

А  
Ю. С. САЛИН

# КОНСТРУКТИВНАЯ СТРАТИГРАФИЯ



Издательство • Наука •

А

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
ИНСТИТУТ ТЕКТониКИ И ГЕОФИЗИКИ

Ю. С. САЛИН

# КОНСТРУКТИВНАЯ СТРАТИГРАФИЯ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
МОСКВА 1979

**Конструктивная стратиграфия.** С а л и н Ю. С. М., «Наука», 1979.

Стратиграфия строится как дисциплина, обслуживающая геологическое картирование. Методы решения, представляющие собой логико-математическое уточнение традиционных стратиграфических методов, формулируются как алгоритмы, пригодные для машинной и ручной обработки. Даны определения основных понятий, удовлетворяющие требованиям формальной логики, выводимые из наблюдений, наиболее целесообразные для решения стратиграфических задач. Определены понятия физического и геологического времени, построена однозначная процедура их вывода из наблюдения, рассмотрена роль в статической и исторической геологии.

Книга рассчитана на специалистов по использованию математики в геологии.

Табл. 12; библи. 104 назв.; ил. 25.

Ответственный редактор  
Академик Ю. А. КОСЫГИН

## ОТ РЕДАКТОРА

В геологии как дисциплине, в прошлом и настоящем эмпирической, сейчас ведутся усиленные поиски путей разработки ее методологических основ. Таким поискам посвящен ряд опубликованных в последнее время работ [Леонов, 1974; Вернадский, 1975; Борукаев, 1974; Садыков, 1974; Стратиграфия и математика, 1974]. Эти труды представляются нам не менее, а более важными, чем те также чрезвычайно полезные работы, которые продолжают описание поверхности и недр Земли в традиционном плане и являются необходимыми для поисков полезных ископаемых в настоящий момент.

Закономерно, что анализу оснований геологии уделяется большое внимание именно в стратиграфии. Значительная часть фундамента общегеологического знания строится путем изучения слоистой структуры. Почти вся совокупность тектонических дислокаций, например, может быть представлена как нарушение слоистой структуры. Производными от стратиграфических построений являются понятия геологического времени, последовательности и эквивалентности фаций и формаций, все основанные на них палеогеографические, историко-геологические реконструкции. От состояния стратиграфии во многом зависят совершенство и практическая эффективность всей геологии.

Попытки анализа стратиграфических построений предпринимаются с самых разных позиций. Зарождение стратиграфии, ее оформление и развитие, соотношение с геологическим картированием, исторической геологией рассмотрел Г. П. Леонов. При этом основной инструмент и результат стратиграфических построений — геохронологическая шкала — подвергся особо тщательному исследованию. Принципиально важные выводы о разных типах шкал, их месте в цепи стратиграфических и общегеологических задач сделаны Ч. Б. Борукаевым, Л. Л. Халфиным, Б. С. Соколовым. Какой должна быть стратиграфия, чтобы лучше обслуживать поисковые и геолого-съемочные работы, — главный вопрос публикаций А. М. Садыкова. Что удовлетворительно с точки зрения современной логики и методологии, а что требует совершенствования, как формулируются законы, ставятся задачи, определяются понятия — эти проблемы обсуждались авторами «Стратиграфии и математики».

Разработка методологических основ геологии идет различными путями, часто противоречащими друг другу и даже иск-

лючающими друг друга. Однако на данной стадии развития науки все усилия, предпринимаемые в этом направлении, надо всячески приветствовать и поддерживать.

Работа Ю. С. Салина «Конструктивная стратиграфия» является фундаментальным трудом, разрабатывающим основы геологической методологии, и далеко выходит за рамки собственно стратиграфии. Нельзя утверждать, что путь, выбранный Ю. С. Салиным, единственно возможный и что не существует других решений поставленных вопросов. Но как попытка упорядочения основ геологической методологии и теории работа представляет первостепенный интерес. Построения автора достаточно глубоки. Стремление максимально использовать накопленный геологический опыт, создать математические методы обработки исходной информации, представляющие собой логическое уточнение традиционных методов, заслуживает всяческого одобрения. Это достоинство становится особенно очевидным на фоне многочисленных попыток «насильственного приживления» к геологии чуждых ей математических методов.

