

Год основания 1960	Периодичность 1 раз в месяц	№ 10(214)	Октябрь 1977
-----------------------	--------------------------------	-----------	-----------------

СОДЕРЖАНИЕ

В. А. Красилов. К теории экостратиграфической классификации . . . . .	3
Р. В. Соломина, А. А. Герке. Новые данные о верхнем карбоне Северного Харау- лаха (Приморский край)	15
Н. Г. Крымгольц. Ааленские и байосские аммониты Западной Якутии . . . . .	20
Т. И. Кирина, А. И. Киричкова. Новые данные о континентальных отложениях средней юры в Западной Якутии	31
А. Л. Наумов. К методике реконструкции рельефа дна Западно-Сибирского раннемелового бассейна	38
М. Н. Захаров, Г. М. Гундобин, В. А. Легейдо, Л. А. Казьмин. Золото и серебро в интрузиях верхнего мела и палеогена Северного Приохотья	48
Г. К. Шнай, М. П. Орлова. Новые данные о геологии и золотоносности Ыльма- ского массива (Центральный Алдан)	57
О. Н. Косухин. Включения низкотемпературных расплавов в кварце камерных пегматитов	66
И. С. Степанов, Г. Н. Сычкин. Об оценке степени достоверности некоторых на- ходок алмазов	73
Л. Л. Ваньян, И. Н. Галкин. Современные геофизические данные о литосфере и астеносфере Луны	80
В. А. Сикорский. Измерение сопротивления ( $\rho$ ) и диэлектрической проницаемости ( $\epsilon$ ) среды радиомпедансным методом	95
Н. Г. Шкабарня, Н. Н. Грудцын. Вычисления кажущихся сопротивлений для не- которых сложнопостроенных трехмерных геоэлектрических моделей	102
А. В. Тригубов, В. А. Куликов, Б. Ф. Адамович, Н. Р. Синицина. О «естественной направленности» грунтов при возбуждении поперечных волн . . . . .	109
<i>КРАТКИЕ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕНИЯ</i>	
В. В. Филатов. Способ аналитического продолжения нестационарных электро- магнитных полей . . . . .	119
Л. А. Табаровский, Ю. А. Дашевский. Поведение плотности электрического заряда в окрестности угловых точек (двумерная задача) . . . . .	123
Ю. П. Бутов, Б. А. Далматов. Находки кембрийской фауны в юго-восточной части Восточного Саяна	128
Г. В. Козлов, З. В. Кужельная, М. Ф. Соколова. Нижневилуйканское проявление сульфатов алюминия (Западная Якутия)	132
Б. А. Блюман. О возможных природе и механизме образования дноритового слоя земной коры (на примере восточной части Горного Алтая) . . . . .	136
<i>КРИТИКА И ДИСКУССИИ</i>	
М. Я. Щербакова. О книгах А. С. Марфунина «Введение в физику минералов» и «Спектроскопия, люминесценция и радиационные центры в минералах»	139
<i>ХРОНИКА</i>	
Докембрийская палеовулканология Прибайкалья . . . . .	141
<i>ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ</i>	
Член-корреспондент АН СССР Л. В. Таусон (к 60-летию со дня рождения)	143

Founded in 1960	Monthly	№ 10(214)	October 1977
--------------------	---------	-----------	-----------------

CONTENTS

V. A. Krasilov. On the Theory of Ecostratigraphic Classification . . . . .	3
R. V. Solomina, A. A. Gerke. New Evidence on the Upper Carboniferous Deposits of North Kharaulakh (Permorian Ridge) . . . . .	15
N. G. Krimgolts. Aalenian and Bajocian Ammonites from West Yakutia . . . . .	20
T. I. Kirina, A. I. Kiritchkova. New Data on the continental deposits of Middle Jurassic in West Yakutia . . . . .	31
A. L. Naumov. On Reconstruction Technique Applied to Bottom Relief of West-Siberian Early Cretaceous Basin . . . . .	38
M. N. Zakharov, G. M. Gundobin, V. A. Legeido, L. A. Kaz'min. Gold and Silver from Intrusives of Upper Cretaceous and Paleogene Age in North Periokhotia . . . . .	48
G. K. Shnai, M. P. Orlova. New Evidence on Geology and Gold Contents of Ijllimakhsky Massif (Central Aldan) . . . . .	57
O. N. Kosukhin. Inclusions of Low-Temperature Melts in Quartz from Chamber Pegmatites . . . . .	66
I. S. Stepanov, G. N. Sichkin. On Evolution of the Degree of Reliability of Several Diamond Fluids . . . . .	73
L. L. Vanyan, I. N. Galkin. Recent Geophysical Data on the Lithosphere and Asthenosphere of the Moon . . . . .	80
V. A. Sikorsky. Variations in Resistivity ( $\rho$ ) and Dielectric Permeability ( $\epsilon$ ) of the Medium by Radioimpedance Technique . . . . .	95
N. G. Shkabarnya, N. N. Grudtsin. Calculations of Apparent Resistivity for Several Complex Three-Dimensional Geoelectric Models . . . . .	102
A. V. Trigubov, V. A. Kulikov, B. F. Adamovich, N. P. Sinitsyna. On "Natural Direction" of Ground at Transverse Wave Excitation . . . . .	109

SHORT AND PRELIMINARY COMMUNICATIONS

V. V. Filatov. Method of Analytical Continuation Applied to Nonstationary Electromagnetic Fields . . . . .	119
L. A. Tabarovsky, Yu. A. Dashevsky. Behaviour of Density of Electric Charge in the Vicinity of Angular Points (Two-Dimensional Problem) . . . . .	123
Yu. P. Butov, E. A. Dalmatov. Finds of Cambrian Faunas from South-Eastern Part of East Sayan . . . . .	128
G. V. Kozlov, Z. V. Kuzhel'naya, M. F. Sokolova. Lower Vilyuikan Shows of Al-Sulphates (West Yakutia) . . . . .	132
B. A. Blyuman. On Possible Nature and Mechanism of Formation of Dioritic Earth's Crust Layer (Exemplified by Eastern Part of Gorny Altai) . . . . .	136

