

Ю.Б. Гладенков

БИОСФЕРНАЯ СТРАТИГРАФИЯ

**Проблемы стратиграфии
начала XXI века**



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Геологический институт



RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

Geological Institute



<http://jaraassie.ru/>

Yu.B. Gladenkov

BIOSPHERE STRATIGRAPHY
(Stratigraphic Problems in the Early XXI Century)

Transactions, vol. 551
Founded in 1932

Moscow
GEOS
2004

Ю.Б. Гладенков

БИОСФЕРНАЯ СТРАТИГРАФИЯ
(проблемы стратиграфии начала XXI века)

Труды, вып. 551
Основаны в 1932 году

Москва
ГЕОС
2004

ББК 226
Г 55
УДК 551.7

Гладенков Ю.Б.

Биосферная стратиграфия (проблемы стратиграфии начала XXI века). – М.: ГЕОС, 2004. – 120 с.
(Труды ГИН РАН; Вып. 551)

ISBN 5-89118-326-9

Книга посвящена теоретическим и практическим проблемам современной стратиграфии. В ее 14 разделах раскрываются различные стороны стратиграфических исследований, их динамика и направленность, новые идеи и подходы. Специальное место уделено анализу значимости более 15 стратиграфических методов и громадному прикладному значению этого раздела науки. Отмечается, что стратиграфия в XXI в. все больше становится стратиграфией экосистем, отражающей этапность развития "былых биосфер", что позволяет называть ее "биосферной". Каждая стратиграфическая схема при этом является выводом из геологической истории. Основными задачами стратиграфии на ближайшие десятилетия будут детализация стратиграфических подразделений и расшифровка и корреляция геологических событий. Именно на этой основе может быть решена фундаментальная проблема геологии – естественная периодизация геологической истории Земли.

Для геологов, стратиграфов, палеонтологов и студентов-геологов.

Табл. 10. Ил. 30. Библ. 117 назв.

Издание осуществлено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований
(проект № 04-05-78040).



Редакционная коллегия:

Ю.Г. Леонов (главный редактор), М.А. Ахметьев, Ю.О. Гаврилов, Ю.В. Карякин, М.А. Семихатов,
М.Д. Хуторской

Рецензенты:

Л.А. Невеская, В.А. Захаров, А.С. Алексеев

Gladenkov Yu.B.

Biosphere stratigraphy (Stratigraphic Problems of the Early XXI Century). – Moscow: GEOS, 2004. – 120 p. (Transactions of GIN RAS; Vol. 551)

The book deals with problems of modern stratigraphic theory and practice. Many aspects of stratigraphic investigations, including their dynamics and goals, new ideas and approaches, are considered in 14 chapters. A role of each of 15 stratigraphic methods and a great applied significance of stratigraphy are shown. In the XXI century, stratigraphy becomes to an increasing extent a stratigraphy of ecosystems, which reflect stages in development of "previous biospheres". This makes it "biosphere stratigraphy", and each stratigraphic scheme is inferred from the geological history. The main goals of stratigraphy for the next decades will be to make stratigraphic units more refined and to reconstruct and correlate geological events. This provides the base of solving the fundamental problem of geology, i.e. natural periods of geological history of the Earth.

For geologists, stratigraphers, paleontologists and students-geologists.

Tables 10. Il. 30. References 117.

Editorial Board:

Yu.G. Leonov (Editor-in-Chief), M.A. Akhmetiev, Yu.O. Gavrilov, Yu.V. Kariakin, M.A. Semikhatov,
M.D. Khutorskoy

Reviewers:

L.A. Nevesskaya, V.A. Zakharov, A.S. Alekseev

ББК 226
Г 55
ISBN 5-89118-326-9

© Ю.Б. Гладенков, 2004
© Геологический институт РАН, 2004
© GEOS, 2004

Введение

*Именно стратиграфия
с ее геоисторической концепцией
сделала геологию наукой*

Данная книга преследует цель дать представление о важнейшей части геологии – стратиграфии. После ряда фундаментальных публикаций на стратиграфическую тему 60–80-х годов XX в. [Меннер, 1962; Леонов, 1972; Степанов, Месежников, 1979; Мейен, 1989; Практическая стратиграфия, 1984; и др.], в отечественной литературе последних лет не появилось новых сводок. Между тем, геологи, и прежде всего молодые, нуждаются сейчас в книге, которая отразила бы состояние стратиграфии начала XXI в. По мнению автора, такая книга должна быть небольшой, но включать все основные проблемы данного направления науки, которое для геологии по-прежнему остается фундаментальным. Эта книга должна способствовать формированию стратиграфического мировоззрения, которое сейчас в какой-то мере, к сожалению, утрачивается.

Современная стратиграфия, оставаясь в рамках классической стратиграфии, отразила динамику своего развития и обогатилась новыми идеями, которые 25 лет назад еще только появлялись. И она, конечно, не остановилась в своем движении. Вот почему хочется специально разобрать задачи стратиграфии ближайших десятилетий.

Автору не хотелось бы повторять многого, что подробно уже отражено в литературе, но, видимо, будет полезно осветить, – пусть и в краткой форме – современные методы и приемы стратиграфических исследований, дискуссионные вопросы стратиграфической классификации, проблемы использования стратиграфии в геологической практике, пути детализации стратиграфических схем и, наконец, роль стратиграфии в дешифровке геологической истории Земли, в том числе ее биосферы. Предполагается, что читатель знаком с общей геологией и обладает основными знаниями в палеонтологии и началах стратиграфии.

В дополнение к сказанному сделаем несколько замечаний. Первое – при рассмотрении тех или

иных стратиграфических проблем представляется правильным приводить по возможности альтернативные точки зрения. Это позволит обсуждать проблемы с более объективных позиций. Второе – поскольку данная работа адресуется прежде всего молодым геологам и, в частности, студентам, изложение материала хотелось бы вести по возможности не только кратко, но и достаточно доходчиво. Третье – не хотелось бы перегружать работу многочисленными литературными ссылками. Вот почему ниже мы ограничимся лишь основными используемыми источниками.

Наконец, следует специально подчеркнуть, что многие идеи, развиваемые автором, в значительной мере навеяны его учителями В.В. Меннером и Г.П. Леоновым, выдающимися представителями московской геологической школы. С Владимиром Васильевичем Меннером мне посчастливилось работать в Геологическом институте РАН с начала 60-х и до конца 80-х годов. О Владимире Васильевиче Меннере, прекрасном геологе, великом педагоге и замечательном человеке, автор написал отдельно [Владимир Васильевич Меннер, 1995]. Безусловно, он был выдающимся геологом и стратиграфом, оказавшим в 60–80-х годах громадное влияние на развитие стратиграфии в СССР. У Георгия Павловича Леонова я учился в МГУ в 50-х годах, а в начале 70-х годов мне пришлось достаточно тесно общаться с ним, когда я редактировал его фундаментальную книгу “Основы стратиграфии” [1972–1974]. Влияние развивавшихся им идей на стратиграфию также трудно переоценить.

Это были великие стратиграфы!

Наверное, кому-то покажется странным, но, помимо освещения обычных для традиционной стратиграфии проблем (стратиграфическая классификация, методы стратиграфии и пр.), ниже значительное место уделено также вопросам, связанным с рассмотрением общих проблем истории био-

сферы и экосистем прошлого, направленности и масштабности геологических процессов. Однако это естественно: стратиграфия сейчас не ограничивается проблемами, так сказать, первого уровня – условно назовем его методико-технологическим (выделение стратиграфических подразделений и их границ и т.п.), а через анализ стратиграфических данных и реконструкцию состояний “былых биосфер” все больше переходит к решению одной из важных задач второго уровня – выявлению естественной этапности геологического развития Земли. В целом эта проблема является мировоззренческой для всей геологии вообще. Но стратиграфии, с ее геоисторической концепцией, здесь отводится решающая роль. Поэтому не случайно, что сейчас все чаще обращаются к так называемой *динамической* стратиграфии. Предмет этой ветви стратиграфии составляют геологиче-

ские и биологические явления и события прошлого [Hallam, 1981].

В целом, представленная работа может быть названа эссе или кратким путеводителем по основным проблемам стратиграфии, в котором делается попытка осветить современное состояние стратиграфии, а также тенденции и направления ее развития.

И последнее. В основу данной публикации легли лекции, которые автор читал на кафедре региональной геологии и геологической истории Земли геологического факультета Московского государственного университета им М.В. Ломоносова с 1990 г., а также его исследования, которые проводились в Геологическом институте РАН и нашли отражение в ряде статей и книг на данную тему.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ.

1. Предмет и концепции стратиграфии

1.1. Стратиграфия – это раздел геологии, который занимается, во-первых, расчленением горных пород с *исторической и хронологической* точек зрения, а во-вторых – разработкой хронологической шкалы для датирования геологических событий.

Расчленение горных пород (иногда эту процедуру называют не совсем правильно классификацией) с исторической точки зрения означает разделение их на естественные, последовательно сменяющие друг друга комплексы, отвечающие последовательным этапам развития тех или иных регионов или Земли в целом. Геохронологическое же направление стратиграфического исследования фактически является производным от исходного историко-геологического и именуется обычно как относительная геохронология (имеется в виду определение относительного возраста естественных комплексов древних толщ).

1.2. Основной результат стратиграфических исследований – это создание *стратиграфической схемы*, т.е. схемы “классификации” слоев горных пород с исторической точки зрения. Такие схемы бывают разного масштаба: местные, региональные и глобальные.

1.3. В последние десятилетия в геологии, в частности, – геотектонике и литологии, возникли многие яркие идеи, которые становились парадигмами и определяли развитие разных направлений геологии на долгие годы (достаточно вспомнить, например, идеи новой глобальной тектоники или учение о литогенезе). Достижения стратиграфии выглядят внешне более скромно. Кажущийся консерватизм в методах стратиграфического расчленения и специфика этих методов, которые большинству геологов остаются непонятными, предопределили то, что в последнее время стратиграфия стала представляться кое-кому лишь скромным тружеником, обслуживающим более важные и более яркие направления геологии или потребности региональной геологии. Между тем, стратиграфия была и остается не только тружеником, но и одним из важнейших столпов геологии. Именно она с ее геоисторической концеп-

цией сделала геологию наукой. Культура геологических исследований в любой стране определяется прежде всего уровнем ее стратиграфической изученности. Более совершенная стратиграфия дает также больше шансов на успех в поисках месторождений минерального сырья. Непонимание этого обстоятельства не только приводит на практике к существенным материальным затратам, но и наносит громадный моральный ущерб геологии вообще. Кроме того, стратиграфия не стоит на месте: она значительно расширила в последние десятилетия свой идейный и методический арсенал.

К сожалению, значение стратиграфии в геологии понимается не всегда. Так, недавно Р. Брет, долгие годы возглавлявший Международный союз геологических наук, указывая на принципиальные достижения геологии XX в. (1 – оформление плейтктонической “теории”, 2 – накопление материалов по эволюции Солнечной системы, 3 – понимание того, что Земля – это сложная система (со сложным взаимоотношением разных оболочек), 4 – определение новых путей поисков полезных ископаемых (воды, нефти и пр.), 5 – лучшее понимание происхождения и эволюции жизни), не упомянул достижений стратиграфии. А ведь она достигла колоссальных успехов – разве кто-нибудь из геологов в начале XX в. мечтал о выделении стратиграфических единиц, которые имеют продолжительность всего 0,2–2 млн лет? А ведь такая точность в расчленении и корреляции древних толщ в конце XX в. считается нормальной.

1.4. В круг задач стратиграфии входят самые *крупные проблемы общей геологии*. Это прежде всего *естественная периодизация геологической истории Земли* (в том числе биосферы) и *геологическое картирование*. Именно связь с проблемой периодизации геологической истории придает стратиграфии значение самостоятельного раздела геологии. Что касается геологического картирования, то оно является наиболее ярким практическим выражением стратиграфии.

1.5. В свое время было, видимо, правильно отмечено, что в стратиграфии до сих пор не удастся

устранить разногласия между исследователями почти по любым вопросам. Это может быть объяснимо теоретической “неразвитостью” стратиграфии [Мейен, 1989]. Наглядной иллюстрацией такого положения является наличие нескольких концепций стратиграфии и значительного числа принципов, используемых в стратиграфических исследованиях.

1.6. Концепции стратиграфии. В настоящее время существуют несколько (четыре) главные концепции стратиграфии. В течение последних десятилетий господствовали *два основных подхода к стратиграфии*, которые условно можно назвать “американским” и “европейским”. В целом, они отражают две концепции общей схемы стратиграфической классификации – картировочно-хронологической и геохронологической.

Стратиграфия, по представлению американских геологов [Dunbar, Rodgers, 1957], включает описание слоев в частном разрезе (“стратиграфия”), корреляцию разрезов и определение их места в стратиграфической шкале (“стратигология”) и выявление истории Земли (“стратигения”). Это предполагает: а) исследование формы залегания, литологии и условий возникновения горных пород, б) изображение на геологических картах естественных картирующихся тел и в) признание “множественной” стратиграфии, состоящей из самостоятельных био-, лито-, магнито- и других стратиграфий с равноправием различных способов расчленения древних толщ.

Европейский подход предполагал, что а) стратиграфия призвана классифицировать (расчленять) породы в зависимости от хронологической последовательности их образования и разрабатывать шкалу для датировки геологических событий, б) в связи с этим на геологических картах следует отражать хроностратиграфические подразделения, в) при этом признается, что существует *единая* (а не множественная) стратиграфия, которая, однако, для построения своих схем использует всю доступную информацию, поставляемую разными методами.

Сейчас происходит постепенное сближение этих подходов; их противопоставление часто основывалось на крайностях их трактовки. Хотя, надо отметить, их противоречия по ряду вопросов до сих пор еще не преодолены и нуждаются в обсуждении.

1.7. Важно отметить, что мелкомасштабные геологические карты всегда строятся на хронологической основе: тем или иным цветом на них отражаются определенные подразделения, границы которых являются в принципе *изохронными*! На крупномасштабных картах обычно сохраняется тот же принцип: на них выделяются региональные или местные подразделения тоже с изохронными границами; именно такие карты отражают структурные особенности района. Вместе с тем, на этот фон, т.е. на хроностратиграфические единицы, могут наноситься литологические и другие данные (в виде

крапа). Карты, составленные только на литологической основе, часто с *диахронными* границами подразделений (картографическое отражение “естественных литологических тел”), являются совсем другой разновидностью геологической картографии и относятся к специальным картам – формационным, литологическим и другим, в составлении которых собственно стратиграфия занимает подчиненное место.

1.8. “Европейская” концепция иногда трактуется в том смысле, что стратиграфия должна заниматься прослеживанием тех или иных хроностратиграфических подразделений без учета их историко-геологической сущности. Однако это просто не верно. Многие представители этой концепции подразумевают, что так называемое “временное” расчленение древних толщ разных регионов базируется на “протягивании” границ тех подразделений, которые по договоренности (и с учетом изучения стратотипов этих подразделений) принадлежат к Международной стратиграфической шкале (МСШ), но при этом – что обычно забывается – выделение этих единиц основано на историко-геологическом подходе.

1.9. Тем не менее, некоторые авторы считают целесообразным противопоставить двум упомянутым концепциям (как говорилось выше, картировочно-хронологической и геохронологической) другую – *регионально-стратиграфическую концепцию*. Согласно ей, стратиграфия должна опираться на историко-геологический принцип расчленения древних отложений. Историко-геологический принцип здесь считается фундаментальным, ибо на этой основе только и возможно выделять реальные стратиграфические (или *геостратиграфические*, по Г.П. Леонову [1972]) подразделения. Если говорить о решении важной проблемы геологии – проблемы периодизации истории Земли, то именно эта концепция представляется основной, так как две первые концепции эту проблему не решают.

С позиций этой концепции среди стратиграфических подразделений можно выделять основные, или *геостратиграфические* (регионально-стратиграфические), и производные, или *хроностратиграфические* (общепланетарные), единицы.

1.10. Есть и еще одна (четвертая) концепция стратиграфии – *хронометрическая*. Ее сторонники предлагают расчленять стратиграфическую шкалу на условные “временные отрезки” (например, через несколько миллионов лет в фанерозое или сотни миллионов в докембрии). Такая шкала совсем лишена какого-либо геостратиграфического содержания. Сейчас, например, на подобной основе делаются попытки создать стратиграфическую шкалу докембрия.

1.11. В литературе довольно часто обсуждаются *основные принципы стратиграфии*. Их число в разных публикациях различно: от 3–5 (например, [Практическая стратиграфия, 1984]) до 9–12

и более [Степанов, Месежников, 1979]. Среди них называются принципы: актуализма Ч. Лайеля, фа-
циальной дифференциации разновозрастных отло-
жений А. Гресли – Э. Реневье, неполнота стратиг-
рафической и палеонтологической летописи
Ч. Дарвина, гомотаксальности Гресли, хронологи-
ческой взаимозаменяемости признаков С.В. Мей-
ена и др. Однако из анализа этих принципов следу-
ет, что большинство из них таковыми не являют-
ся. Пожалуй, к фундаментальным принципам мож-
но отнести только два. Во-первых, “принцип Сте-
нона”: “закон суперпозиции” – в ненарушенной
последовательности осадочных слоев верхний слой
моложе того, на котором он залегает, или времен-
ные отношения между геологическими телами оп-
ределяются их первичными пространственными от-
ношениями. Во-вторых, “принцип Степанова–Ме-
сежникова”: неповторимость стратиграфических
подразделений во времени. Последний принцип
можно назвать принципом уникальности стратон-
ов [Мейен, 1989].

Однако, может быть, более правильным следу-
ет считать, что в основе стратиграфии лежит *один*
принцип (скомбинированный из принципов Стено-

на и Степанова–Месежникова), который отража-
ет, с одной стороны, историческую последователь-
ность стратон-ов, а с другой – неповторимость их
признаков (палеонтологических, магнитных и др.).

Следует отметить, что живший в XVII в. Николо
(Николаус) Стено (Стенон), известный по итальян-
ской транскрипции своего имени (на самом деле это
датский естествоиспытатель, занимавшийся в ос-
новном медициной, а не геологией, и его имя – Нильс
Стенсен), оказал большое влияние на оформление
стратиграфии как особого раздела геологии, хотя
его основная работа (“О твердом, естественно со-
державшемся в твердом”) стала широко известна
после перевода на французский язык только в пер-
вой половине XIX в. [Steno, 1916]. В нашей стране
этот труд на русском языке был издан в 1957 г.

Интересно, что в его работе, помимо всего про-
чего, были разработаны концептуальные основы
представлений о геологическом времени. Это было
сделано почти за 20 лет до выхода известной книги
И. Ньютона на эту тему. В 1893 г., во время одного
из первых Международных геологических конгрес-
сов, Н. Стенону был поставлен памятник с надпи-
сью: “Превосходнейшему мужу среди геологов”.

2. Становление стратиграфии и Международная стратиграфическая шкала

2.1. Как и другие разделы геологии, стратиграфия развивается и совершенствуется. Это хорошо видно, в частности, на примере **Международной стратиграфической шкалы (МСШ)**, которая образно была названа В.В. Меннером [1991] “паспортом стратиграфии”. МСШ – это наиболее значимое эмпирическое обобщение геологии, которое, с одной стороны, суммирует главные достижения стратиграфии, а с другой – обеспечивает взаимопонимание между геологами разных стран. В геологии нет подобного документа, который жил бы более ста лет, и, постоянно совершенствуясь, повседневно использовался практически во всех странах мира.

В истории стратиграфии можно выделить три основных этапа [Меннер, 1987] (табл. 1).

2.2. Первый (от работ Леонардо да Винчи до конца XVIII в.) знаменовал начало определения относительного возраста слоев, выделение первичных, вторичных, третичных и четвертичных образований и пр. (труды Стенона, Ардуино, Вернера, Ломоносова, Лемана и др.).

2.3. Второй этап – “биостратиграфический”, отразивший создание стратиграфических схем на палеонтологической основе (XIX век и до ныне), включает шесть подэтапов. Первый из них (начало XIX в.) характеризуется заложением основ био-

стратиграфического расчленения древних толщ (исследования Смита, Кювье, Броньяра и др.). Второй подэтап (первая половина XIX в.) – это “золотой век” стратиграфии, когда были намечены основные подразделения стратиграфической шкалы (от систем до ярусов). Третий (вторая половина XIX в.) связан с перестройкой шкалы на эволюционной основе после выхода книги Дарвина “Происхождение видов путем естественного отбора” в 1859 г. и выделения зон в ряде систем (Оппель и др.).

2.4. Четвертый подэтап (конец XIX в.) – это время непосредственного формирования МСШ. Тогда остро встал вопрос об унификации использовавшихся в разных странах стратиграфических подразделений, в частности, в связи с подготовкой геологической карты Европы. Поэтому в 1878 г. (1-я сессия Международного геологического конгресса – МГК) была создана Международная стратиграфическая комиссия. В 1881 г. (2-я сессия конгресса) в качестве международной ею была рекомендована первая шкала стратиграфических категорий. В 1894 г. на ее основе был создан “Геологический хронограф” Реневье с детализацией шкалы до ярусов. При этом было подчеркнуто, что единственной рациональной базой выделения подразделений являются палеонтологические остатки. В 1900 г. (3-я сессия МГК) был принят вариант МСШ, который просуществовал до 70-х годов XX в. (ярус и зона были приняты в нем в качестве региональных единиц).

2.5. В первой половине XX в. (пятый подэтап) проходило совершенствование стратиграфических схем на основе палеонтологического метода и, в частности, широкого внедрения микропалеонтологии. Одновременно накапливался опыт использования палеоэкологии в стратиграфии.

В 50–80-е годы (шестой подэтап) региональные стратиграфические шкалы и МСШ совершенствовались, с одной стороны, на зональной основе, с другой – с использованием физических методов. Важную роль в этом процессе сыграло глубоковод-

Таблица 1. Этапы развития стратиграфии

Этап	Подэтап	Время
I		XVI – конец XVIII в.
II		XIX в. – ныне
	1	Начало XIX в.
	2	Первая половина XIX в.
	3	Вторая половина XIX в.
	4	Конец XIX в.
	5	Первая половина XX в.
	6	Вторая половина XX в.
III		Конец XX в. – начало XXI в.

ное бурение, позволившее получить материал для реальной широкой корреляции зон, которые были выделены в отложениях разных океанов.

В связи с составлением Геологической карты мира и увязкой стратиграфических материалов разных стран в это время вновь встал вопрос о создании более четкой, чем раньше, системы стратиграфических подразделений и об унификации стратиграфической классификации и номенклатуры. В связи с этим развернулась работа по созданию Международного стратиграфического кодекса, или Руководства (под редакцией Х. Хедберга), который был опубликован в 1976 г. Одновременно во многих странах были созданы национальные стратиграфические кодексы – руководства. В России такой кодекс был разработан в 1992 г. (первый вариант в 1977 г.) [Жамойда и др., 1996]. В 1994 г. была опубликована вторая версия “Международного стратиграфического кодекса” (под редакцией А. Сальвадора).

Вместе с тем, в 50–80-е годы был подготовлен целый ряд интересных сводок по теоретическим и методическим вопросам стратиграфии [Степанов, 1958; Меннер, 1962; Dunbar, Rodgers, 1957; Schindewolf, 1970; Леонов, 1972–1974; Степанов, Месежников, 1979; Hallam, 1981; Harland et al, 1982; и мн. др.], оказавших громадное влияние на

формирование стратиграфического мировоззрения в разных странах.

Возможно, 90-е годы XX в. и начало XXI в. можно считать началом нового (третьего) этапа. Он связан с дальнейшей детализацией стратиграфических шкал при использовании не только ярусных и зональных, но и инфразональных подразделений, с их комплексным обоснованием на основе разнообразных признаков, широким внедрением в стратиграфические построения палеоэкологического и палеогеографического методов, а также событийной стратиграфии, цикло-сейсмо-хемо-магнитостратиграфического и других методов. Но одновременно с этим стратиграфия все больше уделяет внимание мировоззренческим вопросам геологии – прежде всего *расшифровке истории развития Земли и ее биосферы*. Это направление можно назвать с общегеологических позиций стратегическим. Правда, в последние годы во многих странах на первое место вышло практическое направление, связанное с разведкой полезных ископаемых (прежде всего нефти и газа), которое опирается на прикладную часть стратиграфии, обеспеченную, в частности, сейсмо- и секвент-стратиграфией. Но любое практическое направление никогда не может обойтись без надлежащей стратегической базы – методической и фундаментальной.

3. Общие тенденции развития стратиграфии на рубеже XX и XXI веков

3.1. Начало нового столетия (тем более тысячелетия) является хорошим поводом подвести итоги развития тех или иных разделов науки в уходящем веке. Если это отнести к стратиграфии, то за 100 последних лет она в русле геологической науки прошла большой путь. Конечно, те или иные политические и экономические события могли на время притормозить научные исследования (например, во время Первой и Второй мировых войн, когда не только снижалось финансирование науки, но и нарушались научные связи между специалистами разных стран – сокращался информационный обмен и пр.). Однако в целом этот поток постоянно расширялся. И в значительной мере процесс такого расширения отражался в сессиях МГК. В этом отношении показательны, в частности, три последние сессии (29-я – в Киото, 30-я – в Пекине и 31-я – в Рио-де-Жанейро, соответственно, в 1992, 1996 и 2000 гг.), которые отразили и суммировали основные тенденции и методические приемы стратиграфии последних десятилетий.

Следует отметить, что в последние годы увеличилась роль Международной комиссии по стратиграфии (МКС), как координатора стратиграфических исследований [Rexel, 1997]. Активная работа входящих в нее 18 подкомиссий позволила, во-первых, существенно продвинуть решение многих научных и практических вопросов стратиграфии (например, вопросы проведения ярусных границ), а, во-вторых, что тоже очень важно, привлечь к этой работе специалистов практически всех стран (комиссия в последние годы насчитывает более 400 голосующих членов, в ее деятельности участвуют более 2000 стратиграфов из свыше 100 стран мира).

3.2. Какие же результаты были получены стратиграфией в последние 100 лет? Эти результаты отразили прогресс не только самой стратиграфии, но и геологии в целом. Можно отметить более десяти важных направлений стратиграфических исследований, в которых достигнуты существенные успехи.

Неоднородность МСШ. В течение последних десятилетий была выявлена неоднородность МСШ и намечены три достаточно обособленные ее части – докембрийская, фанерозойская и четвертичная [Меннер, 1991]. Каждая из них характеризуется подразделениями определенного возрастного диапазона (соответственно, 10^9 , 10^6 и 10^3 лет). Одновременно эти части шкалы отличаются своим “ударным” (ведущим) методом выделения подразделений: для докембрия главным инструментом расчленения остается пока тектономагматическая цикличность (хотя делаются попытки использовать и биостратиграфию), для фанерозоя используются прежде всего материалы по этапности эволюции органического мира, для квартера – климатостратиграфический метод [Меннер, 1986] (табл. 2).

Уникальность фанерозойской шкалы. К настоящему времени общепринятая докембрийская шкала пока не создана – имеются лишь региональные схемы с достаточно грубым расчленением (на уровне эонотем). Создание таких схем и нескольких моделей общей шкалы, конечно, является определенным достижением, однако в отношении разработки методической и идейной основы стратиграфии в целом докембрий остается мало продуктивным. Четвертичная шкала находится сейчас в стадии доработки – общепринятых подразделений тоже пока нет. После 1985 г., когда была существенно понижена нижняя граница четвертичной системы – с 0,7 до 1,8 млн лет, общая стратиграфическая шкала квартера еще не принята.

В то же время фанерозойская шкала (без квартера), базирующаяся прежде всего на данных по морским отложениям, достигла большого прогресса, получив на биостратиграфической основе ярусное и даже зональное расчленение субглобального масштаба (в палеозое намечено до 100, мезозое – 140, кайнозое – 45 зон с продолжительностью 0,2–3 млн лет). Следует подчеркнуть, что особое значение при стратиграфическом расчленении фанерозоя приобрела микропалеонтология (с исполь-

Таблица 2. Общая шкала категорий стратиграфических подразделений [Меннер, 1986]

На какой основе выделяются		Единицы измерения времени	Ранг	Категории		Пример
				межконтинентальные	длительность	
Тектономагматические циклы	Эволюция органических форм	млрд лет	1	Мегатема	≈4	Докембрий Протерозой Афебий. Рифей Каратавий (палеозой)
			2	Акротема	≈2	
			3	Эонотема	≈1	
			4	Фитема	0,25–0,35	
		млн лет	5	Эратема (группа)	64–150–330	Мезозой, венд Девон, триас Доггер, миоцен Сеноман
			6	Система	22–40–75	
			7	Отдел	3,5–15–30	
			8	Ярус	1–6–18	
			9	Хронозона (опель-зона)	0,7–1,5–6	
	Климатические и эвстатические флуктуации	тыс. лет	10	Раздел	650–1200	Плейстоцен Q ₁ Валдай, лихвин Сен-Жермен 1, верхний валдай Деградации Бологовский Аллеред
			11	Звено	110–150–300	
			12	Надступень(круг)	60–80–200	
			13	Ступень	12–20–40	
			14	Этап	5–8–12	
			15	Стадиал	1–3–5	
			16	Уровень (осцилляция)	<1	

зованием как традиционных – фораминифер и пр., так и “новых” групп – конодонтов, диатомовых и пр.). Важную роль в совершенствовании мезозойско-кайнозойской части шкалы сыграли материалы глубоководного бурения в океанах последних десятилетий: фактически в поле зональной стратиграфии были дополнительно вовлечены все океаны – т.е. три четверти поверхности земного шара.

Без преувеличения можно сказать, что фанерозойская шкала в целом является основным плацдармом как для разработки и апробации разных методов расчленения и корреляции древних толщ, так и для выработки общих методологических основ стратиграфии. Следует добавить, что в последние годы ярусы фанерозоя проходят ревизию (см. раздел 10).

3.3. Несколько обособленно выглядят континентальные толщи шкалы фанерозоя. Известно, что расчленение континентальных образований по флоре и позвоночным в целом пока не достигает детальности и точности, получаемых при расчленении по морским ископаемым. Это определяет *относительную обособленность и специфику шкалы континентальных толщ* и заставляет искать реальные маркёры, которые позволяют коррелировать морские и континентальные шкалы. В этом отношении важны палинологические, изотопные и палеомагнитные материалы.

3.4. Примат биостратиграфии и идеи биологии. Из арсенала методов стратиграфии (литологический, сейсмо-, изотопно-, климатический и прочие стратиграфии) наибольшее практическое значение имел и имеет *биостратиграфический метод*. Именно на его основе осуществлялись самое детальное расчленение и самая достоверная корреляция осадочных толщ разных регионов и создава-

лись стратиграфические схемы как регионального, так и субглобального масштаба. В XX в. биостратиграфия стала широко использовать биологические данные – прежде всего в рамках синтетической теории эволюции (представления об элементарных эволюционных факторах – мутациях, популяционных волнах, изоляции и естественном отборе; концепция о различных структурных уровнях жизни – молекулярно-генетическом, онтогенетическом, популяционно-биоценотическом, биосферном; представления о микро- и макроэволюции; данные по филогенетике и формам адаптиогенеза и пр.). Это позволило во многом по-новому подойти к изучению органических остатков (на уровне палеопопуляций, палеосукцессий и пр.), вносить коррективы в систематику тех или иных ископаемых групп и объективнее, чем ранее, интерпретировать палеонтологические данные в стратиграфических целях с учетом материалов по эволюции отдельных сообществ и биосистем в целом.

3.5. Стратоны и их границы. Совершенствование МСШ. Большое внимание при построении стратиграфических шкал (СШ) стало уделяться обоснованию объемов и границ различных стратонов, которые, как указывалось выше, первоначально выделялись на геостратиграфической основе. В связи с этим особая роль отводилась изучению (и переизучению) стратотипов и опорных разрезов, требованию к выделению которых были жесточайшие. В настоящее время принципы, которыми всегда руководствовались при выделении подразделений, – *историзма, удобства и договоренности* – получают опору в новых конкретных данных по обоснованию тех или иных границ на зональной основе (правда, первый принцип в ряде случаев сейчас отодвигается на второй план). В эти исследе-

дования вписываются и работы по определению уровней “золотых гвоздей”, маркирующих нижние границы тех или иных стратонов, несмотря на спорность первоначальной идейной основы этой концепции (см. далее). В последние годы интенсивно ведется работа по уточнению ярусных границ МСШ с использованием прежде всего зонаций по разным группам.

3.6. Стратиграфическая классификация и терминология. В течение значительного времени МСШ выполняла роль (помимо всего прочего) средства общения геологов разных стран. Вместе с тем, подходы к стратиграфической классификации и номенклатуре во многих странах в той или иной степени различались, что, соответственно, отражалось в “стратиграфических кодексах” этих стран. В последние годы усилились поиски общей стратиграфической классификации и лексики и, как было уже указано, последовательно были созданы две версии (1976 и 1994 гг. под редакцией, соответственно, Х. Хедберга и А. Сальвадора) Международного стратиграфического кодекса (Руководства), который получил достаточно широкое распространение [International..., 1976, 1994; Жамойда и др., 1996]. Именно этот кодекс сыграл большую роль в пропаганде во многих странах классификационных идей и процедур стратиграфии. При всем различии подходов к стратиграфии и ее задачам так называемых европейской и американской школ, на что долгие годы обращалось специальное внимание, в последнее время обнаружилась их определенная близость и даже совместимость, если стратиграфические исследования проводятся на детальной основе с применением всего комплекса имеющихся методов. Во всяком случае многие вопросы стратиграфии и таксономии сейчас решаются в духе разумного согласия, и намечается твердая тенденция в унификации стратиграфических кодексов разных стран. Однако вопрос о стратиграфической классификации нуждается в особом рассмотрении (см. далее).

3.7. Методы стратиграфии. Комплексная характеристика стратонов. Геоисторическое содержание стратонов неизбежно порождает их комплексное обоснование. Выше говорилось, что стратиграфия использует большое число (до 15) разных методов. Среди них имеются как традиционные (палеонтологический, литологический и пр.), так и относительно новые (в том числе физические) методы и приемы – палеомагнитный, сейсмо-секвентостратиграфический, количественный, изотопный и пр. Комбинация этих методов позволяет, с одной стороны, *уточнять*, а с другой – объективно *контролировать* стратиграфические построения, получаемые отдельными методами. Именно она обеспечивает надежную стратиграфическую корреляцию разнофациальных толщ как регионального, так и межрегионального и субглобального масштабов.