Книга, безусловно, будет с интересом воспринята кругом геологов, задумывающихся над логическим фундаментом геологических знаний. Чем шире будет этот круг, тем в большей степени книга Ю. С. Салина будет способствовать прогрессу геологической науки.

Я уверен, что разработка логически строгих систем геологического мышления приведет к широкой «механизации» (в смысле применения математических методов и электронно-вычислительных машин) геологического труда и даст в конечном счете большой практический эффект, особенно для поисков полезных ископаемых в глубоких недрах земной коры и мантии, а также в пределах океанического сектора Земли.

Академик Ю. А. КОСЫГИН



## ВВЕДЕНИЕ

В развитии любой науки неизбежно наступает такой этап, когда она начинает осознавать, анализировать самое себя. Чаще всего анализ обнаруживает пробелы в самом основании науки. «Только строительство дома начинается с фундамента, а при строительстве науки ее основания появляются обычно довольно поздно» [Греневский, 1964, с. 59]. В то же время «...до появления прочного логического фундамента наука живет в кредит» [Поваров, 1968, с. 22].

Нечто подобное происходит сейчас со стратиграфией. Попытка применения математических методов и ЭВМ в этой науке поставила много вопросов, на которые не нашлось ответа. В формулировке стратиграфических задач неясно, какие логические операции надо произвести над исходным материалом, что является исходным материалом, как будет оцениваться решение. Если получены два противоречащих друг другу решения, неясно, с помощью какой объективной однозначной процедуры выбирается одно правильное. Определения понятий, используемых при решении, не удовлетворяют требованиям ни гносеологии, ни логики, ни прагматики. Неясно, что такое, например, «один и тот же стратиграфический уровень» и «разные стратиграфические уровни», «узкий (или широкий) стратиграфический диапазон» и т. д. Процедура вывода этих понятий из наблюдений не приводится, неизвестно даже, какие именно наблюдения должны рассматриваться как эмпирический фундамент для вывода этих и других стратиграфических понятий. Неясно также, почему надо использовать именно данные понятия, а не другие, определять их именно так, а не иначе, чтобы получить оптимальное решение задачи.

Стратиграфы дискутируют по поводу проведения границ между системами и отделами, спорят об объемных соотношениях зон и ярусов, о множественности или единственности стратиграфических классификаций и шкал и при этом практически не обращают внимания на то, что все упомянутые понятия — лишь надстройка, покоящаяся на неизвестном фундаменте. Ни один из важных стратиграфических вопросов не может быть однозначно решен, пока не восстановлена процедура вывода всех производных понятий из наблюдений.

Относительно самых начальных этапов последовательности логического вывода удастся встретить в лучшем случае единич-

ные высказывания, например: «Не следует забывать, что стратиграфическое распространение окаменелостей не бывает заранее известно, а может быть установлено лишь практическим путем... Правильность корреляции должна проверяться при этом всеми другими доступными нам способами. Опыт полевых работ покажет, что некоторые формы сохраняют относительно устойчивое стратиграфическое положение, и они могут быть использованы с наибольшим успехом» [Данбар, Роджерс, 1962, с. 295]. В чем состоит «практический путь», из каких отдельных шагов он складывается, что и как покажет «опыт полевых работ» — не расширявается. Как следует из результатов анализа стратиграфии [Стратиграфия и математика, 1974], в описаниях методик стратиграфических построений не приводится ни отдельных умозаключений, ни их последовательностей. Больше того, обычно «за кадром» остаются даже исходные посылки метода и их обоснование.

Конечно, каждый стратиграф выводит свои построения в конечном счете из наблюдений. Но пробел между фундаментом и надстройкой каждый преодолевает по-своему, а главное — неизвестно как. Трудно спорить о результатах, процедура получения которых неизвестна.

Поставим своей целью явную формулировку тех понятий, процедур логического вывода и операций, которые используются всеми стратиграфами, но никем до сих пор не сформулированы. Эта черновая, не привлекающая внимания ни одного из стратиграфов работа нужна не только для однозначного решения «выпущенных» стратиграфических проблем. Без нее невозможно внедрение в стратиграфию математических методов и ЭВМ. В настоящее время не может ставиться дилемма — применять электронно-вычислительные машины или не применять. ЭВМ — мощнейший исследовательский инструмент; не применять его — значит обречь стратиграфию на отсталость.

