систему основных законов стратиграфии на непротиворечивость и полноту, проверить различные варианты систем законов стратиграфии и т. д.

В данном параграфе рассмотрим формальные трактовки

общей задачи стратиграфических построений, сопоставим их между собой, обсудим вопрос существования и единственности решения общей задачи стратиграфических построений, укажем на возможность разбиения общей задачи стратиграфических построений на основные задачи.

Пусть E трехмерное евклидово пространство, $\vec{e} (r_1 r_2 r_3)$ его точки, т. е. $\vec{e} (r_1 r_2 r_3) \in E$, где $r_1 r_2 r_3$ координаты точки, определяющие ее положение в пространстве E . Обозначим через Q' множество всех номеров, отвечающих некоторой классификации — перечисления пород, а через Q'' обозначим множество всех номеров, отвечающих некоторой классификации комплексов видов. Множества Q' и Q'' являются подмножествами множеств E . Кроме того, будем считать, что нам известно, какие классы пород и какие классы комплексов видов соответствуют каждой точке E .

Используя эти начальные условия, можно установить отношения как между множествами Q' и Q'' , так и между множествами E и Q' или E и Q'' , т. е. такие отношения, которые определяют или как подмножество R на множестве $Q' \times Q''$, или как подмножество P на множестве $E \times Q'$, или как подмножество T на множестве $E \times Q''$. Причем $Q' \times Q''$ обозначает

множество всех пар вида $\langle X, Y \rangle$, где $X \in Q'$, а

$Y \in Q''$; $E \times Q'$ множество всех пар вида $\langle X, Y \rangle$, где

$X \in E$, а $Y \in Q'$; $E \times Q''$ множество всех пар вида

$\langle X, Y \rangle$, где $X \in E$, $Y \in Q''$.

Формально эти отношения можно записать так:

$$\begin{aligned} R &= \langle R; X, Y \rangle, \quad X \in Q', \quad Y \in Q'' & (1) \\ P &= \langle P; X, Y \rangle, \quad X \in E, \quad Y \in Q' & (2) \\ T &= \langle T; X, Y \rangle, \quad X \in E, \quad Y \in Q'' & (3) \end{aligned}$$

Функцию (1) для дальнейших задач стратиграфических построений применять нецелесообразно, так как с ее помощью невозможно проводить разбиение E на тела E_1, E_2, \dots, E_n , зато функции (2) и (3) дают такую возможность. Так функция (2) дает возможность разбить E на литотела, а функция (3) на биотела. Исходя из этого, функцию (2) назовем общей или теоретической литофункцией, а функцию (3) — общей или теоретической биофункцией.

Однако на основе наблюдений невозможно определить все множество точек $\vec{e} (r_1 r_2 r_3)$, принадлежащих E , возможно определить только некий экспериментальный набор точек $\vec{e}_k (r_1 r_2 r_3)$, т. е. таких точек, которым на основе наблюдений приведены в соответствие два номера $q_k \in Q'$ и $q_k \in Q''$, которые в свою очередь указывают, какой класс пород и какой класс комплексов видов обнаружен в некоторой окрестности этой точки. Множество таких точек $\vec{e}_k (r_1 r_2 r_3)$ образует экспериментальное пространство E_3 , включенное в E .

Исходя из этих условий, для пространства E_3 также возможно установить лито- и биофункции подобно лито- и биофункциям для пространства E , т. е.

$$P_3 = \langle P_3; XY \rangle; \quad X = E_3, Y \in Q' \quad (2)^1$$

$$T_3 = \langle T_3; XY \rangle; \quad X = E_3, Y \in Q'' \quad (3)^1$$

Функцию (2)¹ назовем **частной или экспериментальной литофункцией**, а функцию (3)¹ — **частной или экспериментальной биофункцией**.

Дадим возможные трактовки общей задачи стратиграфических построений, опираясь на приведенные рассуждения.

Трактовка 1-я. Построить функции (2) и (3) при условии, что заданы функции (2)¹ и (3)¹, выделить на основе функций (2) и (3) в E тела E_1, E_2, \dots, E_n , с помощью функции (2) и (3) описать эти тела и установить на множестве этих тел отношения порядка (строгого и нестрогого), а также отношения эквивалентности.

Трактовка 2-я. Построить функцию (2) при условии, что заданы функции (2)¹ и (3)¹, выделить на основе функции (2) и (3)¹ в E тела E_1, E_2, \dots, E_n , с помощью функции (2) и (3)¹ описать эти тела и установить на множестве таких тел отно-

нения порядка (строгого и нестрогого), а также отношения эквивалентности.

Трактовка 3-я. Построить функцию (3) при условии, что заданы функции (2)¹ и (3)¹, выделить на основе функции (2)¹ и (3) в E тела E_1, E_2, \dots, E_n , с помощью функции (2)¹ и (3) описать эти тела и установить на множестве таких тел отношения порядка (строгого и нестрогого), а также отношения эквивалентности.

Сопоставим между собой приведенные выше трактовки общей задачи стратиграфических построений. Эти трактовки отличаются между собой тем: а) какие функции надо построить, — или (2) и (3), или (2), или (3); б) на основе каких функций надо провести выделение и описание тел, — или на основе (2) и (3), или на основе (2) и (3)¹, или на основе (2)¹ и (3).

С содержательных позиций эти трактовки сильно различаются прежде всего тем, как мы при стратиграфических построениях используем литоданные и биоданные; считаем ли мы их равноправными, полагая, что те и другие являются функциями, заданными в точках $e \in E$ (трактовка 1); считаем ли мы литоданные основными, полагая их функцией, заданной в точках $e \in E$, а биоданные — вспомогательными, рассматривая их как функцию, заданную на телах $E_i \in E$ (трактовка 2); считаем ли мы основными биоданные, полагая, что они являются функцией, заданной в точках $e \in E$, а вспомогательными — литоданные, рассматривая их как функцию, заданную на телах $E_j \in E$ (трактовка 3). Как известно, существуют сторонники у всех указанных трех трактовок (Гуран, Халфин, 1966; Даубар, Роджерс, 1962; Жижченко, 1969; Жинью, 1952; Садыков, 1969; Степанов, 1958; Халфин, 1960, 1967, 1969).

С формальных позиций различие между трактовками не очень велико. Для них можно предложить единую формулировку: фиксируя некоторый набор исходных функций и фиксируя некоторый набор функций, которые надо построить, использовать их для выделения и описания тел. Отсюда, конечно, вытекает, что эти трактовки имеют одну и ту же логическую структуру, но вытекает и то, что их можно считать с этих позиций одинаковыми, поскольку формально они могут различаться между собой по фиксируемым наборам функций. Важно подчеркнуть, что мы можем не только различным

образом фиксировать неиспользуемые наборы функций, но и различным образом фиксировать используемую систему бинарных отношений. Тогда становится ясно, что в принципе можно построить множество различных стратиграфий и что допустимо говорить о некоей абстрактной стратиграфии, но нельзя говорить о «естественной» стратиграфии. Для обсуждения вопросов существования и единственности решения общей задачи стратиграфических построений достаточно рассмотреть только задачу построения, например, функции (2) при условии, что задана функция (2)¹. Эта задача, являющаяся частью той задачи, которая нас интересует, — суть задачи интерполяции и экстраполяции функции. Такие задачи известны давно. При решении таких задач оказывается, необходимо отдельно рассматривать случаи, когда функция является числовой и когда она является логико-числовой. В случае числовой функции задача построения функции имеет решение, но не единственное. Решение этой задачи сводится, во-первых, к выбору вида функции, во-вторых, к оцениванию ее параметров. Выбор вида функции проводится на основе общих рассуждений с использованием каких-либо формальных критериев, позволяющих отбрасывать те виды функции, которые по выбранному формальному критерию не совпадают с исходными данными. Для оценивания параметров используют различные формальные критерии и различные вычислительные схемы, которые опять-таки выбираются из общих соображений. По существу, задача построения функции не является математической. Она становится таковой только после привлечения некоторых дополнительных соображений. В случае логико-числовой функции задача построения функции тоже имеет не единственное решение. Решение такой задачи сводится: во-первых, к выбору вида каждой k -ой частичной области определения функций, во-вторых, к построению этих областей. С формальных позиций в случае логико-числовых функций все оказывается значительно хуже, чем в случае числовых функций. По этой причине задачи построения логико-числовой функции называют не задачами интерполяции и экстраполяции, а задачами распознавания образов в детерминированном плане.