Отметим, что в разработке и использовании новых и традиционных методов важное место стало принадлежать новой технике, в частности, компьютеризации в обработке палеонтологических данных, трассировании тех или иных маркеров в разных разрезах, определении возрастного положения стратонов и их границ в разных регионах и оценке продолжительности и характера совпадений гидро-, био-, лито-, атмосферных осцилляций.

3.8. Использование различных методов в стратиграфии привело к выводу, что каждая толща (или пачка) может быть расчленена на слои более чем одним способом. Как следствие этого собственно и возникла *множественная стратиграфия* (с подразделением ее на отдельные лито-, био- и прочие стратиграфии), что нашло отражение в ряде стратиграфических кодексов и руководств. К сожалению, при этом оказалась несколько приглушенной важная мысль о том, что фактически *стратиграфия все-таки едина* и что ее цель достигается на базе всей полезной информации, которая доставляется любыми методами. Именно этой точки зрения традиционно придерживалась европейская школа стратиграфов.

3.9. Активное применение комплекса методов в стратиграфии привело к осознанию того, что *каждый стратон имеет комплексную характеристику* (в духе суммы и дополнительности различных признаков). Это является важной особенностью стратонов, на которую раньше не обращалось должного внимания. Другими словами, каждый стратон обладает не только каким-либо одним признаком (например, палеонтологическим), но и рядом других (палеомагнитная, радиологическая и прочие характеристики), что и делает стратон *уникальным* и неповторимым в геологической летописи.

3.10. Шкала геологического времени. Известно, какой большой прогресс был достигнут в последние десятилетия в датировании тех или иных уровней МСШ на базе радиометрических данных. Вместе с тем, стратиграфическая практика пришла к выводу, что шкала геологического времени является двойной [Harland et al., 1982]. Она как бы объединяет хроностратиграфическую и хронометрическую шкалы. Хроностратиграфическая шкала при всех ее уточнениях в принципе остается относительно постоянной, тогда как ее датирование является объектом периодического ревизии. Развиваемые сейчас методы приближают нас к все более точным датировкам границ различных стратонов и определению их возрастных объемов. О геологическом времени, как философской категории, и о трех концепциях “времени” будет сказано отдельно (см. раздел 10).

3.11. Положение региональных стратиграфических шкал. Геологическая практика показала, что, помимо общей шкалы, необходимо иметь и региональные шкалы. Часто забывается, что фак-

тически именно они и служат основой создания МСШ. Но, кроме того, в их подразделениях (регионах, горизонтах) – по сути типично *геоисторических* единицах отражаются основные этапы развития того или иного региона (бассейна), которые как бы затушевываются, когда используются лишь единицы общей шкалы. В принципе только региональная стратиграфия питает науку достоверными фактами, которые дают материал как для эмпирических обобщений, так и для теоретических построений [Соколов, 1986].

3.12. Шкалы как отражение последовательности геологических событий и этапности развития палеобиосферы. Датирование геологических явлений. В последние годы делаются особенно активные попытки внести в стратиграфию каузальное начало. При выделении стратонив используются идеи геоисторической стратиграфии, которая реализуется в разных направлениях (динамическая, событийная, сигнальная и экостратиграфии). Выявленные на этой основе подразделения и отражающие события прошлого маркёры, привязанные к хронологической шкале, в значительной мере способствуют расшифровке последовательности разнообразных геологических событий как в глобальном, так и в региональном масштабе. Сделаны попытки построить линии и цепочки взаимосвязанных и взаимообусловленных событий разного ранга и природы.

Вместе с тем, стратиграфия выполняет также другую важную задачу – обеспечивает *датирование геологических событий*. Создание хроностратиграфических шкал и привязка к ним тех или иных явлений позволяют определить их временной диапазон и рассмотреть их ранг по отношению к общей геохронологической шкале. Это служит основой построения *календарей геологических явлений* и, как следствие, анализа геологических процессов, их взаимообусловленности, характера связей (прямых или косвенных), корреляции во времени и пространстве.

3.13. Одновременно стратиграфические данные служат реальной базой для расшифровки особенностей развития биосферы и ее крупнейших блоков – океанов и континентов. Эта расшифровка позволяет выявить тенденции и этапность эволюции биосферы, кризисные явления, развитие биотических сообществ во времени и про-

странстве, сопровождающие эволюцию органического мира, смену палеогеографических обстановок, климатические и эвстатические флуктуации и пр. На этой базе постепенно намечаются особенности “былых биосфер” (В.И. Вернадский) и выявляются тенденции развития палеоэкосистем разного ранга [Красилов, 1977]. В частности, экостратиграфия, которую можно было бы определить как “стратиграфию экосистем”, заметно продвинула анализ эволюции биосферы во времени. При этом биосфера предстала как сложная система, включающая иерархически построенные системы и подсистемы крупного и мелкого ранга.

3.14. Детализация шкал – общая тенденция развития СШ. Геологическая практика подошла сейчас к разработке стратиграфических шкал нового поколения – с ориентацией на дальнейшую их детализацию. В последние десятилетия появились попытки создать не только зональные, но и *инфразональные* (микростратиграфические) шкалы на основе не только традиционных, но и новых методов (событийная стратиграфия и др.), которые обеспечивают стратиграфическое расчленение дополнительными сменяющимися друг друга в разрезе маркёрами, отражающими различные биотические и абиотические события. Уже сейчас намечен целый блок инфразональных подразделений, продолжительность которых оценивается в 0,1–0,3 млн лет, что несколько десятков лет назад представлялось фантастикой [Гладенков, 1995]. К настоящему времени дробные подразделения все активнее используются в повседневной геологической деятельности как, в первую очередь, в кайнозойской, так и в мезозойской и палеозойской частях стратиграфических шкал.

3.15. Дробные стратиграфические схемы чрезвычайно нужны практике. Во-первых, как для проведения крупномасштабного *геокартирования* и обработки данных бурения, так и для *поисков* ловушек углеводородов и скоплений минерального сырья. Во-вторых, они необходимы для проведения реальных *палеогеографических реконструкций* и познания путей и механизмов эволюции биосферы с прогнозированием природных обстановок будущих столетий. В-третьих, обновленная стратиграфия, как и ранее, будет вносить важный вклад в *развитие фундаментальных направлений геологии* в целом (об инфразональном расчленении см. далее).

4. Стратиграфические кодексы: стратиграфические подразделения, их классификация, иерархия и границы

4.1. Впервые слово “кодекс” в применении к стратиграфии было использовано австралийскими геологами в 1950 г. После 19-й сессии МГК в 1952 г. (Алжир), когда резко возрос интерес к рассмотрению стратиграфической классификации и терминологии, значительно повысилось внимание к составлению таких кодексов. Это было связано с активизацией работ по составлению геологических карт в разных странах и серии международных карт. При этом наметились два направления исследований по данной проблеме. Во-первых, была начата подготовка Международного стратиграфического кодекса-справочника (см. далее), для чего в 1952 г. была создана специальная подкомиссия под руководством Х. Хедберга. Во-вторых, многие страны начали создавать свои стратиграфические кодексы в соответствии со своими традициями и национальными особенностями.

В результате в 1976 г. был опубликован Международный стратиграфический справочник под редакцией Х. Хедберга. В 1994 г. вышло его второе издание, а в 1999 г. – краткая версия этого варианта (соответственно, под редакцией А. Сальвадора и М.А. Мерфи и А. Сальвадора). Между тем, в 60–70-х годах отмечался бум в создании национальных и региональных кодексов (сейчас они имеются в более, чем 26 странах, причем в некоторых из них кодексы неоднократно переиздавались). Сразу отметим, что если многие европейские страны разрабатывали свои кодексы на основе традиционного для них понимания единства стратиграфии как науки при множественности методов исследований (Чехословакия, Франция, ФРГ, Великобритания), то другие страны при создании кодексов ориентировались на американский или – после 1976 г. – международный кодексы, в которых развивались представления о множестве самостоятельных систем стратиграфической классификации (Норвегия, Израиль, Пакистан, Австралия и др.). Вторая группа сейчас численно явно преобладает.

4.2. В СССР подготовка к разработке стратиграфического кодекса началась в 50-е годы. Эта работа проводилась Межведомственным стратиграфическим комитетом (МСК), приложившим много усилий, чтобы создать документ, выполнение требований которого стало обязательным при проведении различного вида геологических работ на всей территории страны. Хорошо известны несколько публикаций по этой тематике, сыгравших значительную роль в создании кодекса: 1954 г. – “Стратиграфические и геохронологические подразделения”; 1956 и 1960 гг. – “Стратиграфическая классификация и терминология”; 1965 г. – “Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура”; 1970 и 1974 гг. – “Проект Стратиграфического кодекса СССР”. В 1977 г. утвержденный после длительных дискуссий “Стратиграфический кодекс СССР” был опубликован. Через десять лет, точнее в 1988 г., появился проект второго издания этого кодекса, а в 1992 г. – переработанный “Стратиграфический кодекс” увидел свет (редакционная коллегия: А.И. Жамойда – ответственный редактор, Ю.Б. Гладенков, А.И. Моисеева, А.Ю. Розанов, Б.С. Соколов. Составители: Ю.Р. Беккер, А.И. Жамойда, О.П. Ковалевский, И.И. Краснов, М.С. Месяжников, А.И. Моисеева, Б.И. Яркин). Именно этот кодекс до сего времени широко используется в геологической практике России и многих стран СНГ.

4.3. Каждый стратиграфический кодекс – это свод основных правил, которые определяют содержание и применение терминов, используемых в практике стратиграфических исследований, и процедуру установления стратиграфических подразделений. Кодекс обеспечивает единообразие требований к установлению стратиграфических подразделений, а также возможное единообразие и стабильность в применении стратиграфических терминов и наименований.

Но одновременно с этим, каждый кодекс отражает и определенное стратиграфическое мировоззрение. Это выражается прежде всего в принимаемой классификации стратиграфических подразделений. Ниже показаны подходы к выделению основных категорий стратиграфических подразделений, отраженные в "Стратиграфическом кодексе России" и, для сравнения, в "Международном стратиграфическом справочнике", который, как говорилось выше, принимается многими странами.

4.4. В российском Стратиграфическом кодексе [1992] предусмотрены две группы стратиграфических подразделений. Первая – это основные, вторая – специальные подразделения.

Основные подразделения делятся на три категории: общие, региональные и местные (табл. 3а и б, заимствованные из Кодекса-92 с некоторыми изменениями). Это именно те единицы, которые являются главными элементами геологических карт разных масштабов. (Раздел, звено и ступень используются для верхнекайнозойских (в основном, четвертичных) отложений.)

4.5. Специальные стратиграфические подразделения включают:

1 – **литологические**: толща, пачка, слой (пласт), маркирующий горизонт, ограниченные массивы, стратогены;

2 – **биостратиграфические**: биостратиграфические зоны разных видов (биозона, филозона, акмезона, комплексная зона и пр.), ареальные зоны (провинциальная и местная), вспомогательные подразделения (слои с фауной и флорой);

3 – **климатостратиграфические**: климатолит, стадиал, наслой);

4 – **магнитостратиграфические**: магнитозоны (мега-, гипер-, супер-, орто-, суб-, микрозоны);

5 – **сейсмостратиграфические**: сейсмокомплексы.

Вместе с этими к специальным единицам можно отнести циклостратиграфические, секвенс-стратиграфические, экостратиграфические, событийные и другие подразделения. В табличном виде специальные подразделения можно представить следующим образом (см. табл. 3б).

Таблица 3а. Основные стратиграфические подразделения [Стратиграфический кодекс, 1992]

Общие		Региональные		Местные
Акротема				
Эонотема				
Эратема				
Система				Комплекс
Отдел				Серия
Ярус		Горизонт		Свита
Зона	Раздел	Лона	Слои с географическим названием	Пачка
	Звено			
	Ступень			

Таблица 3б. Специальные стратиграфические подразделения

Литостратиграфические	Биостратиграфические	Климатостратиграфические	Магнитостратиграфические	Сейсмостратиграфические
Толща Пачка Слой (пласт) Маркирующий горизонт Органогенные массивы Стратогены	Биостратиграфические зоны различных видов (зона распространения таксон, зона совместного распространения, филозона, интервал-зона, акме-зона, комплексная зона) Ареальные зоны (провинциальная зона, местная зона) Вспомогательные подразделения (слои с фауной или флорой)	Климатолит Стадиал Наслой	Магнитозоны (мега-гипер-супер-орто-микро-)	Сейсмокомплекс
Возможное продолжение				
Секвенс-стратиграфические	Ограниченные несогласиями	Циклостратиграфические	Экостратиграфические	Другие
Секвент	Синтема	Цикл (мега-супер-микро-)	Экозона	

4.6. Общим стратиграфическим единицам соответствуют таксономические единицы геохронологической шкалы:

- 1) акротема – акрон,
- 2) эонотема – эон,
- 3) эратема – эра,
- 4) система – период,
- 5) отдел – эпоха,
- 6) ярус – век,
- 7) зона (раздел) – фаза,
- 8) звено – пора,
- 9) ступень – термо-, криохрон.

4.7. Подробные характеристики перечисленных подразделений даны в “Стратиграфическом кодексе” России [1992] и в “Дополнениях” к нему [2000]. Ниже мы обратим специальное внимание только на раскрытие понятий “горизонт” и “свита”, которые особенно часто используются в геокартировании и при составлении стратиграфических схем (рис. 1).

Горизонт (или региоярус) – это основная единица региональных стратиграфических шкал. Ему отвечают совокупности гомо- или гетерофациальных горных пород, сформировавшиеся в определенный этап геологической истории региона (седиментационного бассейна, структурно-формационной зоны, палеобиогеографической области, провинции), ко-

торый (этап) нашел отражение в особенностях осадконакопления и в смене комплексов фауны и флоры, населявших данный участок. Горизонт может включать несколько свит (или их части), сменяющихся по разрезу и/или по латерали.

Однако понятие горизонта временами может использоваться и в других смыслах.

Во-первых, для обозначения отложений, заключенных между двумя какими-либо маркерами.

Во-вторых, очень часто горизонт применяется в линейном, а не объемном понятии, как “маркирующий горизонт”, или репер разного типа.

Наконец, в трактовке кодексов многих стран горизонт является поверхностью раздела горных пород, указывающей на определенное положение в разрезе (среди таких горизонтов выделяются лито-, био-, хроногоризонты).

4.8. *Свита* – это основная единица местных стратиграфических шкал. Ей отвечают совокупности горных пород какого-либо района (части седиментационного бассейна, структурно-фациальной зоны и пр.), которые сформировались в определенные этапы геологического развития этого района, что отразилось в специфичности и единстве литолого-фациального состава пород и их палеонтологической характеристике.

Обычно понятие “свита” используется в смысле “хроносвиты”, т.е. подразделения, которое снизу и сверху имеет границы синхронного типа. Такие свиты по идее и должны изображаться на геологических картах, построенных на возрастных основах. Но многие геологи считают, что очень часто свита практически используется как “свита-формация”, т.е. единица с диахронными границами (как формация в американском понимании). Такие свиты также могут отражаться на картах, но это будут карты другого типа – карты формаций, литологических комплексов и пр. Горизонты обычно состоят из ряда свит, которые в одних случаях просто замещают друг друга по простирацию, а в других – сменяют друг друга несимметрично и в сложном соотношении.

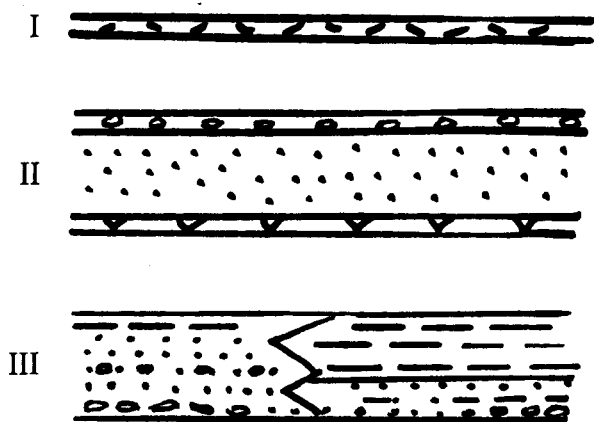
4.9. Иной тип категорий и стратиграфических подразделений принят в Международном стратиграфическом справочнике 1994 г. (табл. 4).

4.10. Главное, что отличает данную систему, – это параллельное использование нескольких категорий стратиграфических подразделений, выделенных по разным признакам пород (лито-, алло-, био-, магнитостратиграфия). В литературе это было названо “множественной”, или “многоканальной”, стратиграфией, и она была противопоставлена классической, “единой”, стратиграфии европейской школы.

Второй ее особенностью можно считать введение в качестве отдельной категории стратиграфических подразделений, ограниченных несогласиями.

Третьим отличием является отсутствие хронозоны в официальной иерархической шкале хроностратиграфических подразделений (шкала кончает-

Типы горизонтов



Типы свит

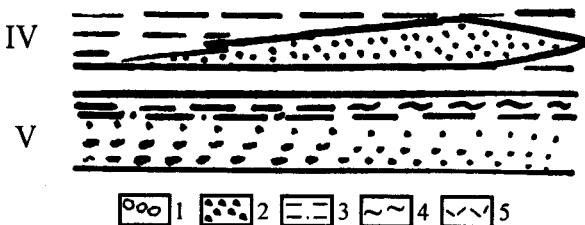


Рис. 1. Горизонты и свиты

I–III – типы горизонтов: I – маркирующий горизонт, II – горизонт между двумя маркирующими горизонтами, III – горизонт-региоярус; IV, V – типы свит: IV – свита-формация, V – хроносвита; 1–5 породы: 1 – конгломераты, 2 – песчаники, 3 – алевролиты, 4 – диатомиты, 5 – вулканиты и туфы

Таблица 4. Стратиграфические категории и подразделения [Международный стратиграфический справочник, 2002]

Стратиграфические категории	Основные подразделения	Эквивалентные геохронологические единицы
Литостратиграфические	Группа Формация Пачка Пласт, поток Слой	
Ограниченные несогласиями	Синтема	
Биостратиграфические	Биозоны Зоны распространения Интервал-зоны Зоны родословной Комплексные зоны Зоны изобилия Другие виды биозон	
Магнитостратиграфические	Зона полярности	
Другие (неофициальные) категории (минералогические, стабильных изотопов, экологические, сейсмические и др.)	Зоны (с соответствующей приставкой или прилагательным)	
Хроностратиграфические	Энотема Эратема Система Отдел Ярус Подъярус (Хронозона)	Эон Эра Период Эпоха Век Время (Хрон)

ся ярусом и подъярусом). Напомним, что в нашем кодексе зона рассматривается как категория общих подразделений, наименьшая единица.

Четвертое – в качестве *хроностратиграфических* подразделений понимаются породные тела, ограниченные изохронными поверхностями и образованные в конкретный интервал геологического времени. Но, что очень существенно, при этом не раскрывается принцип установления такого интервала. Ярусы считаются базисной работающей единицей и при этом определяются по стратотипам их границ со ссылкой на ТГСГ (см. ниже).

4.11. Как отмечают авторы Международного справочника, его цель – способствовать международному согласию по принципам стратиграфической классификации и разработке приемлемой терминологии и процедурных правил для совершенствования международного общения, координации и взаимопонимания. Вместе с тем, подчеркивается, что это издание не является собственно кодексом, и указывается на рекомендательный его характер. В связи с этим в нашей литературе его предпочитают называть “руководством” или “справочником”. Однако следует помнить, что данный кодекс, или справочник, получил сейчас исключительно широкое распространение, а после публикации его

сокращенного варианта [International Stratigraphic Guide..., 1999; Международный стратиграфический справочник..., 2002] он завоеует, видимо, большинство стран всех континентов.

Несмотря на различия национальных стратиграфических кодексов, геологи всего мира работают в целом сходным способом и поэтому хорошо понимают друг друга. Представляется, что сближение подходов стратиграфов разных стран к стратиграфической классификации может уже в ближайшие десятилетия привести к составлению действительно международного стратиграфического кодекса. Но для этого необходимо согласовать ряд формальных и концептуальных вопросов, сложность которых не следует преувеличивать, впрочем, как и преуменьшать.

4.12. При разработке таких документов, как кодексы, всегда находятся люди с оригинальным мышлением, со своим видением стратиграфической классификации. В качестве примера можно привести систему стратиграфических единиц, предложенную Г.П. Леоновым [1972] более 30 лет назад. По его представлениям, общая схема классификации стратиграфических подразделений должна включать: 1) основные подразделения (первичные) – регионально-стратиграфические разных рангов – местные, реги-

ональные, межрегиональные; 2) производные (вторичные) – хроностратиграфические разных рангов (общепланетарного значения) и 3) вспомогательные – биостратиграфические и пр. (для корреляций). В этой классификации есть своя логика. Она прямо следует из регионально-стратиграфической (историко-геологической) концепции стратиграфии, базирующейся на выделении прежде всего регионально-стратиграфических (геостратиграфических) единиц. Можно принимать или не принимать подобные подходы, но научиться видеть в них рациональные моменты необходимо.

4.13. Одним из решающих требований к установлению валидных стратиграфических подразделений является выбор и изучение стратотипа как эталона, обеспечивающего единообразное понимание объема и общей характеристики стратона. Различаются две категории стратотипов: самих подразделений и их границ. *Стратотипом подразделения* считается конкретный разрез этого стратона, указанный в качестве эталонного. *Стратотипом стратиграфической границы* (или лимитотипа) называется разрез, в котором однозначно фиксируется положение границы между смежными подразделениями.

В настоящее время специальное внимание уделяется “точкам глобального стратотипа границы” (GSSP = TTSG) для единиц общей шкалы. TTSG – это точка, выбранная в конкретном разрезе осадочных толщ определенного района и являющаяся стандартом для определения нижней границы каждого подразделения общей шкалы (GSSP – Global Stratotype Section and Point – дословно на русский язык переводится как “глобальный стратотипический разрез и точка”).

4.14. Стратотипы обязательны для свиты, горизонта, лоны (локальной зоны), яруса и зоны. Более крупные по рангу подразделения чаще всего представлены суммой стратотипов входящих в их состав более дробных единиц.

Различается несколько разновидностей стратотипов стратиграфических подразделений:

- голостратотип (первичный стратотип; устанавливается автором подразделения);
- лектостратотип (избранный стратотип; выбирается, если первичный не был указан автором подразделения);
- неостратотип (новый стратотип);
- гипостратотип (вторичный дополнительный; выбирается, если он по ряду признаков лучше первичного);
- парастратотип (дополнительный к голостратотипу).

Подобные разновидности стратотипов могут быть использованы и для границ подразделений.

В ряде случаев выделяются *составные* стратотипы (совокупность разрезов, составляющих в сумме типовой разрез того или иного стратона), а также *ареальные* стратотипы (совокупность разрезов,

расположенных в пределах стратотипической местности и обеспечивающих полноту объема данного подразделения).

4.15. Выше говорилось, что стратиграфические данные находят свое отражение прежде всего в стратиграфических схемах и на геологических картах. *Стратиграфическая схема* представляет собой таблицу, в которую сведены и сопоставлены местные и региональные подразделения, составляющие полный или неполный разрез какого-то участка земной коры (рис. 2, см. вкл.). Сводный разрез, полученный в результате корреляции частных разрезов, является основой для составления *легенды* осадочных и вулканогенных толщ при геологической съемке.

4.16. Стратиграфы часто используют такие понятия, как “расчленение” и “корреляция” (сопоставление) разрезов. Некоторые при этом считают, что термин “расчленение” включает процедуру не только выделения в разрезах стратиграфических подразделений, но и их сопоставление. Многие геологи обычно разделяют эти процедуры. В принципе это не является большой проблемой. Более важным представляется смысловое различие таких понятий, как “корреляция” и “синхронизация”. Существует широко распространенное мнение, что это синонимы. Однако по этому вопросу имеется и другая точка зрения. Согласно ей, сходство одинаковых последовательностей (например, определенных слоев или близких комплексов ископаемых), отмечаемых в разных разрезах, не обязательно точно соответствует одновременности. В свое время, в 1862 г., Гексли предложил для обозначения этого сходства термин “гомотаксис”.

Обычно или весьма часто одинаковые ископаемые фауны и флоры разных регионов практически рассматриваются как геологически *одновременные* (например, большинство зональных комплексов планктонных групп). Вместе с тем, отдельные исследователи считают, что неправильно игнорировать время, потребное для расселения в пространстве биотических сообществ, в особенности имея дело с корреляцией молодых – прежде всего кайнозойских – отложений – континентальных и даже мелководных. Другими словами, допускается, что первое появление тех или иных ископаемых в разных районах могло быть неодновременным. Это может быть связано с разными причинами: с пассивной вагиальностью организмов или наличием препятствий и преград, мешающих расселению биоты. Среди последних имеются как биологические (отсутствие соответствующей пищи), или конкурентные отношения, так и физические преграды (климатические, механические – материковые блоки, разделяющие морские бассейны, глубоководные области, отделяющие шельфовые зоны и пр.). При определении степени синхронности тех или иных событий важную роль стали играть физические методы (палеомагнитные маркеры, сеймостратиграфические горизонты и

пр.), которые в ряде случаев позволяют точно проверять корреляционные построения.

4.17. Выше говорилось, что в 1999 г. была опубликована сокращенная версия Международного стратиграфического справочника под редакцией М.А. Мерфи и А. Сальвадора. По их мнению, эта версия является более доступной (прежде всего в отношении стоимости) и практичной как для стратиграфов, так и для специалистов других разделов геологии, а также студентов разных стран. В 2002 г. этот документ был переведен на русский язык (ответственный редактор Ю.Б. Гладенков).

Принимая во внимание имеющиеся возражения относительно некоторых положений Международного справочника, его авторы подчеркивают, что он предлагается в качестве рекомендуемого подхода к стратиграфической классификации, терминологии и процедуре, но не как кодекс. Рассматривая этот документ в ряду важных результатов международного сотрудничества, можно предположить, что в дальнейшем его отдельные положения, возможно, могут быть использованы для создания действительно международного стратиграфического кодекса, который будет приемлем для стратиграфов большинства стран мира, несмотря на различие национальных подходов к решению стратиграфических проблем.

Конечно, краткая версия "Справочника" (как и сам "Справочник") в настоящее время не может заменить в геологической практике национальные стратиграфические кодексы, в частности российский "Стратиграфический кодекс" [1992], который в течение ряда лет успешно используется при проведении стратиграфических работ в России. Однако знакомство с ней, безусловно, полезно для того, чтобы, с одной стороны, видеть сходство и различия разных подходов к стратиграфии и, прежде всего, к вопросам стратиграфической классификации, а с другой – создать представление о тенденциях ее совершенствования.

4.18. Чем же интересна сокращенная версия "Справочника"? Какие подходы к стратиграфии она отразила, и какие стороны в ней оказались сильными? Вместе с тем, что может вызвать к этому документу настороженное отношение и даже его неприятие? Ниже мы попробуем кратко остановиться на этих вопросах.

С самого начала отметим **положительные** стороны представляемой версии "Справочника". К ним относятся:

- **лаконичность** (это всегда ценится в таких документах);
- **сохранение структуры "Справочника"** (т.е. первоосновы);
- **доступность** (в отношении цены и возможности широкого распространения среди геологов и студентов);
- **прагматическая направленность** (что важно для практической стратиграфии);

– **четкость определений** различных понятий и терминов (это избавляет от неоднозначности их трактовки);

– раскрытие **типов биостратиграфических подразделений** (понятные дефиниции и наглядные рисунки);

– подчеркивание **значительной роли региональных стратиграфических схем** (о чем в последние годы часто забывалось);

– формулирование требований к выбору **стратотипов** (речь идет о стратотипах как подразделений, так и их границ);

– освещение соотношений между разными типами стратиграфических подразделений;

– рассмотрение **хроностратиграфии** как важного элемента в достижении основной цели стратиграфии.

4.19. Не комментируя подробно вышеперечисленные положения (они понятны без специальных разъяснений), напомним, как выглядят категории и подразделения стратиграфической классификации в "Справочнике". Из табл. 4 следует, что выделяется несколько стратиграфических категорий: **литостратиграфические** (с подразделениями: группа–формация–пачка–пласт, поток), **ограниченные несогласиями** (синтема); **биостратиграфические** (биозоны: зоны распространения, интервал-зоны, зоны родословной, комплексные зоны, зоны обилия и др.); **магнитостратиграфической полярности** (зона полярности); **хроностратиграфические** (зонотема–эратема–система–серия (отдел)–ярус–подъярус) и другие (неофициальные) категории.

Эти категории считаются самостоятельными, независимыми. В то же время, утверждается, что хроностратиграфические подразделения имеют наибольшее значение для глобального применения. Другие типы подразделений (лито-, био- и ограниченные несогласиями) обычно применяются в региональном масштабе. Магнитостратиграфические единицы потенциально могут применяться в глобальном масштабе, но для их датирования необходимы сведения о других подразделениях.

В этой классификации хроностратиграфические подразделения – это совокупность пород, которые образовались за определенный промежуток времени. При этом в ряде случаев используется хроногоризонт – поверхность или плоскость, которая является повсеместно одновозрастной. Отметим также, что в данной классификации предусматривается выделение хронозон. Они относятся к официальным хроностратиграфическим подразделениям, но не входят в их иерархию и считаются единицами неопределенного ранга.

Хроностратиграфические подразделения глобального распространения служат стандартной шкалой для датирования пород и определения их места в геологической истории. Границы этих подразделений представляются синхронными (в пре-

делах разрешающей способности существующих методов временной корреляции). Ярус является основным рабочим подразделением – подразделением наименьшего ранга. Для прослеживания подразделений и их границ могут использоваться все доступные возможности (литологические признаки, палеонтологические характеристики, изотопные определения возраста, инверсии геомагнитной полярности, следы палеоклиматических и эвстатических колебаний, как и каротажные, сейсмические, химические и прочие свойства горных пород).

4.20. Со многим из вышесказанного можно согласиться. Однако есть ряд моментов, **которые вызывают возражения и требуют обсуждения.**

(1) Прежде всего представляется, что идея, которая отстаивается авторами “Справочника”, о *множественной стратиграфии* с самостоятельными лито-, био-, хроно-, магнито- и прочими стратиграфиями является неверной. Собственно фразеология о равноценности вышеперечисленных подразделений снимается самими же авторами, когда они отмечают, что хроностратиграфия использует всю информацию, получаемую от всех типов стратиграфических подразделений. Нам ближе точка зрения о том, что *стратиграфия “единая”* и что следует стремиться к выделению действительно стратиграфических подразделений (термин “хроностратиграфия” в принципе является плеоназмом по отношению к “стратиграфии”, но в данном случае допустимым), которые обособляются на комплексной основе (с учетом данных по лито-, био-, магнито- и прочим стратиграфиям).

(2) Второе – это некоторая нечеткость в определении *хроностратиграфии*. В “Справочнике” декларируется, что хроностратиграфические подразделения – это совокупность пород, сформировавшихся в течение определенного интервала геологического времени. Но *что* именно определяет этот интервал? Здесь не указываются принципы расчленения древних толщ. Обозначается технология проведения границ подразделений, но на какой базе подразделения выделяются, четко не объясняется. Между тем, следовало бы подчеркнуть, что *подразделения надо выделять только на историко-геологической основе*, как отражения определенной этапности развития Земли и ее отдельных блоков.

(3) Третья проблема – это спорная типизация стратиграфических подразделений. В “Справочнике”, как говорилось выше, выделено несколько категорий подразделений (лито-, магнито- и пр.), которые можно было бы назвать фактически “специальными”, как это сделано в “Стратиграфическом кодексе” России [1992]. В этом кодексе предложена другая классификация (см. табл. 3 а, б) и выделены подразделения – *основные* (их можно назвать “хроностратиграфическими”) и *специальные*. Первые имеют комплексное обоснование, вторые – частное. Первые делятся по пространственному масштабу на

общие (глобальные), региональные и местные. Среди вторых выделяются лито-, био-, магнито- и прочие единицы. Фактически последние часто играют роль “рабочих” подразделений, многие из которых используются практикой на первых этапах изучения разрезов и данные по которым позднее синтезируются при характеристике хроностратиграфических подразделений разного масштаба.

(4) Следующий вопрос – о *литостратиграфии*. Известно, что литостратиграфию О. Шиндewolf считал простратиграфией, а французы относили к описательной стратиграфии. Литостратиграфия представляется в определенной мере подготовительной ступенью собственно стратиграфии, так как сама по себе она не несет понятия о времени (глины или песчаники могут быть и силурийскими, и неогеновыми). При частой диахронности литологических тел геологические карты, составленные только на литологической основе, являются специальными, формационными и не являются строго структурными. Они отличаются от карт, которые составлены на хроностратиграфической основе и которые действительно обеспечивают рисовку структурных элементов в пределах разных участков Земли.

(5) Отдельно обратим внимание на крайне важную проблему – о *региональных стратиграфических шкалах*. В “Справочнике” совершенно правильно подчеркнуто, что путь к выделению единых глобальных подразделений лежит через разработку региональных стратиграфических шкал. Кроме того, всегда будет необходимость иметь региональные и местные единицы независимо от того, точно ли они коррелируются со стандартными глобальными подразделениями. Эти единицы нужны практике как реальное отражение истории развития того или иного региона и как основа геологического картирования и поисков полезных ископаемых. Они особенно важны для крупных территорий и регионов, удаленных от стратотипов Европы. Но, к сожалению, в “Справочнике” *отсутствует иерархия региональных и местных подразделений*, которые, как и глобальные, должны выделяться на *хроностратиграфическом принципе* (и, следовательно, не могут отождествляться, например, с литостратиграфическими, границы которых часто диахронны). Такая иерархия имеется, например, в Российском Кодексе 1992 г., и опыт ее практического использования заслуживает пристального внимания. В нем среди региональных единиц выделяются горизонт, или региоярус, лона, или локальная зона, и слои с географическим названием. Среди местных – комплекс, серия, свита, пачка.

(6) Специально подчеркнем еще раз очень важное обстоятельство. Мы часто забываем, что наши хроностратиграфические подразделения обычно имеют многогранную, *комплексную характеристику*. Каждое подразделение обладает не только каким-либо одним признаком (например, палеонто-

логическим или литологическим), но и рядом других (магнитных и пр.), что и делает стратиграфическую единицу (стратон) *уникальной и неповторимой*.