CRITICISM AND DISCUSSIONS

M. Ya. Shcherbakova. On the Contributions by A. S. Marfunin — "Introduction to Physics of Minerals" and "Spectroscopy, Luminescence and Radiational Centers in Minerals" . . . . .	139
--	-----

CHRONICLE

Precambrian Paleovolcanology of Peribaikalia . . . . .	141
--	-----

JUBILEES

Corresponding-Member of the Academy of Sciences of USSR L. V. Tauson (60-th Birthday Anniversary) . . . . .	143
---	-----

В. А. КРАСИЛОВ

## К ТЕОРИИ ЭКОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

Разногласия между различными школами стратиграфов заключаются в различном понимании международной шкалы (воплощение стратиграфической теории, или общий язык) геологического времени (выводится из последовательности событий или существует независимо от нее) и корреляции (путем выделения классов сосуществующих событий или соотносением с последовательностью моментов абсолютного времени). В основе естественной экостратиграфической классификации лежит представление об эволюции экосистемы как целого. Намечены каузальные связи между геологическими событиями, организацией биоценозов и адаптивной стратегией видов, позволяющие определить естественные стратиграфические рубежи. Стратотипы нужны лишь для упорядочения номенклатуры. Два основных типа зон — фенозоны и ценозоны — выделяются как звенья хроноклин и клисерий.

В исторических науках теория — это понимание истории, иными словами, феноменологическая и каузальная интерпретация исторических фактов. В стратиграфии — науке о пространственных взаимоотношениях слоев — теоретическая интерпретация истории осадконакопления позволяет постулировать взаимоотношения, не доступные непосредственному наблюдению. Она отражена в международной стратиграфической шкале, обобщающей опыт многих региональных классификаций. Однако в прошлом международную шкалу нередко отождествляли с конкретной последовательностью (повсеместно одних и тех же) событий. Реакцией на типологический подход явилось отрицание теоретического значения международной шкалы: в ней стали видеть лишь общий язык, но не общую теорию.

В XVIII в. в теоретической геологии противостояли друг другу концепции прерывистого и непрерывного развития. Первую разрабатывали нептунисты. Их оппоненты — плутонины — настаивали на длительности существования Земли, непрерывности развития земной коры и принципиальном сходстве геологических процессов в прошлом и настоящем. Глава плутонистов Д. Хаттон опирался на учение Аристотеля о постоянстве законов природы и не признавал скачков.

В становлении стратиграфии ведущая роль принадлежала нептунистам. Первая стратиграфическая шкала Лемана — Вернера состояла из небольшого набора типичных формаций с постоянным минералогическим составом. Чисто типологическими были и первые биостратиграфические классификации У. Смита и Ж. Кювье — А. Броньяра.

В начале XIX в. биостратиграфическая классификация носила типологический характер и в теоретическом плане развивалась под знаком катастрофизма и прогрессионизма (одна из версий катастрофизма, согласно которой после катастроф каждый раз возникали все более совершенные организмы). Согласно этим представлениям, геологические катастрофы ответственны и за образование разделов в слоистой толще,

и за смену форм жизни. Тесная связь между геологическими событиями и изменениями органического мира была поставлена под сомнение последователем плутонистов Ч. Ляйелем, который объяснял исчезновение видов и появление новых непрерывным божественным вмешательством, и затем Ч. Дарвином, видевшем причину этого в отношениях «организма к организму», т. е. в конкурентном исключении.

Что же касается геологических процессов, то и Ляйель и Дарвин описывали их как факторы, действующие постоянно, с неизменной интенсивностью. Эти взгляды означали радикальный отход от господствующих представлений. Однако в XIX в. они не оказали почти никакого влияния на развитие биостратиграфии. Большинство геологов поддерживали идею глобальных тектонических пульсаций, связанную с именами Дж. Дана, А. П. Карпинского, С. Бубнова, Г. Штилле, А. Холмса, С. А. Обручева, Дж. Умбгроуе, Ч. Шухерта, А. Грабо. Полагали, что тектонические ритмы, изменяя седиментационные процессы, одновременно оказывали решающее влияние на эволюцию организмов. Популярной была метафора известного палеонтолога Р. Лалла: «изменения условий среды побуждают ленивый поток эволюции к ускоренному движению» [3].

Лишь значительно позже, в 40-х годах XX в., идеи Ляйеля — Дарвина утвердилась в геологии и произошла коренная ломка традиционных представлений. Ей способствовали: 1) крушение контракционной теории, после которого эта наука на некоторое время осталась без общей идеи развития литосферы, 2) представление о непрерывности тектогенеза, 3) несоответствие стратиграфических фактов, полученных при детальных исследованиях, типологической концепции, 4) укрепление позиций неодарвинизма. В результате многие стратиграфы пришли к убеждению о несовпадении стратиграфических рубежей в разных странах, по разным группам биофоссилий и невозможности естественной классификации в масштабах всей планеты. Взамен нее была выдвинута концепция искусственной хроностратиграфической классификации с помощью синхронных уровней, проведенных по условно выбранным слоям в стратотипе и обозначающих границы стратиграфических подразделений. Эти уровни прослеживаются с помощью биостратиграфического, радиохронометрического, магнитостратиграфического и других методов.