Сейчас известен ряд работ, например (Белова, 1968; Беляшев, 1970; Родионов, 1968; Чуринов, 1968; Юсим и др., 1970), где для решения задач стратиграфии привлекаются готовые математические приемы, в частности распознавания (Вороши и др., 1970; Турбович и др., 1971).

Функции (2) и (3) являются логико-числовыми функциями. Следовательно, интересующая нас общая задача стратиграфических построений оказывается связанной с задачами распознавания образов в детерминированном плане. Анализ работ по таким задачам, например (Воронин и др., 1970), показывает, что у нас не имеется возможности непосредственно использовать известные результаты в своих целях. Прежде всего потому, что нам приходится иметь дело со слишком сложными k -ыми областями определения функции (много связными, с дырами, сложной формы). Учитывая также, что в нашу задачу входит выделение и описание тел и установление отношений строгого и нестрогого порядка, мы не можем для решения общей задачи стратиграфических построений использовать какие-либо известные подходы. По-видимому, у нас сейчас имеется единственный разумный путь: рассмотреть интересующую нас задачу в каком-либо простом варианте и разбить ее на некоторые отдельные основные задачи. При этом, естественно, следует руководствоваться: во-первых, особенностями сложившейся практики решения задач стратиграфии, во-вторых, возможностями имеющегося математического аппарата (Воронин и др., 1967а; Воронин, 1969; Воронин и др., 1971а).

§ 2. РАЗБИЕНИЕ ОБЩЕЙ ЗАДАЧИ

В этом параграфе мы рассмотрим вопрос о разбиении общей задачи стратиграфических построений на отдельные задачи. Кратко охарактеризуем эти задачи и рассмотрим взаимосвязь между ними. Интересуясь сейчас принципиальной стороной дела, мы можем ограничиться рассмотрением только второй трактовки, которая нам представляется наиболее естественной (Воронин и др., 1972; Данбар, Роджерс, 1962; Жижченко, 1969; Жинью, 1952), причем в плоском случае.

Рассмотрим в системе координат XOZ двумерное евклидово пространство E , которое изображено на рис. 7.

Положим, что нам задана некоторая конечная совокупность частных колонок $\{E_k\}$, т. е. отрезков прямых: $X_k = c; Z_1 < Z < Z_n(k); k=1, 2, \dots, l$. В каждой k -ой части колонки E_k будем считать заданными точки наблюдений: $(X_k; O)$.

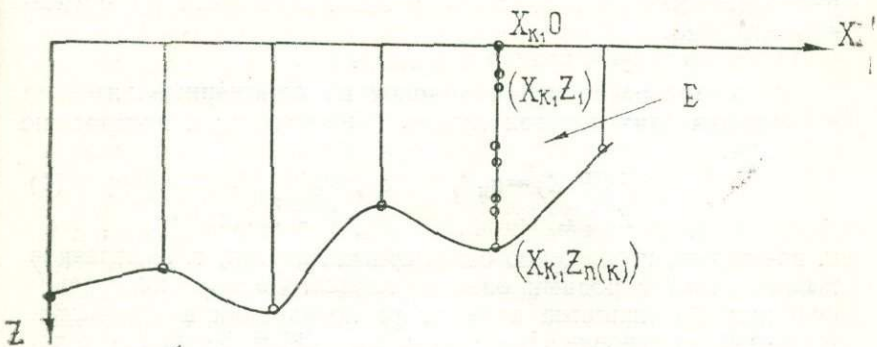


Рис. 7.

$(X_{K_i}; Z_i); \dots, (X_{K_i}; Z_{D(i)})$. Кроме того, предположим, что в каждой точке наблюдения $(X_{K_i}; Z_i)$ заданы частная литофункция

$$P(X_{K_i}; Z_i) = q_{K_i}' \quad q_{K_i}' \in Q' \quad (2)''$$

и частная биофункция

$$t(X_{K_i}; Z_i) = q_{K_i}'' \quad q_{K_i}'' \in Q'' \quad (3)''$$

Очевидно, что в данном случае общая задача стратиграфических построений во второй трактовке сводится:

а) к построению общей литофункции

$$\begin{aligned} P(X, Z) &= q' \quad q' \in Q' \\ (X, Z) &\in E \end{aligned} \quad (2)_1$$

б) по заданным функциям $(2)''$ и $(3)''$ к выделению и описанию тел E_1, E_2, \dots, E_n в E на основе функции $(2)_1$ и $(3)''$; а также к установлению отношения порядка (строгого и нестрогого) и эквивалентности на множестве этих тел.

Опираясь на работу Воронина и др. (1967а, 1972), рассматриваемую общую задачу можно разбить на такие задачи:

- 1) задача расчленения колонок на одномерные литотела; и описание этих тел;
- 2) задача построения сводной стратиграфической колонки;
- 3) задача идентификации одномерных литотел;
- 4) задача построения границ связанных совокупностей одномерных литотел;
- 5) задача описания литотел и построения отношений по-

рядка (строгого и нестрогого) и эквивалентности на множестве этих тел.

Охарактеризуем кратко эти задачи.

1) **Задача расчленения колонок на одномерные литотела и описания этих литотел** сводится, во-первых, к построению функции:

$$\begin{aligned} P(X_k, Z) = q_{kz}', & \quad q_{kz}' \in Q' \\ Z_1 \leq Z \leq Z_{n(k)}, & \quad k=1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (4)$$

и, во-вторых, к описанию одномерных литотел, т. е. отрезков, выполненных породами одного класса. Задача построения функции (3) является задачей распознавания в детерминированной постановке (Воронин и др., 1971б; Турбович и др., 1971). В данном случае k -ые частичные области определения функции (4) являются простыми, т. е. представляют собой отрезки прямых и в то же время многосвязными, так как каждая k -ая частичная область функции (4) обладает всевозможными связями с другими частичными областями той же функции. Такую задачу можно решить на основе имеющихся алгоритмов распознавания. Например, можно использовать алгоритмы и программы, приведенные Ю. А. Ворониным и др. (1971), И. Г. Турбовичем и др. (1971). В результате мы получим множество суммарных литотел E'_1, E'_2, \dots, E'_n . Описание одномерных литотел E'_1 можно выполнить (Воронин и др., 1967а; Воронин, Еганов, 1968б) так: задать координаты их геометрических центров (X_i, Z_i) ; указать их длину — l_i ; приписать им номер $q_i' \in Q'$, отвечающий номеру класса пород, которыми они выполнены; приписать им номер $q_i'' \in Q''$, указывающий номер комплекса видов, обнаруженных в них. С формальных позиций решение таких задач трудностей не встречает (Воронин, 1969).

2) **Задача построения сводной стратиграфической колонки.** Рассмотрим множество выделенных и описанных одномерных литотел: E'_1, E'_2, \dots, E'_n . Из этого множества тел мы можем выделить следующие подмножества тел:

а) подмножество тел E_1^1 , которые выполнены только породой, относящейся к классу пород с номером $q_z' \in Q'$, т. е. $\{E_1^1\}_z'$;

б) подмножество тел E_1^1 , которые содержат только комплекс видов, относящихся к классу комплексов видов с номером $q_z'' \in Q''$, т. е. $\{E_1^1\}_z''$;

в) подмножество тел, которые выполнены как породой,

относящейся к классу пород с номером $q_2' \in Q'$, так и комплексом видов, относящихся к классу комплексов видов с номером $q_3'' \in Q''$, т. е. $\{E_i^1\}_{z_3}$.