(7) Возвращаясь к *хронозоне*, которая не входит в иерархию хроностратиграфических подразделений “Справочника”, заметим, что геологическая практика давно освоила эти зоны. Она уже активно использует их в детализации стратиграфических шкал – без них создание дробных шкал фактически невозможно. Можно даже привести примеры их картирования и использования в составлении геологических карт. Это ставит вопрос о введении хронозон в иерархическое построение в качестве частей ярусов. Хотя вопрос о подходах к выбору стандартных зон (из ряда зон по разным организмам) остается необсужденным в разных системах и ярусах, но его решить на основе договоренности не так трудно. В Российском кодексе 1992 г. зона входит в иерархию общих подразделений и расположена после яруса.

(8) Целесообразность внесения зон в иерархию хроноподразделений диктуется и еще одним обстоятельством. Настает время, когда практика все больше обращается к *детальным подразделениям* – не только *зональным*, но и *инфразональным*. Конечно, они имеют большое значение, прежде всего для совершенствования региональных шкал – для целей расчленения разрезов скважин и составления крупномасштабных геологических карт. Но постепенно масштаб применения инфразональных единиц будет увеличиваться и становиться межрегиональным и даже субглобальным [Гладенков, 1995].

(9) Наконец, последнее соображение. Стратиграфию часто называют разделом исторической геологии. Она занимается, во-первых, расчленением горных пород с исторической и хронологической точек зрения, а во-вторых, – разработкой хронологической шкалы для датирования геологических событий. Наверно, эта фраза достаточно понятна. Но еще раз хочется подчеркнуть, что расчленение древних толщ с исторической точки зрения означает расчленение их на естественные, последовательно сменяющие друг друга комплексы, отвечающие последовательным *этапам развития* тех или иных регионов или Земли в целом. Стратиграфия в широком смысле все более становится стратиграфией сменяющихся во времени экосистем.

4.21. Основным результатом стратиграфических исследований – это прежде всего создание стратиграфических шкал и схем (местного, регионального или глобального масштабов). При этом стратиграфия в широком смысле все больше становится стратиграфией палеоэкосистем.

Но, повторим, в круг задач стратиграфии входят и крупные проблемы общей геологии. Это, прежде всего, естественная периодизация геологической истории Земли (и биосферы) и геологическое картирование. Первое (проблема периодизации истории) придает стратиграфии значение самостоятельного – фундаментального – раздела геологии. Второе (картирование) является ярким практическим – прикладным – выражением стратиграфии.

В связи с этим не должно казаться странным, что, помимо освещения обычных для традиционной стратиграфии проблем (стратиграфическая классификация, стратиграфические шкалы и пр.), значительное внимание она должна уделять и вопросам, связанным с рассмотрением *истории биосферы* и экосистем прошлого, как и проявления различных геологических процессов. Поэтому не случайно, что стратиграфия сейчас не ограничивается проблемами первого, методико-технологического уровня (выделение стратиграфических подразделений и их границ и т.п.), а через анализ “*былых биосфер*” все больше переходит к решению одной из важных задач второго, мировоззренческого, уровня – *расшифровке естественной этапности геологического развития Земли*, тренда и последовательности геологических событий разного масштаба.

4.22. Из сказанного выше следует, что стратиграфия важна для человеческого общества не только как прикладная наука. Она имеет *общечеловеческое, методологическое значение*. Вот почему ее роль в воспитании общества и, прежде всего, молодого поколения, т.е. в образовании, трудно переоценить.

А что касается геологии в целом, то без стратиграфии (с ее геоисторической концепцией) она оставалась бы в значительной мере описательной наукой. Поскольку в будущем будет стоять вопрос о совершенствовании Международного стратиграфического справочника или даже о создании *Международного кодекса*, широкое обсуждение затронутых проблем общественностью кажется совершенно необходимым.

5. Методы стратиграфии, особая роль биостратиграфии

5.1. В настоящее время можно насчитать более 17 методов стратиграфического расчленения и корреляции. Среди них:

1) биостратиграфический,	Г	Р
2) литостратиграфический,		Р
3) гефростратиграфический,		Р
4) седиментационно-циклостратиграфический,		Р
5) астростратиграфический,	Г	Р
6) сейсмостратиграфический,		Р
7) секвенс-стратиграфический,	Г	Р
8) магнитостратиграфический,	Г	Р
9) радиологический (изотопная хронометрия),	Г	Р
10) каротажный,		Р
11) геохимический,	Г	Р
12) хемотратиграфический,		Р
13) импактностратиграфический,		Р
14) количественный,		Р
15) экостратиграфический,	Г	Р
16) событийностратиграфический,	Г	Р
17) климатостратиграфический,	Г	Р

(Масштаб использования метода: Г – глобальный и субглобальный, Р – региональный и местный.)

5.2. Следует отметить, пожалуй, четыре обстоятельства, которые надо иметь в виду при использовании этих методов. Во-первых, часть перечисленных методов используется при стратиграфических исследованиях в субглобальном масштабе (например, 1, 5, 7, 8, 9, 16), другая часть – в основном в региональном масштабе (2, 3, 4, 10 и др.). Во-вторых, на разных стадиях стратиграфического исследования используются прежде всего успешно “работающие” в тех или иных условиях методы (сначала это обычно один-два метода, затем их несколько). В третьих, наиболее объективные результаты в стратиграфических работах получаются *при сопряженном (комплексном)* применении разных методов, что обеспечивает, помимо прочего, их взаимоконтроль, а, кроме того, привносит в характеристику стратиграфических подразделений *множественные признаки* (лито-, био-, магнито- и прочие стратиграфические). В четвертых, следует помнить, что не все методы дают информацию о геологическом времени. Самую важную информацию о нем представляют те методы, которые свя-

заны с изучением необратимых, линейно однонаправленных геологических процессов. Это фактически два метода – *изотопный и палеонтологический* (биостратиграфический). Первый из них основан на радиоактивном распаде (см. ниже). Второй – на необратимом развитии органического мира. С их помощью, несмотря на определенные погрешности одного метода и относительность временных датировок другого, собственно и создается каркас геохронологической шкалы.

Другие методы, весьма важные прежде всего для местной стратиграфии и корреляций, обеспечивают их различными реперами, которые играют реальную роль в этом отношении только тогда, когда эти реперы прикреплены к действительно временной шкале (самым типичным случаем здесь можно считать построения по каротажу, но по своей сути это относится и к хемо-, секвенс-, климатическим и другим стратиграфиям). Действительно, различные кривые, которые строятся на данных хемо-, секвенс-, климатических и других стратиграфий, по своему типу являются сходными с таковыми каротажа, отличаясь от них своей спецификой и масштабом проявления.

О всех названных методах подробно можно узнать в ряде специальных публикаций (например, Практическая стратиграфия [1984]; Количественная стратиграфическая корреляция..., [1985]). Ниже мы коснемся лишь некоторых из них, наиболее часто используемых сейчас в геологической практике. При этом о биостратиграфии и экостратиграфии будет сказано в конце раздела.

5.3. *Литологический метод.* При выделении стратиграфических подразделений, картируемых при средне-крупномасштабной геологической съемке, литологические критерии являются ведущими. К этим критериям относятся изменения в осадочных толщах петрографических типов пород и их минеральных особенностях, как и характера слоистости и различных текстурных параметров. При серьезных исследованиях анализ палеонтоло-

гических остатков каждой литостратиграфической единицы является также обязательным.

Литологический метод играет важную роль, прежде всего, в выделении местных стратиграфических подразделений, в которых основная роль принадлежит свите (при необходимости они объединяются в серии или подразделяются на подсвиты или пачки). *Свита* – это совокупность отложений, которые отличаются от ниже- и вышележащих толщ специфическими литолого-фациальными и палеонтологическими характеристиками, вещественным и структурным единством.

Вместе с тем, в литературе отмечаются отдельно собственно литостратиграфические подразделения. Они представляют собой совокупность горных пород, объединенных по сугубо литологическим признакам. Обычно эти единицы являются вспомогательными по отношению к местным стратонам и обозначаются терминами свободного пользования: толща, пачка, слой, маркирующий горизонт. Если свита по идее должна иметь границы синхронного типа, то литостратиграфические единицы часто бывают линзоподобными, т.е. с неровными диахронными границами (крайним случаем могут служить границы органогенных массивов). В этом отношении они близки к формациям американских геологов.

К литологическим характеристикам осадочных толщ относятся: петрографический состав, слоистость, окраска, конкреции, перерывы, цикличность и пр.

Особо следует остановиться на маркирующих слоях и горизонтах, выделяемых на литологической основе. Среди них можно выделить, например:

- пепловые слои или бентонитовые прослои,
- кераген-минеральные ламины,
- кокколлит-керогеновые слои,
- черносланцевые слои,
- турбидиты,
- инундиты (отложения сильных наводнений),
- темпеститы (штормовые слои),
- тайдалиты (отложения высоких приливов),
- гомогениты,
- унифиты (гомогенные алевропелиты),
- сейсмиды,
- ракушняки,
- ископаемые почвы,
- иридиевые слои и пр.

Тефростратиграфия является частным случаем литостратиграфии. Она изучает слои вулканического пепла в разрезах (их идентичность или различие) и через их датирование переходит к тефрохронологии и определенным корреляциям. Тефростратиграфия может играть заметную роль в корреляциях разрезов в вулканических районах. Но в целом она пока играет вспомогательную роль.

5.4. Седиментоциклостратиграфический метод. Цикличность и повторяемость вместе с направленностью и неравномерностью – это общие

свойства всех природных процессов. Очень часто они отражаются в циклично построенных толщах, что издавна используется для их расчленения и корреляции. Это обстоятельство прежде всего важно для корреляций местного и регионального масштаба. Обычно циклы (циклиты, циклотемы и другие синонимы) имеют определенную ранговость и собираются в разные иерархические системы: например, нано-, микро-, мезо-, макро-, мегациклы, с соответствующей продолжительностью от 1 года до $1,5 \cdot 10^8$ лет [Вассоевич, 1977]. Частным случаем проявления цикличности можно считать ритмичное строение отложений, которое отражает равномерную одинаковую повторяемость определенных явлений.

Особенно часто циклостратиграфический метод используется в стратиграфии при расчленении древних толщ, сформировавшихся в прибрежных и мелководных зонах седиментационных бассейнов.

Любые циклы – это однократное, не повторяющееся по направленности изменений сочетание слоев нескольких типов пород (например, гравелит–песчаник–глина). В зависимости от масштаба геологического картирования разные циклы могут служить в качестве свит, пачек и маркирующих горизонтов. Традиционное использование этого метода в расчленении флиша и флишоидных отложений, а также угленосных-параллических толщ и ленточных глин прежде всего квартера, стало классической телеконнекцией разрезов.

В принципе разнообразиями этого метода можно считать секвенс-стратиграфический, астростратиграфический и климатостратиграфический методы. В последнее время много внимания стало уделяться **астростратиграфии** как частному выражению циклостратиграфии. Возможно, этот термин не совсем точен, так как практически речь идет об отражении процессов, происходивших в масштабе не звезд (астро), а Солнца и Земли. В пределах этого направления анализу подвергаются разные циклы, которые связаны с особенностями вращения Земли вокруг своей оси и Солнца – изменениями орбитальных параметров планеты – прецессии (19–23 тыс. лет) и эксцентриситета (92–106 тыс. лет).

5.5. Сейсмостратиграфия и секвенстная стратиграфия. Быстрый прогресс в цифровой обработке сейсмических материалов позволил в 70-е годы подойти к решению многих геологических задач на новом качественном уровне. На основе данных по современным модификациям сейсморазведки отраженных волн стало возможным раскрывать с большой точностью геометрию слоев и форму геологических тел осадочного чехла, выявлять цикличность строения осадочного чехла, с учетом данных бурения и материалов по естественным обнажениям (палеонтологических и других характеристик) путем использования скоростных параметров и особенностей сейсмической записи судить о возрасте и вещественном составе пород, отраженных на сей-

смических разрезах. В определенном плане временной сейсмический разрез с учетом указанных данных, по существу, превращается в геологический. На этой основе родилось новое геологическое направление исследований – сейсмостратиграфия.

Сейсмостратиграфию можно определить как научную дисциплину, возникшую на стыке геологии и геофизики, и одновременно как метод, который на основе извлечения геологической информации из временных сейсмических разрезов отраженных волн на базе современных приемов обработки сейсмических материалов решает различные геологические задачи, связанные с расшифровкой строения осадочного чехла бассейнов. Круг решаемых ею задач охватывает тектонические, литодинамические, стратиграфические и прикладные аспекты геологических исследований изучения осадочных бассейнов [Vail et al, 1977].

5.6. Сейсмостратиграфия все больше входит в практику геологических работ. Ее отличают относительно небольшие финансовые затраты, быстрота получаемых результатов и их наглядность, а также масштабность исследований (в смысле охвата громадных площадей осадочных бассейнов). Она помогает судить о строении осадочных толщ на больших глубинах и получать их трехмерное изображение. К ее достоинствам относится также возможность расчленять осадочный чехол в труднодоступных и плохо обнаженных районах (болота, леса, озера и акватории). “Скорость” сейсмостратиграфического анализа в десятки раз больше, чем многих традиционных геологических направлений.

Вместе с тем, этому методу свойственны некоторые ограничения. Стратиграфические задачи сейсмостратиграфия решает только в осадочных бассейнах, где углы наклона пород, как правило, не выходят за пределы 10–20°. В областях альпинотипных деформаций и в породах консолидированной коры сейсмостратиграфия пока не используется. Важно помнить, что в принципе точность привязки сейсмических отражений к конкретным геологическим границам зависит от длины волны и, следовательно, определяется частотным спектром, что прямо связано с качеством используемой техники. Кроме того, с глубиной качество сейсмических материалов (характер сейсмических записей, их детальность и пр.) падает, что затрудняет сравнение разных частей – более высоко- и относительно низкочастотных сейсмических профилей.

5.7. Сейсмостратиграфия в решении задач стратиграфии базируется на положении об изохронности сейсмических отражений (осей синфазности), выявленных в осадочном чехле. Гладкие (зеркальные) отражения, связанные с напластованием пород, имеют строго фиксированный относительный возраст образования слоев. Шероховатые отражения, приуроченные к поверхностям несогласий, датируются определенным возрастным диапазоном. Его нижний предел всегда моложе подстилающих сло-

ев (и соответствующих отражений) и древнее покрывающих слоев. Данное положение лежит в основе сейсмостратиграфического анализа. Вместе с тем, временные сейсмические разрезы могут содержать, помимо отражений, связанных с возрастными напластованиями и поверхностями несогласий, сейсмические границы, которые приурочены к разделениям, созданным постседиментационными процессами (газгидраты, плоскости разрывных нарушений, пластовые интрузии и другие поверхности). Они, естественно, не являются изохронными, но их роль в формировании временного поля на сейсмостратиграфическом разрезе ничтожно мала и легко устанавливается по секущему положению к отражениям, связанным с напластованиями.

5.8. Рисунок сейсмической записи позволяет подходить к прогнозированию фациального состава пород. Границы рисунка сейсмической записи фациальных зон часто секутся изохронными отражениями, т.е. являются неизохронными. Из данных сейсмостратиграфии следует, что переход по латерали от одной фации к другой происходит постепенно и не создает перепадов акустической жесткости, которые необходимы для образования сейсмического отражения. Выделение изохронных сейсмических фаций прямо согласуется с идеей Н.Б. Вассоевича [1948] о наличии в осадочном чехле так называемого синхронно-мутационного типа слоистости (замещение в пределах горизонтов, ограниченных определенными хронами, одних фаций другими).

5.9. Общепринятой иерархии сейсмостратиграфических единиц стратиграфической специализации фактически нет. В Российском кодексе 1992 г. выделены региональные (сейсмокомплексы) и местные единицы. Недавно была предложена иная иерархия сейсмостратиграфических подразделений [Гладенков, Шлезингер, 2001].

В качестве наиболее крупной сейсмостратиграфической единицы стратиграфической специализации предложено выделять *сейсмозтаж*. Он охватывает крупные части осадочного чехла с возрастным интервалом до первых сотен миллионов лет и толщиной до нескольких километров. В кровле и подошве его обычно ограничивают поверхности угловых несогласий. Сейсмозтаж отличается единством структурного плана и обычно включает в себя несколько сейсмокомплексов.

Сейсмокомплекс (синтема) служит основной сейсмостратиграфической возрастной единицей. Он отделяется опорными отражающими горизонтами, приуроченными к поверхностям несогласий или их согласным эквивалентам. В идеале сейсмокомплекс целесообразно выделять в объеме седиментационного комплекса, отвечающего эвстатическим циклам колебаний уровня моря разных порядков. В стратиграфической практике обычно используются данные по циклам третьего (1–10 млн лет) и четвертого (10 тыс. – 1 млн лет) порядков. В наши дни создана глобальная шкала геологическо-

го времени, основанная на выделении эвстатических циклов колебаний уровня моря в истории Земли (она включает циклы первого, второго и до 80 циклов третьего порядка) (рис. 3). К ней обычно привязываются седиментационные комплексы (или циклы) отдельных регионов. В практике сейсмостратиграфических исследований выделение седиментационных комплексов, связанных с эвстатическими колебаниями уровня моря, наталкивается на определенные трудности. Чаще удается выделять сейсмокомплексы, которые разделяются поверхностями региональных угловых (структурных) несогласий и опорными отражающими горизонтами, фиксирующими региональные тектонические движения и особенности седиментации.

Более дробная возрастная единица сейсмостратиграфии – *сейсмоансамбль* (сеймопакет). Он представляет собой часть сейсмокомплекса, ограниченный выдержанными отражениями. Толщина сейсмоансамбля не превышает 200–300 м при возрастном диапазоне в единицы миллионов лет. Его выделяют на значительно меньшей по площади территории, чем сейсмокомплекс. Сейсмоансамбль представляет собой сейсмостратиграфическую единицу обычно внутриплощадной – внутрибассейновой корреляции и практически не используется при межплощадной корреляции.

Наименьшую возрастную единицу сейсмостратиграфии предлагается называть *сейсмоквантом* (термин предложен Н.Я. Куниным). Она отвечает элементарным сейсмическим отражениям, на которые расчленяется временной сейсмический разрез. Большую их часть обычно составляют слабые сейсмические отражения. В зависимости от частотного спектра сейсмоквант может отвечать разным по мощности и возрастному интервалу единицам разреза (рис. 4).

5.10. При разных задачах меняется технология проведения сейсмических исследований. Для увеличения разрешаемых возможностей повышают частотный спектр волнового поля, но при этом понижается глубинность проникновения сигнала. Наоборот, при увеличении глубинности исследований понижают частотный спектр, проигрывая в разрешаемой возможности. По латерали сейсмокванты низкоэнергетических слоев осадочного чехла могут переходить в сейсмоансамбли и даже сейсмокомплексы.

В настоящее время накапливается опыт картирования сейсмостратиграфических единиц (прежде всего сейсмокомплексов). Картирование таких дробных подразделений, как сейсмокванты, существенно повышает познание строения осадочных бассейнов. Особенно оно важно для выявления не-

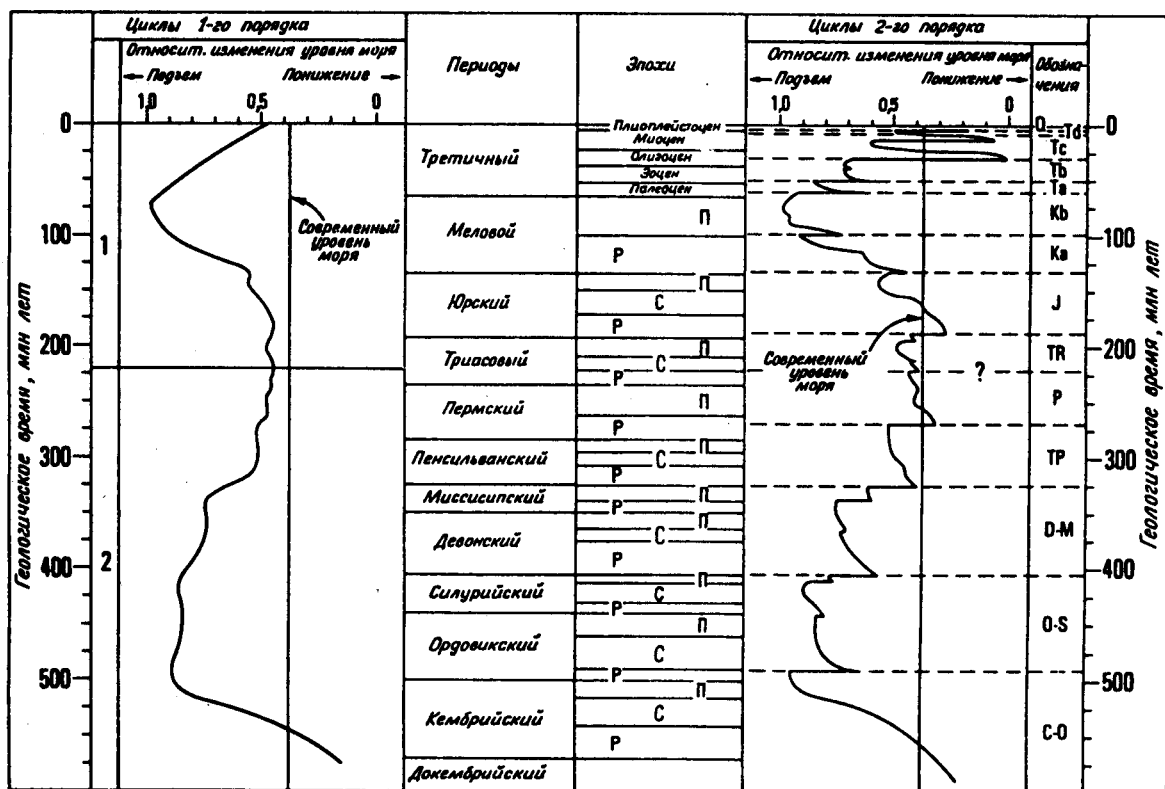


Рис. 3. Глобальные циклы относительных изменений уровня моря первого и второго порядка в течение фанерозоя [Vail et al., 1977]

Эпохи: Р – ранняя, С – средняя, П – поздняя

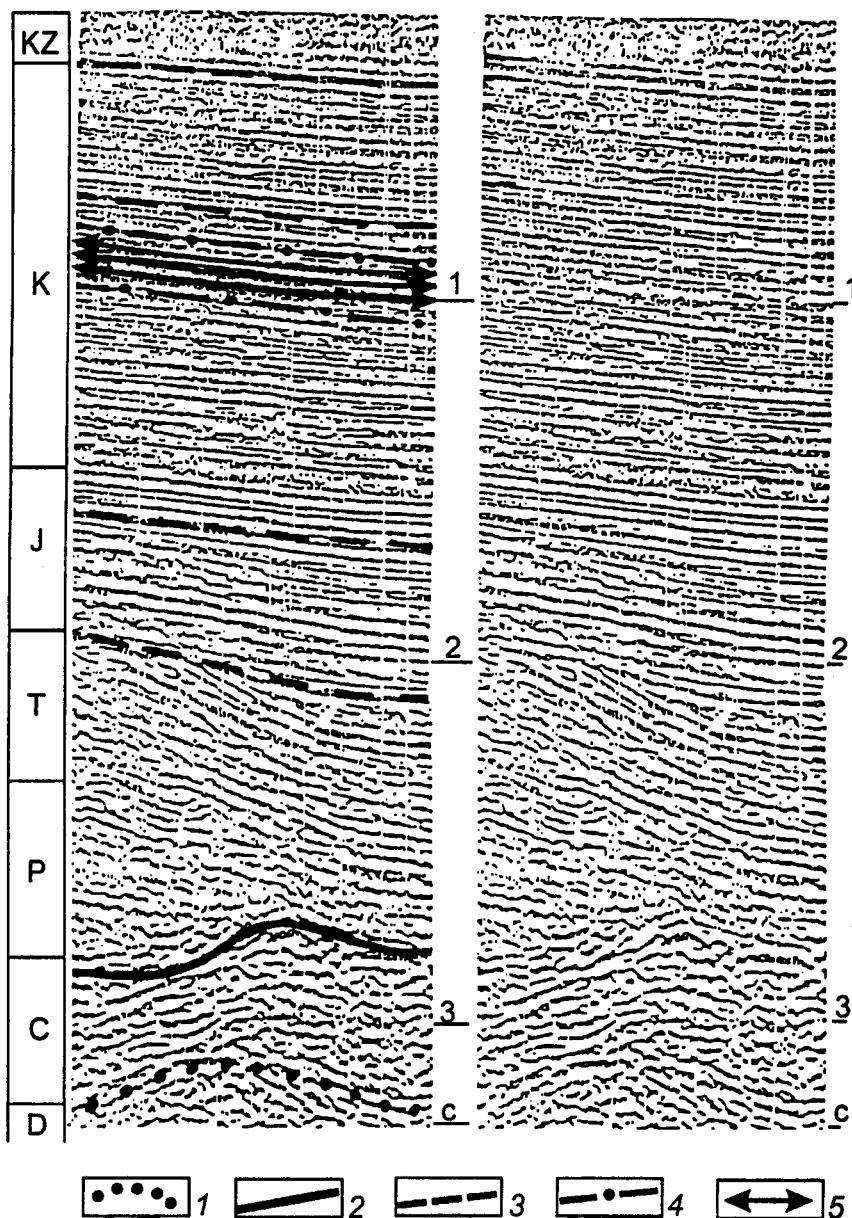


Рис. 4. Возрастные сейсмостратиграфические единицы разреза осадочного чехла [Шлезингер, 1998]

1–4 – границы: 1 – подошвы осадочного чехла, 2 – сейсмозажа, 3 – сейсмокомплекса, 4 – сейсмоансамбля; 5 – сейсмокванты

антиклинальных ловушек углеводородов. Сейсмокванты имеют тенденцию к сжиганию или расхождению, вырисовывая исчезающие или появляющиеся возрастные геологические тела. Следует помнить, что возрастные диапазоны (особенно сейсмокванты) могут меняться в зависимости от технологии сейсмических исследований. Высокочастотная сейсморазведка понижает возрастные объемы сейсмических единиц. И, напротив, низкочастотная сейсморазведка их повышает.

При картировании сейсмостратиграфических единиц в разных осадочных бассейнах важное значение при определении объемов тех или иных тел имеет установление кровельного и подошвенного прилеганий.

5.11. Возрастные стратиграфические единицы осадочного чехла выделяются по данной фазовой корреляции отражающих горизонтов. Она осуще-

ствляется при непосредственном прослеживании сейсмических отражений.

Сейсмостратиграфические единицы и сейсмостратиграфическая корреляция намечаются прежде всего внутри единого осадочного бассейна. При переходе в другой бассейн, отдаленный значительной областью отсутствия осадочного чехла, сейсмостратиграфическая корреляция должна осуществляться с учетом данных биостратиграфии. В ряде случаев сейсмостратиграфия может помочь проверке биостратиграфических построений. Особенно это важно при переходе морских шельфовых отложений в образования открытого океана, где правильное сопоставление биотических комплексов вызывает большие трудности.

5.12. Вышеизложенное указывает на большие возможности в использовании в стратиграфических исследованиях сейсмостратиграфического ме-

тогда, который позволяет выделять реальные хроностратиграфические подразделения, причем часто в трехмерном измерении, и протягивать их на значительные расстояния. Увязка с биостратиграфическими единицами (горизонтами и зонами) позволяет определять реальный геологический возраст сейсмостратиграфических единиц. Чрезвычайно важно, что фазовая корреляция изохронных отражений способствует реальной расшифровке соотношения свит в разрезах разных регионов и сопоставлению разнофациальных разрезов, что всегда наталкивается на большие трудности. При этом сейсмостратиграфия дает объективные критерии проверки стратиграфических схем, составленных на основании других методов.

Сейсмостратиграфия с ее методикой исследования границ осадочных комплексов позволяет надежно разграничивать области перерывов осадконакопления и последующих размывов, устанавливая типы несогласий. При этом по выраженности отражений (их гладкости и шероховатости) определяется масштаб перерывов (во времени и пространстве) и, в частности, намечаются скрытые перерывы. Калибровка перерывов глобального, регионального и местного уровней позволяет реально решать многие задачи стратиграфического расчленения.

Одним из важных направлений использования сейсмостратиграфии в стратиграфии является выявление этапности развития осадочных бассейнов прошлого, что прямо укладывается в рамки популярных событийной, динамической и бассейновой стратиграфии.

5.13. В середине 80-х годов *секвентная стратиграфия, или секвенс-стратиграфия*, широко вошла в научные и практические исследования осадочных бассейнов. Как новое направление геологических исследований она связана с именем П.Р. Вейла.

Секвенс-стратиграфия представляет собой научную дисциплину, корни которой базируются на основных понятиях и положениях сейсмостратиграфии. При этом единицы секвентной стратиграфии и сейсмостратиграфического расчленения несут разную генетическую нагрузку. Первые отражают прежде всего цикличность, обусловленную относительными колебаниями уровня моря, а вторые являются единицами, отражающими разные процессы и стороны развития бассейнов. Часто подразделения секвентной стратиграфии и сейсмостратиграфические единицы не совпадают в разрезе. Секвентная стратиграфия может с успехом применяться при комплексировании сейсморазведки отраженных волн с данными бурения и поверхностными геологическими исследованиями. Одиночные буровые скважины и естественные обнажения практически невозможно использовать при секвенс-стратиграфическом анализе.

5.14. Терминология и иерархия подразделений секвентной стратиграфии еще не устоялись. Один

из вариантов иерархии включает в нисходящем порядке: мегасеквенс, суперсеквенс и парасеквенс [Дополнения..., 2000].

Секвенс – это согласная последовательность генетически связанных слоев, образованная за один цикл колебаний относительного уровня моря и ограниченная несогласиями. Это обычно региональные единицы, охватывающие весь бассейн седиментации, но наиболее отчетливо проявляющиеся в краевых частях бассейнов.

Группы секвенсов (или как их иногда называют в нашей литературе – секвентов), которые соответствуют крупным циклам колебания уровня моря, образуют супер- и мегасеквенсы, а мелкие циклы отражаются в парасеквентах. Обычно секвенс-стратиграфия использует циклы третьего (1–5 млн лет) и второго (10–80 млн лет) порядка.

Колебания относительного уровня моря обусловлены тремя факторами: эвстазией, прогибанием дна бассейна и поступлением осадочного материала.

Парасеквенс – это мелеющая вверх последовательность слоев, ограниченная поверхностями морского затопления. Выделяются три типа таких последовательностей: проградационный (регрессивный), ретроградационный (трансгрессивный) и аградационный (стабильный).

Секвенсы состоят из трех частей, или трактов, которые представляют собой латеральные ряды, образовавшиеся в различных условиях седиментации. Это – тракт низкого стояния моря, трансгрессивный тракт и тракт высокого стояния моря.

5.15. Седиментационные комплексы секвентной стратиграфии, созданные эвстатическими колебаниями уровня Мирового океана, могут служить реперным каркасом для глобальной корреляции осадочных бассейнов. Однако методика отделения эвстатических колебаний уровня моря от региональных, запечатленных в разрезах осадочного чехла, остается практически не разработанной.

Расчленение континентальных толщ с позиций секвентной стратиграфии возможно только при непосредственном их сопряжении с одновозрастными морскими образованиями.

В результате последних дискуссий многие специалисты пришли к мнению, что термин “секвенция” предпочтительнее всего использовать в смысле “последовательности”, а для выделения толщ, ограниченных размывами, употреблять понятие “синтема”, а секвенции, происхождение которых действительно связано с эвстатикой, называть “вейлитами” по имени П.Р. Вейла (P. Vail). Другие геологи предлагают относить “секвенсы” к разновидности циклических подразделений. Таким образом, вопросы классификации и номенклатуры нуждаются еще в серьезном обсуждении.