Математическое совершенствование какой-либо геологической науки часто понимается как простое внедрение существующих математических методов. Но, во-первых, любые методы, операции, преобразования могут давать удовлетворительные результаты только в том случае, если они будут производиться над удовлетворительно сконструированными понятиями. Поэтому ясно, какое значение имеют способы определения понятий. Самым ответственным моментом в любой науке является определение фундаментальных понятий, из которых выводятся все остальные понятия данной науки. От удачности выбора и совершенства определений этих понятий зависит как логическая стройность всей теории, так и ее практическая эффективность.

Во-вторых, любые методы, даже самые совершенные, могут давать как верные, так и неверные результаты; это зависит не от них самих, а прежде всего от посылок (эмпирически установ-

ленных связей, законов, аксиом), на которых основывается их применение. Если метод решения задачи не опирается на такие посылки, то использовать его не имеет смысла. Математические методы часто применяются в естествознании без обоснования их применимости к решению данной конкретной задачи. Когда они не дают ожидаемого результата, появляется желание винить во всем математику, делать вывод о ее неприменимости в той или иной науке. Общеизвестен пример неудачного использования методов дифференциального исчисления в биологии. Эта попытка была расценена впоследствии как искусственная «подсадка», «приживление» явно чуждых методов, не отвечающих существу биологии. Признается, что существу биологии в гораздо большей степени отвечают методы кибернетики [Свиницкий, 1972].

С чего начать изложение материала — с определения понятий стратиграфии, формулировки ее задач, методов, целей? Кажется наиболее уместным сначала определить понятия. Но понятия должны определяться таким образом, чтобы они помогали оптимально решать конкретную задачу, поэтому при их определении необходимо руководствоваться какой-то ранее сформулированной постановкой задачи. Прежде чем ставить отдельную задачу, следует убедиться, что она войдет необходимым звеном в общую цепь исследований, ведущую к конечной цели. Относительно цели стратиграфии имеется много различных точек зрения. Выбор одной из них предопределяет слишком многое во всех дальнейших построениях, поэтому естественно желание обосновать такой выбор. При обосновании будем иметь в виду, что стратиграфия — вспомогательная геологическая наука (ее цель выводится из потребностей других дисциплин) и в конечном итоге должна обеспечить достижение общей цели всей геологии. Цели геологии могут пониматься по-разному. Это зависит прежде всего от философской позиции исследователя, от его понимания роли науки и ее соотношений с практикой. Поэтому необходимо сначала четко оговорить свое методологическое кредо, в соответствии с которым можно выбрать формулировку целей геологии; далее можно перейти к постановке задач, разработке методов исследования и определению понятий стратиграфии.



## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ



### «...НАУКА СОКРАЩАЕТ НАМ ОПЫТЫ БЫСТРОТЕКУЩЕЙ ЖИЗНИ»

Предложено много теорий о роли науки в развитии общества, о назначении науки и требованиях к ней. Примем точку зрения Г. П. Щедровицкого, согласно которой цель науки — поставлять методические указания для практики [Щедровицкий, 1967; Щедровицкий, Дубровский, 1967].

Получить некоторый нужный практический результат можно и без всякой науки — методом проб и ошибок. Например, чтобы найти гриб, можно просто обшарить каждый квадратный сантиметр леса. Избежать бесконечных проб и ошибок позволяет экстраполяция прошлого опыта.

Некоторое множество конкретных объектов по сходству какого-либо признака объединяют одним понятием, в один класс. Затем изучают связи части представителей этого класса с частью представителей другого класса и экстраполируют полученные результаты на неизученные части классов. Если изученная часть класса невелика, то экстраполяция делается по аналогии.

Об обоснованности выводов по аналогии хорошо сказал еще в XI в. Ибн-Сина: «Это [заключение по аналогии] не является необходимым, потому что утверждение по сходству может противоречить утверждению по другому сходству, так как есть много вещей, которые в одном отношении схожи, а в тысяче других отношений различны. В отношении одного из них суждение будет правильным или может быть правильным, а в отношении другого неправильным. Стало быть, аналогия может привлечь внимание и навеять сомнение, но не установить достоверность» [1957, с. 116—117].