Рассмотрим два множества тел $\{E_i^1\}_{z'}$; $\alpha = p, n$.

Положим, что нам каким-то способом удалось установить между ними отношение порядка (строгого и нестрогого) и отношение эквивалентности, т. е. либо $\{E_i^1\}_p \leq \{E_i^1\}_n$, либо $\{E_i^1\}_p < \{E_i^1\}_n$, либо $\{E_i^1\}_p \sim \{E_i^1\}_n$. При этом можно сказать, что те же отношения мы установили между соответствующими породами с номерами классов $q_p' \in Q'$ и $q_n' \in Q'$, т. е. либо $q_p' \leq q_n'$, либо $q_p' < q_n'$, либо $q_p' \sim q_n'$. Однако Q' включает в себя не только q_p' и q_n' , но многие другие породы, т. е. $Q' = (q_1', q_2', \dots, q_m')$, между которыми также можно установить отношения порядка и эквивалентности.

Построим квадратную матрицу бинарных отношений между всеми породами q_p' и q_n' ; $p, n = 1, 2, \dots, m$.

$$\{\sigma'_{pn}\} \quad (5)$$

$p, n = 1, 2, \dots, m$

и положим в ней

$$\sigma'_{pn} = \begin{cases} 0, & q_p' \leq q_n' \\ 1, & q_p' < q_n' \\ 2, & q_p' \sim q_n' \end{cases} \quad (6)$$

тогда получим так называемую **сводную литоколонку** (Воронин, 1969; Воронин и др., 1971а).

Аналогично, установив отношения порядка (строгого и нестрогого) и эквивалентности между множествами тел $\{E_i^1\}_{z'}$; $\beta = s, t$, можно получить **сводную биоколонку**.

$$\{\sigma''_{st}\} \quad (7)$$

$st = 1, 2, \dots, l$

где

$$\sigma''_{st} = \begin{cases} 0, & q_s'' \leq q_t'' \\ 1, & q_s'' < q_t'' \\ 2, & q_s'' \sim q_t'' \end{cases} \quad (8)$$

Если мы опять установим отношения порядка (строгого и нестрогого) и эквивалентности между множествами тел $\{E_i^1\}_{z'}$; $\alpha = p, n$; $\beta = s, t$, то проводя перенумерацию сочетаний классов пород и классов комплексов видов, получим **сводную стратиграфическую колонку**

$$\{\sigma_{\gamma\sigma}\} \quad (9)$$

$\gamma\sigma = 1, 2, \dots, N$

где

$$\sigma_{\gamma\tau} = \begin{cases} 0, & q_{\gamma} < q_{\tau} \\ 1, & q_{\gamma} = q_{\tau} \\ 2, & q_{\gamma} > q_{\tau} \end{cases} \quad (10)$$

Из сказанного следует, что построение сводной стратиграфической колонки в основном сводится к установлению отношений порядка (строгого и нестрогого) и эквивалентности на множествах одномерных литотел. Известна только одна работа, где предпринята попытка установить такие отношения (Воронин и др., 1971а). С формальных позиций здесь имеется ряд трудностей.

3) **Задача идентификации одномерных литотел.** Из множества выделенных и описанных одномерных литотел E_1, E_2, \dots, E_n выберем два тела E_i и E_j . Построим отвечающие им описания:

$$\begin{aligned} E_i &= \overline{\overline{X_i Z_i}}; I_i; q_i'; q_i'' \\ E_j &= \overline{\overline{X_j Z_j}}; I_j; q_j'; q_j'' \end{aligned} \quad (11)$$

Положим, что мы построили линейные и угловые расстояния между E_i и E_j :

$$\rho(i, j) \quad (12)$$

$$\cos \alpha(i, j) \quad (13)$$

меры сходства по I ; q' ; q''

$$\Lambda_I(i, j) \quad (14)$$

$$\Lambda_{q'}(i, j) \quad (15)$$

$$\Lambda_{q''}(i, j) \quad (16)$$

а также общую меру сходства по I , q' и q''

$$\begin{aligned} \Lambda(i, j) &= \overline{\overline{E_i}} \Lambda_I(i, j) + \overline{\overline{E_{q'}}} \Lambda_{q'}(i, j) + \overline{\overline{E_{q''}}} \Lambda_{q''}(i, j) \\ \overline{\overline{E_i}} + \overline{\overline{E_{q'}}} + \overline{\overline{E_{q''}}} &= \overline{\overline{E}} = 1. \end{aligned} \quad (17)$$

Будем также считать, опираясь на (12), (13) и (17), что мы ввели для E_i и E_j отношение сходства или толерантности (Шрейдер, 1971; Шиханович, 1965). Тогда, используя отношение сходства, мы можем разбить такие множества одномерных тел на компоненты связности. Из сказанного вытекает, что задача идентификации одномерных литотел сводится, во-первых, к введению расстояний и мер сходства между телами, во-вторых, к установлению отношения сходства между этими телами, в-третьих, к разбиению множества тел на

компоненты связности. По-видимому, с формальных позиций решение рассматриваемой задачи трудностей не встретит.

4) **Задача построения границ связных совокупностей одномерных литотел** сводится к построению плоских замкнутых кривых, проходящих через заданную совокупность точек. Алгоритмы и программы для решения таких задач известны (Завьялов, 1970; Ибрагимов, 1970). Кроме того, такая задача может быть просто решена с помощью введения функции фиктивной плотности (Воронови и др., 1968а, 1969).

5) **Задача построения отношений строгого и нестрогого порядка, а также отношения эквивалентности на множестве двумерных тел.** Пусть E_1, E_2, \dots, E_n — множество двумерных литотел. Для установления отношений строгого и нестрогого порядка, а также эквивалентности на множестве этих тел следует выделить два случая: случай, когда E_i и E_j расположены в E так, что они пересекаются одной какой-либо частной колонкой, и случай, когда E_i и E_j расположены в E так, что они не пересекаются какой-либо одной частной колонкой. В первом случае нужные отношения могут быть определены из геометрических соображений и описаний E_i и E_j по функциям (2)₁ и (2)₂, во втором случае — на основании описаний E_i и E_j по функциям (2)₁ и (3)₂. Нам неизвестны работы, где как-либо решается интересующая нас задача. По-видимому, так же, как и в задаче построения сводной стратиграфической колонки, здесь могут встретиться различные формальные трудности.

Рассмотрим взаимосвязь между задачами 1—5, которые мы называем основными задачами стратиграфии. Каждая из задач 1—5 дает основу для решения последующей задачи, и ее решение может служить основанием для проверки правильности решения последующих задач. Например, результаты решения задачи 2 непосредственно используются при решении задачи 5. При некоторых условиях необходимость в решении той или иной задачи может отпасть. Например, если существует стратиграфическая частная колонка, то таблицы (5), (7) и (9) могут быть получены непосредственно из нее, и необходимость в решении задачи 2 отпадает. Очевидно, что каждая из задач 1—5 может иметь и самостоятельное значение. Например, решение задачи 2 позволяет делать выводы о строении E по Z , а решение задачи 3 — по X . Желая особо подчеркнуть отличие стратиграфических построений от других геологических построений, мы будем называть **главными задачами стратиграфии** задачи 2 и 5. С точки зрения теории

Как можно было убедиться, каждая из задач 1—5 имеет много решений. Для построения эффективной методики их решения необходимо, с одной стороны, учесть существующий опыт стратиграфических построений, который выражается в обобщенном виде, прежде всего, в основных законах стратиграфии. С другой стороны, необходимо разработать и построить комплексы алгоритмов и программ для получения различных решений на ЭВМ задач 1—5, согласовать эти комплексы между собой (для чего необходимо построить критерий для оценки решения общей задачи стратиграфии) и исследовать с помощью ЭВМ различные модели двумерного геологического пространства (Ворошич и др., 1967б, 1971). Из общих соображений очевидно, что обоснованной методики решения общей задачи стратиграфических построений на любой случай строения геологического пространства быть не может.

ПЕРСПЕКТИВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТРАТИГРАФИИ

Трудно предсказывать судьбу математической стратиграфии, но проведенный методологический анализ убеждает в следующем.

1. Самой важной остается пока проблема усовершенствования терминологии и разработка систем стратиграфических понятий на основе принципа формализации. При этом в первую очередь должны быть определены фундаментальные понятия, т. е. такие, которые будут исходными для конструирования всех остальных. Задел в этом отношении имеется, так как вряд ли можно будет обойтись без введенных Ю. А. Ко-

сыгнущим и другими в обиход формализованного геологического языка понятий «геологическое пространство», «геологическая граница», «геологическое тело», «геологическая структура» и др.

2. Формализации подлежат не только понятия, обозначающие объекты стратиграфии, но и отношения между ними, т. е. эмпирически установленные закономерные связи между объектами стратиграфии; они должны быть проверены на устойчивость и повторяемость с тем, чтобы была полная гарантия возведения их в ранг законов или аксиом стратиграфии.

3. Имеются все основания для того, чтобы стратиграфия, по крайней мере теоретическая, развивалась как аксиоматическая наука. Для этого потребуются разработка правил преобразования исходных высказываний, т. е. синтаксиса формализованного языка стратиграфии. Полезными здесь окажутся такие разделы математики, как алгебра логики и теория множеств. Но может возникнуть проблема адаптации уже существующих формальных методов к специфическим условиям стратиграфических задач. Не исключено, что такое приспособление будет не всегда возможно. Тогда встанет вопрос о разработке новых формализмов, отвечающих природе стратиграфических задач.

4. Исследования по математической стратиграфии должны венчаться проверкой полученных результатов на практике, т. е. оценкой пригодности ее результатов для основных потребителей — тектоники и общей теории поисков полезных ископаемых.

5. Не следует сбрасывать со счета и естественнонаучное направление стратиграфических исследований, потому что стратиграфия остается пока единственной наукой, позволяющей узнавать последовательность геологических событий и восстанавливать историю, генезис и эволюцию Земли.

ЛИТЕРАТУРА

- АЖГИРЕИ Г. Д. Структурная геология. Изд. МГУ, 1956.
- БАРАНОВ В. И. Возрастные этапы эволюции земного вещества. В сб.: «Пути познания Земли», М., «Наука», 1971.
- БЕЛОВА В. А. К вопросу о применении методов математической статистики при интерпретации спорово-пыльцевых спектров для целей стратиграфии четвертичных отложений Гарской впадины. Математ. конф. молодых научн. сопр. Ин-та земной коры, Иркутск, 1968.
- БЕЛОВА М. Б., ВАСИЛЬЕВ В. Г., ВАСОВ Г. М. и др. Геологическое строение и перспективы нефтеносности Камчатки. М., Гостонтехиздат, 1961.
- БЕЛЯШОВ Д. К. Использование простейших алгоритмов распознавания для целей стратиграфии на примере среднего и верхнего палеозоя Тургайского прогиба. Тр. Казах. политехн. ин-та, сб. 31, Алма-Ата, 1970.
- БОР Н. Атомная физика и человеческое познание. М., ИЛ, 1961.
- БОРОВИКОВ Л. И., СПИЖАРСКИЙ Т. Н. Принципы расчленения и корреляции докембрийских отложений. «Геология и геофизика» № 1, 1965.
- ВАСИЛЬЕВ В. И. Распознающие системы (справочник). Киев, «Наукова думка», 1969.
- ВАССОЕВИЧ Н. Б. Флиш и методика его изучения. М.—Л., Гостонтехиздат, 1948.
- ВАССОЕВИЧ Н. Б. Слоистость и фации. Изв. АН СССР, серия геол., № 2, 1949.
- ВАССОЕВИЧ Н. Б. Полевая геология. В кн.: «Спутник полевого геолога-нефтяника», т. 1, Гостонтехиздат, 1954.
- ВОРОНИН Ю. А. Теоретические основы описания и классифицирования геологических тел. Дисс. на соиск. ученой степени доктора физ.-мат. наук. Н., 1969.
- ВОРОНИН Ю. А., АЛАБИН Б. К., ГОЛЬДИН С. В., ГОЛЬДИНА Н. А., ЕГАНОВ Э. А., ИВАНОВА М. Н., КОНТОРОВИЧ А. Э., КАРАТАЕВА Г. Н., КУТОЛИН В. А., МЕРЕКИН Ю. В., ПИСАРЕВ В. Д., ПИТАЕВ И. М., СОЛОВЬЕВ В. А., СОЛОВЬЕВ О. А., ТИТОВ А. А., ЭПШТЕИН Е. Н. Геология и математика. Н., «Наука», 1967а.
- ВОРСНИН Ю. А., КАРАТАЕВА Г. Н. Об одном возможном способе формального определения понятия «голотип» и его использовании для решения задач диагноза (распознавания). «Геология и геофизика» № 5, 1967б.
- ВОРОНИН Ю. А., ЕГАНОВ Э. А. Вопросы теории формационного анализа. ВИННИЦ, Н., 1968а.

ВОРОНИН Ю. А., ЕГАНОВ Э. А. Универсальная схема аналитического описания сложных геологических тел. Тр. СНИИГГиМС, вып. 79, Н., 1968б.

ВОРОНИН Ю. А., ЕГАНОВ Э. А. К теории фациального анализа. ВНИИГиМС, 1969.

ВОРОНИН Ю. А., ПОНИНА Н. А., КАРАТАЕВА Г. Н., ЛБОВ Г. С., МЕРЕКИН Ю. В., ШОБЕРГ П. П., ПЕТРОВА С. П., ШТАЕВ П. М., ТИТОВ А. А., ЭЙНШТЕЙН Е. П. Геология и математика. Н., «Наука», 1970.

ВОРОНИН Ю. А., БОРОВИКОВ А. М., САЛИН Ю. С., СОЛОВЬЕВ В. А., БУРХАНОВ Х. Х. О проведении стратиграфических построений на ЭВМ. В сб.: «Математические проблемы геофизики», вып. 2, Н., 1971а.

ВОРОНИН Ю. А., МАРСУТОВ А. Ф., УМАРОВ Р. Д., ХАЛИКОВ А. К. Введение мер сходства и связи для решения геолого-геофизических задач. В сб.: «Математические проблемы геофизики», вып. 2, Н., 1971б.

ВОРОНИН Ю. А., БОРОВИКОВ А. М., САЛИН Ю. С., СОЛОВЬЕВ В. А., ТИТОВ А. А. О совершенствовании теоретических построений стратиграфии с помощью моделирования на ЭВМ. В сб.: «Применение математических методов и ЭВМ при поисках полезных ископаемых», Н., 1972.

ГЕПСЛЕР А. Н. Синхронные горизонты в циклических осадочных толщах. Литол. сб., вып. 3, М.—Л., Гостехиздат, 1950.

ГЕККЕР Р. Ф. Введение в палеозоологию. М., Гостехиздат, 1957.

ГЕККЕР Р. Ф., ОСИПОВА А. П., БЕЛЬСКАЯ Т. П. Ферганский залив палеогенового моря Средней Азии. М. Изд. АН СССР, 1962.

Геологический словарь. М., Гостехиздат, 1960.

Геология СССР, т. XXXI, Камчатка, Курильские и Командорские о-ва. М., «Недра», 1964.

ГУРАРИ Ф. Г. О правилах стратиграфической классификации. В сб.: «Проблемы стратиграфии». Тр. СНИИГГиМС, вып. 91, Н., 1969.

ГУРАРИ Ф. Г., ХАЛФИН Л. Л. Реформа правил стратиграфической классификации необходима. «Геология и геофизика», № 4, 1966.

ДАВИГАШВИЛИ М. Ш. История эволюционной палеонтологии от Дарвина до наших дней. М.—Л. Изд. АН СССР, 1948.

ДАНБАР К., РОДЖЕРС Дж. Основы стратиграфии. М., ИЛ, 1932.