Положение референтных (маркирующих) уровней строго фиксировано и не зависит от изменения представлений о стратиграфическом распространении руководящих биофоссилий или других стратиграфических критериях. Учение о дискретных фазах складчатости казалось полностью опровергнутым. Его вытеснила концепция непрерывного тектогенеза. Представления о прямой зависимости между геологическими событиями и эволюцией организмов были объявлены наивными, противоречащими данным генетики [35].

Хроностратиграфическая концепция получила широкое признание особенно в англоязычных странах. В СССР всегда были сильны традиции естественной стратиграфической классификации [11]. Однако и здесь довольно популярна классификация по этапам эволюции какой-либо одной архистратиграфической группы, к которым привязывается вся остальная стратиграфическая информация. Этот подход можно считать вариантом хроностратиграфического, так как основные положения (несовпадение этапов эволюции различных групп организмов между собой и с фазами тектонической активизации, невозможность естественного — по всем стратиграфическим признакам, а не только по одной условно выбранной группе — членения осадочной толщи) остаются в силе. Важно не упускать из виду, что хроностратиграфические идеи явились реакцией на типологические, неадекватность которых становилась все более очевидной.

В последнее время, однако, наметилась тенденция к возрождению традиций естественной экостратиграфической (в понимании Х. Хедберга) классификации на новой теоретической основе. Этому способствуют 1) новая глобальная тектоника, 2) изменение представлений о микро- и мегаэволюционных процессах и 3) проникновение в биостратиграфию идей биогеоценологии и системного анализа. Конечно, деление на хроностратиграфов и экостратиграфов в известной мере условно, и такие ученые, как Х. Хедберг и Б. С. Соколов, внесли весомый вклад в развитие как того, так и другого направления [15, 16, 27, 28]. Ниже кратко рассмотрены основные посылки современной теории естественной стратиграфической классификации.

### Тектогенез, трансгрессии, климат

Для определения активизации тектогенеза основное значение имеют 1) фазы диастрофизма, установленные традиционными методами континентальной геологии, 2) данные о возрасте офиолитов и времени их обдукции («водружения») на континент, 3) геологические и палеомагнитные свидетельства ускорения и (или) изменения направления дрефта. Сопоставление этих данных свидетельствует в пользу глобальной периодичности тектогенеза. По самой общей схеме каждый цикл во всех подвижных поясах начинается общим сводовым поднятием, проседанием свода в виде трехлучевого грабена, расширением двух его ветвей (третья превращается в авлакоген), раскрытием океанических бассейнов и завершается сжатием, коллизией континентов между собой или с островными дугами, обдукцией остатков океанической коры.

Данные о возрасте основных эпизодов тектогенеза [9] показывают, что активизация в конце среднего девона (370—380 млн. лет назад), на рубеже перми и триаса (235), в начале лейаса (180), на рубеже юры и мела (120—130), в сеномане (около 100), в конце мела (65) и на рубеже олигоцена и миоцена (26 млн. лет) была синхронной в Атлантическом, Уральском, Тихоокеанском и Тетическом поясах. Формирование офиолитов Ньюфаундленда и Корякского нагорья (ордовик), зилаирский орогенез на Урале и орогенез Клямат в Кордильерах (конец среднего девона), раскрытие Северной Атлантики и Японского моря, формирование францисканских офиолитов Калифорнии и орогенез Раниагата в Новой Зеландии (начало мела), ларамийский орогенез в Кордильерах, региональное несогласие на Сахалине и в других частях Восточно-Азиатского пояса, расширение Тасманова моря, образование альпийских покровов (поздний маастрихт — датский век) суть события, синхронные в масштабах геологического времени и имеющие общую причину.

В то же время тектоническая активизация обычно сопровождается миграцией тектонического режима и вулканизма. Аналогичные события в пределах пояса развиваются неодновременно. Это послужило одним из основных доводов в пользу несовпадения фаз тектогенеза (если в пределах одного пояса они диахронны, то что же говорить о разных поясах?). Понимание закономерностей тектогенеза как динамического процесса, развивающегося во времени и пространстве, снимает этот довод. Временной и пространственный параллелизм миграции мелового вулканизма Сихотэ-Алиня и Кордильер [9] — лучшее доказательство синхронности и общей причинной обусловленности их развития.

Исследование временных отношений между тектонической активизацией и трансгрессивно-регрессивными циклами [24] показало, что тенденция к осушению эпиконтинентальных морей в глобальном масштабе связана с изменением направления дрефта. С учетом не только параметров дрефта, но и других критериев активизации выявляется от-

четливая связь между фазами тектогенеза и регрессиями. Разумеется, речь идет об общей тенденции, реализация которой в каждом конкретном случае зависит от местных условий.

Цикличность эволюции климата подтверждена многочисленными данными палеоэкологии, физической палеотермометрии и седиментологии. В слоистых толщах различного возраста различимы 11-летние, 21000-летние и другие седиментационные ритмы, отвечающие цикличности солнечных пятен, квазипериодическим изменениям наклона эклиптики, эксцентриситета земной орбиты и прецессии [1, 14, 22]. Наиболее крупные циклы порядка 3000 млн. лет сопоставимы с галактическим годом и (условно) связаны с изменением положения относительно центра Галактики или Магеллановых облаков [5, 40].

В то же время установлены закономерные соотношения климатических и тектонических циклов. Так, крупнейшие оледенения северного полушария в ордовике и плейстоцене сопровождали расширение прото-Атлантики и Атлантики (в прошлом, как и сейчас, атлантические течения регулировали полярный климат), экспансия «климата красноцветов» в девоне, конце палеозоя и миоцене сопутствовала сжатию Тетис. Отмеченное многими исследователями чередование оледенений и аридных эпох, по-видимому, объясняется закономерным сочетанием расширения и сжатия в меридиональных и широтных поясах [9, 17].