Если число  $n$  наблюдений о связях представителей некоторых изучаемых классов  $A$  и  $B$  достаточно велико и данная связь одинакова во всех наблюдаемых случаях, то мы по индукции заключаем, что она справедлива для всех представителей классов  $A$  и  $B$ , в том числе и неизученных. Индуктивный вывод возводит полученную связь в ранг универсального детерминированного закона науки. Заключение об  $(n+1)$ -м случае делается дедуктивно, на основании использования закона: если данная связь справедлива относительно всех объектов класса  $A$ , то она спра-

- знания.— *Вопр. философии*, 1972, № 6, 32—40.
- Слодкевич В. С.* Третичные палеоципы Дальнего Востока. (Палеонтология СССР; Т. 10, ч. 3, вып. 18). М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938, 508 с.
- Соколов Б. С.* Биохронология и стратиграфические границы.— В кн.: *Проблемы общей и региональной геологии*. Новосибирск: Наука, 1971, с. 155—178.
- Спенсер Г.* Нелогическая геология.— *Собр. соч. Научные, политические и философские опыты*. СПб.: 1866, Т. 3, с. 277—335.
- Справочник по экологии морских двустворок*/К. Г. Багдасарян, К. Г. Татишвили, Ж. Р. Казахавили и др. М.: Наука, 1966. 349 с.
- Степанов Д. Л.* Принципы и методы биостратиграфических исследований. Л.: Гостоптехиздат, 1958. 180 с. (Труды ВНИГРИ; Вып. 113).
- Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура. Л.: Недра, 1965. 70 с.
- Стратиграфия и математика. Хабаровск: Кн. изд-во, 1974. 207 с.
- Судовиков Н. Г., Неелов А. Н.* О возрасте станового комплекса.— В кн.: *Вопросы геохронологии и геологии*. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 257—280. (Труды лаб. геол. докембрия АН СССР; Вып. 12).
- Татишвили К. Г., Багдасарян К. Г., Казахавили Ж. Р.* Справочник по экологии морских брюхоногих. М.: Наука, 1968. 169 с.
- Трушкова Л. Я.* Новые данные по стратиграфии верхней юры Обь-Иртышского междуречья. — *Геол. и геофиз.*, 1967, № 2, с. 76—85.
- Уитроу Дж.* Естественная философия времени. М.: Прогресс, 1964. 431 с.
- Фейнман Р.* Характер физических законов. М.: Мир, 1968. 232 с.
- Халфин Л. Л.* О тектоно-стратиграфическом направлении в геологии и принципах стратиграфии.— В кн.: *Основные идеи М. А. Усова в геологии*. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1960, с. 381—394.
- Холмс А.* Введение.— В кн.: *Докембрий Скандинавии*. М.: Мир, 1967, с. 13—24.
- Шиндевольф О.* Стратиграфия и стратотип. М.: Мир, 1975. 136 с.
- Щедровицкий Г. П.* О специфических характеристиках логико-методологического исследования структуры науки.— В кн.: *Проблемы исследования структуры науки. (Материалы к симпозиуму)*. Новосибирск: 1967, с. 116—128.
- Щедровицкий Г. П., Дубровский В. Л.* Научное исследование в системе «методологической работы». — В кн.: *Проблемы исследования структуры науки. (Материалы к симпозиуму)*. Новосибирск: 1967, с. 105—116.
- Harrington H. J.* Space, things, time and events—an essay on stratigraphy.— *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 1965, vol. 49, N 10, p. 1601—1646.
- Hedberg H. D.* Stratigraphic classification and terminology.— *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 1958, vol. 42, N 8, p. 1881—1896.
- Hedberg H. D.* Towards harmony in stratigraphic classification.— *Amer. J. Sci.* 1959, vol. 257, N 10, p. 674—683.
- Hedberg H. D.* Chronostratigraphy and biostratigraphy.— *Geol. Mag.*, 1965, vol. 102, N 5, p. 451—461.
- Hedberg H. D.* Stratigraphic boundary. A reply.— *Eclog. geol. helv.*, 1970, vol. 63, N 2, p. 673—684.
- Holland C. H.* Stratigraphic classification. — *Sci. Progr.*, 1964, vol. 52, N 207, p. 439—451.
- Rodgers J.* Nature, usage and nomenclature of stratigraphic units: a minority report.— *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 1954, vol. 38, N 4, p. 566—659.
- Rodgers J.* The meaning of correlation.— *Amer. J. Sci.*, 1959, vol. 257, N 10, p. 684—691.
- Wheeler H. E.* Time-stratigraphy.— *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 1958, vol. 42, N 5, p. 1047—1063.
- Wheeler H. E.* Stratigraphic units in space and time.— *Amer. J. Sci.*, 1959, vol. 257, N 10, p. 692—706.
- Wheeler H. E., Beesley E. M.* Critique of the time-stratigraphic concept.— *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 1948, vol. 59, N 1, p. 75—86.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