ДВАЛЫ М. Ф. Геологическое строение и нефтеносность Восточной Кам. аты. Тр. ВНИГРИ, спец. серия, вып. 16, Гостехиздат, 1955.

ДЕННИС Дж. Международный словарь английских тектонических терминов. М., «Мир», 1971.

ДННЕР К. Основы биостратиграфии ГНТИ, 1934.

ЕГАНОВ Э. А. О выделении объектов исследования в геологии. В сб.: «Пути познания Земли». М., «Наука», 1971.

ЖАМОЙДА А. П. Состояние и основные задачи стратиграфических исследований в СССР. Геологическое строение СССР, т. I. Стратиграфия. М., «Недра», 1968.

ЖАМОЙДА А. П., КОВАЛЕВСКАЯ О. П., МОИСЕЕВА А. П. Обзор зарубежных стратиграфических кодексов. М., «Наука», 1969.

ЖЕМЧУЖНИКОВ Ю. А. К вопросу о синонимизме угольных пластов. Изв. АН СССР, серия геол., № 2, 1950.

ЖИЖЧЕНКО Б. П. Принципы стратиграфии и унифицированная схе-

ма кайнозойских отложений Северного Кавказа и смежных областей. М., Гостоптехиздат, 1958.

ЖИЖЧЕНКО Б. П. Методы палеогеографических исследований. Л., Гостоптехиздат, 1959.

ЖИЖЧЕНКО Б. П. Методы стратиграфических исследований нефтегазоносных областей. М., «Недра», 1969.

ЖИНЬЮ М. Стратиграфическая геология. ИЛ, 1952.

Задачи и правила изучения и описания стратотипов и опорных стратиграфических разрезов. М., Госгеолтехиздат, 1963.

ЗАВЬЯЛОВ Ю. С. Интерполирование кубическими многочленами. Тр. ИМ СО АН СССР. Вычислительные системы, вып. 38, II, 1970.

ЗАХАРОВ В. А. Позднеюрские и раннемеловые двустворчатые моллюски севера Сибири (отряд Anisomyaria). М., «Наука», 1966.

ЗАХАРОВ В. А., ЮДОВНИЦ Е. Г. Принципы послонной корреляции разрезов ритмичных терригенных толщ. В сб.: «Проблемы палеонт. обоснования детальной страт. мезозоя Сибири и Дальнего Востока», Л., «Наука», 1967.

ЗОЛОТНИЦКИЙ Н. С. Об основных принципах стратиграфического расчленения и синхронизации осадочных толщ. Изд. Львовского гос. ун-та, 1955.

ЗУБАКОВ В. А. Дискуссионные вопросы стратиграфической классификации и терминологии. «Проблемы стратиграфии». Тр. СНИИГГГМС, вып. 94, II, 1969.

ЗУБКОВИЧ М. Б. Методы палеонтолого-стратиграфических исследований. М., «Высшая школа», 1968.

ИБРАГИМОВ М. И. Методы интерполяции функций и некоторые их применения. М., «Наука», 1971.

ИВАНОВА Е. А. Детальное сопоставление морских отложений по фауне. Мат. палеонт. совещания по палеозою. М., Изд. АН СССР, 1953.

ИВАНОВА Е. А. Развитие фауны в связи с условиями существования. Тр. ИИН АН СССР, т. LXIX. М., Изд. АН СССР, 1958.

ИЛЬИНА А. П. Моллюски неогена Камчатки. М., Гостоптехиздат, 1963.

Инструкция по организации и производству геологосъемочных работ в масштабе 1 : 200 000 и 1 : 100 000. М., Госгеолтехиздат, 1955.

Инструкция по организации и производству геологосъемочных работ масштабов 1 : 50 000 и 1 : 25 000. М., Госгеолтехиздат, 1956.

Инструкция по составлению корреляционных стратиграфических схем для территории СССР и отдельных ее регионов. М., Госгеолтехиздат, 1958.

КАРНАП Р. Значение и необходимость. М., ИЛ, 1959.

КЕЛЛЕР Б. М. Стратиграфические подразделения. Изв. АН СССР, серия геол., № 6, 1950.

КЕЛЛЕР Б. М. Типовые разрезы ордовика. Ордовик Казakhstan. Тр. ИГи АН СССР, вып. 154, серия геол. (№ 65), 1954.

КЛАУС Г. Введение в формальную логику. М., ИЛ, 1960.

КОСЫГИН Ю. А. Тектоника. М., «Недра», 1969.

КОСЫГИН Ю. А., ВОРОНИН Ю. А., СОЛОВЬЕВ В. А. Опыт формализации некоторых тектонических понятий. «Геология и геофизика», № 1, 1964.

КОСЫГИН Ю. А., ВОРОНИН Ю. А. Некоторые фундаментальные понятия структурной геологии. «Геотектоника» № 1, 1965.

КОСЫГИН Ю. А., СОЛОВЬЕВ В. А. Проблема усовершенствования

геологического языка и «математизация» геологии. Изв. АН СССР, серия геол., № 11, 1967.

КОСЫГИН Ю. А., СОЛОВЬЕВ В. А. Статические, динамические и ретроспективные системы в геологических исследованиях. Изв. АН СССР, серия геол., № 6, 1969.

КОВАЛЕВСКИЙ О. П. Анализ основных замечаний к правилам стратиграфической классификации и терминологии. «Сов. геология», № 2, 1971.

КРАСНЫЙ Л. И. К вопросу о стратиграфической номенклатуре. Тр. ВСЕГЕИ, Палеонт. и стратигр., 1952.

КРИШТОФОВИЧ А. Н. Третичная флора залива Корфа на Камчатке. Тр. ДВ ГРГ, вып. 62. Владивосток, 1934.

КРИШТОФОВИЧ А. Н. Новая система региональной стратиграфии. «Сов. геология», № 9, т. 9, 1939.

КРИШТОФОВИЧ А. Н. Унификация геологической терминологии и новая система региональной стратиграфии. Мат. ВСЕГЕИ, Палеонт. и стратигр., сб. 4, 1945.

КРИШТОФОВИЧ А. Н. Задачи и методы изучения ископаемой флоры для целей стратиграфии. Мат. ВСЕГЕИ, Палеонт. и стратигр., М.—Л., Гостеолитиздат, 1948.

КРИШТОФОВИЧ А. Н. Избранные труды, т. I. Изд. АН СССР, М.—Л., 1959.

КРИШТОФОВИЧ Л. В. Обоснование выделения ярусов в третичных отложениях Сахалина. Палеонт., сб. 2. Тр. ВНИГРИ, вып. 154. Л., Гостоптехиздат, 1960.

КРИШТОФОВИЧ Л. В. Моллюски миоценовых отложений Восточной Камчатки. Палеонт., сб. 4. Тр. ВНИГРИ, вып. 268. Л., «Недра», 1969.

КРУМБЕГИ В. К., СЛОСС Л. Л. Стратиграфия и осадкообразование. М., Гостоптехиздат, 1960.

КРЫМГОЛЬЦ Г. Я. О значении некоторых понятий в стратиграфии. Тр. ВСЕГЕИ, новая серия, т. 102, 1964.

КРЫМГОЛЬЦ Г. Я. О некоторых критериях установления стратиграфических границ. Вест. ЛГУ, № 24, 1968.

КУРГАЛИМОВА Г. Г. Использование математического метода при проведении стратиграфической корреляции. Бюлл. МОИП, отд. геол., т. XLVII (2), 1972.

ЛЕДЛИ Р. С., ЛАСТЕД Л. Б. Объективные основания диагноза. Кибритический сборник № 2. М., ИЛ, 1961.

ЛЕОНОВ Г. П. Историческая геология. Изд. МГУ, 1956.

ЛЕОНОВ Г. П., АТИМАРИНА В. П., НАПДИН Д. П. О принципе и методе выделения ярусных подразделений эталонной шкалы. Вест. МГУ, № 4, сер. 4. «Геология», 1965.

ЛЕОНТЬЕВ А. А. Язык, речь, речевая деятельность. М., «Просвещение», 1969.