По палеоботаническим данным, в позднем триасе — неогене насчитывается шесть крупных климатических циклов средней продолжительностью 40 млн. лет, отвечающей периодичности тектогенеза [4, 13]. При этом температурные минимумы и распространение сезонного климата (в начале лейаса, готериве, позднем альбе — сеномане, дании, сармате) приходится на рубежи эпох и совпадают с эпизодами тектонической активизации [31]. Наиболее общая закономерность, по-видимому, заключается в корреляции глобального тектогенеза с усилением сезонности климата. В плейстоцене и голоцене достоверно устанавливается корреляция между седиментологическими признаками похолодания, продуктами вулканизма и геомагнитными инверсиями [30].

Связь климатических циклов и с астрономическими, и с геологическими факторами на первый взгляд кажется противоречием, но в действительности лишь подчеркивает их взаимную обусловленность. Ряд авторов видит причину сейсмичности, тектогенеза, геомагнитных инверсий и климатических изменений в нарушениях земной орбиты; другие, напротив, считают, что вулканизм и перестройка циркуляции атмосферы влияли на параметры вращения планеты. Закономерности миграции тектонического режима (с запада на восток в меридиональных и с севера на юг в широтных поясах), ориентировка глобальной системы разломов, максимальный сдвиг оси срединно-океанических хребтов в экваториальной зоне показывают, что изменение скорости вращения Земли служило пусковым механизмом в сложной системе взаимодействий с обратной связью, приспособивавшей земные оболочки (в том числе биосферу) к новому геодинамическому режиму. Несовпадение угловой скорости вращения литосферы и астеносферы, для которой постулируется зональное вращение [9], — по-видимому, основной источник тектонических напряжений.

### Эволюция организмов

В последние годы подтвердилось предположение С. С. Четверикова, что природные популяции насыщены мутациями: в среднем более трети генов полиморфны, т. е. представлены различными аллелями (альтернативные состояния гена, различимые по их продуктам). Такие элементарные эволюционные события, как изменения аллельных

частот в прошлом чаще всего связывали со случайными генетико-автоматическими процессами или действием хищников. Распределение темноокрашенных форм бабочек («индустриальный меланизм») или полосатых и неполосатых улиток различной окраски — хрестоматийные примеры изменчивости частоты аллелей — объясняли отбором птицами.

Более обстоятельные исследования показали, однако, что в том и другом случае климатический фактор более важен, чем все другие. В частности, «индустриальный меланизм» обнаружен и у абсолютно несъедобных бабочек [23].

Какое отношение эти факты имеют к стратиграфии? Они показывают, что изменения климата гораздо более глубоко влияют на структуру популяций, количественные соотношения различных генотипов, чем можно было предположить, опираясь на классические исследования генетиков. Действие климатических факторов вызывает синхронные сдвиги частот генотипов в популяциях неродственных и ценогически несвязанных организмов.

В изолированных популяциях одного вида аллели нередко имеют одну и ту же частоту, и у близких видов частоты аллелей в ряде случаев совпадают. Следовательно, набор состояний гена или «аллельное пространство» ограничено и у видов со сходными генетическими системами почти одинаково. Многие генетики полагают, что большинство мутаций нейтрально или квазинейтрально, т. е. нейтрально в определенных условиях отбора [39]. Не вдаваясь в подробности полемики вокруг этой проблемы, отметим лишь, что данные молекулярной генетики хорошо согласуются с законом гомологических рядов Н. И. Вавилова, утверждающим совпадение аллельных состояний гомологичных генов. Они показывают, что изменение аллельных частот, закрепление или исключение отдельных аллелей в пределах определенного «аллельного пространства» (т. е. основные эволюционные события классической генетики) в сущности не играют большой роли в мегаэволюционном процессе, который теперь уже трудно трактовать как постепенное накопление мелких сдвигов.

Геном высших организмов, кроме структурных генов, кодирующих белки, содержит очень сложный регуляторный аппарат, включающий многократно повторяющиеся элементы. Многие близкие виды резко различаются по размерам генома, главным образом за счет повторов. Видообразование здесь, по-видимому, шло за счет перестройки регуляторного аппарата — скачкообразного увеличения числа повторов или их утраты. Другой путь — это хромосомные перестройки, в результате которых изменяются пространственные соотношения и возникают блоки сцепленных генов, или супергены. В краевых популяциях отбор идет главным образом по супергенам. Все это показывает, что первая стадия видообразования носит скачкообразный характер.

Если структура гомологичных белков различных организмов хорошо изучена, то можно рассчитать, сколько мутаций потребуется для перехода от генов одного к генам другого. Разделив эту «мутационную дистанцию» на геологический возраст ближайшего общего предка сравниваемых организмов, мы получим скорость мутирования. Такие расчеты выявили (вопреки первоначальным представлениям о постоянстве скорости эволюции на молекулярном уровне) периодичность мутационного процесса, его ускорение после макромутационных событий [25].

Таким образом, данные молекулярной генетики не только не противоречат указаниям палеонтологической летописи на периодический и скачкообразный характер эволюции, но и, напротив, полностью подтверждают их. Мегаэволюция отраженная палеонтологической летописью, — это следствие изменения «аллельных пространств» (т. е. перестройки системы полиморфизма), а не частот отдельных аллелей. Есть основания полагать, что подобные макромутации могут возникнуть

лишь в условиях катастрофического отбора при резком изменении параметров среды под действием тектонических и климатических факторов.

Смысл сказанного выше сводится к тому, что геологические процессы не только «вливают» на эволюцию организмов (с этим все так или иначе согласны), но и служат ее основной движущей силой.