Вместе с тем созданные схемы секвентов, в частности, для мезозоя и кайнозоя, обнаруживают не только сходство во временной привязке и “направ-

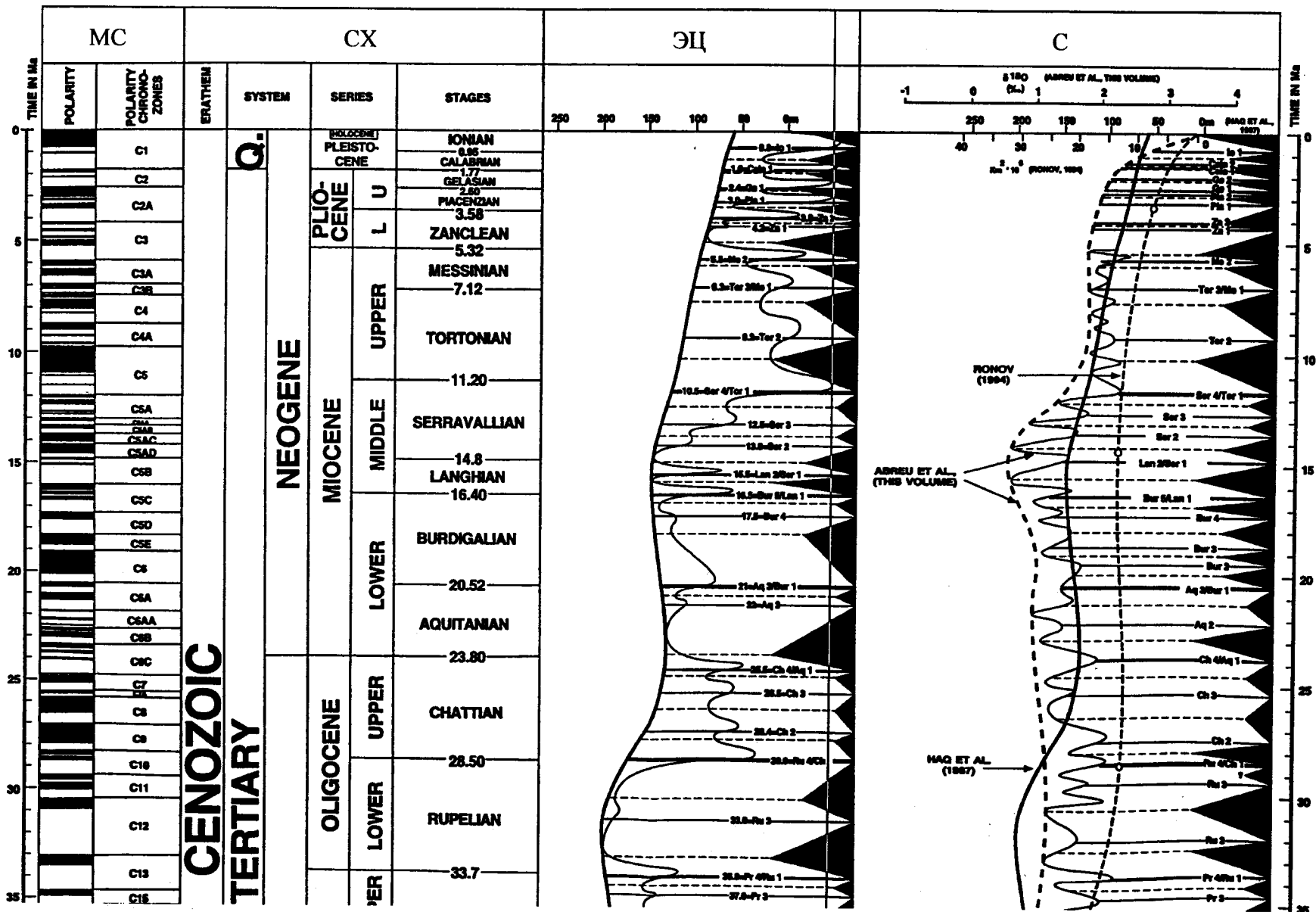


Рис. 5. Секвенсы кайнозойского разреза европейских бассейнов [Hardenbol et al., 1998]
МС – магнитостратиграфия; СХ – стандартная хроностратиграфия; ЭЦ – эвстатические циклы; С – секвенсы разного порядка внутри эвстатических циклов, трансгрессий на континентах и усредненные длинно- и короткофокусные изотопные кривые

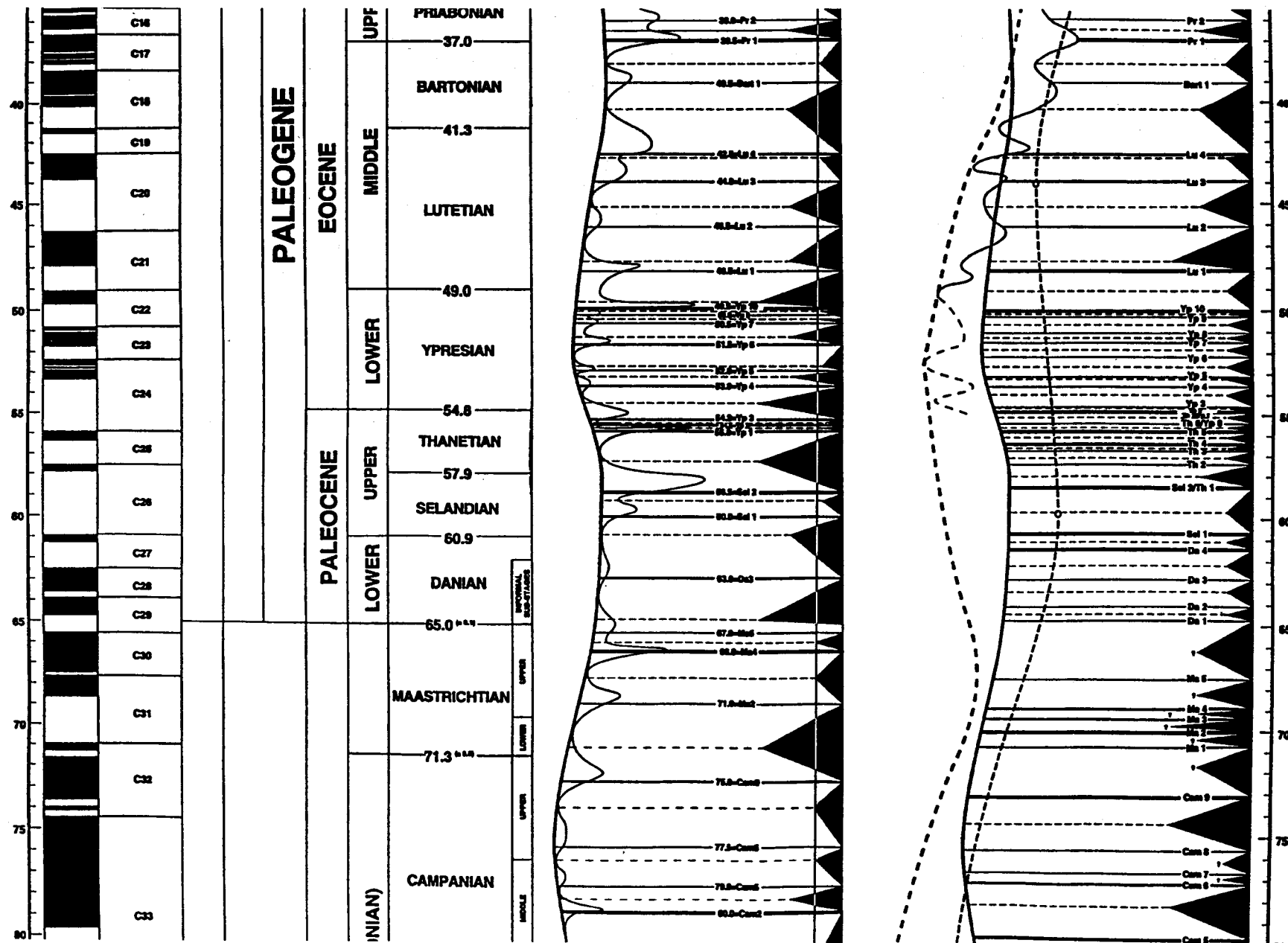


Рис. 5. Окончание

ленности" (трансгрессивной или регрессивной) тех или иных секвентов, но и в ряде случаев резкие различия. Иллюстрацией этого могут служить широко известные построения, с одной стороны, Хэка и др. [Haq et al., 1987], а с другой – Харденбола и др. [Hardenbol et al., 1998] (рис. 5). Другими словами, подобные схемы нуждаются еще в дополнительном обосновании. Однако отрицать их привлекательности как одного из приемов расшифровки характера колебаний относительного уровня моря было бы неправильно. Дело, видимо, в том, чтобы избавить геологические реконструкции данного типа от конъюнктурных подгонок и некорректных толкований соответствующих терминов.

5.16. Палеомагнитный метод. В основе метода лежит выделение магнитополярных подразделений на основе выявленных в породах магнитных параметров, отражающих, прежде всего, характеристики изменения полярности магнитного поля. Магнитная полярность геологических объектов определяется первичной составляющей их естественной остаточной намагниченности. Среди магнитополярных единиц выделяются магнитозоны общего и регионального масштаба. При этом выделения исходят из представления о дипольном состоянии палеомагнитного поля.

Магнитополярные подразделения по своей природе являются планетарно изохронными. Однако они обладают слабой индивидуальностью и для своего "опознания" нуждаются в дополнительных данных биостратиграфии и изотопного метода. Таксономическая шкала общих магнитополярных подразделений состоит из мега-, гипер-, супер-, орто-, суб- и микрозон (с приблизительной их длительностью от 100 млн лет до 0,5 и менее млн лет). Путем сопоставления опорных магнитостратиграфических разрезов строятся магнитостратиграфические шкалы полярности – глобальные и региональные.

5.17. В практике геологических работ давно используется метод *каротажа*. Под каротажом понимаются геофизические исследования, проводящиеся в скважинах с целью расчленения и корреляции разрезов, а также выявления пластов и горизонтов с полезными ископаемыми. Выделяются электро- и радиоактивный каротаж. Данные каротажа позволяют судить о литологическом составе слоев и пачек, отражая его в виде кривых на специальных графиках, сопровождающих разрез скважин. Однако надо помнить, что каротаж является формальной регистрацией определенных характеристик разреза, которые обычно не прослеживаются за пределы ограниченного района. При корреляциях регионального масштаба он обычно малоэффективен. При этом каротажные кривые не несут информацию о возрасте пород и без данных, полученных другими методами, не дают возможности проводить корреляции с определенной степенью уверенности.

5.18. Геохимический метод. Он базируется на выявлении в разрезах повышенных или понижен-

ных концентраций отдельных химических элементов и границ, отмечаемых резкими перепадами этих концентраций. Применение метода основано на учении о миграции, рассеянии и концентрации химических элементов в земной коре. Их геохимическая подвижность зависит от физико-химических свойств элементов и от внешних условий их миграции. Этот метод помогает расчленять осадочные толщи по геохимическим признакам и намечать маркирующие геохимические горизонты. Пока играет в основном вспомогательную роль.

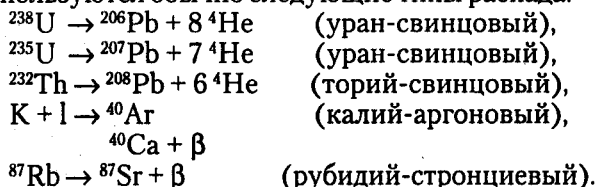
В последнее время модной становится *хемостратиграфия* – новое направление, которое нацелено на решение стратиграфических задач с помощью геохимических показателей, отражающих в геологическом времени определенные изменения условий регионального и глобального характера. В этом плане сейчас используются главным образом колебания изотопного состава углерода (в карбонатных породах и в органическом веществе сланцев), стронция (в рубидийсодержащих минералах), серы и пр. Стратиграфическая корреляция, а иногда и привязка к шкале опираются при этом на существующие модели указанных изменений. Эти модели пока несовершенны и неполны. Сейчас в их формате идет разработка соответствующих эталонных кривых на основе изучения опорных разрезов. Непременной и весьма трудоемкой частью исследований является тестирование материала изучаемых разрезов на пригодность.

К новым принадлежит и *импактно-стратиграфический метод*. Он основан на выявлении в отдельных слоях скоплений химических элементов платиновой группы или платиноидов (например, иридия), а также тектитов и других образований, которые связываются с падением на Землю небесных тел (прежде всего метеоритов) в отдельные моменты прошлого. Но количество таких слоев постоянно растет, и они из-за этого теряют свою стратиграфическую уникальность как реперов. А, вместе с тем, происхождение иридиевых аномалий многие соотносят не с небесными явлениями, а с земным вулканизмом. Шкалы, строящиеся на импактной основе, не могут быть корректными, если они не привязаны к геохронологической основе.

5.19. Радиологические методы. Изотопная, или радиологическая, хронометрия приобрела заметное место в геологических, в том числе стратиграфических, исследованиях. Особое значение она имеет для стратиграфии докембрия. Однако ее роль велика и для фанерозойской стратиграфии, прежде всего для датирования магматических и метаморфических образований [Виноградов, 2001].

Радиологические методы основаны на использовании радиоактивного распада химических элементов при условии, что скорость его за все время существования Земли оставалась постоянной, специфичной для каждого элемента. Измерение возраста пород производится по содержанию в породах и

минералах материнских и дочерних продуктов радиоактивного распада. Для определения возраста используются обычно следующие типы распада:



Эти типы положены в основу радиологических методов: калий-аргонового, рубидий-стронциевого, свинцового, радиоуглеродного.

Калий-аргоновый метод используется обычно для датирования магматических и метаморфических пород фанерозоя по минералам, содержащим калий (слюды, полевые шпаты и пр.).

Рубидий-стронциевый метод применяется для определения возраста пород и минералов, содержащих рубидий (биотит, амазонит, мусковит и др.). Важен для анализа кислых и средних магматических пород и метаморфид фанерозоя и докембрия.

Уран-свинцовый метод обычно используется для датирования докембрийских пород. Этим методом анализируются радиоактивные и акцессорные минералы, содержащие уран и торий (монацит, циркон, уранинит и др.).

Наконец, **углеродный метод** играет важную роль для датирования различных объектов (уголь, кости, раковины) позднего плейстоцена – голоцена.

Помимо вышеперечисленных методов, в последнее время развиваются и некоторые другие – самарий-неодимовый, калий-кальциевый, уран-ксеноновый, трековый, неравновесного урана и др. Сейчас в практику внедряются нейтронно-активационные варианты разных методов, которые позволяют датировать открытые геохронологические системы (породы с наложенными изменениями). Использование радиологических данных с выявлением возраста пород и минералов, имеющих строго определенное стратиграфическое положение, позволяет строить варианты геохронологических (геохронометрических) шкал, что имеет важное значение для датирования стратиграфических подразделений и различных событий прошлого.

5.20. Климатический метод. Он используется для стратиграфического расчленения местной, межрегиональной и даже глобальной корреляции осадочных толщ. Фактически климатостратиграфия – это системный подход, базирующийся на использовании разных методов (лито-, палеонтологический, изотопно- и прочих стратиграфических). Выделение крупных или мелких климатических ритмов в разрезах (в диапазоне от 200–300 млн лет до года) является основой для обособления и корреляции. Климатический ритм – это закономерная последовательность нескольких периодически повторяющихся во времени стадий климатического режима (теплых–холодных и влажных–сухих), зафиксированных в осадках.

Наиболее часто этот метод используется в четвертичной стратиграфии, но и в ряде случаев и для детализации расчленения ярусов фанерозоя (прежде всего неогена). В “Стратиграфическом кодексе” 1992 г. климатостратиграфические единицы (климатолиты, стадиалы, наслои) относятся к специальным подразделениям. В то же время, на их основе выделяются основные подразделения общей шкалы (в иерархическом порядке): раздел, звено, ступень. Раздел – это крупная единица квартала, которая соответствует сложному этапу развития климата и охватывает несколько крупных климатических ритмов. Звено – это подразделение, которое объединяет комплекс пород, сформировавшихся во время нескольких климатических ритмов: потеплений (межледниковье, арид) и похолоданий (ледниковье, пльувиял). Ступень – это комплексы пород, сформировавшиеся во время субглобального похолодания или потепления. В последние десятилетия на базе сопряженного использования изотопно-кислородной и палеомагнитной методик разрабатывается достаточно подробная шкала изотопных “ярусов”. Она особенно успешно применяется для квартала и верхов неогена.

5.21. Событийно-стратиграфический метод. Этот метод базируется на изучении геологических событий, документируемых в разрезах с использованием этих событий в качестве маркеров для расчленения и корреляции осадочных слоев. В 70-е годы прошлого века термин “событийная стратиграфия” использовал Эйджер [Ager, 1973] для корреляции тех или иных кратковременных событий, которые зафиксированы, в частности, в ленточных глинах, бентонитовых слоях и т.п. Понятие “событие” используется в таком случае для обозначения дискретных явлений или стадий того или иного прерывистого процесса. Были предложения, чтобы продолжительность самого события рассматривалась как $\frac{1}{100}$ продолжительности изучаемого промежутка времени. Для стратиграфии особенно важны следы легко узнаваемых уникальных событий, хотя в различных типах разрезов они могут отражаться по-разному. Геологические события по своей природе бывают абиотическими и биотическими. По масштабу пространственного проявления среди них можно отметить глобальные и региональные.

Выявленные последовательности глобальных событийных уровней фанерозоя часто называют “событийно-стратиграфической шкалой”. Событийные шкалы, или “календари геологических событий”, активно строятся сейчас и для отдельных регионов и бассейнов. На рис. 6 отражена в качестве примера корреляция разных событий кайнозоя Сахалина (см. ниже).

Вместе с тем, в широком смысле вся стратиграфия является “событийной”. И наверно можно выделить не только кратковременные, но и средние и крупные (по продолжительности) события – этапы, которые и находят свое отражение в региональ-

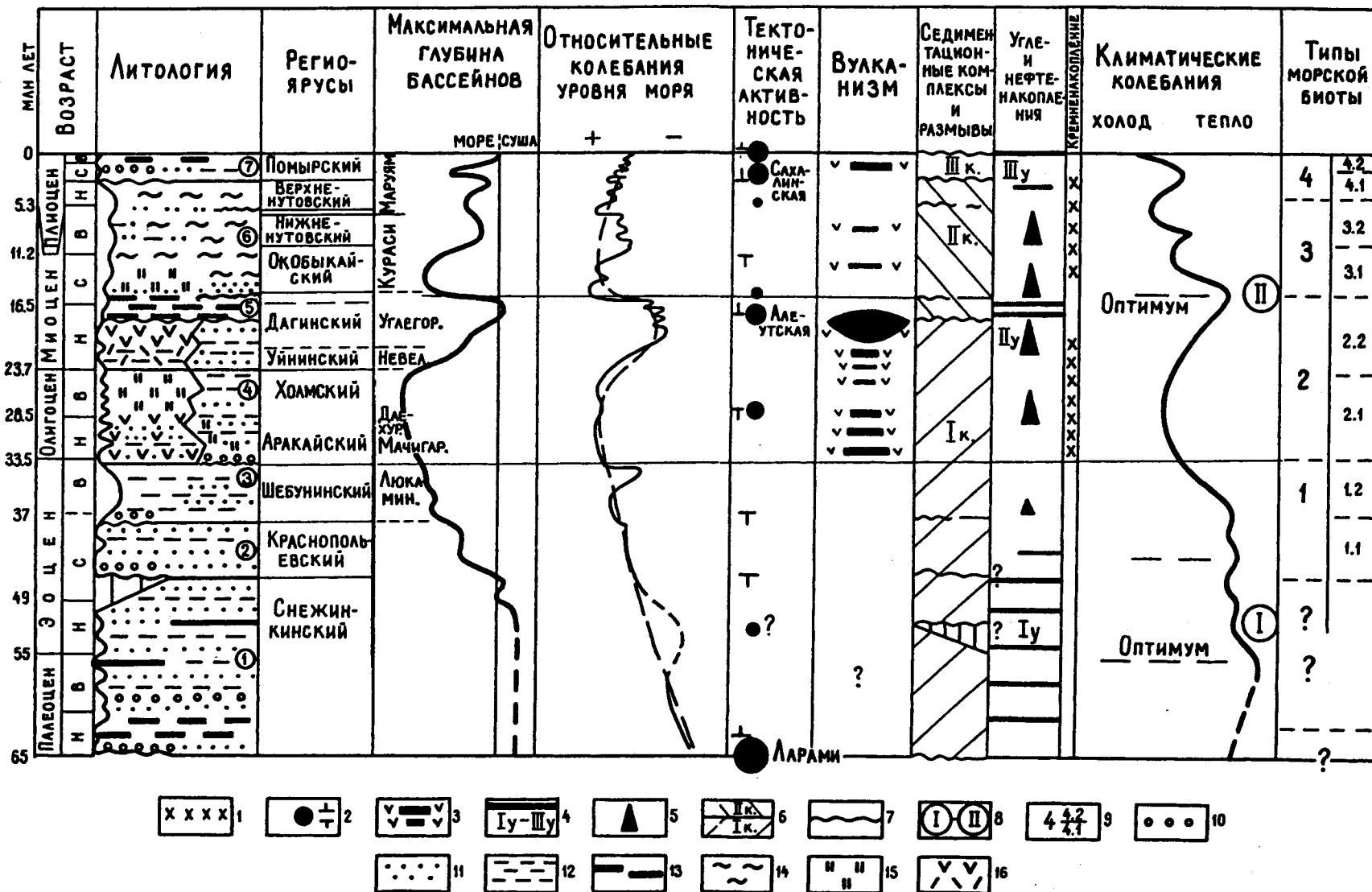


Рис. 6. Корреляция геологических событий кайнозоя Сахалина [Гладенков, 2001]

1 – этапы кременнакопления; 2 – фазы тектонической активизации; 3 – вулканическая активность; 4 – крупные эпохи угленакопления; 5 – нефтегазонакопление; 6 – крупные седиментационные циклы; 7 – размывы, перерывы; 8 – крупные климатические оптимумы; 9 – типы и подтипы бентосной биоты; 10–16 – породы: 10 – конгломераты, 11 – песчаники, 12 – алевролиты, аргиллиты, 13 – угли, 14 – диатомиты, 15 – опоки, кремни, 16 – вулканические породы и туфы. Цифры в кружках (1–7) – крупные литологические циклы

ных и общих стратиграфических схемах и шкалах. В этом отношении такая стратиграфия практически смыкается с экостратиграфией.

5.22. Экостратиграфический метод. В последнее время этот метод, который базируется на этапах изменения сообществ организмов и абиотических компонентов внешней среды, тоже используется в расчленении и корреляции осадочных толщ. Он подразумевает определение стратиграфических единиц на основе биологических, экологических и седиментационных характеристик, что обозначается названием “палеоэкосистемный анализ”.

Фактически экостратиграфия – это в определенной мере синтез палеонтологических и литологических данных. Из палеонтологической компоненты здесь анализируются не отдельные таксоны каких-либо групп, а именно, сообщества (ассоциации, комплексы). На основе экостратиграфического анализа делаются попытки построить шкалу сменяющихся в стратиграфической последовательности экозон, которые отражают смену состояний палеоэкосистем. Однако специальная иерархия подразделений этого типа пока не разработана. Практически, чаще всего “экозоны” отражаются в единицах общей и региональной стратиграфических шкал – системах, ярусах, “региоярусах” или “горизонтах” – и гораздо реже в комплексных зонах.

Экостратиграфический подход может помочь также в решении ряда других практических задач стратиграфии: разработке дробных стратиграфических схем отдельных районов, создании корреляционных схем межрегионального и даже субглобального масштаба (на основе выявления общих закономерностей развития разных биогеографических провинций, областей и установления каких-либо экосистемных сукцессий, например, в связи с мировыми климатическими и эвстатическими циклами). Одно из направлений экостратиграфических исследований – это уточнение границ стратиграфических подразделений на основе выявления экологических перестроек.

В принципе экостратиграфия представляется настоящей “динамической” стратиграфией, вбирающей в себя био-, событийно-, лито- и прочие стратиграфии и отражающей смену экосистем во времени. Можно сказать, что она является стратиграфией, освещенной с позиций экологического – в широком смысле – развития био- и литосфер. В общем, настоящая “культурная” стратиграфия и должна быть такой. Всегда следует помнить, что она занимается не только технологией расчленения и корреляции осадочных толщ, но и историей развития древних оболочек Земли. Именно это дает ей возможность на геоисторической основе выделять стратиграфические единицы разного типа. И с этой точки зрения, термин “экостратиграфия”, может быть, и излишен.

Остается добавить, что палеоэкология в том узком смысле, который придавался ей в связи с изуче-

нием гамм фаций какого-либо бассейна, является частным случаем палеоэкологии в широком смысле, если под ней понимать стратиграфию палеоэкосистем. Особенно много сделал в России для развития палеоэкологии Р.Ф. Геккер [1957], который не только обосновал необходимость изучения изменяющихся в пространстве фаций, но и указал на возможности детальных корреляций разрезов по палеоэкологическим и биостратиграфическим признакам (для небольших отрезков геологического времени, когда “эволюционный” метод не действует), а также расчленения и сопоставления разрезов на основе закономерностей экологической смены комплексов форм и биоценозов в пространстве и времени.

Об экосистемном анализе применительно к палеоэкосистемам будет сказано в последующих разделах.

5.23. Палеогидрологический метод можно считать частным случаем экостратиграфического и в определенной мере событийного метода. Он был введен в практику в 40–50-е годы Б.П. Жижченко [1948] при разработке стратиграфии отложений полужамкнутых бассейнов. Стратиграфия осадочных толщ строилась им на признаках, изменение которых может быть выявлено в осадках разных фаций. К таким признакам относятся, в частности, изменения температуры и солёности, которые сказываются по всей толще вод палеобассейнов – особенно изолированных или полуоткрытых кайнозойских бассейнов типа Понто-Каспия. При этом удается провести корреляцию слоев, которые лишены общих видов.

5.24. Биостратиграфический метод. Этот метод опирается на изучение палеонтологических остатков в рамках одного из основных положений эволюционной теории – необратимости эволюции органического мира. Это обеспечивает главное преимущество этого метода перед другими – неповторимость в историческом развитии остатков организмов. Есть и другое преимущество – широкое пространственное распространение многих таксонов и их комплексов, что допускает широкую корреляцию разрезов разных отдаленных друг от друга провинций и областей.

Основанием для расчленения биостратиграфическим методом того или иного разреза служит выявление определенной последовательности комплексов органических остатков, что позволяет обособлять разного типа стратиграфические единицы.

5.25. Анализ фаунистических и флористических комплексов в конкретных разрезах начинается с выделения в слоях таксонов разных категорий. Прежде всего в этих слоях выделяются руководящие, характерные, исчезающие, появляющиеся и транзитные формы (рис. 7). По количественному признаку среди них отмечают доминирующие (массовые) и редкие таксоны. Нельзя сказать, что определения этих понятий общеприняты и что они вообще исчерпывающе точно сформулированы.

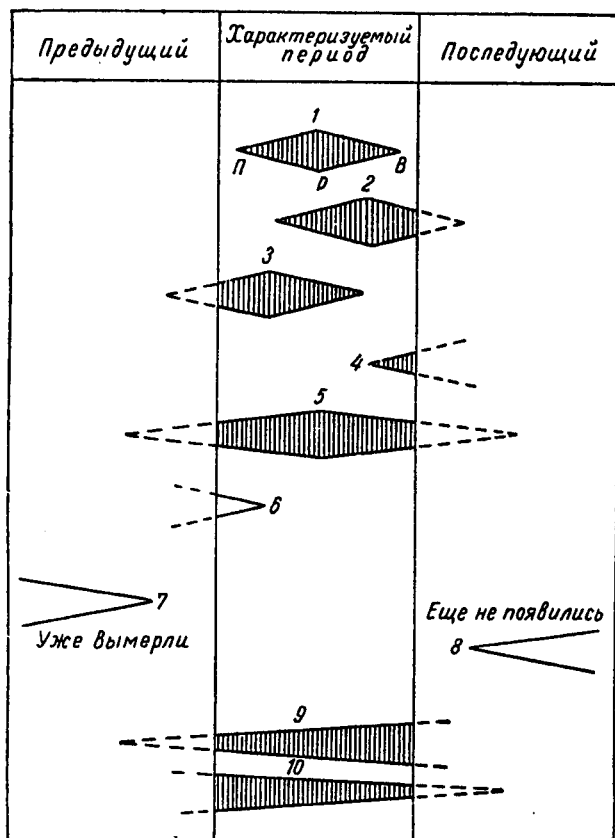


Рис. 7. Схема биостратиграфического анализа [Жемчужников, 1934]

Заштрихованные ромбы – развитие отдельных групп или форм. Буквенные обозначения: п – появление; р – расцвет; в – вымирание. Цифровые обозначения: 1 – группа (форма), свойственная только данному стратиграфическому подразделению (руководящая); 2 – группа (форма), появляющаяся и достигающая расцвета в данном стратиграфическом подразделении, но переходящая в вышележащие слои (характерная); 3 – форма (группа), появившаяся в нижележащих слоях, но достигающая расцвета и исчезающая в данном подразделении (характерная); 4 – группа (форма), впервые появляющаяся в данном подразделении, но достигающая расцвета в более высоких слоях; 5 – группа (форма), появляющаяся в нижележащих слоях и исчезающая в вышележащих слоях, но характерная для данного подразделения; 6 – форма (группа), переходящая из нижележащих слоев и исчезающая в данном подразделении (“доживающая”); 9 и 10 – группы (формы), распространенные в нескольких стратиграфических подразделениях, не обнаруживая явных признаков расцвета ни в одном из них (“консервативные”, или

руководящим видам могут быть отнесены и формы местного значения. В близком смысле выделяют также *архистратиграфические* и *ортостратиграфические* формы.

Характерные (или контролирующие) таксоны включают те формы, которые появляются в подстилающих и исчезают в вышележащих отложениях, но встречаются в данных слоях или горизонте наиболее часто и в большом количестве.

Впервые появляющиеся формы – это те формы, которые появляются в данном подразделении и переходят в вышележащие слои.

Исчезающие (или “доживающие”, что не всегда правильно) формы переходят из нижележащих слоев в рассматриваемую толщу, для которой они могут быть характерными.

Наконец, таксоны с большой амплитудой стратиграфического распространения, которые проходят через ряд слоев или горизонтов, относят к *транзитным*.

Помимо этого, в литературе встречаются и некоторые другие категории таксонов, которые в той или иной мере используются стратиграфами. Так, часто отмечаются *викарирующие* формы (в частном случае – *виды-заместители*), которые сменяют друг друга по латерали – в разных фациях или на площади с переходом от одной провинции (или одного климатического пояса) к другой (другому). Формы, которые распространены пространственно широко, относятся к *космополитным*. Крайним случаем среди них являются *убиквисты*, развитые практически “везде”. Формы с узким географическим распространением называются *эндемичными*. Иногда специально обозначают *анастрофические* и *консервативные* формы. Первые отличаются быстрым развитием с моментами – узлами быстрого расцвета (анастрофы). Вторые – медленной эволюцией без узловых моментов. Таксоны, развитие которых характеризуется относительным постоянством, называют *персистентными*. В одних случаях отмечают *суперститовые* (или реликтовые) формы, а в других – *колонизальные* таксоны (формы “молодого облика” среди древних слоев). В литературе часто выделяются также *рекуррентные* формы – они могут повторяться в разрезе несколько раз в связи с повторением в нем определенных фаций (рис. 8).

5.26. При анализе палеонтологических остатков изучается, естественно, прежде всего, систематический состав комплексов с выделением руководящих, характерных и прочих форм. Вместе с тем, обращается специальное внимание на *количественное соотношение* тех или иных таксонов, что позволяет часто судить об особенностях древних сообществ – прежде всего их *доминантах*, преобладающих экологических группировках и других чертах, данные о которых бывают чрезвычайно важными для стратиграфии (рис. 9).

5.27. Специально подчеркнем, что при анализе комплексов в разрезе мы можем иметь смену комп-

Тем не менее, можно дать каждому из терминов определенное толкование и использовать их в своей практике.

Руководящие формы – это таксоны, которые присутствуют в данном стратиграфическом подразделении и не переходят в подстилающие и покрывающие отложения. Обычно они имеют узкий возрастной интервал и широкое географическое распространение. Однако в конкретном разрезе к ру-

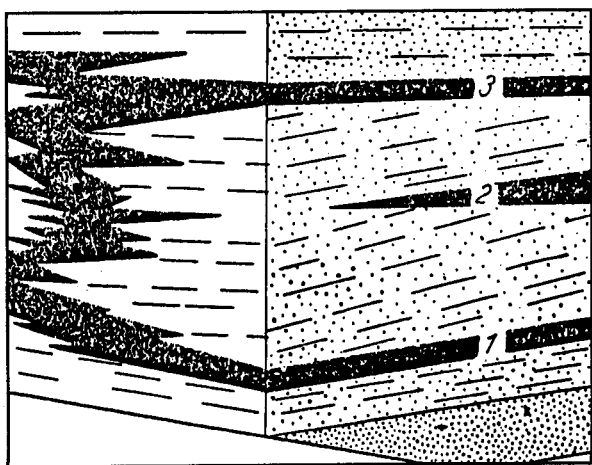


Рис. 8. Связь появления рекуррентных комплексов фауны с миграцией фаций (Мур, 1948; цит. по: [Степанов, 1958])

Слои, содержащие ископаемые, показаны в разрезе в двух плоскостях, пересекающихся почти под прямым углом. В плоскости с правой стороны показано, что комплекс фауны в черных сланцах, характерных для слоя 1, повторяется без сколько-нибудь существенных изменений выше по разрезу (слои 2 и 3). В плоскости слева видна непрерывность накопления черных сланцев в условиях многократного перемещения зоны их седиментации

лексов, обусловленную разными причинами. Первая причина – это эволюционные изменения сообществ и таксонов. Вторая причина связана со сменой палеогеографических и палеоэкологических обстановок, которые отразились в определенных изменениях фаций и, соответственно, биотических группировок. Таким образом, всегда надо разбираться – чем обусловлена сменяемость ископаемых в разрезах.

Естественно, выявление эволюционных преобразований органического мира лежит в основе общих и региональных построений. В этом направлении синтезируются данные по разным аспектам: (1) этапность развития таксонов, (2) смена доминирующих групп, (3) ароморфные изменения отдельных таксонов, (4) вымирания палеокомплексов разного масштаба (см. ниже).

5.28. Разные палеонтологические группы имеют различное значение для расчленения и корреляций разрезов. В последнее время особенно популярными стали планктонные сообщества, которые на зональной основе плодотворно используются в нынешней практике для широких глобальных и межрегиональных корреляций сравнительно глубоководных толщ. Вместе с тем, бентосные группы до сих пор остаются опорными при расчленении относительно мелководных древних толщ в пределах отдельных регионов, обеспечивая дробную зональность провинциального и межрегионального масштабов. Бентосные группы, помимо этого, имеют важное значение для палеоэкологических и палеогеографических реконструкций.

В связи с этим в последнее время достаточно часто стали использоваться понятия *орто-* и *парарасчленение* [Schindewolf, 1970]. Обычно орторасчленение базируется на использовании планктонных групп, а парарасчленение – бентосных ассоциаций. При этом предполагается, что их роль определяется разными темпами эволюционных преобразований разных групп (более быстрый темп свойствен в целом планктонным организмам) и различным масштабом пространственного распространения (здесь тоже преимущество за планктоном).

Корреляция морских и континентальных образований всегда наталкивается на многие трудности, и здесь важную “трансмиссионную” (переходную) роль играют палинологические комплексы.

5.29. Если сделать общий вывод из анализа реального значения разных палеонтологических групп, то следует сказать, что наибольший эффект стратиграфия достигает тогда, когда все группы используются в комплексе, подобно использованию отдельных музыкальных инструментов в оркестре. Именно такой “оркестр”, позволяя звучать в нужное время каждому инструменту (группе), обеспечивает наиболее яркое звучание музыке (объективное и обоснованное расчленение древних толщ).