ЛИБРОВИЧ Л. С. О палеонтологическом методе в стратиграфии. Мат. ВСЕГЕИ, Палеонт. и стратигр., сб. 5, 1948.

Логика научного познания. М., 1965.

ЛОУМЕН С. Выступление в дискуссии на сессии Американского геологического общества. В сб.: «Осадочные фацисы в геологической истории». М., ИЛ, 1953.

ЛЯПУНОВ А. А. О логико-методологическом исследовании науки. Сб. «Проблемы исследования структуры науки». Н., 1967.

МАЗАРОВИЧ А. Н. Историческая геология. ГОНТИ, М.—Л., 1938.

МАК-КИ. Фациальные изменения на Колорадском плато. В сб.: «Осадочные фации в геологической истории». М., ИЛ, 1953.

МАСЛОВ В. П. О стратиграфических подразделениях. Изв. АН СССР, серия геол., № 2, 1952.

МЕЙБАУМ В. Законы и формулировки. В сб.: «Закон. Необходимость. Вероятность». М., «Прогресс», 1967.

МЕЛЛЕР В. И. Второй международный геологический конгресс в Боломье. Горн. журн., т. 4, № 11, 1881.

МЕННЕР В. В. Стратиграфия. БСЭ, т. 41, 2-е изд.

МЕННЕР В. В. Принципы сопоставления разлофациальных свит. Мат. палеонт. совещ. по палеозою. М., Изд. АН СССР, 1953.

МЕННЕР В. В. Биостратиграфические основы сопоставления морских, лагунарных и континентальных свит. М., Изд. АН СССР, 1962.

МЕННЕР В. В. К общей стратиграфии кайнозоя (итоги и перспективы). В сб.: «Проблемы стратиграфии кайнозоя». М., «Недра», 1965.

МЕРКЛИН Р. Л. Пластинчатожаберные спиралисовых глин, их среда и жизнь. Тр. ПИН, т. XXVIII. М.—Л., Изд. АН СССР, 1950.

МИГОВИЧ И. М., ТИТОВ В. А. Палеогеновые и неогеновые отложения Олоторского прогиба. Мат. по геол. и полезн. ископ. Сев.-Вост. СССР, вып. 18. Магадан, 1963.

НАЛИВКИН Д. В. Стратиграфия в СССР. Зап. Лен. горн. ин-та, т. I, III, вып. 2, 1967.

НЕХОРОШЕВ В. И. О причинах, затрудняющих корреляцию стратиграфических схем. В сб.: «Биостратиграфические и палеобioфациальные исследования и их практическое значение». М., «Недра», 1970.

НИКИТИН В. И. Объяснение — функция науки. М., «Наука», 1970.

НИКИТИН С. Н., ЧЕРНЫШЕВ Ф. Н. Международный геологический конгресс и его последние сессии в Берлине и Лондоне. Горн. журнал, т. I, 1889.

ОВЕЧКИН Н. К. Краткий обзор деятельности Межведомственного стратиграфического комитета за период работы с июня 1955 по апрель 1957. «Сов. геология», сб. 58. М., Госгеолтехиздат, 1957.

ОСИНОВА А. И. Палеоэколого-литологический анализ осадочных толщ как основа детальной стратиграфии. В сб.: «Вопросы геологии Алин», М., Изд. АН СССР, 1955.

ПОЯРКОВ Б. В. Применение методов математической статистики к решению некоторых вопросов биостратиграфии. Вопросы микропалеонтолог., вып. 12. М., «Наука», 1969.

Проблемы логики научного познания. М., 1964.

Проблемы методологии научного познания. Н., 1968.

Проект стратиграфического кодекса СССР. Л., 1970.

ПРОНИНА И. Г. Моллюски среднемиоценовых отложений Кроноцкого района Восточного побережья Камчатки. Палеонт., сб. 4, Тр. ВНИГРИ, вып. 268. Л., «Недра», 1969.

РАКИТОВ А. И. Курс лекций по логике науки. М., «Высшая школа», 1971.

Решения Межведомственного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Сибири. М., Госгеолтехиздат, 1959.

Решения Межведомственного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Якутской АССР. Госгеолтехиздат, 1963.

РОДИОНОВ Д. А. Статистические методы разграничения геологических объектов по комплексу признаков. М., «Недра», 1968.

РОЗИН В. М. Структура современной науки. В сб.: «Проблемы исследования структуры науки». Н., 1967.

РОЗОВ М. А. Научная абстракция и ее виды. Н., 1965.

РОЗОВ М. А. Логико-трансляционный подход к анализу науки. Проблемы исследования структуры науки. Н., 1967.

РУХИН Л. Б. Основы литологии. Л., Гостоптехиздат, 1961.

РУХИН Л. Б. Основы общей палеогеографии. Л., Гостоптехиздат, 1962.

САДОВСКИЙ В. Н. Проблемы методологии дедуктивных теорий. «Вопросы философии», № 3, 1963.

САДЫКОВ А. М. Система универсальной стратиграфической классификации. Изв. АН КазССР, серия геол., № 1, 1969.

САДЫКОВ А. М. Значение и место стратиграфии в геологии. Изв. АН КазССР, серия геол., № 5, 1970.

САЛИН Ю. С. Опыт применения методики количественного учета в палеоэкологии. Бюлл. МОИП, отд. геол., т. XL1 (5), 1966.

САЛИН Ю. С. Количественные методы в палеоэкологии и биостратиграфии (на примере неогеновой усть-камчатской серии). Тр. ИГиГ СО АН СССР, вып. 169. Н., «Наука», 1972.

СЕГАЛ Д. М. Рецензия на книгу «Language in culture». Ed. H. Hoijer, Chicago, 1954. В сб.: «Структурно-типологические исследования в лингвистике». М., «Наука», 1952.

СКОБЦОВ В. М. О математической характеристике ритмичности строения континентальных толщ (на примере селенгинской свиты нижнего мела Западного Забайкалья). Зап. Забайкал. фил. Геогр. об-ва СССР, вып. 50, 1970.

СЛОДКЕВИЧ В. С. Трегичные пеллециподы Дальнего Востока. Палеонтология СССР, т. X, часть 3, вып. 18. М.—Л., Изд. АН СССР, 1938.

СМИРНОВ В. А. Генетический метод построения научного знания. Философские проблемы современной формальной логики. М., 1952.

СОКОЛОВ Б. С. Биохронология и стратиграфические границы. В сб.: «Проблемы общей и региональной геологии». Н., «Наука», 1971.

СОКРАТОВ Г. И. К истории так называемого закона Вальтера и формирование слоистой структуры осадочных пород. Докл. АН СССР, т. 2, № 4, 1948.

СОЛОДУХИН Ю. Н. Высказывания о законах природы и их логический анализ. В сб.: «Проблемы логики и теории познания». М., Изд. МГУ, 1968.

Справочник по тектонической терминологии. М., «Недра», 1970.

СТЕПАНОВ Д. Л. Основные проблемы стратиграфии. Тр. юбил. науч. сессии ЛГУ, секц. геол.-почв. наук. Л., Изд. ЛГУ, 1946.

СТЕПАНОВ Д. Л. Верхний палеозой западного склона Урала (опыт биостратиграфического анализа). Тр. ВНИГРИ, новая серия, вып. 54, 1951.

СТЕПАНОВ Д. Л. Принципы и методы стратиграфических исследований. Тр. ВНИГРИ, вып. 113. Л., ГТТИ, 1958.

СТЕПАНОВ Д. Л. Об основных принципах стратиграфии. Изв. АН СССР, серия геол., № 10, 1967.

Стратиграфическая классификация и терминология. Гостеолтехиздат, 1956.

Стратиграфическая классификация и терминология. Под. ред. А. И. Ротая. М., ГТТИ, изд. 2-е, перераб., 1960.

Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура, Л., «Недра», 1965.

Стратиграфические и геохронологические подразделения (их принципы, содержание, терминология и правила применения), Под ред. Л. С. Либровича А. М., ГГН, 1954.