### Эволюция экосистемы как целого

Развитию теории эволюции экосистемы как целого в последние годы способствовало все более широкое признание зависимости адаптивной стратегии и действия естественного отбора от общей экологической ситуации [32]. В 1969 г. автор писал о когерентной и некогерентной эволюции в экологически открытых и закрытых системах. В иной форме адаптивная стратегия описывается теорией Р. Макартура и Е. Уилсона [33], различающих два варианта естественного отбора: *K*-отбор по эффективности использования ресурсов среды и *r*-отбор по скорости размножения. Эти формы отбора в естественных условиях сочетаются в различных соотношениях: *K*-отбор преобладает в устойчивых экосистемах со сложной структурой, сочетается с большим видовым разнообразием и высокой специализацией видов; *r*-отбор преобладает в нестабильных условиях, на ранних стадиях развития экосистемы, при высокой неизбирательной элиминации и способствует формированию генерализированных видов с широкими экологическими нишами. Соотношению скорости эволюции и устойчивости среды посвящено множество исследований. Несмотря на отдельные разногласия, складывается впечатление, что в условиях *K*-отбора происходит в основном дробление экологических ниш и увеличение числа морфологически близких видов. Напротив, в нестабильной среде скорость видообразования значительно ниже, адаптивная стратегия заключается в повышении модификационной пластичности при относительно низком генетическом полиморфизме. В то же время скорость мегаэволюционных преобразований оказывается более высокой, чем в стабильных условиях.

Многие эволюционисты постулировали прямую связь между темпами видообразования и дифференциацией высших таксонов. В действительности зависимость между ними скорее обратная. Род *Drosophila* с 2000 видов (2000 мелких эволюционных событий и ни одного крупного) хорошо иллюстрирует это положение. Несмотря на очень высокие темпы видообразования, дрозофилиды, появившиеся в эоцене, весьма консервативны в мегаэволюционном плане.

Эти закономерности помогают понять роль геологических событий в эволюции. Они выступают как факторы неустойчивости среды, нарушающие равновесие закрытых экосистем с дробным распределением трофических ресурсов и напряженными конкурентными отношениями, превращая их в открытые системы. Соответственно меняется соотношение *K*- и *r*-отбора и адаптивная стратегия видов.

Давно известны факты, подтверждающие совпадение основных эволюционных событий с моментами неустойчивости среды: появление фауны многоклеточных эдиакарского типа в слоях, залегающих непосредственно выше лапландских тиллитов; появление хордовых во время ордовикского тектонического и климатического кризиса; развитие первых прогимноспермовых лесов и выход позвоночных на сушу во время сжатия подвижных поясов и распространения сезонного «климата красноцветов» во второй половине девона; вымирание лепидофитовых и кордаитовых растительных формаций, взрывная эволюция хвойных и терапсид во время реставрации Пангеи и общей аридизации климата на рубеже перми и триаса; появление покрытосеменных, сумчатых, плацентарных и предвестников многих преимущественно кайно-



зойских групп насекомых в раннемеловую юфазу ускорения дрефта и заложения основных современных структур земной коры; смена доминирующих типов морских и наземных животных, сопутствующая ларамийскому орогенезу; формирование степных ландшафтов на рубеже олигоцена и миоцена; вымирание тундро-степного биома с его мегафауной в конце плейстоцена и т. д. Однако отсутствие удовлетворительного объяснения причинных связей позволяло считать их простым совпадением [35].

Теория зависимости форм эволюционного процесса от адаптивной стратегии, которая в свою очередь зависит от устойчивости среды, предлагает такое объяснение. Глобальный характер тектонической активизации и климатических изменений определяет синхронное изменение многих экосистем. Наиболее очевидное выражение перестройки экосистем — это смена экологических доминантов различных трофических уровней. Смена доминантов в основных биомах означает изменение структуры биосферы или смену палеобиосфер, которая лежит в основе естественной стратиграфической классификации [6].

Многие палеонтологи отмечают факты несовпадения рубежей в развитии различных групп организмов, а также несовпадение лито- и биостратиграфических границ, используя их как довод против эволюции экосистемы как целого. Во многих случаях такие несовпадения иллюзорны. Например, смену сообществ двустворок в толще глин британского лейаса считали ярким примером несовпадения литологических и палеонтологических границ; более обстоятельный анализ позволил, однако, распознать внутри этой «однородной толщи» ряд фациальных типов [26]. Вместе с тем есть и действительные несовпадения. Они едва ли противоречат экосистемному подходу. В конце концов темпы эволюции различных органов также не вполне совпадают, но никто не отрицает эволюции организмов как целого.

### **Технические проблемы классификации**

Различное отношение к теории эволюции экосистемы как целого определяет принципиальные расхождения между хроностратиграфической и естественной (экостратиграфической) классификациями, распространяющиеся также и на технические приемы. Отрицая целостность экосистем в их историческом развитии, хроностратиграфическая школа не признает и естественных этапов эволюции биосферы. Слои, принадлежащие одному стратиграфическому подразделению, обладают лишь временным единством, т. е. их объединяет лишь то обстоятельство, что они образовались в промежуток времени между двумя условно выбранными реперными (референтными) уровнями, отсекающими временной континуум. Последовательность слоев, таким образом, непосредственно соотносится с геологическим временем. Техническая задача состоит в выборе наиболее полных разрезов (стратотипов и неостратотипов), служащих эталоном временного интервала, и фиксации референтного слоя, определяющего нижнюю границу стратиграфического подразделения (и автоматически верхнюю — предшествующего). Над решением этой задачи работает ряд международных комиссий, и многие неостратотипы уже утверждены.