5.30. При применении биостратиграфического метода встречаются определенные сложности. Во-первых, к ним относится *эндемизм* (обитание в ограниченном районе), свойственный многим таксонам, что препятствует корреляциям толщ разных районов. Во-вторых, наличие *суперститовых* (реликтовых) и *консервативных* форм тоже может мешать таким сопоставлениям. В-третьих, осложняющим моментом при расчленении может выступать *рекурренция* (повторение биотических сообществ в связи с повторением определенных фаций в разрезе), которая отмечается достаточно часто. В-четвертых, определение возраста отдельных слоев может натолкнуться на трудности, связанные с наличием в этих слоях *переотложенных ископаемых* (например, наличие в мезозойских отложениях остатков палеозойских организмов). Наконец, в тех случаях, когда корреляции основываются в основном на гомотаксальности (сходная последовательность в разрезах определенных толщ и соответствующих экологических группировок), требуется специальный контроль, чтобы действительно быть уверенным в одинаковом возрасте “парных” толщ в этих последовательностях.

С учетом вышесказанного можно прийти к выводу, что в каждом конкретном случае анализ древних ассоциаций подразумевает кропотливую расшифровку их происхождения в тех или иных разрезах. Здесь приходится учитывать многие факторы и события, которые “внакладку” могли сказаться на распределении ископаемых комплексов в бассейнах: трансгрессии и регрессии, климатические колебания и изменение морских течений, смеще-

ние водных масс и т.д. и т.п. (см., например, рис. 10, на котором нашли отражение некоторые неогеновые события – трансгрессии, климатические потепления и др., что подробно комментируется в разделе 10).

5.31. В последние годы для оценки характера сменяемости палеонтологических сообществ в разрезах, которая связана с эволюционным процессом, используются специальные показатели, например, скорости диверсификации и изменения таксономи-

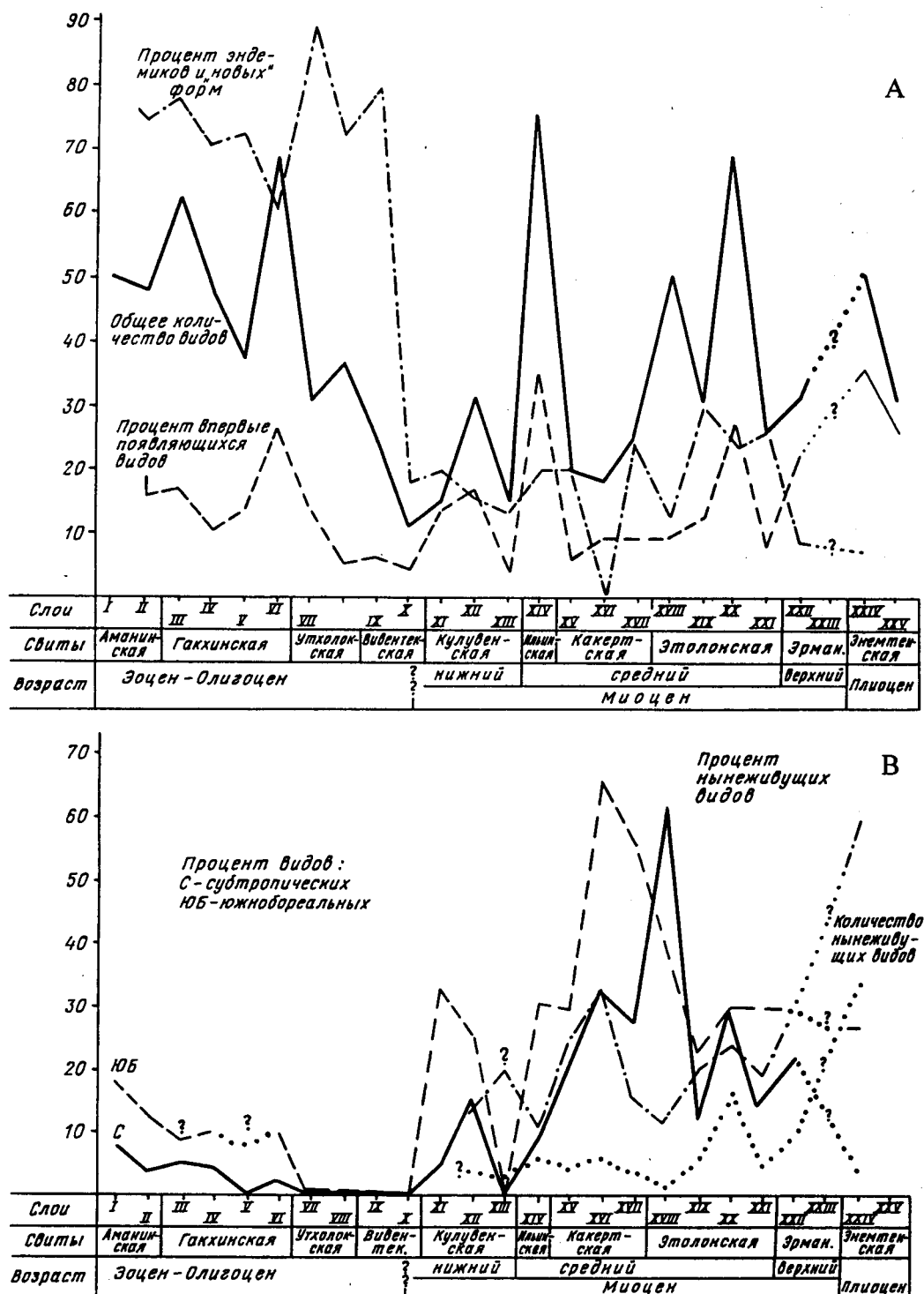


Рис. 9. Характеристика комплексов моллюсков неогена Западной Камчатки [Гладенков, 1988]

А – общее количество видов и эндемики; В – биогеографические типы, соотношение вымерших и ныне живущих видов

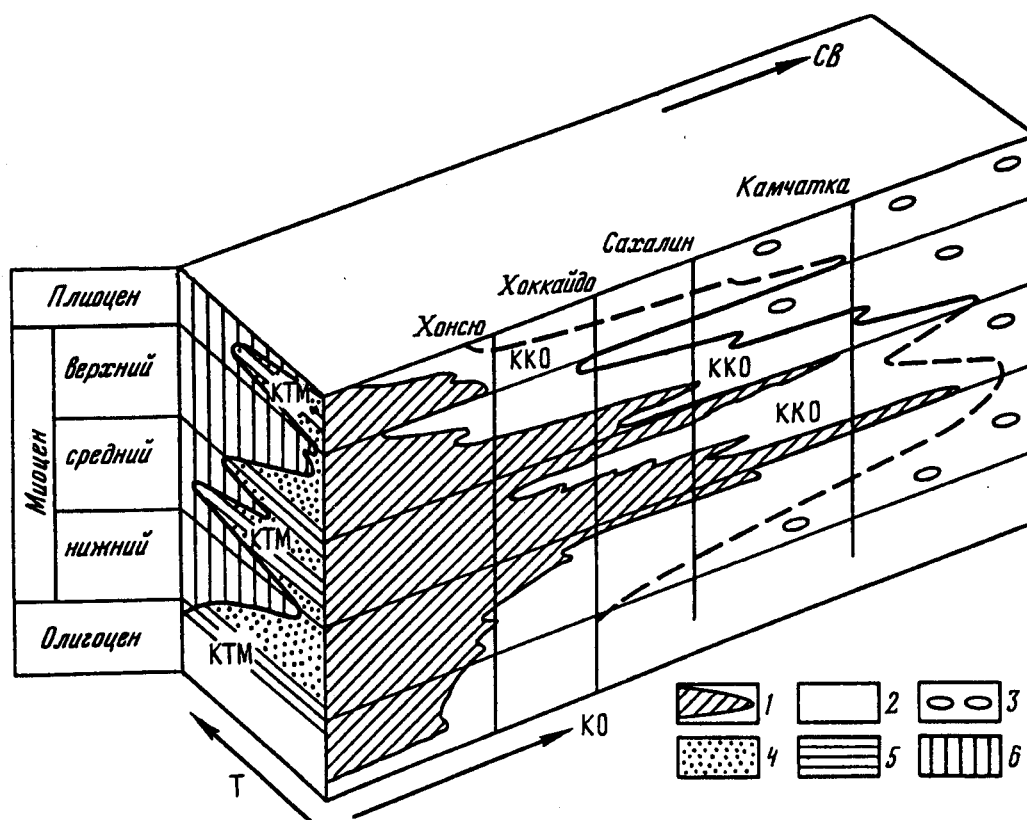


Рис. 10. Фациальные клинья в неогеновых толщах зоны перехода от океана к континенту в Дальневосточном регионе [Гладенков, 1988]

1–3 – комплексы: 1 – тропические и субтропические, 2 – южнобореальные, 3 – северобореальные; 4 – относительно мелководные морские образования; 5 – относительно глубоководные отложения; 6 – континентальные толщи

ККО – крупные климатические оптимумы; КТМ – крупные трансгрессии моря; Т – направление морских трансгрессий от Тихого океана к Азиатскому континенту; КО – миграция теплопроводных комплексов от южных широт к бореальным во время климатических оптимумов

ческого состава. Скорость диверсификации – это разность скоростей формообразования (1) и вымирания (2). Скорость изменения таксономического состава – это сумма скоростей формообразования (1) и вымирания (2)

$$\frac{(1) S_{\text{появления}} \cdot 100}{D\Delta t} \quad \frac{(2) E_{\text{вымирания}} \cdot 100}{D\Delta t}$$

Следует напомнить, что еще в 50-х годах прошлого века была сделана попытка получить числовые значения скорости эволюции, в связи с чем Холдейн ввел особые единицы “дарвины” (милли-, кило-, мегадарвины). Несколько позже Фишер [1969] параллельно ввел “бубновы” для измерения скорости геологических процессов.

6. Зональная стратиграфия и ее проблемы

6.1. Биостратиграфия была и остается самым важным (прежде всего для фанерозоя) методом в стратиграфическом расчленении и корреляции древних толщ. Она опирается на анализ ископаемых остатков организмов, т.е. на палеонтологические данные. Как говорилось выше, в основе метода лежит необратимость эволюции органического мира и часто относительно широкое пространственное распространение тех или иных палеосообществ в сходных или разных фациях. Именно это отражается в закономерной смене комплексов ископаемых остатков в разрезах, и именно на этой основе строится расчленение, а затем и сопоставление осадочных образований различных районов.

Объектом биостратиграфических исследований являются ископаемые остатки и горные породы, их заключающие. Данный метод включает изучение последовательности распределения остатков во вмещающих толщах, закономерности сочетания разных таксонов в комплексах и изменения этих комплексов по латерали. На этой основе собственно и выделяются биостратиграфические единицы разного типа. *Биостратиграфические подразделения* в широком смысле – это совокупность пород, границы между которыми определяются как по эволюционным изменениям таксонов или комплексов, так и по смене экологических группировок.

6.2. В настоящее время в биостратиграфии используются разные палеонтологические группы. Их можно классифицировать с разных точек зрения. Например, с долей условности, они могут быть разделены на традиционные (аммониты, брахиоподы и пр.), и нетрадиционные (конодонты, диноцисты и т.п.). В то же время, в морских группах, как уже указывалось, можно отметить планктонные и бентосные сообщества. И, конечно, отдельно могут рассматриваться морские (фораминиферы, моллюски) и континентальные (флора, спора и пыльца) древние ассоциации. При изучении ископаемых отдельные исследователи часто делают весьма распространенную ошибку: при широких стратиграфических обобщениях они ограничиваются анализом

какой-либо одной группы или даже таксона (это в какой-то мере понятно – даже на изучение одной группы специалист затрачивает массу времени, а иногда и всю жизнь). Но чтобы получать действительно корректные стратиграфические выводы желательно осуществлять полный анализ всех встреченных в разрезах ископаемых комплексов, т.е. всех групп. Другими словами, все группы должны входить в сводный “оркестр”, чтобы были достигнуты максимально взвешенные стратиграфические результаты (или, если и далее проводить параллели с оркестром, только при разумном и совместном использовании каждого инструмента можно достичь гармонии и масштабности в исполнении того или иного музыкального произведения).

6.3. Одним из важных направлений биостратиграфии является *зональная стратиграфия*, которая заслуживает особого внимания. В последние годы ей посвящается громадное число публикаций. Это не случайно: зоны вошли в геологическую практику исключительно широко, и сейчас фактически нет ни одного отрезка фанерозойской шкалы, который бы не был обеспечен зонами. В палеозое насчитывается до 130, в мезозое – 145, в кайнозое – 45 зон (их количество увеличивается за счет использования дробных зон, выделяемых по “новым” “нетрадиционным” палеонтологическим группам – конодонтам и др.). С помощью зон геологическая практика получила инструмент для расчленения древних толщ фантастической детальности: средняя продолжительность зон в палеозое не более 2,6, в мезозое – 1 и в кайнозое – 1,45 млн лет (есть зоны продолжительностью около 0,2–0,3 млн лет).

Вот почему без преувеличения можно сказать, что широкое использование зональной стратиграфии является таким же крупным достижением геологии, каким выглядит, например, изучение пород лунного грунта или создание мобилистической концепции формирования земной коры. И хотя зоны пока формально не утверждены в качестве подразделений МСШ (это парадокс нашей действитель-

ности), они за несколько последних десятилетий стали неотъемлемой частью стратиграфических построений. Фактически на наших глазах происходит “бескровная” революция в реальной детализации стратиграфических шкал фанерозоя – переход от ярусной шкалы к зональной.

6.4. Появление термина “зона” в стратиграфии связано с именами д’Орбиньи и Оппеля. Д’Орбиньи в 40-х годах XIX в. обосновал выделение в древних толщах Европы 28 этажей (ярусов), которые соответствовали, по его мнению, определенным актам творения. Отложения ярусов с палеонтологическими остатками были названы им зонами. Оппель в конце 50-х годов того же столетия выделил в ярусах юрской системы Европы подразделения под названием “зона” (всего 33), основываясь на сменяемости ископаемых комплексов в древних толщах. Хотя за публикации известной работы Ч. Дарвина “Происхождение видов” в 1859 г. оставалось несколько лет, можно сказать, что в зонах Оппеля идея эволюционного развития биоты уже нашла свое выражение. В дальнейшем разные аспекты зонального расчленения освещались Ваагеном, Букманом, Труменом, Фребольдом и др.

В последние 50 лет отмечались, пожалуй, два пика активизации зональной стратиграфии. В 50–60-е годы прошлого века в связи с проведением детальных стратиграфических исследований в разных странах вышел целый ряд работ, в которых обсуждались вопросы выделения зон регионального и межрегионального масштабов (за границей это Аркелл, Тейхерт, Юпе, Сигаль, Миллер, Болли, Шиндевольф и др., у нас – Б.М. Келлер, Д.М. Раузер-Черноусова, Д.Л. Степанов, В.В. Меннер, В.И. Бодылевский, Г.Я. Крымголец, Н.Н. Субботина и другие). Одной из самых ярких работ этого времени являлась статья на эту тему Д.М. Раузер-Черноусовой [1967].

Второй зональный бум начался в конце 60-х годов XX века с бурением в океанах, когда воочию удалось показать возможность выделения реальных зональных подразделений мезозоя и кайнозоя на громадных площадях (работы Бергрена, Хорнибрука, Мартини, Бакри, Кеннета, В.А. Крашенинникова и др.). В 70-е годы появились серьезные обобщения по вопросам зональной стратиграфии (Шиндевольфа и др.). В 1976 г. в “Международном стратиграфическом руководстве” Х. Хедбергом была предпринята попытка ранжирования зон.

В 80–90-х годах зональной теме был посвящен значительный ряд публикаций. Одни из них (например, известные статьи В.В. Меннера) касались общих вопросов классификации зон (их ранговости и пр.). Другие – относились к анализу зон отдельных ярусов, выделенных на основе тех или иных ископаемых групп, как традиционных, так и нетрадиционных (Д.М. Раузер-Черноусова, Т.Н. Корень, И.С. Барсков, З.Н. и Б.В. Поярковы, М.С. Месежников и др. В “Стратиграфическом кодексе” России [1992] и во втором “Международном стратиг-

рафическом кодексе” [International Stratigraphic Guide, 1994] тоже дана классификация зон. В этих работах даются определения биостратиграфических зон как стратиграфических категорий.

Биостратиграфическая зона – это совокупность слоев, которая характеризуется каким-либо таксоном или комплексом ископаемых, отличающихся от таковых в подстилающих и перекрывающих слоях. В рамках этого определения в одних случаях к зонам относятся отложения, характеризующиеся комплексом, который отвечает определенному этапу его развития (многие склоняются именно к этому “жесткому” варианту). В других случаях признается возможность выделения зон на основе смены экологических ассоциаций.

Однако, несмотря на широкое использование зон в геологической практике, многие вопросы их выделения и трактовки, их ранговости, остаются до сих пор дискуссионными [Гладенков, 1992]. Ниже излагаются те проблемы, которые являются ключевыми при анализе зональных категорий (табл. 5).

6.5. Проблема 1. Типы зон. В литературе часто обращается внимание на хаос, который создается в связи с различным пониманием зоны (указывается на более чем 100 трактовок). Однако, несмотря на множественное толкование термина “зона” и известную его инфляцию, практика постепенно приходит к реальной типизации зон. Не случайно в стратиграфических кодексах многих стран сейчас употребляется обычно не более десятка терминов, а остальные отнесены либо к синонимам, либо к излишним понятиям. Варианты типизации зон приведены в “Международном стратиграфическом руководстве” 1976 и 1994 гг., а также в нашем “Стратиграфическом кодексе” 1992 г. На рис. 11 отражен еще один вариант такой типизации, который предусматривает выделение трех основных типов зон: 1 – фациозоны (экозоны, эпиболы, тейльзоны и др.), 2 – таксонные зоны – биозоны s.l. (биозоны s.s., генозоны) и 3 – собственные зоны s.s. (оппель-зоны) с выделением в них региональных (лон) и глобальных (гло) подразделений (из глобальных выбираются стандартные зоны общей шкалы). Выделение зон s.s. ведется фактически путем синтеза зональных подразделений первых двух типов.

Ниже приведена краткая характеристика наиболее употребляющихся в практике зон.

Зона распространения таксона (или биозона) – это совокупность слоев (слои), которая охватывает полный стратиграфический интервал распространения какого-либо таксона.

Зона совместного распространения – это слои, которые отвечают совпадающим частям интервалов стратиграфического распространения двух таксонов.

Интервал-зона – это слои, содержащие определенные ископаемые между двумя установленными биогоризонтами. Под **биогоризонтом** понимается стратиграфическая граница или поверхность разде-

Таблица 5. Современные проблемы зональной стратиграфии фанерозоя

Основные проблемы	Различные аспекты и альтернативы
I. Типы зон	Множественность и девальвация понятия "зоны" Типизация зон
II. Зона как стратиграфическое подразделение	Зона как единица региональной шкалы Зона как часть яруса глобальной шкалы Зона и инфразональные подразделения (подзона, зонула и др.) Зона как коррелянт региональных шкал Картируемость зон
III. Пространственный масштаб зон	Региональное распространение зон Поясная (широтная) приуроченность зон Глобальный масштаб зон
IV. Принципы и методы выделения зон	Зона как отложения, сформировавшиеся за время определенного этапа развития органической группы, или отложения с органическими остатками; отличие от слоев "Немые" эквиваленты зон Преимственность зональных комплексов в разрезе Смыкаемость зон и "пустые" интервалы Зональные границы (по датум-плейнам и комплексам) Совпадение и несовпадение границ по разным группам Корреляция зон разных провинций, поясов и областей Выбор стандартных зон; параллельные зональные схемы Фенозоны, экозоны; экосистемная сущность зон
V. Палеонтологическая характеристика зон	Таксономический состав зон Моно- и политаксонные зоны Индекс-виды и характерные формы зонального комплекса "Устойчивость" зональных комплексов и проблема их фациальной зависимости Взаимосвязь видов зонального комплекса Геологическая одновозрастность зональных комплексов разных районов и их определенная последовательность Сгущение зон и их выпадение
VI. Зоны и стратотипы	Стратотипы для зон не нужны Использование стратотипов ярусов и стратотипов зональных границ

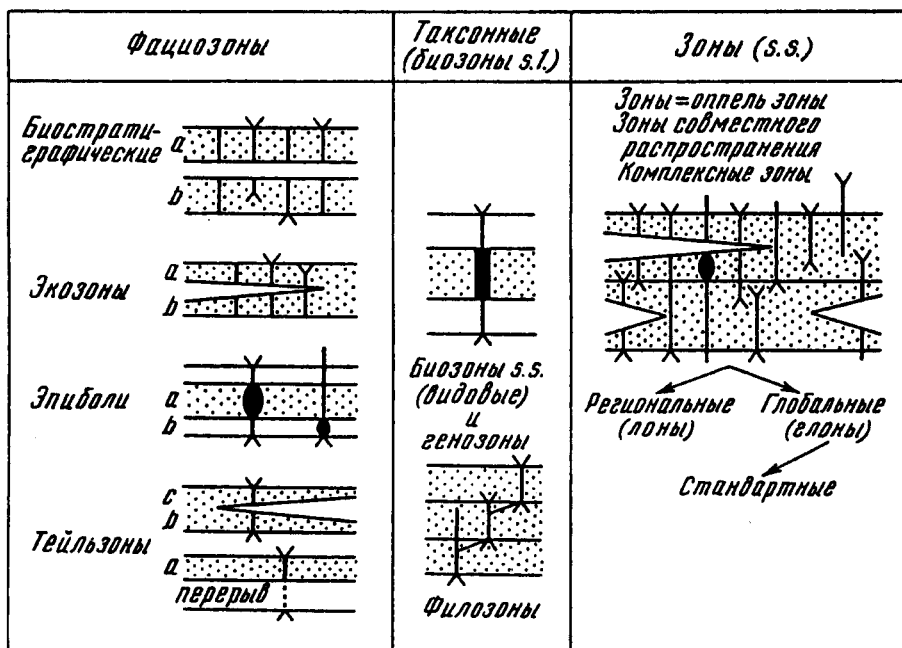


Рис. 11. Различные типы зон [Гладенков, 1992]
1 – породы разного состава;
2 – появление и исчезновение таксона в разрезе; 3 – повышенная численность таксона
а-с – слои

ла, на которой отмечено значительное изменение комплексов ископаемых. К интервал-зоне относят также слои, которые заключены между первым появлением характерного таксона данной зоны и первым появлением характерного таксона вышележащей зоны.

Зона родословной (или филозона) – это слои, в которых распространены ископаемые, представляющие собой определенные отрезки эволюционной линии.

Акмезона (или эпибола и зона обилия) – это слои, в которых какой-либо таксон достигает максимума частоты встречаемости.

Комплексная зона – это слои, которые охарактеризованы комплексом ископаемых из трех или более таксонов, отличным от комплексов подстилающих и перекрывающих слоев.

В середине прошлого столетия в обиход было введено понятие *оппель-зона* [Степанов, 1958]. Оппель-зона – это отложения, составляющие часть яруса и образованные за время существования определенного комплекса организмов, ассоциация ископаемых остатков которых не повторяется в подстилающих и перекрывающих данную зону отложениях. При этом указывается, что общий состав фауны и флоры в разных местах развития зоны может претерпевать некоторые изменения (до отсутствия вида-индекса) и даже не содержать его.

6.6. Проблема II. Зона как стратиграфическое подразделение. Существует несколько подходов к этой проблеме. Одни считают зону частью яруса и рассматривают ее как подразделение общей шкалы. Другие решительно исключают зону из общей шкалы, рассматривая ее в ранге регионального подразделения. Третьи оставляют зоне роль прежде всего важного инструмента при корреляционных построениях. Разночтения обнаруживаются также при обсуждении вопроса о реальности инфразонального расчленения (статус подзоны, или зонулы, например, остается во многом неясным). И, наконец, не решен однозначно вопрос – можно ли и нужно ли картировать зоны в поле (желательность отражения зон на геологических картах признается многими).

6.7. Проблема III. Пространственный масштаб зон. По этой проблеме обычно обсуждается альтернатива: зоны имеют (а) региональное (лоны, рены) или (б) глобальное (хронозоны, глоны) распространение. Сейчас наметилась еще одна точка зрения. После некоторой эйфории, охватившей многих исследователей в связи с результатами глубоководного бурения, было осознано, что утверждать о глобальности зон в строгом смысле нельзя (если основываться на реальном прослеживании зональных комплексов в разных широтах Земли). В этой связи стали высказывать мнения о приуроченности тех или иных зон к определенным климатическим (широтным) поясам (например, кайнозойские зоны тепловодного пояса). В этой связи практика еще должна доказать реальную глобальность зон. Пока же во многих случаях имеются большие трудности

при корреляции зон разных климатических поясов (отмечается, в частности, встречаемая несбивка границ таких зон и укрупнение объемов зон высоких широт по сравнению с таковыми низких широт).

6.8. Проблема IV. Принципы и методы выделения зон. Дуализм подхода к этой проблеме заключается в следующем. Зона обычно определяется как отложения, сформировавшиеся за время определенного этапа развития той или иной организмической группы. Но одни к зоне относят отложения, включающие ископаемые остатки, а другие, – помимо этого, и древние толщи, которые не содержат такие остатки, но которые, как доказывается геологическими данными, стратиграфически соответствуют зоне (“немые” эквиваленты зоны).

Многие исследователи считают, что зональные комплексы должны обнаруживать преемственность в разрезе. При этом большое значение придается необходимости смыкания зон.

Требования к проведению границ зон тоже расходятся: часть специалистов проводит их по смене комплексов (таксонов), некоторые же принимают за границы зон те или иные датум-плейны – обычно уровни появления (или реже исчезновения) отдельных таксонов. Трудный вопрос – выбор приоритетных границ в зональных схемах при несовпадении границ зон, выделяемых по разным группам. Практика показывает, что в большинстве случаев (хотя и не во всех) предпочтение сейчас отдается границам, выделяемым по планктону, а не по бентосу. Однако при существовании серии “параллельных” зональных схем, построенных на разных планктонных группах (для кайнозоя, например, это фораминиферы, наннопланктон, радиолярии, диатомовые), выбор “главной” схемы или “стандартной” зоны упирается порой в человеческие амбиции, нежелание изменять традиционные построения и пр., что, правда, со временем постепенно отступает под напором реальных практической деятельности.

К настоящему времени все более осознается, что зоны, являясь частью ярусов, как и ярусы, в принципе могут рассматриваться в качестве *подразделений комплексного обоснования*. Хотя сейчас они выделяются преимущественно по чисто палеонтологическим критериям – смене отдельных таксонов, – практика все больше выявляет различные черты экосистемного содержания зон – определенный характер состояния палеосообществ, отражение через них палеосреды и экосистемных перестроек разного ранга и пр. Поэтому не случайно, что в литературе уже имеются призывы переходить к зонации на основе экостратиграфической классификации (например: к выделению подразделений типа экозон), хотя, как представляется, перспективным является не введение новых понятий, а осознание экостратиграфического смысла традиционных зон (на практике экозоны широко не используются).

6.9. Проблема V. Палеонтологическая характеристика зон. Из накопленных материалов

следует, что наиболее часто зоны выделяются по смене сообществ на видовом уровне (хотя могут иметь место и зоны с родовой характеристикой). Анализ данных также свидетельствует, что большинство авторов стараются употреблять монотаксонные зоны. Это в общем-то кажется совершенно естественным, если учесть стремление исследователей иметь в разрезе преемственность зональных комплексов. Что касается политаксонных зон, то они используются реже и собственно их наличие (например, в нижнем кембрии) свидетельствует скорее о трудностях в отдельных случаях использовать монотаксонные единицы, чем о желании переходить к политаксонным зонам в практической работе. Вместе с тем, из рассмотрения общей шкалы следует, что в ней намечаются сменяющие друг друга отдельные блоки, каждый из которых базируется на зонах определенных таксонов (монотаксонные зоны), но которые, подставляя один другого, в целом приводят к политаксонному содержанию шкалы (смена, например, граптолитовых, конodontовых или фузулинидовых зон палеозоя амонитовыми зонами мезозоя и фораминиферовыми и прочими кайнозоя при отмечаемом их полном или частичном перехлесте на отдельных отрезках).

6.10. Хорошо известно, что при палеонтологической характеристике зон обычно используется один или несколько индекс-видов и указывается типичный для данной зоны комплекс. Некоторые исследователи настаивают на том, что в зонах должна быть устойчивая взаимосвязь нескольких зональных таксонов, без чего комплекс “не дотягивает” до уровня зонального и может характеризовать подразделение только ранга слоев. Однако в ряде случаев отмечается заметная изменчивость зонального комплекса, которая обусловлена, например, зависимостью биоты от фациальных условий и пр. Так, тропические тепловодные ассоциации зон кайнозоя испытывают резкую изменчивость в направлении к высоким широтам. Одновременно сообщества океанов и открытых морей заметно отличаются от таковых шельфовых бассейнов и окраинных морей. Хорошо известна также фациальная зависимость бентосных комплексов (это отражается, в частности, в приуроченности ископаемых остатков к разным по литологическому составу породам).

6.11. Отдельно стоит вопрос о проверке геологической одновозрастности зональных комплексов разных регионов. В отдельных случаях при корреляции зон помогают палеомагнитные данные (выявление магнитостратиграфических реперов) (рис. 12). В других – сейсмостратиграфические или литологические маркёры (сейсмоуровни временных разрезов, пепловые туфы, иридиевые слои). Часто априорно принимается, что наличие в разных районах определенной последовательности нескольких зон тоже может считаться достаточно надежной основой как для их сопоставления, так и для суждения об их соответствующей синхронности. При всех

осложнениях, встречающихся в корреляционных построениях (отмечаемые миграции фаций и, следовательно, комплексов в разрезах и пр.), в целом практика пока удовлетворяется такими сопоставлениями, ибо резких противоречий в них пока не отмечается, хотя потребность в проверке корреляций зональных комплексов – даже в пределах одного широтного пояса – геологами все время ощущается.

В последнее время все чаще обращают внимание на маломощные конденсированные зоны и отсутствие отдельных зон в слоях, в которых визуально очень трудно обнаружить какие-либо перемены или размывы.

6.12. Проблема VI. Зоны и стратотипы. К этой проблеме имеется неоднозначное отношение. Многие специалисты, прежде всего связанные с обработкой материалов глубоководного бурения, решительно настаивают на том, что стратотипы зон не нужны вообще. По их мнению, чтобы получить достоверные зоны, их надо “собрать” из целой серии разрезов (колонок); стратотипы же, как единичные разрезы, не могут дать полную характеристику зональных комплексов. Другие ученые, напротив, призывают использовать стратотипы в обязательном порядке и в качестве зональных стратотипов рекомендуют стратотипы ярусов или их частей. Практика последних лет привела к поискам специальных стратотипов зональных границ (есть известные международные проекты по этой тематике). Стратотипы рассматриваются в этих случаях как гаранты стабильности границ подразделений.

В заключение хотелось бы обратить внимание на несколько номенклатурных вопросов. Первый из них – вопрос о “биостратиграфической зоне”. Если в одних случаях “биостратиграфическая зона” считается общим термином для обозначения биостратиграфических подразделений любого типа, то в других – она относится к фашиозонам. Кажется, что первое толкование термина является более предпочтительным.

В нашей литературе прошлых лет не очень часто использовались “интерзоны” и “интразоны” (соответственно, интервалы в разрезе между зонами и внутри частей зон). Однако сейчас эти термины в практике многих геологов получают все более заметное место. Интерподразделения используются обычно на первых этапах изучения разрезов, когда в силу тех или иных причин отсутствуют органические остатки в отдельных частях разреза и существует необходимость конкретно отметить эти части, что имеет большой практический смысл.

Зоны обычно выделяются по морским организмам фанерозоя. Однако есть опыт их выделения и в континентальных толщах, например, по позвоночным. Кроме того, специалисты по палинологии стали выделять в последние годы много “палинозон”. Правда, из их работ часто остается неясным, какие принципы кладутся в основу выделения таких зон (эволюционный, климатический и т.д.), каков их ре-

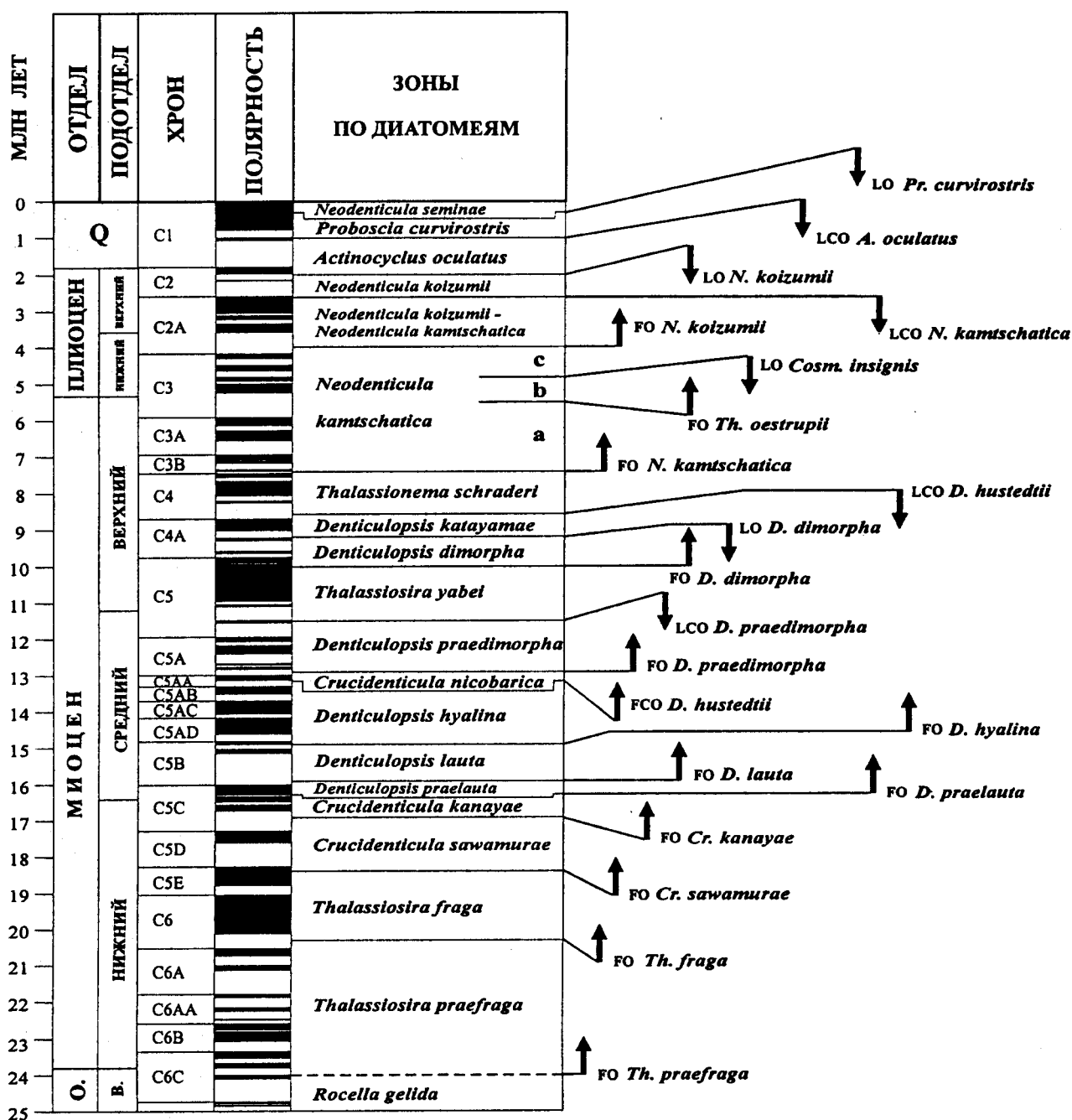


Рис. 12. Зональная шкала по диатомеям для верхнего кайнозоя субарктической Пацифики [Barron, A. Gladenkov, 1995; A. Gladenkov, Barron, 1995], скоррелированная с геохронологической и палеомагнитной шкалами [Berggren et al., 1995]

Q – четвертичная система; O. – олигоцен; в. – верхний; а–с – подзоны. Уровни: FO – появления, LO – исчезновения, FCO – массового появления, LCO – резкого сокращения численности

альный объем и соотношение с зональными подразделениями, обособляемыми по морским группам.