Стратиграфический словарь СССР, М., Гостеолтехиздат, 1956.

ТИХОМИРОВ С. В. О главных вопросах стратиграфии. Изв. вузов, «Геология и разведка», № 5, 1968.

ТРУШКОВА Л. Я. Новые данные по стратиграфии верхней юры Обь-Иртышского междуречья. «Геология и геофизика», № 2, 1967.

ТРУШКОВА Л. Я. Стратиграфия и условия формирования нефтегазотеплых шиферомеловых отложений центральной части Западно-Сибирской равнины. Автореферат канд. дисс. П., 1970.

ТУРБОВИЧ И. Г., ГИТИС В. Г., МАСЛОВ В. К. Отознание образцов, М., «Наука», 1971.

УЕМОВ А. И. Аналогия в практике научного исследования, М., «Наука», 1965.

УЕМОВ А. И. О достоверности выводов по аналогии. Философские вопросы современной формальной логики, М., 1962.

УЕМОВ А. И. Логические основания метода моделирования, М., «Мысль», 1971.

УСПЕНСКИЙ В. А. Предисловие к книге Ю. А. Шихановича «Введение в современную математику», «Наука», 1965.

ФЕДОРОВ А. Н. Словарь по нефтяной геологии, Л.—М., ОНТИ, 1935.

ХАЛФИН Л. Л. О тектоно-стратиграфическом направлении в геологии и принципах стратиграфии. В кн.: «Основные идеи М. А. Усова в геологии», Изд. АН КазССР, 1960.

ХАЛФИН Л. Л. Принцип биостратиграфической параллелизации, Тр. СНИИГГиМС, вып. 8, 1960.

ХАЛФИН Л. Л. Принцип последовательности образования геологических тел (принцип Стенона). Правило последовательности напластования (правило Стенона-Хеттона). Материалы по региональной геологии Сибири, вып. 57, Н., 1967.

ХАЛФИН Л. Л. Принцип Никитина-Чернышева — теоретическая основа стратиграфической классификации. Проблемы стратиграфии, Тр. СНИИГГиМС, вып. 94, Н., 1969.

ХОЛМС А. Введение. Докембрий Скандинавии, М., «Мир», 1967.

ХОМЕНКО И. П. О возрасте третичных отложений побережья залива Корфа на Камчатке. Тр. ДВ ГРТ НКТП СССР, вып. 287, 1933.

ХРАМОВ Н. А., САЛПИН Ю. С., ФЛОРЕНСКИЙ И. В. К методике картирования геосинклинальных вулканогенно-осадочных формаций. В сб.: «Методика картирования вулканических формаций», М., «Наука», 1969.

ЧЕЛЕБАЕВА А. И. Вопросы стратиграфии континентального кайнозойя Камчатки, Л., «Наука», 1971.

ЧУРИНОВ А. П. О возможности применения эвристического моделирования при решении биостратиграфических задач. Геол. журн., № 6, 1958.

ШАТСКИЙ И. С. О некоторых насущных задачах геотектоники, «Сов. геология» № 16, 1947.

ШАТСКИЙ И. С. Избр. труды, т. IV, М., 1965.

ШИХАНОВИЧ Ю. А. Введение в современную математику, М., «Наука», 1965.

ШРЕЙДЕР Ю. А. Равенство, сходство, порядок, М., «Наука», 1971.

ЩРОК Р. Последовательность в свитах слоистых пород. М., ИЛ, 1950.

ЩЕДРОВИЦКИИ Г. П. О специфических характеристиках допико-методологического исследования структуры науки. В сб.: «Проблемы исследования структуры науки». Н., 1967.

ЩЕДРОВИЦКИИ Г. П., ДУБРОВСКИИ В. Л. Научное исследование в системе «методологической работы». В сб.: «Проблемы исследования структуры науки». Н., 1967.

ЮСИМ Ю. М., КРОПРОД А. С., ШАМКОВА В. Б. Сравнение разрезов и изучение последовательности напластования с помощью ЭВМ. «Геол. нефти и газа», № 12, 1970.

ЯНОВСКАЯ С. А. Предисловие к книге Р. Карнаа «Значение и необходимость». М., ИЛ, 1959.

DACEY MICHAEL F., KRUMBEIN W. C. Markovian models in stratigraphic analysis. «J. Int. Assoc. Math. Geol.», 1970 (2), № 2.

DIMITRIU CRISTINA. Analiza stratigraphica, caz particular al analizei informatice. «Prog. sti.», 1970 (6), № 8.

HARRINGTON H. J. Space, things, time and events an essay on stratigraphy. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 49, № 10, 1965.

HEDBERG H. D. Stratigraphic classification and terminology. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 42, № 8, 1958.

HEDBERG H. D. Towards Harmony in Stratigraphic Classification Amer. Journ. of Science, vol. 257, 1959.

HEDBERG H. D. Chronostratigraphy and Biostratigraphy. Geol. Magazine, vol 102, № 5, 1965.

HEDBERG H. D. Stratigraphic Boundary. A Reply. Eclogae Geologicae Helveticae, vol. 63, № 2, 1970.

HOLLAND C. H. Stratigraphical Classification. Sciences Progress, vol. 52, № 207, 1964.

HUPE P. Les zones stratigraphiques. Bull. Trimestriel du Service D'information Geologique (S. I. G.) Octobre, 1960, № 42.

LAWSON J. D. Simposiums — Band der 2 internationalen Arbeitstagung über die Silur-Devon Grenze und die Stratigraphie von Silur und Devon. Bonn-Bruxelles 1960, 136, Stuttgart.

RODGERS J. Nature, Usage and Nomenclature of Stratigraphic Units a minority Report. Strat. Comm. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 36, № 4, 1954.

RODGERS J. The Meaning of Correlation. Amer. Journ. of Science, vol. 257, 1959.

JELETZKY J. A. Paleontology, basis of practical geochronology. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 49, 1956.

SCHINDEWOLF O. H. Comments on Some Stratigraphic Terms. Amer. Journ. of Science, vol. 255, 1957.

SCHINDEWOLF O. H. Stratigraphische Methodik und Terminologie. Geol. Rundschau, B. 49. H. 1, 1960.

SCHINDEWOLF O. H. Stratigraphie und Stratotypus. Akad. der Wissenschaft und der Literatur. Abhandl. der mat. — nat. — Wissenschaftlichen Klasse. 1970, 2.

SHAW B. Time in Stratigraphy. N.-Y. — London, 1964.

STORMER L. Concepts of Stratigraphical Classification and Terminology. Earth Sci. Rev. 1, 1966.

WHEELER H. E. Time-stratigraphy. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 42, 5, 1956.

WHEELER H. E. Stratigraphic Units in Space and Time. Amer. Journ. of Science, vol. 257, 1959.

WHEELER H. E., BEESLEY E. M. Critique of the Time-Stratigraphic Concept. Bull. Geol. Soc. of America, vol. 59, 1948.

WELLER J. M. Stratigraphic Facies, Differentiation and Nomenclature. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 43, 3, 1958.