От редактора . . . . .	3
<b>ВВЕДЕНИЕ . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>Глава I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ . . . . .</b>	<b>8</b>
«...наука сокращает нам опыты быстротекущей жизни» . . . .	8
Цели геологии . . . . .	12
Некоторые общие вопросы геологического картирования . . . .	14
Последовательность задач геологического картирования . . . .	17
Задачи стратиграфии . . . . .	19
Объект и методы наблюдений . . . . .	19
Геометрические свойства слоистой структуры . . . . .	21
Свойства и отношения в геометрии . . . . .	22
Использование геометрических свойств для построения пол- ноопределенного геологического пространства . . . . .	27
Использование геометрических свойств для диагноза . . . .	30
Геометрические свойства слоистой структуры и тектоника .	33
<b>Глава II. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА . . . . .</b>	<b>37</b>
Научные законы . . . . .	37
Аксиоматические системы . . . . .	39
Аксиоматические и кибернетические методы . . . . .	40
Осуществимость проверки . . . . .	41
Устойчивость связи . . . . .	42
Устойчивые связи — легкая проверка . . . . .	44
Устойчивые связи — трудная проверка . . . . .	46
Неустойчивые связи — легкая проверка . . . . .	46
Неустойчивые связи — трудная проверка . . . . .	46
Понятие и его определение . . . . .	49
Однозначность . . . . .	50
Выводимость из наблюдений . . . . .	53
Целевая удовлетворительность . . . . .	54
Близость к традиционным системам понятий . . . . .	58

<b>Глава III. КОРРЕЛЯЦИЯ</b>	<b>61</b>
Формулировка задачи корреляции	61
Непрерывность	62
Отношение «выше—ниже»	66
Средства корреляции	69
Соотношения пространств разной специализации	70
Стратифицирующие признаки	73
Построение сводной шкалы	79
Выбор варианта сводной шкалы	85
Введение свойства транзитивности	88
Введение отношений эквивалентности	89
Корреляция на основе использования сводной шкалы	95
Корректировка, достройка, детализация сводной шкалы по новому фактическому материалу	98
Преобразование сводной шкалы в случае неудовлетворительности корреляции	104
 <b>Глава IV. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ</b>	 <b>109</b>
Существующие методы синхронизации	109
Синхронизация по сходству литологических признаков	109
Синхронизация по сходству палеонтологических признаков	110
Синхронизация по сходству тектонических признаков	111
Синхронизация по сходству геофизических признаков	112
Синхронизация на основе радиологических данных	112
Другие методы синхронизации	112
Противоречивость результатов синхронизации	114
Исходные посылки методов синхронизации	116
Обоснование посылок	118
Время Ньютона и время Хедберга	123
Время Лейбница и его аналогия в геологии	126
Время Бергсона и подход Г. Я. Крымгольца к проблеме времени	127
Критерии выбора эталона	128
Топология геологического времени	131
Алгоритм синхронизации	132
Синхронизация для идентификации	134
Синхронизация для упорядочения	136
Карта геологических тел и карта стратиграфических подразделений	137
Однозначность и единственность синхронизации	140
Локальное и всемирное время	141
 <b>Глава V. ФИЗИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ</b>	 <b>143</b>
Эмпирические связи между топологическими свойствами физического и геологического времени	144
R-одновременность	146