Из вышесказанного видно, что зональная стратиграфия представляет собой важный уровень стратиграфических исследований, которые напрямую оказывают громадное влияние на наше геологическое мировоззрение и современную практику (выявление особенностей эволюции органического мира и реконструкции разного типа палеобиохорий, составление

детальных геологических карт и прогнозирование экологических событий будущего и т.п.). Почти по всем затронутым выше вопросам очень часто обнаруживаются противоположные или неоднозначные подходы. В таких дискуссиях требуется всегда терпение и здравый смысл, который воплощен в проверенных жизнью принципах, издавна использующихся при решении стратиграфических споров, – удобства и договоренности.

7. Детализация стратиграфических схем

7.1. Детализация – это в принципе старая проблема стратиграфии. Некоторые ее аспекты были освещены несколько лет назад В.В. Меннером и автором [Меннер, Гладенков, 1986]. На парижской сессии Международного геологического конгресса в 1900 г. при утверждении стратиграфической шкалы в качестве самых дробных единиц были приняты система и отдел. Таким образом, не только зоны, но и ярусы не входили в разряд общих подразделений (они были отнесены к региональным единицам). Понадобилось семьдесят лет, чтобы сначала ярус, потом зона (хронозона) были включены в общую шкалу. Как говорилось выше, 60–70-е годы были годами бескровной революции в стратиграфии: именно тогда относительно быстро зоны были выделены практически во всех системах фанерозоя (в палеозое – до 130, в мезозое – 145, в кайнозое – 45 зон). После этого зоны прочно вошли в геологическую практику. Этому, в частности, способствовало глубоководное бурение, благодаря которому было показано, что зональные подразделения могут быть прослежены на громадной площади поверхности Земли (Тихий, Атлантический и Индийский океаны и многие континенты). Сейчас зона во многих стратиграфических кодексах принимается в качестве самого мелкого подразделения стратиграфической шкалы. Появление в шкале зоны как дробной единицы, которая измеряется 0,2–3 млн лет (фантастическая дробность!), является крупнейшим достижением геологии, сравнимым, например, с возникновением новой глобальной тектоники.

7.2. Можно ли сделать стратиграфические схемы более детальными и нуждается ли практика в дальнейшей их детализации? Сразу отметим – геологическая практика уже давно проявляет заинтересованность в дробных стратиграфических схемах. Они нужны, во-первых, для проведения крупномасштабного геокартирования и обработки данных бурения; во-вторых, они важны для поисков ловушек углеводородов и других полезных ископаемых; в-третьих, они необходимы для построения детальных палеогеографических схем,

проведения экосистемных реконструкций, более полного познания путей и механизмов эволюции биосферы; в-четвертых, они важны для прогнозирования природных обстановок будущих десятилетий и столетий, в чем особенно заинтересовано сейчас человечество; в-пятых, детальная стратиграфия обещает внести существенный вклад в развитие фундаментальных направлений геологии в целом.

Интерес к этим проблемам постоянно растет, и не случайно к ним уже обратились геологи-практики. В конце прошлого века в ряде стран (США, Россия, Канада и др.) были проведены специальные совещания на эти темы. На основе данных бурения, каротажных и сейсмостратиграфических материалов обсуждались вопросы выделения дробных стратиграфических подразделений (продолжительностью до сотен тысяч лет и менее), а также выявления местных кратковременных (“катастрофических”) событий и субглобальных эвстатических колебаний (некоторые из этих осцилляций, в частности четвертичного времени, связываются с гляци-эвстатикой, другие, видимо, не имеют таких связей, например, позднемеловые колебания, отмеченные в Австралии и Южной Африке). Был сделан вывод, что новые возможности геологических и, в частности нефтепоисковых работ лежат не столько в новой технике, сколько в оптимальном применении всех доступных средств и методов [Armentrout, Perkins, 1991; Posamentier, Leckie, 1992].

На последних Международных геологических конгрессах в Киото, Пекине и Рио-де-Жанейро (1992, 1996, 2000 гг.) вопросы детализации стратиграфических схем разбирались также достаточно пристально. Не случайно им были посвящены доклады, касающиеся как количественных методов, так и дробных палеогеографических реконструкций.

Вместе с тем, до сих пор не проведен сколько-нибудь полный анализ этого направления: не разобрана подробно роль различных методов детализации, не обсуждена иерархия предлагаемых дробных подразделений и не проанализированы примеры удачного микростратиграфического расчленения.

7.3. Как известно, в стратиграфической практике отдельных стран зоны (хронозоны) в ряде случаев разделяются на подзоны или зонулы. Обычно эти понятия достаточно условны (четкие дефиниции, как правило, отсутствуют), но из приводимых примеров и материалов следует, что под ними подразумевают части зон, характеризующиеся определенными фаціальными комплексами и имеющие локальное, а не субглобальное распространение.

В отношении лон (локальных зон) тоже предпринимаются попытки расчленения на подлоны. Однако для этого обычно используются не очень четкие признаки. В "Стратиграфическом кодексе" 1992 г. на таксономический уровень лон выведены слои с географическим названием, выделяемые по особенностям литологии и/или палеонтологического содержания.

Хронозоны и лоны относятся к основным стратиграфическим подразделениям комплексного обобщения. Но имеется целый ряд зональных категорий частного – биостратиграфического – обобщения, которые относятся к рангу специальных подразделений. Среди них выделяются биостратиграфическая зона, в которой могут быть обособлены подзоны, и слои с фауной (флорой) как вспомогательное подразделение. По палеонтологическим и стратиграфическим критериям биостратиграфические зоны могут быть представлены зонами разных видов, анализ и совокупность которых собственно и служит материалом для выделения хронозон и лон. К ним относятся биозона (зона распространения таксона), зона совместного распространения, филозона, интервал-зона, эпибола (с максимумом частоты встречаемости таксона), комплексная зона и др. В ряде случаев именно их использование и может стать основой дробного членения зон или лон на отдельные части (например, в лоне может выделиться достаточно устойчивый уровень эпиболы, который разделит ее на две части). Это относится в первую очередь к тем зональным единицам, которые по ареалу распространения представляют собой провинциальные или местные зоны. Именно в палеобиогеографической провинции или даже области, часто отвечающих древним бассейнам седиментации с их спецификой геологического развития (определенная степень замкнутости бассейна, закономерная смена характера седиментации в нем и т.п.), выявление различных уровней и реперов, отраженных в самой специфике биостратиграфических зон, является весьма реальной процедурой стратиграфических исследований нынешнего дня.

7.4. При создании детальных стратиграфических шкал всегда встают злободневные вопросы, которые необходимо решить: 1) методы и приемы, которые реально могут быть использованы в этой работе; 2) пространственный масштаб применения выделенных дробных единиц и, наконец, 3) их временная продолжительность. Напомним, что о гео-

логическом времени самую важную информацию дает изучение линейно однонаправленных необратимых процессов, которые исследуются двумя методами. Это изотопный метод, основанный на радиоактивном распаде атомов, и палеонтологический метод, базирующийся на развитии органического мира. Именно с помощью этих методов, несмотря на большие погрешности первого и относительность временных датировок второго, и создается тот самый каркас геохронологической шкалы и намечаются те самые хроны, которые используются геологической практикой. Эти методы могут дополняться другими, связанными с изучением ритмично-периодических процессов, которые отражаются в седиментационных циклах, ленточных глинах и пр. Правда, эти данные, как и лито-, сейсмо- и палеомагнитные материалы не несут указания о геологическом времени (в точном смысле этого слова) и той "временной" информации, которая поставляется изотопным и палеонтологическим методами. Конечно, они часто бывают важными для корреляции, ибо создают много различных реперов и пр., но их роль только тогда становится реальной, когда эти реперы прикреплены к действительно временной шкале.

Как указывалось выше, геологическая практика уже сегодня намечает реальные пути детализации стратиграфического расчленения. Один из них – это использование палеонтологического метода, другой – применение некоторых непалеонтологических методов.

7.5. Палеонтологический метод и инфразональность. Выше уже говорилось о некоторых возможностях расчленения зон (хронозон) и лон путем использования разных типов биостратиграфических подразделений. Сейчас хотелось бы обратить внимание на то, что они, как и другие палеонтологические реперы, являются отражением ("следами") определенных геологических явлений. Фактически речь идет о тех относительно мелких биособытиях, которые реально фиксируются в геологической летописи и тем самым создают основу для выделения микростратиграфических единиц. В расширении арсенала палеонтологических средств, используемых для выявления следов (или "сигналов") этих событий, можно идти несколькими направлениями.

Во-первых, можно использовать ряд новых палеонтологических групп. Этот процесс пополнения арсенала древних групп идет непрерывно (достаточно вспомнить появление в практике последних десятилетий конодонтов, наннопланктона, диноцист и т.п., что дало громадный материал для зональной стратиграфии и ее совершенствования).

Во-вторых, возможны разработка новых приемов биостратиграфического расчленения и совершенствование традиционных методов.

В-третьих, возможен пересмотр наших представлений о морфологии и таксономии отдельных

палеонтологических групп, что может привести к совершенно другой, по сравнению с нынешней, интерпретации биостратиграфических данных.

Первое положение не требует, видимо, особых разъяснений. Поэтому остановимся на комментариях двух последних.

7.6. Приемы детализации на палеонтологической основе. К этим приемам относятся: использование биособытий, биотаксонного расчленения, датированных уровней, феноетики и т.д.

Биособытия. В принципе любые дискретные явления развития органического мира, запечатленные в геологической летописи, могут использоваться для детализации расчленения древних толщ. Здесь важно установить и выбрать соответствующий масштаб явления.

Вслед за П.И. Гретнером [1986], можно, например, считать, что событие (и не только биотическое) должно составлять $1/100$ рассматриваемого промежутка времени. Для одного геологического периода к таковым будут относиться явления продолжительностью в сотни тысяч лет. Однако для практики важными будут все события, которые по времени являются более дробными, чем зональные категории и соответствуют каким-то отдельным их частям (в том числе внутризональным реперам).

Существуют разные классификации биособытий. Одна из них дана Э. Кауффманом [Kauffman, 1986] и включает восемь типов событий: 1 – события прерывистой эволюции (скачкообразное появление нового таксона видового ранга); 2 – популяционные взрывы; 3 – кратковременное увеличение продуктивности бассейна; 4 – иммиграция и эмиграция; 5 – экологические события (резкие и существенные изменения структуры биосообществ); 6 – региональная колонизация (заселение незанятых биотопов); 7 – массовая гибель (из-за действия абиотических факторов); 8 – массовые вымирания (исчезновение более 50 % таксонов в глобальном масштабе в относительно короткое время). Любое из этих биособытий может оставить соответствующий след и использоваться при детализации.

Мы здесь не касаемся причин биособытий, закономерностей эволюционного процесса, его неравномерности и направленности. Это все является предметом отдельного обсуждения. Для нас в данном случае важны результаты этих явлений, отражающиеся в смене таксонов или их группировок и появлении палеонтологических реперов в разрезах.

В литературе иногда используются идеи о периодическом развитии той или иной группы ископаемых. При этом под периодичностью понимаются в известной мере разные случаи циклической смены комплексов. В одних случаях – это изменение их систематического состава, связанное с эволюцией ископаемых групп (этапностью их развития). В других – свойственное мелким ритмам перераспределение тех или иных форм, которое обусловлено палеогеографическими причинами. Именно пос-

леднее часто и способствует появлению тех или иных реперов внутри зон.

7.7. Политаксонное расчленение. В последние годы практическое расчленение зон идет разными путями. Один из них связан с повышением степени изученности зон. Вместо одной “старой” зоны могут быть выделены две, три и т.п. единицы. Другой путь расчленения связан с использованием одновременно разных палеонтологических групп. Опыт показывает, что в пределах отдельных зон, выделенных по какой-либо одной группе, например, фораминиферам, с помощью более детального изучения тех или иных остатков удастся вычленивать новые, более дробные зоны или внутри них провести рубежи, обеспеченные границами, которые намечены по другим группам. В этом отношении примером может служить стратиграфическая шкала палеогена и неогена, созданная по планктонным фораминиферам тропического пояса. В 70-е годы она стала дополняться зонами, выделенными по наннопланктону и кремневым организмам. Это дало возможность внутри фораминиферовых зон наметить дополнительные границы по другим группам. Речь здесь идет о фактически политаксонном расчленении, чему уделяется еще недостаточное внимание. Так, например, в двух палеоценовых зонах *Globorotalia angulata* и *G. pseudomenardii*, выделенных в Тихом и Атлантическом океанах, появились четыре дополнительных уровня по наннопланктону (5 зон). Сходным образом, во многих фораминиферовых зонах эоцена, олигоцена, миоцена и плиоцена из-за несовпадения зональных границ, намеченных по фораминиферам, наннопланктону и радиоляриям, можно выделить четкие рубежи, которые рассекают и дробят ранее выделенные зоны.

7.8. Датированные уровни – датум-плейны и интердаты. В литературе последних лет значительное место уделяется анализу уровней появления и исчезновения в разрезах тех или иных таксонов. Их использование очень часто помогает существенно детализировать стратиграфические схемы. Так, Э. Кауффман [Kauffman, 1986] при изучении меловых толщ Северной Америки сумел этим путем повысить детальность схем в несколько раз (в интервале времени 38 млн лет, по его мнению, можно выделить до 100 зон и границ высокого и 150 границ менее высокого доверительного уровня. Хорошо известен также пример расчленения среднего-верхнего ордовика Северной Америки, где У. Свиту [Sweet, 1984] удалось выделить в 4–11 конодонтовых зонах до 80 дробных подразделений. Интересный пример детального расчленения океанического неогена недавно дали Дж. Баррон с соавторами [Barron et al., 1985]. В миоценовом интервале (около 20 млн лет) они выделили 175 уровней появления и исчезновения планктонных форм, из которых 72 были сопоставлены с палеомагнитной шкалой. При этом принималась во внимание степень устойчивости не только отдельных уровней,

но и их сочетаний. При подсчете временных интервалов, разделяющих упомянутые уровни, оказывается, что они по продолжительности равны сотням тысяч лет, т.е. вполне соизмеримы с объемом подразделений четвертичной системы. Сейчас уже предложены новые деталильные схемы распространения отдельных таксонов (биозоны с точной привязкой их к временной и палеомагнитной шкалам). Такая схема, например, была составлена по диатомовым неогена и использована в рейсе 145 Проекта глубоководного бурения в 90-х годах (табл. 6).

Если датированные уровни (датум-плейны) уже широко вошли в жизнь, то слои, заключенные между ними, пока обычно не наименованы, хотя делались предложения называть их "датированными

интервалами" или "интердатами" (interdat) [Меннер, Гладенков, 1986]. Их анализ показывает, что в отдельных случаях они смыкаются, в других – нет, но это в значительной мере часто зависит, видимо, от детальности проработки материала. Возможно, некоторые из них (или их "блоки") будут прослеживаться на широких площадях, другие – только в определенных поясах и провинциях. Задача сейчас состоит в том, чтобы создавать банк этих уровней и интердат для дальнейшей проверки их устойчивости и использования в практике.

7.9. Новые представления о таксономии палеонтологических групп. Фенетика. Определенный резерв для детализации расчленения древних толщ заключается в развитии новых представлений

Таблица 6. Возраст важнейших неогеновых датированных уровней по диатомеям в субарктической Пацифике по материалам рейса ODP 145 [Barron, A. Gladenkov, 1995]

Датированные уровни		Возраст, млн лет
Обозначение уровней	Название таксона	
FO	<i>Crucidentacula sawamurae</i>	18,4
FO	<i>Crucidentacula kanayae</i>	16,9
FO	<i>Denticulopsis praelauta</i>	16,3
FO	<i>Denticulopsis lauta</i>	15,9
FO	<i>Actinocyclus ingens</i> var. <i>nodus</i>	15,8
FO	<i>Denticulopsis hyalina</i>	14,9
FO	<i>Denticulopsis hustedtii</i>	14,6–14,4
FCO	<i>Denticulopsis hustedtii</i>	13,1
FO	<i>Denticulopsis praedimorpha</i>	12,9
FO	<i>Proboscica barboi</i>	12,5
LCO	<i>Denticulopsis praedimorpha</i>	11,5
LO	<i>Nitzschia heteropolica</i>	11,0–10,8
LO	<i>Mediaria splendida</i>	11,0–10,8
FO	<i>Denticulopsis dimorpha</i>	9,9
FO	<i>Thalassionema schraderi</i>	9,5
FO	<i>Denticulopsis katayamae</i>	9,3
LO	<i>Denticulopsis dimorpha</i>	9,2
LCO	<i>Denticulopsis hustedtii</i>	8,6
FO	<i>Thalassiosira singularis</i>	8,2–8,1
FO	<i>Thalassiosira gravis</i>	8,2–8,1
LCO	<i>Thalassionema schraderi</i>	7,6
FO	<i>Nitzschia reinholdii</i>	7,5–7,4
FO	<i>Neodenticula kamtschatica</i>	7,4–7,3
FO	<i>Thalassiosira jacksonii</i>	6,8–6,7
FO	<i>Cavitatus jouseanus</i>	6,8–6,7
FO	<i>Thalassiosira miocenica</i>	6,4
FO	<i>Thalassiosira praeoestrupii</i>	6,14
LO	<i>Thalassiosira singularis</i>	6,0
LO	<i>Thalassiosira miocenica</i>	6,0
LO	<i>Rouxia californica</i>	5,9
FO	<i>Thalassiosira ostrupii</i>	5,49
FO	<i>Thalassiosira jacksonii</i> (пликатная)	5,2
FO	<i>Thalassiosira latimarginata</i>	5,1
LO	<i>Thalassiosira jacksonii</i> (пликатная)	4,8
LO	<i>Cosmiodiscus insignis</i>	4,8
FO	<i>Neodenticula koizumii</i>	4,0–3,9
LO	<i>Thalassiosira marujamica</i>	3,2–3,1
LO	<i>Pyxidicula zabelinae</i>	2,1–2,0
LO	<i>Neodenticula koizumi</i>	2,0
LO	<i>Pyxidicula pustulata</i>	2,0–1,8

и пересмотре старых воззрений на морфологию и таксономию древних организмов. Появление новой техники (сканирующего микроскопа и пр.), позволившее в новом ракурсе изучить внутреннее строение, например, панцирей диатомей, скелетов радиоларий, раковин моллюсков и др., заставляет в ряде случаев пересматривать таксономические классификации, изменять родовые и видовые признаки, выделять новые таксоны. Это направление исследований, совместно с внедрением количественных методов, стимулированных использованием компьютеров, ведет, можно сказать без преувеличения, к повышению уровня в изучении палеобиоты. Появляется реальная возможность пересмотра объема таксонов (прежде всего видов), к которым мы привыкли, перехода к выделению новых, более drobных таксонов и, следовательно, к обозначению дополнительных рубежей расчленения.

В этом контексте привлекает внимание, в частности, использование *фенетики*, что было продемонстрировано еще в 70-х годах Т.Г. Сарычевой и А.В. Яблоковым [1973] и некоторыми другими исследователями. Если палеонтолог имеет большие серии ископаемых остатков, которые представляют палеопопуляции, он, применяя современные методы статистической обработки, может выявить многие особенности изменчивости видовых категорий. С помощью анализа изменчивости признаков и особенно дискретных (фенов), фиксируемых во времени и пространстве, можно в ряде случаев наметить ход микроэволюционного процесса и его стадийность. Палеонтологический материал, собранный представительно и послойно, являет собой в этом отношении уникальную документальную запись природного эксперимента, протекавшего сотни тысяч и миллионы лет тому назад. В этом материале порой можно найти отражение начальных этапов развития видов, их расцвета и вымирания, или образования новых видов. На этом основании представляется возможным выделить сменяющиеся в разрезах определенного типа формы (морфы) палеопопуляций, на которые редко кто обращает внимание, ибо они, как обычно считается, укладываются в рамки видовой изменчивости.

Возможно, выделение морф и морфотипов (внутри отдельных видов), сменяющих друг друга во времени, окажется перспективным для детальной стратиграфии будущего. Из литературы уже известны примеры "дробления" видов на этой основе. Они касаются как макро-, так и микробиоты. Так, сравнительно недавно два меловых вида митилид из североамериканских разрезов по ряду признаков были расчленены на 9 морф, каждая из которых достаточно хорошо выдерживается в "популяциях" (по простиранию слоя) и обособляется во времени (в сменяющихся слоях) [Kauffman, 1986].

Недавно были выделены морфотипы отдельных видов планктонных фораминифер позднего кайнозоя в Атлантике и Индийском океане (с учетом из-

менения характера стабильных изотопов в веществе раковины). Число примеров можно увеличить. Но для нас важно одно – об этом пути детализации забывать нельзя.

Около 20 лет назад В.А. Красилов [1980] предложил, в частности, выделять *фенозоны* как подразделения, характеризующиеся состояниями морфологических признаков. К сожалению, это направление не получило широкого развития, но с введением в практику математических методов оно может обнаружить значительные резервы в тонкой идентификации ископаемых форм, что, в свою очередь, даст основу для изучения дополнительных уровней и реперов внутри горизонтов и зон разного масштаба.

Также нельзя забывать, что дальнейшая детализация на палеонтологической основе в значительной мере должна быть ориентирована на использование достижений биологических наук – генетики, биохимии, экологии и биогеографии. При этом важное место будет принадлежать экостратиграфии с широким привлечением палеопопуляционного анализа.

7.10. Инфразональное расчленение непалеонтологическими методами. В данном разделе речь пойдет о реперах, возникновение которых связано с абиотическими событиями прошлого. Обнаружение таких маркёров внутри зон позволяет реально расчленять последние, и задача состоит в том, что оценить временной объем этих маркёров и определить их точное стратиграфическое положение и пространственный масштаб. Если зоны обычно соответствуют временным отрезкам в 0,2–3,0 млн лет, то внутризональные маркеры, естественно, должны быть более "короткими". Перечислим некоторые из них.

7.11. Палеомагнитные реперы. Сегодня имеются два типа реперов такого рода. Это, во-первых, экскурсы (аномалии), измеряемые в тысячах лет, и инверсии (переходы от одного состояния намагниченности к другому) – до 5–40 тыс. лет. Во-вторых, это те магнитозоны, продолжительность которых менее 2–3 млн лет (ортозоны – 5–0,5; субзоны – 0,5; микрозоны – менее 0,5 млн лет).

7.12. Литологические реперы. К ним относятся маркёры разного типа. Большинство из них используется в региональном масштабе, а некоторые – даже в межрегиональном. К ним можно отнести пелловые слои или маломощные бентонитовые прослои, развивающиеся по вулканическим туфам (им иногда даже присваиваются порядковые номера). Конечно, они приобретают особую ценность, если имеют отличительные черты, позволяющие их распознавать в разных разрезах. Хорошие примеры в этом отношении можно привести по кайнозой Северной Пацифики.

Среди литологических реперов можно указать также на кераген-минеральные ламины (измеряемые в миллиметрах), характерные, например, для

мезозойских сланцев, насыщенных органическим материалом, и карбонатов Нью-Мексико, а также кокколлит-керогеновые слои тоарских сланцев ФРГ [Hallam, 1984]. В последние годы в палеогене Предкавказья и Средней Азии удалось выделить слои, обогащенные органическим веществом и связанные с аноксическими событиями прошлого. Некоторые из них маломощные и залегают внутри наннопланктонных зон. Так, четкий слой выделяется на границе наннопланктонных подзон CP8a/CP8b (по шкале А. Бакри). На практике в качестве не только региональных, но и глобальных маркёров широко используются черные сланцы (на границе франа и фамена и др.), отражающие бескислородные события прошлого [Валлизер, 1984].

В последние годы стали обращать внимание и на другие маркёры – *турбидиты*, *инундиты* (отложения сильных наводнений), *тайдалиты* (отложения выюких приливов), *гомогениты* (слои с гомогенной структурой), *унифиты* (гомогенные авропелиты), *сейсмиты*, *ракушняки* и др. [Cyclic and event stratification, 1982]. В ряде случаев удается выделить также *ископаемые почвы* и педологические горизонты. Так, в эоплейстоцене Средней Азии выделено до 10 горизонтов ископаемых почв, и делаются попытки сопоставить их с изотопными ярусами, намеченными в осадках океанов.

Можно назвать и другие, разные по происхождению маркёры. К ним относятся слои с определенным набором или высокой концентрацией тех или иных минералов, например, пачки с химическими элементами платиновой группы, в частности, иридиевые слои вне зависимости от трактовки их происхождения (вулканического или импактного).

7.13. Геохимические реперы. Выявление в разрезах повышенных или пониженных концентраций отдельных химических элементов и границ, отмечаемых резкими перепадами этих концентраций, в ряде случаев может помочь в детальном расчленении осадочных толщ (прежде всего в региональном масштабе).

7.14. Перерывы. В отдельных случаях роль реперов могут играть также седиментационные перерывы (имеются в виду короткие по времени). Например, в миоценовых осадках ряда океанов выявлено до восьми перерывов, которые прослежены относительно широко на площади. Некоторые из них по времени соответствуют частям отдельных зон. В плиоцене Восточной Камчатки отмечены перерывы продолжительностью 0,2–0,3 млн лет. При детальном расчленении древних толщ данные по таким перерывам весьма полезны.

7.15. Палеоэкологические реперы. В региональном масштабе изменения в характере слоистости, как и смена палеоэкологических группировок в разрезах и характер захоронения остатков, – все это в той или иной мере тоже может использоваться в качестве маркёров. О типах палеоэкологических маркеров исчерпывающе писал Р.Ф. Гек-

кер [1957], который обращал внимание на необходимость их поиска в разных гаммах фаций. В определенной мере его взгляды были трансформированы в идеи экостратиграфии с ее поисками экосистемных перестроек, которые отражаются в палеоэкосистемах разного масштаба. Поскольку самым чутким элементом таких систем является биота и именно она прежде всего фиксирует те или иные абиотические изменения, то ее смена (прежде всего, – доминантов) вместе с сопровождающей ее сменой литологических характеристик в разрезах часто служит хорошим репером. Давно известно, например, что кратковременные нарушения океанической циркуляции приводили к возникновению пагубных для части морских биот экологических обстановок (явления типа “красных приливов”, эльниньо и др.).

Сейчас делаются попытки наметить специфическую номенклатуру и классификацию, которая могла бы использоваться в экостратиграфии. Так, по В.А. Красилову [1980], основными единицами стратиграфической классификации могли бы быть *экозоны*, характеризующиеся состояниями сообществ. Их последовательности, как можно думать, поддаются каузальному анализу, но все же на практике из-за недостаточной разработки их характеристики и признаков выделения они не вошли в широкий обиход геологов, растворяясь в традиционных зонах и других стратиграфических единицах. Хотя в ряде случаев уже удается показать, что отдельные экозоны являются реальными подразделениями и более дробными, чем традиционные опель-зоны (например, экозоны, выделенные по триасовым растениям Восточной Австралии, триас-юрским флорам Западной Сибири и т.п.).

7.16. Палеоклиматические реперы. Сейчас особенно популярными стали реперы, связанные с палеоклиматическими событиями. Классическим примером являются годовичные ленточные глины. В начале нашего века де Геер обосновал телеконнексию таких отложений (корреляция глин Евразии и Северной Америки). Но имеются и другие следы палеоклиматических перестроек, включая изменения литологического состава, седиментационных и диагенетических текстур, смену ассоциаций организмов – климатических индикаторов, в частности палинокомплексов. Например, в пределах ачкагыла и апшерона – среднего плейстоцена Восточного Закавказья и Западной Туркмении недавно выделено более 20 разновозрастных палиногоризонтов. Они охарактеризованы чередующимися палинокомплексами мезофитного и ксерофитного типов, отражающими, соответственно, плювиальные и аридные условия.

В последние 20 лет для маркировки климатических колебаний широко используются также изотопные ярусы или стадии продолжительностью 10–80 тыс. лет, выделенные изотопно-кислородным методом [Shackleton, Opdyke, 1977] (рис. 13).

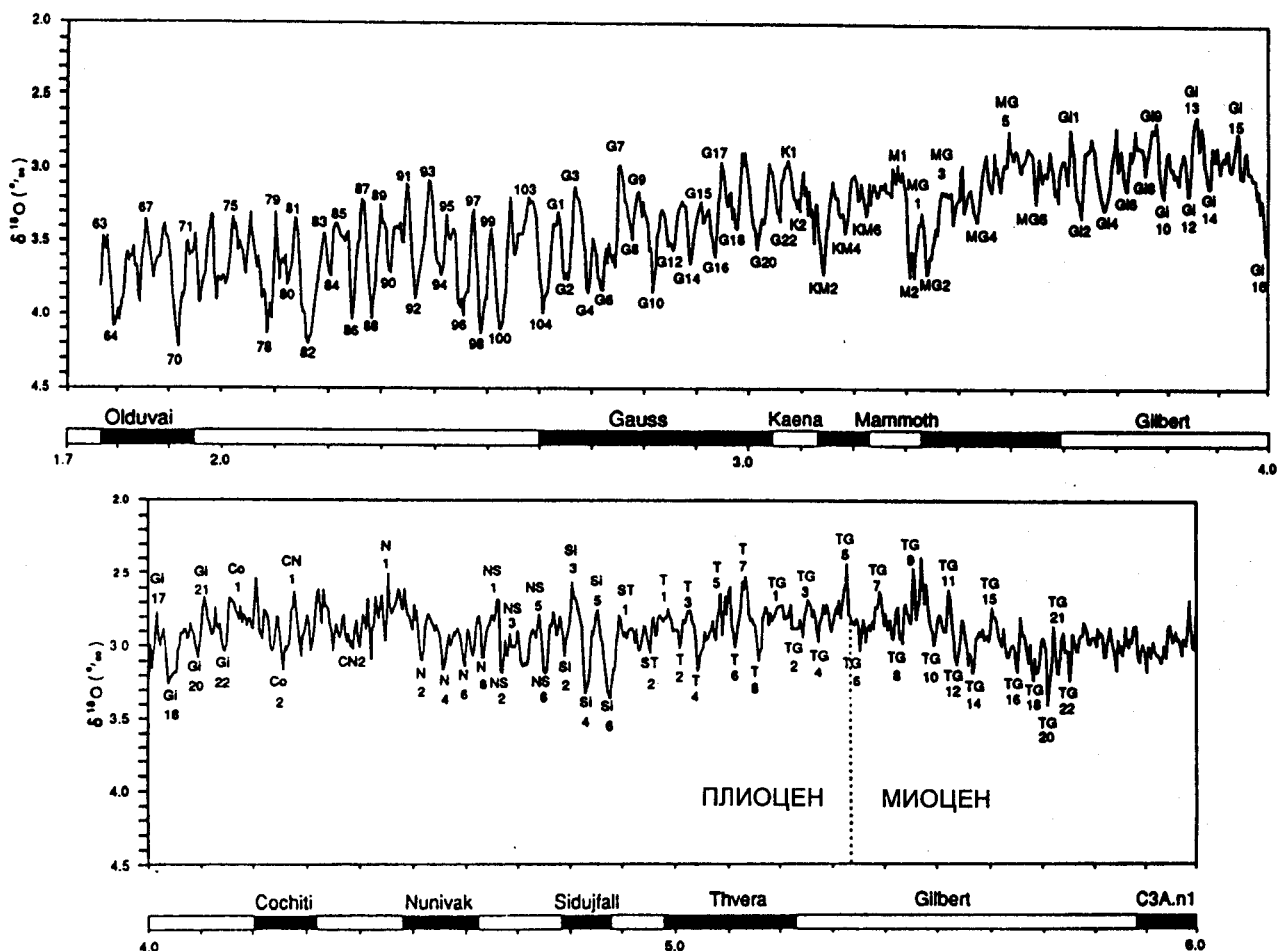


Рис. 13. Изотопные ярусы по данным изучения скважины ODP Site 846 в восточной части экваториальной Пацифики с привязкой их к палеомагнитной шкале [Shackleton et al., 1995]
Временная шкала магнитной полярности в млн лет

Известны также системы подразделений, выработанных для четвертичных отложений, основанные на климатостратиграфических данных. Они были предложены в 70–80-е годы Е.В. Шанцером, И.И. Красновым, К.В. Никифоровой [1973], В.А. Зубаковым [1978], В.В. Меннером [1979] и др. В российском “Стратиграфическом кодексе” 1992 г. среди общих подразделений на этой основе выделены в нисходящем порядке: раздел, звено и ступень, среди региональных рекомендованы: климатолит, стадиал и наслой. Некоторые из них пробуют выделять и в неогене.