WELLER J. M. Stratigraphic Principles and Practice. N.-Y., 1960.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От редактора	5
Введение	7

Часть I

МЕТОДОЛОГИЯ СТРАТИГРАФИИ

Глава I. Методологические элементы науки. (Ю. С. Салин, В. А. Соловьев, Н. Г. Горелова)	11
§ 1. Общие предпосылки	11
§ 2. Анализ определений	13
§ 3. Характеристика логико-трансляционного анализа	15
Глава II. Объект и предмет (Ю. С. Салин, В. А. Соловьев, Н. Г. Горелова, А. А. Коноваленко)	17
§ 1. Объект	17
§ 2. Предмет	21
Глава III. Цели и задачи (Ю. С. Салин, В. А. Соловьев, Н. Г. Горелова)	22
§ 1. Анализ формулировок	22
§ 2. Классификация целей и задач	23
§ 3. Описание разреза	26
§ 4. Расчленение разреза	26
§ 5. Установление последовательности напластования	31
§ 6. Корреляция разрезов	31

§ 7. Установление относительного возраста	34
§ 8. Построение сводных колонок	36
§ 9. Установление абсолютного возраста	38
§ 10. Установление географического распространения стратиграфических подразделений	39
§ 11. Анализ высказываний о последовательности решения стратиграфических задач	39
Глава IV. Методы и средства (А. М. Боровиков, Ю. С. Салин, В. А. Соловьев)	45
§ 1. Экспериментальные методы (Ю. С. Салин)	45
§ 2. Язык как средство теоретических методов (Ю. С. Салин, В. А. Соловьев)	49
Общие предпосылки	49
Понятие и его определение	54
Анализ основных стратиграфических понятий	57
Слой (пласт)	57
Пачка, слон, толща	62
Горизонт	63
Формация	64
Зона: биостратиграфическая зона, тейль-зона, конкурентно-ранговая зона	64
Хроностратиграфические понятия	65
Стратиграфические отношения	68
§ 3. Методы корреляции (Ю. С. Салин)	72
Общие предпосылки	72
Временная корреляция (синхронизация)	75
Простые методы синхронизации	75
Сложные методы синхронизации	86
Оценка решений и эмпирическое обоснование	94
Пространственная корреляция	98
Методы идентификации	99
Оценка решений и эмпирическое обоснование	102
Методы установления стратиграфической эквивалентности	103
§ 4. Законы стратиграфии (А. М. Боровиков, Н. Г. Горедова, В. А. Соловьев, Ю. С. Салин)	107
Глава V. Функциональные связи (Ю. С. Салин)	122
§ 1. Блок-схема задач стратиграфии	122
§ 2. Стратиграфия <i>minima</i>	125
§ 3. Стратиграфия <i>optima</i>	133
§ 4. Стратиграфия <i>transformativa</i>	136
§ 5. Стратиграфия <i>maxima</i>	138
§ 6. Стратиграфия <i>supermaxima</i>	139

§ 7. Выводы	141
Глава VI. Организация стратиграфии (Р. Ф. Черкасов)	145
§ 1. Организация естественных наук	145
§ 2. Организация стратиграфии (история и современное состояние)	149
§ 3. Организация стратиграфии в СССР (история и современное состояние)	154
§ 4. Некоторые проблемы организации стратиграфии	157

Часть II

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ СТРАТИГРАФИИ

Глава VII. Предпосылки построения формализованного языка (Ю. С. Салин, В. А. Соловьев, В. А. Кулындышев)	166
Множество, подмножество, кортеж	167
Операции над множествами	169
Отношение	171
Свойства отношений	173
Типы отношений	174
Глава VIII. Математическая постановка общей задачи стратиграфии (Ю. А. Воронин, В. А. Кулындышев, А. А. Титов)	179
§ 1. Формально-логическая трактовка	179
§ 2. Разбиение общей задачи	184
Перспективы математической стратиграфии (Ю. С. Салин, В. А. Соловьев)	190
Литература	192

СТРАТИГРАФИЯ И МАТЕМАТИКА

Ответственный за выпуск С. А. Пшеничных
Редактор Л. А. Васильев
Технический редактор Н. А. Лызова
Корректор В. Ф. Рыженко

Сдано в набор 22/X 1973 г. Подписано к печати 16/VII 1974 г. ВЛ 10396.
Бумага типографская № 2. Формат 60×84/16. 12,09 усл. п. л. + 0,2 вклейка,
11,16 уч.-изд. л. + 0,34 вклейка. Тираж 1000 экз. Заказ № 7579. Цена 77 коп.
(Заказная).

Институт тектоники и геофизики ДВНЦ АН СССР.

Хабаровское книжное издательство. Типография № 1 краевого управления издательств, полиграфии и книжной торговли, г. Хабаровск, ул. Серышева, 31.

ВНИМАНИЮ ГЕОЛОГОВ!

ИНСТИТУТ ТЕКТониКИ И ГЕОФИЗИКИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА
АКАДЕМИИ НАУК СССР
ГОТОВИТ К ВЫПУСКУ:

«ВОПРОСЫ ОБЩЕЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ТЕКТониКИ» Сборник статей

Первый раздел «Тектоническая терминология и систематика» посвящен разработке системы понятий, необходимых для построения легенд тектонических карт. Высказана идея структурного изоморфизма платформенных систем различного типа (древних, молодых, альпийских океанических), что позволяет проводить описание переходной зоны в терминах тектоники континентов. Определены, описаны и систематизированы некоторые типы тектонических элементов (глубинные разломы, зоны смятия) и крупные структуры переходной зоны.

Во втором разделе «Методология и теория» выясняются условия применимости аффинной, проективной, дифференциальной геометрии и топологии для решения задач геологического картирования и поисков; предложен алгоритм стратиграфии

ческой корреляции на ЭВМ, представляющий собой логико-математическое уточнение традиционных приемов стратиграфических построений. Исследуются вопросы о том, какова роль эталонов в геологии, что такое складка, как понимать структуру геологических формаций.

Инженерным аспектам тектонических исследований посвящен третий раздел сборника.

«ТЕКТОНИКА КОНТИНЕНТОВ И ОКЕАНОВ»

Терминологический справочник

Систематизированы понятия и термины одного из самых важных разделов тектоники — учения о структуре осадочной оболочки Земли. Приводятся все значения и смысловые оттенки терминов.

Для удобства пользования термины сгруппированы по главам:

1. Тектоническая систематика. 2. Структуры континентов. 3. Структуры переходной зоны между континентом и океаном. 4. Структуры океанов. Справочник снабжен предметным и авторским указателем и переводами терминов на английский, немецкий и французский языки.

Всеобъемлющий охват понятийной и терминологической базы одного из самых важных для металлогенического районирования разделов тектоники делает этот справочник настольной книгой не только для стратиграфов, тектонистов, геофизиков, но и для геологов-съемщиков, поисковиков, металлогенистов, а также преподавателей и студентов вузов.

«ФОРМЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ»

Терминологический справочник

Первая в мировой практике сводка по формам тел. Приведено около двух тысяч терминов и определений всех форм тел, в том числе и рудных, что

делает справочник необходимым не только при геологосъемочных и поисковых работах, но и при разведке и подсчетах запасов полезных ископаемых. Термины сгруппированы в разделы: 1) Общий раздел; 2) Формы осадочных тел; 3) Пликативные формы; 4) Формы дизъюнктивных тел; 5) Формы интрузивных тел; 6) Формы вулканических тел; 7) Формы рудных тел; 8) Формы минеральных агрегатов; 9) Формы обломков; 10) Формы скоплений соли; 11) Формы вулканондов (грязевых вулканов); 12) Формы патечных образований; 13) Формы ледяных тел и снежных масс; 14) Элементы геологических тел.

ИМЕЮТСЯ В ПРОДАЖЕ:

«Геология Дальнего Востока». Сборник статей по региональной геологии, геофизике, полезным ископаемым Дальнего Востока.

«Геологические формации Дальнего Востока и их металлогения». Сборник статей по региональным и теоретическим вопросам картирования метаморфических формаций, тектономагматической эволюции и оловоносности Приамурья, районирования областей развития мезозойско-кайнозойского вулканизма и т. д.

В. А. Кулындышев. «Пликативные формы и дискретная математика».

На основе идей дискретной математики дано строгое определение понятия «пликативная форма», разработаны правила выделения объектов и их описания. Задача формализации описания поставлена в связи с проблемой разработки общей теории форм геологических тел и в связи с практическими вопросами структурных исследований в нефтегазоносных и угленосных районах Сибири и Дальнего Востока. Книга будет полезна для широкого круга геологов, геофизиков, математиков.

Заявки присылайте по адресу:

680028, Хабаровск, 28, ул. Серышева, 22. Институт тектоники и геофизики.

Книги будут высылаться наложенным платежом по мере выхода из печати.

Цена 77 коп.

1088