Естественная стратиграфическая классификация носит «событийный» характер: последовательность слоев сопоставляется не с геологическим временем, а с геологической историей, т. е. последовательностью событий во времени. Значение референтных событий для эволюции экосистем определяет ранг соответствующих рубежей. Практически стратиграфический анализ также начинается с выбора маркирующих слоев, к которым привязывается вся наличная информация. На первой

стадии анализа от маркирующего слоя требуется лишь пространственная выдержанность и надежность опознания. В дальнейшем производится «взвешивание» референтных уровней по количеству и значимости приуроченных к ним геологических и биологических событий. Например, уровень, на котором происходит смена доминирующих видов, имеет больший вес, чем тот, где исчезают или появляются отдельные второстепенные виды. Одновременное изменение состава биофоссилий, принадлежащих различным экосистемам (например, водным и наземным), определяет уровни высшего ранга. Э. Кауффман, применяя подобную методику, говорил о «мере надежности» стратиграфического уровня; совпадение более 10 эволюционных эпизодов обеспечивает высокую меру надежности [29].

Разрез, в котором выделены маркирующие слои, может выполнять функции стратотипа, хотя этот термин сильно дискредитирован и имеет различный смысл в каждой из трех основных стратиграфических концепций: типологической (типичный разрез и одновременно номенклатурный тип), хроностратиграфической (мера временного интервала) и экостратиграфической (разрез с референтными слоями). О. Шиндевольф [18], П. Сильвестр-Брэдли [38], К. Бартель [20], С. В. Мейен [10] и другие авторы, обсуждая проблему стратотипа, пояснили различие между стандартом типолога и номенклатурным типом, необходимым для осуществления принципа приоритета в номенклатуре, но не в классификации, где этот принцип не имеет силы.

К сожалению, в геологической литературе нередко смешивают принципы номенклатуры и классификации, что приводит к нескончаемым дискуссиям. Например, датский ярус по доминирующим группам биофоссилий принадлежит палеогеновой палеобиосфере. Однако многие возражают против его включения в палеоген, так как первоначально он был выделен как ярус меловой системы. В действительности приоритет охраняет только применение названия, но не границы и не состав подразделения, иначе пришлось бы отказаться от совершенствования классификации. Если бы датский ярус служил номенклатурным типом меловой системы, то его исключение действительно противоречило бы принципу приоритета.

Кроме номенклатурного типа (им может служить не весь разрез стратиграфического подразделения, а отдельный слой, специально выбранный для этой цели и определяющий законную принадлежность названия при всех изменениях классификации), стратиграф нуждается в специальных разрезах, содержащих маркирующие слои. Смысл опорного разреза не в том, что он «типичнее» других, а в том, что некоторые стратиграфические признаки здесь лучше выражены, более доступны наблюдению. Во избежание недоразумений такие разрезы лучше именовать опорными. Не все согласны с тем, что стратиграфия нуждается в номенклатурных типах, хотя опыт систематики показывает, что они необходимы для упорядочения номенклатуры. Во всяком случае, понятия номенклатурный тип и опорный разрез должны быть резко разграничены, хотя опорный разрез может содержать номотипный слой.

Работа международных комиссий по выбору неостратотипов имеет большое значение, так как привлекает внимание к наиболее полным разрезам, способствует выработке единых стратиграфических стандартов и взаимопониманию между геологами различных стран. Однако фиксация границ методом «золотого гвоздя» противоречит принципам естественной классификации. Например, хроностратиграфическим репером нижней границы плейстоцена считают (в соответствии с принципом приоритета) калькарениит G-G в стратотипическом разрезе Санта Мария ди Катанзаро, хотя основные эволюционные события (вымирание *Discoaster brouweri*, появление *Hyalinea balthica* и др.) приурочены к более древним слоям «песчаного калабрия» [21, 34].

Таким образом, в экостратиграфии стратотип — это опорный разрез, содержащий референтные слои и в некоторых случаях номенотипный слой. Референтные слои не фиксируются международными соглашениями, они выполняют служебные функции. Слои «низкой надежности» в дальнейшем не учитываются, а слои «высокой надежности» превращаются в стратиграфические рубежи. Новые данные или переоценка старых приводят к изменению уровня надежности и смещению таких рубежей. Естественная система, в отличие от искусственной хроностратиграфической, открыта для усовершенствования. Она менее стабильна, но зато обладает гораздо большей эвристической ценностью.

Основной операционной единицей стратиграфической классификации в международной практике признана зона. О. Шиндевольф [18] привел 90 категорий зон; значительная часть их, по-видимому, избыточна. Мне представляется, что нужны лишь две категории зон. Об одной из них — ценозонах — я уже писал [8]. Ценозона выделяется по закономерно повторяющемуся в определенном стратиграфическом интервале сочетанию биофоссилий в определенных количественных соотношениях. Она отражает равновесное состояние экосистемы.

Для выделения повторяющихся сочетаний сейчас широко используют вычислительную технику. Однако специальные наблюдения показывают, что состав сообщества отражен в тафоценозе со значительными искажениями, лишь самые общие отношения доминирования, как правило, переданы верно [7]. Поэтому лучше ориентироваться только на доминирующие виды: это облегчает задачу, избавляя от громоздких и не всегда целесообразных вычислений. Смена доминирующих видов означает нарушение равновесия экосистемы и маркирует экостратиграфический рубеж. Корреляция ценозон основана на принципе «регионального параллелизма», или параллелизма клисерий, т. е. вызванных изменениями климата смен климаксовых экосистем.

Стратиграфические диапазоны последовательных видов филогенетического ряда, или филозоны, еще широко используются в биостратиграфии, хотя неопределенность границ палеонтологических видов, сосуществование материнских и дочерних форм, нарушения синхронности, связанные с миграцией, заставляют искать более объективную биологическую основу стратиграфической классификации. Практикуется популяционный подход — выделение морфотипических зон по изменениям кривой распределения тех или иных признаков в ископаемой популяции, или палеодеме [29, 37].