Для нас важно, что все они, за исключением раздела, соответствуют отрезкам времени от 120–300 до нескольких десятков тысяч лет (более мелкие подразделения типа этап, стадиал, осцилляция измеряются вообще в дробных единицах – от 7–12 до 1 тыс. лет). Это означает, что их обнаружение в зонах (и разделах) может существенно помочь расчленению последних. Во всяком случае, выделение суперклимата (100–300 тыс. лет) в кайнозое становится реальностью.

7.17. Циклические реперы. Одним из реальных воплощений этого направления являются работы

по цикло- или ритмостратиграфии. Они касались сначала расчленения ленточных глин, угленосных и соленосных толщ, а затем затронули образования и других типов. В отечественной литературе ритмостратиграфические категории обсуждаются давно. Широко известны, например, классические работы Н.Б. Вассоевича [1948] по флишу, в которых он рассматривал многие особенности циклостратиграфии и, что очень важно, указывал на возможность телеконнексии дробных подразделений.

Можно также вспомнить работы В.И. Попова с соавторами [1979], В.А. Зубакова [1978] и других авторов, которые затрагивали разные аспекты циклических процессов седиментации. Подобные исследования ведутся во многих странах [Cyclic and event stratification, 1982]. Показано, в частности, что ритмические толщ могут образовываться в результате смены событий или при постепенных периодических изменениях условий седиментации (периодиты или малые циклы). Некоторые исследователи считают, что ритмичность отложений генерировалась посредством глобальных механизмов (в частности, намечаются земные орбитальные циклы с различными периодами, например, 21 000,

41 000, 100 000 лет) или местных причин (тектонические движения регионального масштаба). Выявление орбитальных циклов реализуется в астростратиграфии, которая сейчас стала достаточно популярной. Границы некоторых ярусов и зон прямо сопоставляются с номерами определенных астрочиклов.

Для нас особенно важны те реперы циклического происхождения, которые помогают детализировать стратиграфические схемы. Можно вспомнить, например, работы Р.Ф. Геккера [1957] и В.С. Сорокина [1978] по девону Русской платформы, в которых с использованием палеоэкологических и палеогеографических методов было обосновано выделение циклических единиц разного ранга. По В.С. Сорокину, в частности, в пределах франского яруса выделяются циклы VII–XII порядков: VII – отвечает подъярусам, VIII – горизонтам, IX – слоям с географическим названием (14 ритмов), X – пачкам (36 ритмов), XI–XII – слоям в отдельных структурно-фациальных зонах.

В последние годы делаются попытки напрямую оценить временную длительность циклотем разного класса с учетом изотопных данных определения возраста горных пород, материалов по скорости осадконакопления и пр. Например, С.Л. Афанасьев [1980] в иерархии циклотем (или стратонов) разных классов определяет продолжительность, в частности, единиц восьмого класса в 800 тыс. лет, девятого – в 190 тыс. лет, десятого – в 40 тыс. лет. Мезоциклиты именно этих типов могут оказаться полезными для микростратиграфического расчленения фанерозойских толщ. Некоторые дробные циклотемы прослеживаются на несколько сотен и даже тысячи километров. В разделе 5 уже указывалось, что сейчас достаточно широко в ряде случаев начала использоваться астростратиграфия с выделением дробных подразделений – циклов 19–23 и 92–106 тыс. лет (отражение изменений, соответственно, прецессии и эксцентриситета).

7.18. Сейсмостратиграфические, секвенс-стратиграфические и эвстатические реперы. Выявление изохронности сейсмических отражений в осадочных чехлах привело к установлению в них маркирующих реперов и горизонтов, которые сразу стали широко использоваться практикой. Их увязка с биостратиграфическими данными позволяет реально оценить их возрастной диапазон [Гладенков, Шлезингер, 2001].

В 70–80-е годы с учетом сейсмостратиграфических данных были созданы так называемые “литологические часы”, или эвстатические шкалы, т.е. шкалы колебаний уровня моря [Vail et al., 1977]. После этого любые выявленные седиментационные циклы в осадках тех или иных древних бассейнов, обязанные своим происхождением осцилляциям уровня океана разного масштаба, стали сравниваться с этой шкалой, и в случае корректных корреляций они находят в ней определенное место. Снача-

ла это применялось только к крупным циклотемам, а затем стало относиться и к сравнительно мелким. Крупные циклы, выделенные первоначально, отвечали сотням и десяткам миллионов лет. Потом к ним добавились циклы III порядка (1–10 млн лет), а позднее – IV и V порядков (10 тыс. – 1 млн лет и менее). Хотя до сих пор нет устоявшейся номенклатуры этих подразделений, попытки создать их иерархию делаются давно (например, предлагается система: синтема–сейсмопакет–сейсмоквант, с выделением реперных сейсмогоризонтов).

При нахождении подобных циклов практика получает важные маркирующие уровни. Однако выявление эвстатических циклов наталкивается на большие трудности (хотя бы из-за частой невозможности понять, какими причинами вызвана цикличность – тектоническими, седиментационными или эвстатическими, как и невозможности определить точную стратиграфическую позицию и продолжительность циклов). К сожалению, весьма часто идет подгонка выделяемых циклов к “литологическим часам” – без достаточных оснований для корреляций. Тем не менее, опыт использования сейсмостратиграфических и секвенс-стратиграфических данных в детализации стратиграфических схем уже имеется. Причем, в ряде случаев удается использовать данные не только по горизонтально залегающим комплексам, но и по проградационно построенным толщам. Так, в неомских отложениях Западно-Сибирской плиты установлено более 20 клиноформ, которые отвечают частям ярусных и зональных подразделений. Кроме того, сейчас делаются попытки выделить в циклах три части, отвечающие началу трансгрессии, времени высокого, обычно кратковременного, стояния моря и достаточно быстрого его падению. На их фоне в ряде случаев намечаются и более мелкие осцилляции.

7.19. Иерархия и номенклатура дробных подразделений. Вопрос об иерархии инфразональных единиц одновременно и простой, и сложный. Простой – потому, что в практике уже давно используются те или иные подразделения свободного пользования. Сложный – потому, что нет единого подхода к их классификации, подобного тому, который выработан для более крупных единиц. Как показывает накопленный опыт, наиболее часто используются дробные подразделения местного масштаба, выделенные на литологической основе. В “Стратиграфическом кодексе” 1992 г. среди них рекомендуются следующие единицы: толща–пачка–пласт–маркирующий горизонт. Но оценка их возраста и соотношение с подразделениями, выделяемыми другими методами, пока не обсуждаются.

Признавая цикличность геологических явлений объективной реальностью, можно думать, что в ходе необратимого поступательного развития, связанного с космическими процессами, эволюцией земной коры и земных оболочек, происходили периодические изменения различного характера и ранга. С этой

точки зрения климато- и циклостратиграфические категории, возможно, отражают разные стороны геологических процессов в развитии земных оболочек. И естественно, крайне заманчиво как-то связать седиментационно-циклические и климатостратиграфические категории и вывести их на какие-то параллельные ряды подразделений. Конечно, сделать это не просто, хотя нельзя исключить, что во многих случаях единицы двух названных категорий есть проявления одних и тех же геологических процессов (или процессов, скажем осторожнее, обусловленных тесными причинными связями). В хроностратиграфической шкале они могут занимать одинаковое место, хотя это пока не доказано во всех случаях и каждый раз требует своего подтверждения. В середине 80-х годов В.В. Меннером и автором [Меннер, Гладенков, 1986] была сделана попытка построить два параллельных ряда таких стратиграфических единиц: с одной стороны, циклостратиграфических, с другой – климатостратиграфических как подразделений частного обоснования. Вместе с тем, была намечена и третья категория – общие микростратиграфические единицы (с идеей их комплексного обоснования), которые отражают в общем виде главные особенности формирования осадочных толщ. Они как бы суммируют или вбирают в себя подразделения вышеназванных типов и являются поэтому в определенной мере результирующими. При этом они могут выделяться даже тогда, когда цикло- или климатостратиграфичность выражается в древних толщах не очень ясно (хотя определенная последовательность и ранговость подразделений в целом проявляются) или когда часть этих единиц коррелируется лишь с единичными цикло- или климатостратиграфическими категориями.

7.20. На табл. 7 отражен вариант соотношения таких единиц. Для двух-трех единиц каждой категории намечается определенное соответствие, для

самых дробных оно пока не доказуемо. Ниже дана краткая характеристика трех типов подразделений: общих микростратиграфических (м), циклостратиграфических (ц) и климатостратиграфических (к).

Слои с географическим названием, или связка (термин предложен Б.М. Келлером), – подразделение (м), подчиненное лоне. Они “суммируют” циклотему (ц) и звено (к). Циклотема отвечает сложному седиментационному циклу (термин введен Уоллесом и Уэллером). Звено соответствует крупному климатическому ритму.

Более дробные подразделения включают, соответственно, *пачку* (м), *циклопачку* (ц), характеризующую крупную часть циклотемы, и *надступень* (=круг), отражающую теплую или холодную часть звена. Они, в свою очередь, подразделяются на еще более дробные единицы третьего уровня. Среди циклостратиграфических – это *циклит*, или *циклолит* (термины Н.Ф. Балуховского и Ю.Н. Карагодина), охватывающий однообразную часть циклопачки. Среди климатостратиграфических – это *ступень* (отвечает единичному ледниковью, или относительному потеплению, или похолоданию). В общих единицах (м) им соответствует *пакет*. Более мелкие подразделения в настоящее время, видимо, нельзя строго регламентировать.

Конечно, предложенная иерархия и названия могут вызвать возражения и нет уверенности, что эти единицы сразу войдут в практику. Некоторые из них пока свободного пользования и чисто русские, и их перевод в ранг интернациональных терминов может вызвать большие трудности. Несколько лет назад была сделана попытка некоторым из дробных единиц (общим микростратиграфическим) дать названия на латинской основе: *слои* – *дилектус* (лат. набор), *пачка* – *мембрум* (участник, член), *пакет* – *фундус* (основа). В таблице они приведены (в скобках) вместе с эквивалентами на англий-

Таблица 7. Дробные стратиграфические подразделения

Субглобальные	Региональные			
Ярус, подъярус	Региоярус, горизонт			
Хронозона	Лона		Раздел	
Глонт (глобальный горизонт) = Glon	Микростратиграфические	Циклостратиграфические	Климатостратиграфические	
	Слой с географическими названиями (или связка) = Beds (дилектус)	Циклотема = Cyclothem	Звено = Link	110–300*
	Пачка = Member (мембрум)	Циклопачка = Cyclomember	Круг = Circle (надступень = superstep)	60–200
	Пакет = Package (фундус)	Циклит (циклолит) = Cyclolith	Ступень = Step	10–70
Событие = Event	Пласт = Bed	Пласт = Bed	Изотопный ярус	5–12
	Слой = Layers	Слой = Layers		1–5
	Пропласток = Seam	Пропласток = Seam		1→
			Этап = Stage	
			Стадиал = Stadial	
			Осцилляция = Oscillation	

* В этой графе показана продолжительность, тыс. лет.

ском языке. Но рассчитывать на их быстрое внедрение в практику вряд ли возможно.

При выделении инфразональных единиц крайне важно оценить хотя бы приближенно их временную продолжительность. Сейчас корректные в этом отношении материалы имеются для климатостратиграфических подразделений верхнего кайнозоя, о чем уже говорилось выше. При этом каждое из них, как оказывается, в 2–3 раза крупнее следующей младшей единицы. Хотя в настоящее время накоплен определенный опыт временной оценки и циклических категорий, все же жесткая регламентация пока кажется преждевременной. При их возможном соответствии единицам климатостратиграфической иерархии (когда это как-то доказывается) можно оценивать их возраст, исходя из возрастного объема последних.

Но, конечно, приведенная схема является только одним из возможных путей создания иерархии инфразональных единиц. Поэтому следует обсуждать и другие предложения.

7.21. Уже сейчас имеется много примеров инфразонального расчленения. Так, в пределах 6–7 горизонтов неогена Восточной Камчатки (о-в Карагинский), соответствующих 14 диатомовым зонам, были выделены 42 слоя по моллюскам (м) и 21 слой по фораминиферам (ф). Они объединены, соответственно, в 15 и 9 пачек с фауной. Многие границы слоев и пачек, намеченных, с одной стороны, по (м), с другой – по (ф), хорошо совпадают. Совокупность таких слоев и пачек, выделенных по разным группам, позволяет давать многим подразделениям суммарную, или комплексную палеонтологическую характеристику. Подчеркнем, что временная продолжительность слоев оставляет 0,03–0,09, а пачек – 0,12–0,35 млн лет. Эта продолжительность рассчитана с учетом палеомагнитных данных, изотопных датировок, изохрон, маркирующих границы диатомовых зон, и скорости накопления неогеновых осадков. Помимо границ слоев и пачек, для расчленения разреза можно использовать еще до 15 дополнительных уровней разной достоверности, которые маркируют появление отдельных таксонов в толщах. К маркерам можно также отнести дополнительно уровни палеомагнитных инверсий (более 20 – в верхней части разреза), прослой пепловых туфов (до 13–15), перерывы (6 относительно крупных) и т.п. В результате каждая пачка получает сопряженную характеристику за счет не только палеонтологических, но и других признаков (литологических, магнитных и пр.) (рис. 14).

Подобные слои с моллюсками и фораминиферами были намечены в неогене Западной и Северо-Восточной Камчатки. Многие из этих слоев при высоком коэффициенте устойчивости и, что очень важно, одинаковой последовательности (сочетание “устойчивости” и “одинаковой последовательности” является объективным показателем реальности слоев) прослежены на Камчатке на 300–800 км.

Некоторые из них, как и пачки, отмечаются на Сахалине и Аляске.

В результате удалось получить детальные стратиграфические схемы, уже используемые при геологическом картировании, и перейти к дробным расшифровкам палеогеографических событий.

На рис. 15 дана одна из возможных схем соотношения дробных стратиграфических подразделений.

7.22. Система стратиграфически сменяющихся маркёров (ССМ). Подводя итог сказанному, можно отметить, что опыт стратиграфических исследований последних лет уже сейчас дает многочисленные примеры успешного инфразонального расчленения древних толщ. С одной стороны, этому помогает выделение нескольких типов дробных подразделений внутри зон и лон (слои с фауной, циклы высокого порядка, палеоклиматические единицы и пр.). С другой – этому способствует выявление внутри зон различных маркёров, с помощью которых удастся подразделять зоны на две или несколько частей (табл. 8). При этом в каждом случае можно осуществлять переход к обособлению этих частей, применяя соответствующие названия (например, нижняя и верхняя части, или подтуфовая и надтуфовая части зоны, положительно или отрицательно намагниченная часть зоны и т.д.) и разрабатывая номенклатуру не только в местном, но и в более широком масштабе. В принципе, с помощью любых двух маркёров линейного характера внутри хронозоны можно выделять дробные их части (типа микрогоризонта, интердата и др.). Вышеизложенное свидетельствует, что инфразональность во многих случаях уже достаточно хорошо обеспечена.

Вместе с тем, надо реально представлять себе, что микростратиграфические единицы выводить из-под ранга провинциальных надо пока очень осторожно, ибо практика предоставляет достоверные примеры их успешного использования в основном пока в региональном масштабе. Тем не менее, некоторые подразделения применяются уже и в глобальном масштабе (палеомагнитные инверсии и эпизоды, палеоклиматические оптимумы и пр.).

Суммируя данные по инфразональным единицам и внутризональным реперам разного происхождения, можно сказать, что они отражают кратковременные, часто скачкообразные или спазматические (иногда катастрофические) события. Большинство из них фиксируются как региональные и местные (отдельные бассейны, провинции), но намечаются и субглобальные категории (океаны, континенты). В ряде случаев разные реперы совпадают во времени (палеоклиматические–эвстатические и др.), но весьма часты случаи их несовпадения (например, литологические–биотические–палеомагнитные и т.п.), и это увеличивает количество маркёров в той или иной зоне или лоне.

Конечно, к применению реперов необходимо относиться с позиции здравого смысла: надо объективно оценивать их реальность, практическую при-

Отдел	Покров	Сигта	Толща	Разрез	Мощность (м)	Моллюски		Фораминиферы		Горизонты (регионы) и подгруппы		Зоны по диатомовым	Зоны магнитных полей	Мил. лет										
						Слой с фауной	Пачки с фауной	Слой с фауной	Пачки с фауной	Верхний	Нижний													
Плиоцен	Лимиттевая	Т	14		20	42	XV	21	IX <i>Islandiella inflata</i>	VI	Тусатуваямский	N. koizumi		2										
						41	XIV <i>Astarte diversa</i> - A. nort.	20		VI	Усть-лимиттеваямский				N. koizumi - N. kamtschatica									
						38	XIII <i>Fortipecten hallae</i> - <i>Astarte limemstensis</i>	19	VIII <i>Retroel-phidium subclavatum</i>	V	Верхний	N. koizumi - N. kamtschatica												
						37		18							VII <i>Elphidiella aff. oregonensis</i>	Лимиттеваямский	Нижний	Th. oestrupi						
						34	17	XII	15	14	IV	Верхний							N. kamtschatica					
						33	16								XI	13	12	Юнона-ваямский		Нижний	R. californica			
						25	15	X	14	13	12	11							10			9	8	7
						24	14								IX <i>Clinocardium ovalis</i> - <i>Nuculana majamraphensis</i>	13	VI <i>Cribrosiphidium orientale</i>	IV		Верхний	N. kamtschatica			
						23	13	VIII <i>Protothaca staleyi</i> - <i>Panomya intermedia</i>	12	VII <i>Elphidiella aff. oregonensis</i>	L	Верхний							Th. oestrupi					
						22	12								VII <i>Lima sakhalinensis</i> - <i>Nuculana alferovi</i>	11	V <i>Globobulimina pupoides</i>	III		Мыса Плоского	Thalassiosira yabei			
21	11	VI <i>Periploma sakhalinensis</i> - <i>Yoldia scapha</i>	10	IV <i>Islandiella californica</i>	II	Безыманный	Crucidentacula kandyae																	
20	10							V	9	III <i>Haplophragmoides impressus</i>	I	Безыманный	?											
19	9	IV <i>Solemya tokunagai</i> - <i>Conchocella ochotica</i>	8	II <i>Haplophragmoides tortuosus</i>	I	Безыманный	?																	
18	8							III	7	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
17	7	II <i>Securella ensifera</i>	6	II <i>Haplophragmoides tortuosus</i>	I	Безыманный	?																	
16	6							I	5	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
15	5	II <i>Securella ensifera</i>	4	II <i>Haplophragmoides tortuosus</i>	I	Безыманный	?																	
14	4							I	3	II <i>Haplophragmoides tortuosus</i>	I	Безыманный	?											
13	3	II <i>Securella ensifera</i>	2	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
12	2							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
11	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
10	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
9	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
8	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
7	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
6	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
5	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
4	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
3	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
2	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
1	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
13	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
12	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
11	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
10	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
9	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
8	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
7	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
6	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
5	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
4	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
3	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
2	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
1	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
13	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
12	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
11	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
10	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
9	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
8	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
7	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
6	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
5	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
4	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
3	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
2	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
1	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
13	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
12	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
11	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
10	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
9	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
8	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
7	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
6	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
5	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
4	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
3	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
2	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
1	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
13	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
12	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
11	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
10	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
9	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
8	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
7	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
6	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
5	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
4	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
3	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
2	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
1	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
13	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
12	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
11	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
10	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
9	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
8	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
7	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
6	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
5	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
4	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
3	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
2	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
1	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
13	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
12	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
11	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
10	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
9	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
8	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
7	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
6	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
5	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
4	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
3	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
2	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
1	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
13	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
12	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
11	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
10	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
9	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
8	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
7	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
6	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
5	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
4	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
3	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
2	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
1	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
13	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
12	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
11	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
10	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
9	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
8	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
7	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
6	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
5	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?																	
4	1							I	1	I <i>Melonis pompilioides</i>	I	Безыманный	?											
3	1	II <i>Securella ensifera</i>	1	I <i>Melonis pompilioides</i>																				

Рис. 14. Стратиграфические подразделения неогена о-ва Карагинский Восточной Камчатки (горизонты, зоны, слои и пачки с фауной) [Гладенков, 1994]

1 - конгломераты; 2 - песчаники; 3 - алевролиты, аргиллиты; 4 - диатомиты; 5 - конкреции; 6 - перерывы и размывы; 7, 8 - магнитная полярность: 7 - прямая, 8 - обратная; 9 - интерслои; 10 - отсутствие зональных комплексов. У-Л - усть-лимиттевая толща; Т - тусатуваямские слои; М - Матуяма

I-XV - пачки с моллюсками: I - *Hiatella pleschacovi* - *Pseudoliomesus praenassula*, III - *Mya karaginskiensis*, V - *Shavodrilla kamtschatica* - *Turricula asawanoensis maxima*, X - *Panomya trapezoides* - *Yoldia ochotensis*, XI - *Fortipecten kenyoshiensis*, XII - *Filgoraria microsculptata* - *Plicifusus karaginskiensis*, XV - *Mytilus declivis* - *Clinocardium subcostalis*. Диатомовые: N - *Neodenticula*, R - *Rouxia*, D - *Denticulopsis*

менимость (узнаваемость, прослеживаемость) и соотношение во времени и пространстве (устойчи-

вость стратиграфического положения относительно друг друга, пространственное распространение

Связи	Литология	Пласт, слой, пропласток	Пакет	Пачка	Слои с фауной	Решетчатый (горизонт) или лона	Глинт	Ярус или хронозона	
II					C	ГК		с	
								б	
					B			а	
I					A				

1

2

3

4

5

6

7

Рис. 15. Соотношение дробных стратиграфических подразделений [Гладенков, 1988]
 1 – конгломерат, 2 – песчаник, 3 – алевролит, 4 – известняк, 5 – уголь, 6 – карбонатная конкреция, 7 – галька

и взаимозаменяемость). Особое внимание следует уделить практическому выявлению таких маркёров именно в зонах, т.е. в пределах определенных возрастных рамок. Сменяемость (или подставление)

одних признаков другими признаками в разрезах горных пород – это объективная реальность, которая не должна остаться без должного внимания со стороны стратиграфов.

Таблица 8. Система стратиграфически сменяющихся маркёров (ССМ)

Подразделения стратиграфического шкала		Маркёры						
		Биотические	Палеомагнитные	Литологические	Седиментационные перерывы	Палеоэкологические	Палеоклиматические	Циклические
Зоны, лоны (0,2–3 млн лет)	12	●						
	11	●						
	10	●						
	9	●						
	8	●						
	7	●						
	6	●						
	5	●			□ □ □ □			
	4	●						
	3	●						
	2	●						
	1	●						
	0	●						

Примечание. ● – отметки (даты) календаря геологических событий.

Фактически речь идет о составлении и использовании *календаря кратковременных геологических событий*, распознавании степени достоверности их следов и определении их точного стратиграфического положения внутри хронозон.

Таким образом, можно сделать вывод, что для детализации стратиграфических схем весьма полезно использовать систему сменяющихся (или подставляющих) маркёров (ССМ), отражающих кратковременные геологические события. Практически каждая ССМ имеет свою дробность и пространственный масштаб. Естественно, в случае создания местной и региональной стратиграфических схем насыщенность ССМ будет выше, чем при разработке межрегиональных и субглобальных шкал. Поиски реперов, связывающих ССМ, являются чрезвычайно важными для практической стратиграфии.

7.23. В настоящее время одной из важных задач стратиграфии является анализ опыта по детализации стратиграфических схем. К сожалению, пока еще мало изучено разрезов с целью их инфразонального расчленения и широкой корреляции на площади. Мало имеется специальных методических работ, и мало проводится дискуссий по этой тематике. В связи с этим, недостаточное внимание уделяется классификации и терминологии дробных подразделений. Однако, входя в XXI в., геологи должны понимать, что практика будет нуждаться в стратиграфических схемах нового поколения – бо-

лее детальных и более событийных. Можно думать, что комплексное использование разных методов, появление новых приемов стратиграфического анализа приведут к существенному *переворужению* стратиграфии и обеспечат ее микростратиграфическую направленность. Подобное случилось, например, в 60-х годах с сейсмостратиграфией, когда после технического перевооружения сейсмического метода, появилась возможность выделять на временных разрезах не только “сильные”, но и “слабые” границы (соответственно с перепадом акустической жесткости 10–50 % и 2–3 %), что позволило намечать не одну границу на 1 км глубины, как это было раньше, а гораздо больше границ – через 50–100 м и чаще.

Стратиграфия является основой научной геологии, ибо, как уже говорилось выше, именно она с ее геоисторической концепцией сделала геологию наукой, введя в анализ геологических событий понятие времени. Будучи разделом геологии и в связи с этим отражая ее общие начала и широкие связи с ней, стратиграфия развивается в определенной степени в соответствии со своей сущностью. На этом фоне переход к микростратиграфическому расчленению осадочных толщ является отражением этой сущности. Нет сомнений, что в XXI в. это направление стратиграфии получит дальнейшее развитие, ибо оно действительно является велением времени.

8. Стратиграфия как раздел исторической геологии; стратиграфические подразделения как отражение этапности развития биосферы и палеоэкосистем

8.1. Выше мы старались подчеркнуть, то *каждая из стратиграфических схем является выводом из геологической истории*. Они только тогда теряют свою условность, когда отражают смену событий. Вот почему выполняя цикл “чистых” стратиграфических работ (расчленение и корреляция древних толщ), мы всегда в той или иной мере касаемся исторической геологии. В этой связи приходится анализировать все важные геологические события как биотического, так и абиотического характера. И если последовательность этих событий можно выявить с определенной точностью, то их взаимосвязь, обусловленность и причинность часто остаются до конца не установленными. И это постоянно “терзает” душу стратиграфов. Нередко поэтому они вынуждены много моделировать и в отношении восстановления хода развития тех или иных природных явлений не выходят за рамки предположений. Тем не менее, стратиграфы обязаны идти по этому пути, шаг за шагом приближаясь к истине. Поскольку геологическая история Земли в значительной мере есть история биосферы, а последняя характеризуется, помимо всего прочего, прежде всего живым веществом, приходится обращаться к расшифровке развития именно палеобиосферы и ее важнейшей составляющей – биотических палеосообществ. И именно здесь стратиграфа поджидает много невыясненного. Вот почему вплоть до настоящего времени приходится пользоваться не только фактами, теми или иными знаниями и установленными закономерностями, но и интуицией и просто здравым смыслом.

В качестве, так сказать, ориентира в этом смысле, можно, например, посчитать четыре “закона” Б. Коммонера: *все связано со всем; все должно куда-нибудь деваться; природа знает лучше; ничто не дается даром*.

Но, к сожалению, они в сугубо практической деятельности помогают редко. И приходится собирать прежде всего отдельные, пусть даже разрозненные, факты, чтобы постепенно сложить из них правдоподобную картину строения и эволюции биосферы.

8.2. **Биосфера и экосистемы.** При рассмотрении особенностей биосферного развития приходится обращать внимание также на ее блоки – те или иные экосистемы. Собственно говоря, в повседневной деятельности при изучении древних толщ тех или иных осадочных бассейнов стратиграф чаще всего имеет дело именно с отдельными экосистемами разного масштаба (см. ниже). Биосфера может в этом контексте считаться глобальной экосистемой.

8.3. Термин “биосфера” был введен в науку в 1875 г. австрийцем Э. Зюссом. Особенно популярным он стал после 20-х годов прошлого века, когда В.И. Вернадский, используя этот термин, фактически создал науку с аналогичным названием. Однако следует напомнить, что представление о биосфере было дано еще Ламарком, хотя он не пользовался этим термином.

Биосфера – это оболочка Земли, где существует или когда-либо существовала жизнь, т.е. где встречаются живые организмы или продукты их жизнедеятельности. Она включает верхнюю часть литосферы, гидросферу, тропосферу и нижнюю часть стратосферы (рис. 16).

В.И. Вернадский [1926] показал первостепенную преобразующую роль живых организмов и обуславливаемых ими механизмов образования и разрушения геологических структур, круговорота веществ, изменения твердой, водной и воздушной оболочек Земли. Ту часть биосферы, где живые организмы существуют в настоящее время, называют **совре-**

Геологические оболочки и геосферы Земли



Рис. 16. Геологические оболочки и геосферы Земли, по В.И. Вернадскому

менной биосферой (необиосферой), а древние биосферы относят к **былым биосферам** (по В.И. Вернадскому), или палеобиосферам. Часть биосферы, где проявилась деятельность человека как геологической силы, получила название **ноосфера**.

8.4. В.И. Вернадский уделял специальное внимание не только современной биосфере, но и "былым биосферам". Фактически из его представлений

следовало, что они должны анализироваться в историческом аспекте. Одной из особенностей их является то, что в целом биосферный процесс на протяжении почти 4 млрд лет ни разу не был прерван, т.е. не терял своей целостности как общепланетарное явление. В этом смысле, по Б.С. Соколову, биосферный процесс можно рассматривать как нормальное естественноисторическое явление. Конечно-

– это система с большим разнообразием (с большим количеством элементарных экосистем и разнообразием биоты, которое есть важное условие ее устойчивости).

Абиотические причины включают диастрофизм и вулканизм (прямо или косвенно с ними связаны ротация, изменение магнитного поля, климатические и эвстатические колебания); рифтогенез (проявление радиоактивности) и др.



<http://JuraSSIC.ru>

Биотические причины связаны с эволюцией биотических сообществ под влиянием не только внешнего воздействия, но и *саморазвития*. Многие, сознательно или несознательно придерживаясь идей упрощенного ламаркизма (эволюция под влиянием прямого воздействия внешнего фактора), забывают, что “без берегов рек не бывает, но не берега движут воду в реке”. Между тем, существует мнение, что абиотические события играют роль *триггеров*, т.е. скорее провоцируют развитие кризисов, подготавливаемых состоянием сообществ, чем являются их истинной причиной.

Однако до сих пор остается проблема выявления главных сил или сочетаний отдельных причин, которые обеспечивают эволюцию биосферы.

Сейчас специальное внимание обращается на два важных явления, роль которых в развитии биосферы стала раскрываться в последнее время. Во-первых, это *коэволюция*, что означает направленность развития живого вещества биосферы, как целого, а во-вторых, *синергетика*, или согласованное действие многих элементов систем.

8.7. Биосфера состоит из живого и неживого (косного) веществ.

Живое вещество – это, по В.И. Вернадскому, чрезвычайно активизированная материя, которая обуславливает высокую средообразующую деятельность. К особенностям живого вещества можно отнести:

- способность быстро занимать все свободное пространство;
- движение вещества не только пассивное, но и активное;
- устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти;
- высокая приспособляемость к различным условиям;
- феноменально высокая скорость протекания реакций;
- высокая скорость обновления живого вещества.

Возможно, одно из главных отличий жизни от абиотических явлений – целесообразность развития.

8.8. Деятельность живых организмов в биосфере можно свести к нескольким – с учетом идей В.И. Вернадского – основополагающим функциям:

- 1 – энергетическая (запасание энергии, передача ее и рассеивание);
- 2 – газовая (способность изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом);
- 3 – окислительно-восстановительная (процессы окисления при обогащении среды кислородом и восстановления при разложении организмов при дефиците кислорода);
- 4 – концентрационная (способность организмов концентрировать в своем теле рассеянные химические элементы с образованием полезных ископаемых);
- 5 – деструктивная (разрушение организмов и косных веществ);

6 – транспортная (перенос вещества и энергии при активном движении организмов);

7 – средообразующая (преобразование физико-химических параметров среды);

8 – рассеивающая (через трофическую и транспортную деятельность);

9 – информационная (накопление, закрепление и передача информации).

8.9. Основными звеньями (блоками) биосферы являются экосистемы (ЭС). Этот термин был введен в употребление А. Тенсли в 1935 г.

Экосистема – это естественная единица – система, представляющая собой совокупность живых и неживых элементов, в результате взаимодействия которых создается стабильная саморегулирующаяся система. Другими словами, она объединяет в одно функциональное поле живое вещество и среду его обитания. Ее основными свойствами являются:

- способность осуществлять круговорот веществ;
- способность противостоять внешним воздействиям;
- способность производить биологическую продукцию.

Близкий по содержанию смысл вкладывается в термин “биогеоценоз”, введенный В.Н. Сукачевым в 1942 г.

8.10. Обычно крупные экосистемы включают в себя экосистемы меньшего ранга. Существуют определенные иерархии таких систем – от биосферы до макроэкосистем разного масштаба и далее до микроэкосистем. Для практических целей стратиграфы обычно используют макросистемы. Одна из иерархий приведена ниже (в качестве примера взята Северо-Тихоокеанская область, т.е. обособленная часть океана). В ее основе лежит прежде всего широтная зональность, на которую накладываются провинциальные особенности, отражающиеся на ранге подразделений.

Иерархия экосистем

Биосфера

Крупные блоки: океаны, континенты (с эпиконтинентальными бассейнами), переходные зоны

Климатические пояса (бореальный и субтропический)

Область (Северо-Тихоокеанская)

Зона – шельфовая (Восточно-Азиатская)

Подобласть (Берингийская, Японо-Сахалинская)

Провинции (Северо-Курильская, Северо-Японская, Охотоморская, Командорская) с 25–50 % эндемиков

Подпровинции (Анадырская, Южно-Корякская, Восточно-Камчатская, Западно-Камчатская, Северо-Сахалинская и др.) с 10–25 % эндемиков

Округа (Макаровский в Южно-Сахалинской подпровинции и др.)

Одновременно выделяются экосистемы, связанные с *вертикальной зональностью* морских бассейнов (литеральная, сублитеральная, батимальная, абиссальная зоны).

В скобках – примеры экосистем неогена Дальнего Востока.

8.11. Среди экосистем выделяются *закрытые (изолированные), полузакрытые и открытые*. Каждая из них имеет определенные отличия, основанные на характере обмена ЭС веществом и энергией. Основным признаком нормально функционирующих природных ЭС является способность извлекать негэнтропию из внешней среды (солнечную энергию) и тем самым поддерживать свою высокую упорядоченность.

Универсальное свойство ЭС – их *эмерджентность*, означающее, что свойства системы как целого не являются простой суммой свойств составляющих ее частей или элементов.

Важным свойством ЭС является их *продуктивность* (образование продукции в единицу времени на единицу их площади или объема). В.И. Вернадский выделил очаги наибольшей концентрации жизни, назвав их пленками и сгущениями живого вещества. В океане обычно обособляются две пленки – поверхностная (планктонная) и донная (бентосная). В наземных экосистемах – приземная и почвенная пленки.