Изменения среды и, следовательно, условий отбора влияют на соотношение генотипов в популяции, что в ряде случаев ведет к изменению частоты тех или иных морфологических признаков, или фенотипов. Если палеонтолог оперирует не усредненными характеристиками, а отмечает отдельные формы изменчивости (давая им латинские названия или цифровые обозначения), то он может наблюдать резкое повышение частоты или, наоборот, исчезновение фена, имеющее глубокий экологический смысл. Зоны, выделенные по заметным изменениям частот фенотипов, — фенотипы можно, следовательно, рассматривать как единицы экостратиграфической классификации.

Основоположителем фенетического подхода в биостратиграфии следует считать А. П. Павлова [12]. Он показал, что в параллельных генетических ветвях *Vicia* на определенном стратиграфическом уровне синхронно возрастает частота сходных форм (фенотипов). Этот подход открывает более широкие возможности для корреляции, чем морфотипические зоны, так как охватывает системы популяций и близких видов, подчиняющихся закону гомологической изменчивости [2].

Резкое повышение частоты редкого фенотипа палеонтолог обычно оценивает как появление нового вида и, если речь идет о зональных видах, проводит на уровне этого изменения границу филозон. Оно вы-

зывает также сдвиг кривой распределения частот признаков, характеризующей палеодем, и может маркировать границу морфотипических зон. В первом случае фенозоны совпадают с филозонами, во втором — с морфотипическими зонами. Тем не менее фенозону не следует считать избыточным терминологическим новшеством, так как их выделение имеет иную теоретическую основу и, в сущности, меняет стиль мышления стратиграфа.

По традиционным представлениям, новый вид имеет определенный центр происхождения, где его появление знаменует эволюционное событие, тогда как в других местах он появляется в результате миграции и, следовательно, позднее (хотя практически возрастное скольжение обычно не устанавливается и расселение оценивается как «в геологическом смысле мгновенное»). Конечно, и фен может иметь определенный центр происхождения. Однако изменения частот фенов происходят одновременно во многих популяциях одного или даже разных видов.

Новосибирская группа генетиков, ведущих многолетние наблюдения над изменениями частот мутаций в природных популяциях дрозофилы, показала, что «мода» на определенную мутацию синхронно появляется в изолированных популяциях на огромных пространствах от Средней Азии до Дальнего Востока [3]. Внезапное «появление» палеонтологического вида на одном и том же стратиграфическом уровне в удаленных друг от друга разрезах — это во многих случаях мутационная мода.

Большое значение имеет также параллелизм географической изменчивости частот генотипов — параллелизм клин у подвидов одного вида и близких видов [19]. Параллелизм клин показывает, что географический градиент того или иного фактора среды (например, широтный градиент среднегодовой температуры) одинаково воздействует на систему полиморфизма генетически близких популяций. При возникновении аналогичного градиента во времени изменение полиморфизма также параллельно. В этом причина параллелизма хроноклин — явления, давно установленного палеонтологами, но не всегда правильно интерпретируемого. Например, параллелизм хроноклин европейских и североамериканских лошадиных [36] ранее объясняли иммиграцией (совершенно неправдоподобной, учитывая разрыв сухопутной связи между этими континентами в раннем эоцене) в Европу чуть ли не каждой из последовательно возникавших в Северной Америке форм. Параллелизм хроноклин лежит в основе корреляции фенозон, которая, таким образом, позволяет наметить действительно синхронные биостратиграфические уровни — без скидки на миграцию.

Мы видим, что в экостратиграфии, в отличие от традиционной биостратиграфической корреляции, восходящей к У. Смитту, основную роль играет сопоставление последовательности событий, в частности параллелизм клисерий и хроноклин, а не соответствие биофоссилий типовому набору. Противоречия между экостратиграфией и хроностратиграфией носят еще более принципиальный характер и касаются в первую очередь проблемы геологического времени.

### Геологическое время

Большинство геологов принимают ньютоновскую концепцию абсолютного времени, для которой характерно отождествление времени с часами, т. е. его мерой. Некоторые стратиграфы пытались адаптировать релятивистскую концепцию, наделяющую время пространственными свойствами. Обе эти концепции несвободны от редуccionизма. Мне представляется более правильным рассматривать время как след поступательного движения в памяти той или иной системы (в данном случае геологической). «Относительное» время классической стратигра-

фии, определяемое последовательностью биофоссилий, приблизительно отвечает такой трактовке. События здесь соотносятся друг с другом, время выводится из их последовательности. События считаются одновременными, если их невозможно расположить в порядке до — после. Такие сосуществующие события определяют моменты геологического времени. Из сказанного выше следует, что моменты геологического времени не лишены протяженности, которая зависит от свойств как геологического движения (его прерывистости), так и геологической «памяти» (летописи).

В хроностратиграфии время существует независимо от геологического движения, и события соотносятся не непосредственно друг с другом, а с последовательностью точечных моментов абсолютного времени. Наиболее очевидный недостаток этой концепции состоит в том, что в геологии практически нет независимых часов. Не только эволюция организмов и возмущения магнитного поля, но и радиометрические даты зависят от геологических событий. Поэтому логично использовать все эти хронологические документы не как независимую шкалу времени для калибровки событий, а как признаки этих событий, позволяющие сопоставить их друг с другом и выделить классы сосуществующих событий, т. е. произвести стратиграфическую корреляцию.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Берг Л. С. Климат и жизнь. Могиз, 1947.
2. Вавилов Н. И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. Л., «Наука», 1967.
3. Голубовский М. Д., Иванов Ю. Н. и др. Исследование синхронных и параллельных изменений генофондов в природных популяциях плодовых мух *Drosophila melanogaster*. Генетика, 1974, т. 10, № 4.
4. Казьмин В. Г. Эпохи рифтогенеза и некоторые вопросы происхождения рифтовых структур. Геол. и геофиз., 1975, № 9.
5. Келлер Б. М. Великие оледенения в истории Земли. Сов. геол., 1972, № 9.
6. Красилов В. А. Палеоэкосистемы. Изв. АН СССР, серия геол., 1970, № 4.
7. Красилов В. А. Палеоэкология наземных растений. Владивосток, 1972.
8. Красилов В. А. Зональная стратиграфия и принцип регионального параллелизма. Геол. и геофиз., 1974, № 3.
9. Красилов В. А. Тектоника плит и ротационный режим планеты. Изв. АН СССР, сер. геол., 1976, № 1.
10. Мейен С. В. Введение в теорию стратиграфии. М., изд. ВИНТИ, 1974.
11. Меннер В. В. Биостратиграфические основы сопоставления морских, лагунных и континентальных свит. М., Изд-во АН СССР, 1962.
12. Павлов А. П. Стратиграфия оксфорда — кимериджа, аммониты и ауцеллы юры и нижнего мела России. «Наука», 1966.
13. Пронин А. А. Альпийский цикл тектонической истории Земли (мезозой). Л., «Наука», 1973.
14. Рихтер-Беренбург Г. Влияние циклов солнечной активности и других климатических циклов на образование ленточных эвапоритов. В кн. Пробл. палеоклиматологии. «Мир», 1968.
15. Соколов Б. С. Биогехронология и стратиграфические границы. В кн. Пробл. общей и регион. геол. Новосибирск, «Наука», 1971.
16. Соколов Б. С. Докембрийская биосфера в свете палеонтологических данных. Вест. АН СССР, 1972, № 8.
17. Хаин В. Е. Современные представления о происхождении геосинклинальной складчатости. Геотектоника, 1970, № 7.
18. Шиндewolf О. Стратиграфия и стратотип. «Мир», 1975.
19. Ayala F. J. et al. Genetic variation in natural populations of five *Drosophila* species and hypothesis of the selective neutrality of protein polymorphisms. Genetics, 1974, v. 77, N 2.
20. Barthel K. W. Zur Jura-Kreide Grenze. Coll. Jur. Luxemburg, 1967 (1971).
21. Berggren M. A., Van Couvering J. A. The Late Neogene. Palaeogeogr. Palaeoclimatol., 1974, v. 16, N 1, 2.
22. Bradley W. H. The varves and climate of the Green River Epoch. U. S. Geol. Survey Prof. Paper, 1929, v. 158E.
23. Creed E. R. Melanism in the two spot Ladybird: the nature and intensity of selection. Proc. Roy. Soc. London, B., 1975, v. 190.

24. Flemming N. C., Roberts D. G. Tectono-eustatic changes in sea level and sea-floor spreading. *Nature*, 1973, v. 243.
25. Goodman M., Moore G. W. Phylogeny of gemoglobin. *Syst. Zool.*, 1973 (19/4), v. 22.
26. Hallam A. A. sedimentary and faunal study of the Blue Lias of Dorset and Glamorgan. *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 1960, v. 243B.
27. Hedberg H. D. Time-stratigraphic classification of sedimentary rocks. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1948, v. 59, N 5.
28. Hedberg H. D. Chronostratigraphy and biostratigraphy. *Geol. Mag.*, 1965, v. 102, N 5.
29. Kauffman E. G. Population systematics, radiometrics and zonation — a new biostratigraphy. *North Am. Paleont. Convention, Proc. A*; Chicago, 1969.
30. Kennet J. P., Watkins N. D. Geomagnetic polarity change, volcanic maxima and faunal extinction in the South Pacific. *Nature*, 1970, v. 227.
31. Krassilov V. A. Causal biostratigraphy. *Lethaia*, 1974, v. 7.
32. Levins R. *Evolution in changing environments*. Princeton Univ. Press, Princeton, 1967.
33. MacArthur R. H., E. O. Wilson. *The theory of island biogeography*. Princeton Univ. Press, Princeton, 1967.
34. Rio D. Remarks on late Pliocene — early Pleistocene calcareous nannofossil stratigraphy in Italy. *At parm.*, 1974, т. 10, N 3.
35. Simpson G. G. Rates of evolution in animals. In *Genetics, paleontology and evolution*. Princeton, 1949.
36. Stirton R. A. Phylogeny of North American Equidae. *Bull. Dep. Geol. Sci.*, 1940, v. 25, N 4.
37. Sylvester-Bradley P. C. The description of fossil populations. *Jour. Paleont.*, 1958, v. 32, N 1.
38. Sylvester-Bradley P. C. *Towards an international code of stratigraphic nomenclature*. *Essays in Paleontology and stratigraphy*. Lawrence, 1967.
39. Thoday J. M. Non-Darwinian "evolution" and biological progress. *Nature*, 1975, v. 255, N 5511.
40. Williams G. E. Possible relation between periodic glaciation and the flexure of the galaxy. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1975, v. 26.

*Биолого-почвенный институт  
ДВНЦ АН СССР  
Владивосток*

*Поступила в редакцию  
10 мая 1976 г.*

---

V. A. Krasilov

**ON THE THEORY  
OF ECOSTRATIGRAPHIC CLASSIFICATION**

The disagreements between various schools of stratigraphers lie in different interpretation of the international scale (embodiment of stratigraphic theory or common language) of geologic time (it is deduced from the succession of events or exists independent of it) and correlation (by means of distinguishing the classes of coexisting events or correlation with succession of absolute time moments). In the basis of natural ecostratigraphic classification lies the notion of ecosystem evolution as the whole. Causal connections between geologic events, biocoenoses formation and adaptive strategy of species are outlined. They permit to fix natural stratigraphic limits. Stratotypes are needed only to put nomenclature in order. Two main types of zones — phozones and coenozones — are distinguished as the links of chronoclines and cliseries.

---