Повышенные концентрации живого вещества в биосфере обычно приурочены к условиям “краевого эффекта”, или *экотонам*. Такой эффект возникает на стыках разных сред или экосистем.

8.12. Способность ЭС сохранять свою структуру и функциональные свойства под воздействием внешних факторов характеризуют ее *стабильность*. Одновременно ЭС свойственна определенная *устойчивость*, т.е. способность возвращаться в исходное положение после воздействия факторов, выводящих ее из равновесия. Кроме того, есть еще понятия *упругость* и *пластичность*, характеризующие ЭС. *Упругость* – это способность ЭС воспринимать значительные воздействия, не изменяя существенно своей структуры и свойств. При запороговых воздействиях ЭС обычно разрушается или переходит в новое качество. *Пластичность* – это свойство ЭС под влиянием воздействий “прогибаться”, но затем – при уменьшении силы воздействия – возвращаться в исходное (или близкое к нему) состояние.

8.13. Любая экосистема, находясь в процессе саморазвития и приспособляясь к изменениям внешней среды, находится в состоянии *динамики*. Эта динамика может касаться как отдельных звеньев (организмов, популяций, трофических группировок биоценозов), так и системы в целом. При этом динамика может быть связана с адаптациями как к внешним по отношению к ЭС факторам, так и к факторам, которые создает сама ЭС. В целом динамика – поступательная или направленная.

Последовательная смена во времени одних биоценозов и экосистем другими на определенном участке океана или суши называется *сукцессией*. Установлены определенные закономерности протека-

ния сукцессионного процесса с выделением нескольких (до 5–7) стадий – от начальных, когда видовое разнообразие незначительно, до зрелых (климаксных).

Высокое *разнообразие* обычно отражает повышенную устойчивость экосистем, наоборот, – ее падение свидетельствует о том, что “что-то произошло”.

8.14. Мы должны признать, что при анализе развития биосферы и ее экосистем имеем дело со сложной системой взаимодействий внутренних факторов и внешних воздействий, общей схемы которой до сих пор не существует. Недаром Ч. Дарвин в свое время пессимистически отмечал, что ни в одном из ста случаев мы не в состоянии указать причину, почему та или иная биотическая организация или ее часть изменилась. Для разработки такой схемы имеется только один путь – попытаться сопоставить во времени развитие различных событий, которые сопровождают изменение биоты, в целом совпадая с ним в определенные периоды (с возможным опережением или отставанием). Анализ таких сопоставлений может помочь как-то причинно увязать события, т.е. перейти к выявлению их причинно-следственных связей. Попытки наметить такие связи уже имеются. Обычно их увязывают в “узлы” на определенных геоисторических рубежах (в фанерозое обычно на границах эр, периодов, эпох или веков). Именно к ним часто привязаны многие (в том числе кризисные) события разного плана и масштаба (изменение магнитного поля, проявление регрессий или трансгрессий, вспышки магматизма, появление изотопных аномалий, климатические изменения, а также изменения состава и структуры биотических сообществ – вымирание, смена доминантов и пр.).

Сейчас делаются попытки специально обозначить факторы, определяющие направленность эволюционного процесса, – *селектогены*. Одни из них отвечают за направленность филогенетических сдвигов (автогенетические). Другие обеспечивают изменения вдоль оси (эктогенетические) – изменения плотности сообществ, их распределения и др.

8.15. Развитию биосферы свойственна *этапность*. Она проявляется в *биосферных ритмах* разного масштаба, отражающих направленность и периодичность эволюции биосферы. Частным выражением этапности развития биосферы могут считаться *массовые вымирания* (МВ), которые считаются проявлением глобальных катастрофических событий определенной периодичности [Sepkoski, 1982]. Из них 4–5 считаются “великими” и около 15 – “малыми” МВ (рис. 18). Интервалы между ними – порядка 30 млн лет (37 – в палеозое, 26 – в мезозое и кайнозое), но они не всегда выдерживаются в этих пределах. Кстати, для МВ характерно отсутствие селективности. Глобальные биотические кризисы имеют продолжительность 10–15 млн лет. Они отражаются упрощением

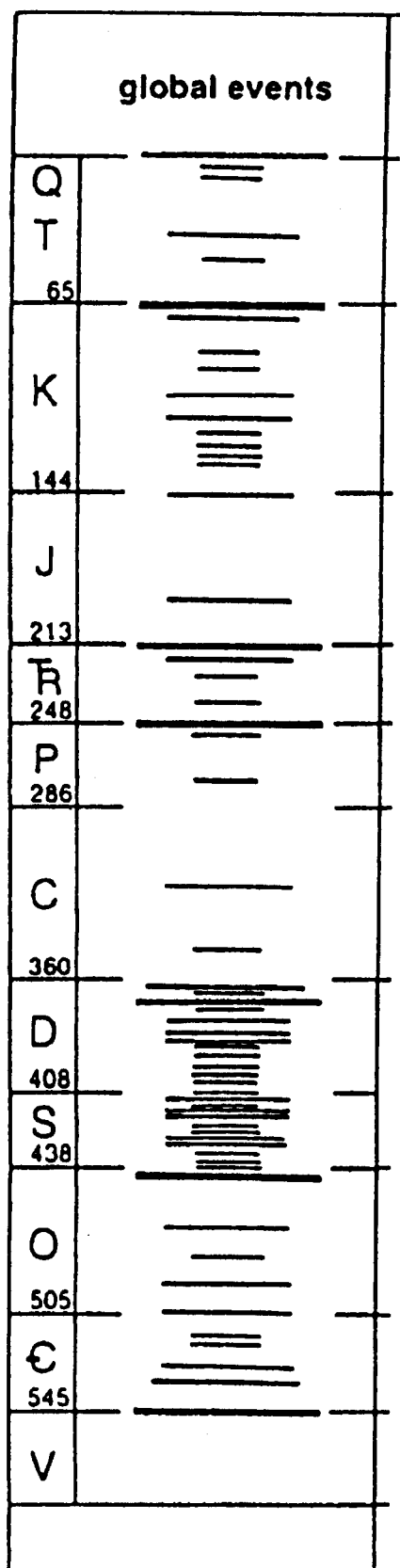


Рис. 18. Массовые вымирания в фанерозое ([Morrow et al., 1996], с упрощениями)
Жирные линии – великие вымирания, длина линий показывает масштаб биотических событий

структуры и сокращением разнообразия. Собственно вымирания занимают несколько тысяч лет и более и характеризуются ступенчатым характером. Они сменяются периодом низкого таксономического разнообразия (1–2 до 5–6 млн лет) и далее бурной диверсификацией биоты (через 5–6 млн лет), превышающей разнообразие предкризисной стадии. Судя по всему, вымирания в море и на суше различаются по ряду параметров. Видимо, в море они в целом более резкие, а на суше – постепенные и менее глубокие [Алексеев, 1989].

8.16. Среди главных причин, вызывающих глобальные катастрофические события, в литературе называются несколько. Например, С.Г. Неручев [1982] связывает их прежде всего с периодическим заражением бассейнов седиментации и биосферы в целом эндогенным ураном и тяжелыми токсикантами, что отражается в образовании черных сланцев. При этом 20 таких периодов фанерозоя согласуются с эпохами активизации рифтогенеза и вулканизма.

По А.А. Маракушеву [1992], устанавливается связь черносланцевых формаций и биотических кризисов, и она рассматривается как следствие импульсов дегазации, которые соответствуют эндогенной активности Земли.

Согласно Н.Л. Добрецову [1994] и Е.Е. Милановскому [1996], образование суперплюмов и проявление периодических процессов, проходящих во внешнем жидком ядре и у его границы с мантией и приводящих к геопульсациям (тектонические деформации, расширение и сжатие земной коры, которые вызывают трансгрессии и регрессии моря, изменение магнитного поля и пр.), создают фон развития биосферы и определяют его этапность (рис. 19).

Недавно А.А. Баренбаум с соавторами [2002] сделали попытку связать МВ с моментами прохождения Землей струйных потоков космоса (рис. 20). Предполагается, что все циклически повторяющиеся на Земле процессы имеют космические корни. При этом циклы длительностью 100 тыс. лет и менее определяются процессами в Солнечной системе, т.е. в “ближайшем” космосе. А циклы свыше 20 млн лет – процессами в Галактике, т.е. в космосе “дальнем”. Двигаясь по орбите, Солнце через каждые 19–37 млн лет пересекает струйные потоки вещества, истекающие из галактического ядра. В эти моменты объекты Солнечной системы, в их числе Земля, подвергаются мощным космическим воздействиям. Такие моменты выделяются на Земле как этапы природных катастроф (в том числе тектонических, климатических, экологических и др.). Отсюда можно предположить, что вся система установленных в геологии циклов с характерными периодами 10^6 – 10^9 лет отражает не только этапы внутренней эволюции Земли, но и служит индикатором ряда космических явлений, которые время от времени происходят в околосолнечном кос-

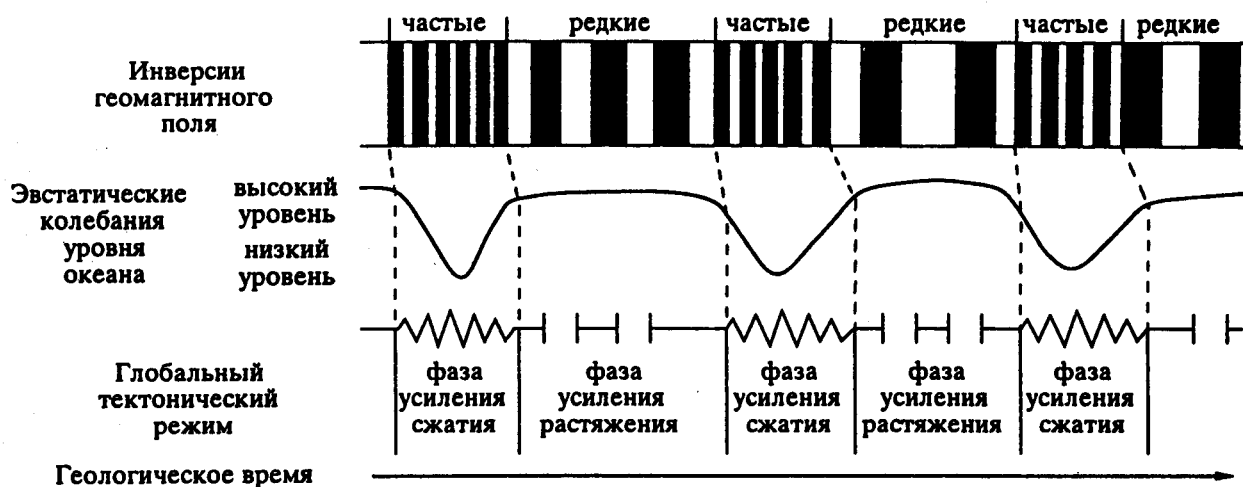


Рис. 19. Принципиальная схема соотношений во времени изменений частоты геомагнитных инверсий, тектоноэвстатических колебаний уровня океана и глобальных фаз усиления тектонических деформаций сжатия и растяжения земной коры в мезозое и кайнозое [Милановский, 1996]

мическом пространстве и сильно влияют на многие процессы нашей планеты.

Причиной глобальных геологических циклов Земли являются мощные космические воздействия, обусловленные квазипериодическими взаимодействиями Солнца со звездами и бомбардиров-

ками Солнечной системы кометами струйных потоков Галактики. Основной физический механизм галактического влияния на Землю с момента ее образования не менялся и фактически сводился к падению на ее поверхность крупных космических тел – комет и астероидов.

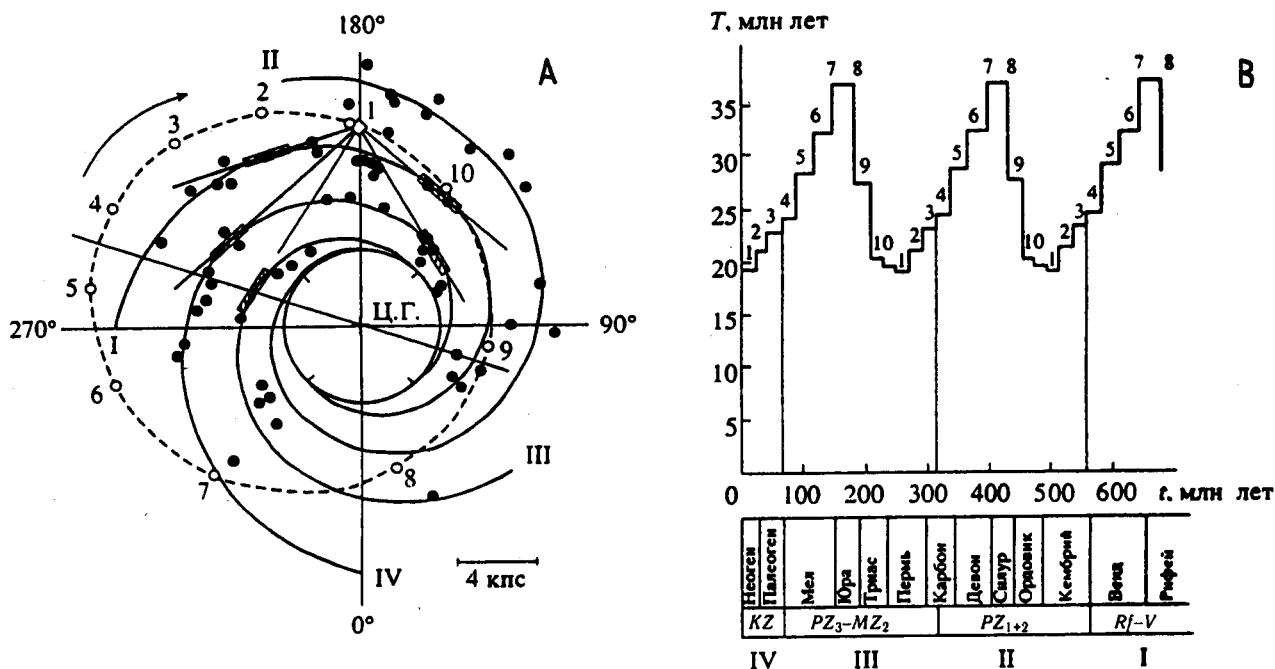


Рис. 20. Совмещение расчетной орбиты Солнца (пунктир) с положением спиральных ветвей Галактики (А) и интервалы времени между последовательными попаданиями Солнца в струйные потоки Галактики в последние 700 млн лет (Б) [Баренбаум и др., 2002]

На А цифрами показаны вычисленные моменты попадания Солнца в струйные потоки Галактики; ромбом указано современное положение Солнца; Ц.Г. – центр Галактики; римские цифры – номера спиральных ветвей Галактики, выявляемые на основании положений в галактической плоскости гигантских молекулярных облаков (черные кружки) и областей с высокой эмиссией газа (заштрихованные прямоугольники); стрелкой указано направление движения Солнца по орбите и вращения системы галактических ветвей вокруг центра

На Б I–IV – один из возможных вариантов объединения периодов в мегациклы, соответствующие оборотам Солнца вокруг центра Галактики; точки 1–10 – положение Солнца на орбите (см. А)

В связи с этим современная стратиграфическая (геохронологическая) шкала, построенная в виде иерархической системы вложенных друг в друга циклов разной длительности, представляет, по существу, эмпирическую классификацию последовательности космических воздействий на Землю близкой природы, ранжированных по комплексу признаков. Таких признаков можно выделить три: 1) величина выделившейся энергии, 2) преобладающий тип падающих тел (астероиды или кометы) и 3) одиночный или групповой характер их падений.

Энергетический уровень воздействия на Землю падающих тел 10^{23} Дж является "пороговым". Падения тел с выделением энергии выше этого порога, по-видимому, носят глобальный характер и вызывают ощутимые геологические, климатические и биологические последствия во всем земном шаре. События с меньшей энергетикой имеют более локальные последствия и проявляют себя лишь в ограниченном числе регионов планеты.

Можно вспомнить и о других гипотезах по разбираемому вопросу. Одно время, в 80–90-е годы XX в. была популярна гипотеза о влиянии импактных событий на вымирания [Alvarez et al, 1980; McLaren, Goodfellow, 1990].

Выше говорилось о климатической гипотезе, согласно которой эволюция биоты проходила под преимущественным влиянием колебаний климата.

Есть гипотеза, подчеркивающая ведущую роль в развитии и вымирании разных групп внутренних автогенетических факторов (О. Шиндевольф и др.).

Имеются и другие гипотезы, касающиеся причин не только вымираний, но и развития в целом биотических сообществ. Однако большинство из них не затрагивает всех аспектов взаимодействий разных факторов и их общего влияния на эволюцию биоты. И все же такие попытки делаются. Остановимся на двух из них.

8.17. Одна из последних моделей, объясняющая связь многих событий и предполагающая возможность использования ряда закономерностей развития геологических и биологических процессов, предложена недавно В.А. Красиловым [2001]. Этот автор является сторонником ротационной модели, в рамках которой предполагается, что изменения угловой скорости вращения Земли приводят к смещению на всех (или многих) плотностных разделах, так как тела с различной плотностью получают различное ускорение. Смещение, в частности, мантии относительно ядра сопровождается плавлением мантийного вещества и образованием мощной переходной зоны, которая экранирует распространение магнитных волн. Предполагается, что динамика этой зоны отражается в инверсиях знакопеременного магнитного поля.

Колебания уровня Мирового океана по этой модели также связаны с ротационным ускорением – его центробежной компонентой. Угловое и центробежное ускорения зависят от плотностной

дифференциации геологических тел. Возможно, при этом изостатическое уравнивание океанических и континентальных блоков разной плотности происходит на разных уровнях. Они сближаются при замедлении вращения и, напротив, расходятся при ускорении. Соответственно, континенты относительно океанических впадин воздымаются (это приводит к регрессии) или опускаются (трансгрессия). В этой связи кажется закономерным совпадение во времени знакопеременного магнитного поля с общим сокращением площади эпиконтинентальных морей. При поднятиях, означающих расширение, следует ожидать раскалывание континентов по крупным разломам. А подток мантийного вещества по разломам и проплавление континентальной коры интрузиями приводили к увеличению плотности коры и к ее относительному опусканию.

На этом фоне можно наметить, в частности, хронологическую связь траппового вулканизма с радикальными перестройками морских и наземных экосистем, в которых первостепенное значение имели сопутствующие климатические события, смена характера океанической циркуляции и гидрохимические изменения, отразившиеся на среде обитания морских организмов и условиях осадконакопления. Воздействие среды на биоту могло носить как прямой, так и косвенный характер. Общей причиной изменения биоты следует, видимо, считать нарушение сукцессионных процессов в экосистемах в связи с дестабилизирующими воздействиями. Проявление этих процессов отражалось в том, что доминирующие климатские формы сменялись выходящими на передний план по численности и распространению пионерными. Биологическое разнообразие, по мысли В.А. Красилова, складывается из трех компонентов: разнообразие внутри сообществ, разнообразие самих сообществ и эколого-географическое (провинциальное) разнообразие. Вслед, видимо, за Шиндевольфом [Schindewolf, 1970], В.А. Красилов считает, что эволюционные импульсы распространяются от высших системных уровней к низшим, т.е. "сверху вниз".

8.18. Другой подход к развитию биосферы наметил недавно С.М. Шугрин [1999]. Он разработал свою гипотезу с охватом самых широких проблем, касающихся эволюционного процесса, и сделал, возможно, одно из самых интересных обобщений последних лет, используя не только свои оригинальные воззрения, но и, естественно, пионерские данные других исследователей.

По его мнению, имеет место длительный процесс совместной направленной эволюции *космической системы*, в которую включена Земля и ее биосфера. В ходе этой эволюции совершается самоорганизация геокосмоса (околоземное космическое пространство) и биосферы. Поэтому некоторые важные тенденции развития биосферы обусловлены тенденциями космических изменений. Эволюцией движут *потоки информации, энергии и ве-*

щества, направляемые и регулируемые всей системой организованности биосферы. Наиболее фундаментальный аспект эволюции – это эволюция биосферы как целого, ее глобальной организованности. Отсюда отбор есть функция не среды, как часто трактуется, а именно *организованности биосферы*.

Одно из наиболее глубоких различий живого и косного состояний вещества Земли состоит в различии симметрии их локальной структуры. Было выяснено, что живое вещество, в отличие от косного, имеет диссимметричную структуру. Биоинформация может рассматриваться как мера жизненно важной диссимметрии биосистемы.

Живое вещество может существовать только в достаточно сложно организованной, существенно неравновесной жизненной среде. Для биосферы характерна определенная тенденция развития: общий рост активности живого вещества при интенсификации глобальных энергетических и геобиохимических потоков, вовлеченных в биосферу.

8.19. Земля состоит из “внешних” и “внутренних” геосфер (к внешним относятся магнито-, термо-, страто-, тропо- и гидросферы, к внутренним – земная кора, мантия, внешнее и внутреннее ядро). Во внешних геосферах совершаются динамические процессы, создающие для живого фон активности и изменчивости. Внутренние геосферы определяют особенности глобальных геохимических круговоротов, от которых зависит общая устойчивость бытия биосферы. Солнечная активность при этом выступает как тотальный синхронизатор разных геофизических явлений.

Живое вещество есть функция организованности биосферы. Его эволюция не есть лишь процесс приспособления к косной среде, это творческий процесс преобразования среды обитания и построения планетарной организации. Следует помнить при этом, что жизнь протекает в подвижной информационно насыщенной среде. Эта среда задает детерминирующие рамки, в которые так или иначе должно вписаться все живое. Правда, эти рамки могут меняться в связи с различными естественными процессами.

Биосфера в системе геосфер находится в наиболее информационно насыщенной и динамичной области планет – на границе высокоподвижных внешних и внутренних геосфер, где космическое влияние переплетается с тектонической динамикой.

8.20. В биосфере можно наметить определенные *структурные уровни*: макробиологические (организмы, популяции, экосистемы) и микробиологические (органические молекулярные соединения, клеточные системы, субклеточные структуры). В целом жизненные структуры характеризуются устойчивостью на протяжении миллионов лет, что позволяет говорить о внутреннем единстве всего живого на Земле. Каждый уровень организа-

ции предполагает свою шкалу времени и свой тип ведущих закономерностей.

Главная черта органической истории – *направленность и необратимость*. Жизнь все время импровизирует, варьируя свои биосферные функции. Ее развитию свойственна определенная цикличность, которая имеет характер временной *периодичности* (в фанерозое намечаются крупные циклы продолжительностью около 170 млн лет, в которых имеются циклы более мелкого порядка). В ее основе, видимо, лежат процессы автоколебательного типа в сочетании с резонансной синхронизацией.

Можно думать, что феноменальная особенность живого – это его устремление в будущее, что отличает его от косного вещества. Ориентация на будущее задает *интенцию* – векторную характеристику жизнедеятельности. Информационная насыщенность жизненного поля в целом увеличивается, а организация живого вещества усложняется.

При этом если Солнце, поставляя энергию, создает для биосферы творческую ситуацию, то и сама биосфера, возбуждаясь через разные каналы воздействия, создает подобную ситуацию для составляющих ее экосистем и вызывает самоактивизацию живых организмов. Происходит ароморфоз экосистем, во время которого происходит трансформация совокупности видов, объединенных системой экологических связей.

8.21. В развитии геосфер Земли в фанерозое намечаются две тенденции: активизация геомагнитного поля и увеличение контрастности поверхности планеты. Для биосферы основное значение этих явлений состоит в возможности ускорения потоков энергии и вещества. А это может приводить к *активизации* ее развития при в целом прогрессивном характере эволюции. Как считают некоторые ученые, показателем этого может являться, например, повышение количества гемоглобина у высокоорганизованных организмов (что сказывается на интенсификации дыхательных и окислительных процессов) или скорости прохождения нервных импульсов, что говорит о росте активности основных жизненных процессов. В фанерозое общая активность живого вещества биосферы увеличилась, что отразилось на образовании новых, более активных форм, увеличении видового разнообразия и расширении жизненного пространства.

8.22. Заканчивая изложение гипотезы С.М. Шургина, отметим следующее. Из сказанного видно, что существуют разные подходы к поискам особенностей развития биосферы и причин, влияющих на это развитие. Но еще раз отметим, что до сих пор пока нет какой-либо общей схемы, раскрывающей характер взаимодействия внешних и внутренних факторов, а также долю их влияния в эволюционных процессах. Тем не менее, многое уже нащупывается и ближайшие десятилетия, видимо, приведут к новым результатам. Например, многие специалисты склоняются к мысли, что причины вымирания все-таки связаны с

земными процессами, скорее всего с внутрибиотическими, ибо эти вымирания не бывают внезапными.

8.23. Многие проблемы развития биосферы и ее блоков, связанные с биотой, заставляют обращаться к соответствующим обобщениям биологического направления, которые важны биостратиграфам во многих аспектах.

В принципе *эволюционный процесс присущ только живому веществу*. Термин “эволюция” был введен швейцарцем Ш. Бониз в 1762 г., хотя эволюционные идеи высказывались, видимо, раньше. Ч. Дарвин в этом отношении был не первым, но он в своей книге “Происхождение видов” 1859 г. блестяще развил идеи развития, сопроводив их представлениями о роли изменчивости и отбора в становлении новых форм. В начале XX в. была создана синтетическая теория эволюции, в которой, как представлялось, были соединены идеи классического дарвинизма и генетики.

Хотя, по мнению некоторых биологов, ископаемые формы остаются за пределами биологической концепции вида, ряд постулатов **синтетической теории эволюции**, сформулированных в XX столетии, могут быть использованы – прямо или косвенно – при изучении и интерпретации палеонтологического материала. Во всяком случае, палеонтолог должен иметь представление о них.

Напомним некоторые из основных постулатов синтетической теории эволюции (СТЭ) [Тимофеев-Рессовский и др., 1977; Воронцов, 1999].

- Материалом для эволюции служат мелкие, но дискретные изменения наследственности – *мутации*. Мутационная изменчивость – поставщик материала для естественного отбора – носит случайный характер.

- Основным движущим фактором эволюции является *естественный отбор*, основанный на селекции случайных и мелких мутаций.

- Наименьшая эволюционирующая единица эволюции – *популяция*.

- Эволюция носит в основном *дивергентный* характер, хотя, как выяснилось, и не всегда.

- В целом, эволюция имеет *постепенный (градуалистический) и длительный* характер (хотя отмечаются случаи – например, полиплодия – внезапной эволюции).

- *Вид* состоит из множества соподчиненных морфологически, физиологически и генетически отличных, но репродуктивно не изолированных единиц – подвидов, популяций.

- Обмен аллелями, “поток генов” возможен в основном лишь *внутри вида*, который в этом смысле представляется как генетически целостная и замкнутая система (хотя сейчас выявлены отдельные случаи просачивания потока генов через неабсолютные барьеры изолирующих механизмов эволюции).

- Критерии биологического вида – его репродуктивная обособленность не применима к формам без полового процесса и т. д.

Однако следует помнить, что рядом с СТЭ возникли и другие воззрения на эволюцию. Здесь уместно вспомнить, например, теорию **ногогенеза** (или эволюцию на основе закономерностей) Л.С. Берга, который в 20-х годах прошлого века подверг критике теорию классического дарвинизма как *тихогенеза* (эволюция на основе случайностей) и *селектогенеза* (эволюция на основе отбора). Хотя многое во взглядах Л.С. Берга устарело, главная его мысль, что в эволюции существуют запретные ходы, определенная векторизованность путей преобразования некоторых признаков и структур, – сейчас находит много сторонников. И уже с большой долей уверенности в настоящее время предполагается, что эволюции свойствен в какой-то степени направленный, канализированный характер.

Можно отметить, что в области теоретических основ палеонтологии сейчас идет соревнование синтетической теории эволюции с другими направлениями эволюционного учения.

И все же, существует некая сумма фактов, которые кажутся бесспорными на сегодняшнем уровне знаний: жизнь существует на Земле около 4 млрд лет и в первый миллиард лет (может быть и более) жизнь существовала на прокариотном уровне; в эволюции господствовали приспособительные процессы, т.е. адаптиогенез; эволюционный процесс проходит неравномерно и непрерывно; процесс адаптиогенеза идет при участии естественного отбора; элементарной эволюирующей единицей является популяция; материалом для эволюции служат мутации и их комбинации; важнейшим событием в эволюции является акт видообразования, т.е. возникновения двух нескрещивающихся множеств самостоятельных генофондов. Кроме того, установлено, что существуют три **основные формы (типы) видообразования**:

- *анагенез* – процесс прогрессивного развития группы, не связанный с распадением ее на боковые ветви; он связан с действием движущей формы естественного отбора;

- *кладогенез* – процесс увеличения числа ветвей в группе; к нему относятся понятия дивергентной эволюции и адаптивной радиации;

- *стаσιгенез* – процесс длительного сохранения таксона без прогрессивного изменения в каком-либо направлении – без анагенеза и кладогенеза.

Не останавливаясь специально на проблеме появления жизни на Земле, можно вспомнить идеи В.И. Вернадского, что жизнь вечна, так как вечен космос. По его мнению, жизнь и материя взаимосвязаны и между ними нет временной последовательности. Интересно, что представления о вечности космоса и жизни развивались еще в начале XVIII в, в частности, в книге Гюйгенса, которую при Петре I переводили дважды. Там тоже отмечалось, что жизнь есть космическое явление.

Видимо, будет уместно напомнить также об идеях А.Н. Северцева [1945] о биологическом и морфо-

физиологическом прогрессе. Биологический прогресс может быть достигнут за счет частных приспособлений (*идиогенез*), за счет морфофизиологического прогресса (*арогенез*, или *араморфоз*) или регресса (дегенерация, или *катагенез*) (рис. 21). В идиогенезе отмечают несколько форм: аллогенез (приспособления не связаны с узкой специализацией), телегенез (специализация) и гипергенез (увеличение размеров и пр.). Образно говоря, идиогенез проходит как бы в одной плоскости, в отличие от арогенеза и катагенеза, которые характеризуют восходящие или нисходящие процессы, соединяющие плоскости идиогенеза и отмечающие фазы заметных преобразований. Иногда говорят о законе Дарвина-Северцева, который гласит, что за арогенезом следует идиогенез.

8.24. Однако, возвращаясь к былым биосферам, анализ этапности развития которых позволяет нам строить стратиграфические шкалы, заметим, что эта этапность может намечаться как “сверху вниз” (от биосферы к экосистемам), так и “снизу вверх”.

Можно вспомнить, что еще В.И. Вернадский выделял четыре этапа в истории органического мира (появление первичных автотрофов, животных с кальциевым скелетом, лесных биоценозов и ноосферы). Сейчас экосистемный анализ привел к построению более детальной общей системы усложнения органической жизни. Так, Б.С. Соколов [1980] наметил десять мегаэкосистем: семь в докембрии, одна – вендская, одна – кембрийско-среднеордовикская и одна – современная. При этом учитывались многие важные события прошлого: появление простейших зобионтных систем, а затем фотосинтезирующих механизмов и биогенного накопления кислорода, появление свободного кислорода в атмосфере и эукариот, переход к кислородному дыханию и достижение около 600 млн лет назад точки “Пастера” (содержание свободного кислорода $1/100$ от современного количества), появление около 400 млн лет назад озонового экрана (10 % кислорода от современного уровня). Согласно современным представлениям, точка Пастера и появление озонового экрана дол-

жны быть “опущены” до уровня около 2 млрд лет [Семихатов и др., 1999].

На практике при стратиграфических исследованиях мы имеем дело с анализом прежде всего отдельных *палеоэкосистем* (ПЭ). Вот почему представляется целесообразным отдельно сделать некоторые замечания в их отношении, чтобы лишний раз обратить внимание на необходимость осторожного подхода к их реконструкциям.

Разобранные выше особенности ЭС касались прежде всего современных ЭС, т.е. фактически ЭС одного геологического мгновения, совпавшего с нынешним временем. Если же обратиться к ЭС прошлого, то сразу же дополнительно встанут несколько вопросов: в частности, что “улавливается” и что “не улавливается” из существенных характеристик ЭС прошлого; что можно использовать для восстановления ЭС и как можно оценить их эволюционные изменения; как определить их возрастные границы и что из экосистемного анализа практически можно использовать в стратиграфии. Остановимся лишь на нескольких моментах.

Считается, что благодаря взаимодействию компонентов ЭС каждый из них может стать источником информации о другом компоненте. При этом изучение именно живого компонента часто является единственным способом составить представление об ЭС. В принципе, палеоэкосистемы должны образовывать пространственно-временной континуум, отвечающий древней биосфере.

Анализируя в этом отношении некоторый объем породы, компоненты которой дают представление о пространственной связи, палеоэколог и пытается реконструировать системы прошлого. Если связь между остатками организмов в изучаемых фациях первична (а не вторична), информация о древних ЭС представляется относительно достоверной.

Выявляемую смену фаций и захоронений в разрезе можно использовать в качестве свидетельства изменений палеоэкосистем. Конечно, для более уверенного суждения об этих изменениях необходим тафономический и детальный фациальный ана-

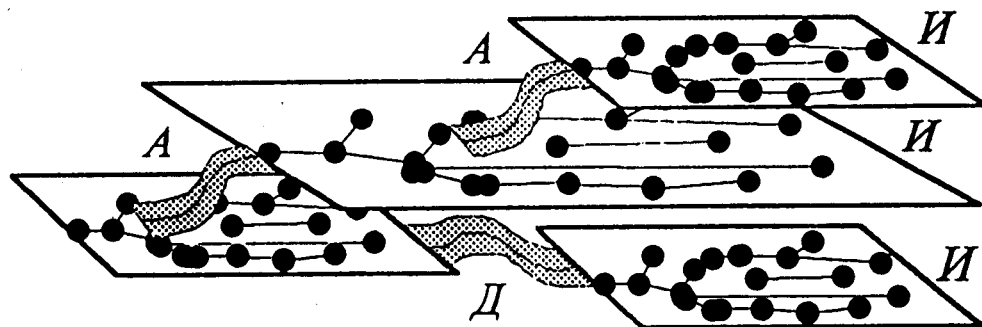


Рис. 21. Схема главных направлений биологического процесса [Эволюция..., 1997]

А – ароморфозы – подъем на более высокие уровни; И – идиоадаптация – отклонения на каждом из уровней; Д – дегенерация как переход на нижеследующий уровень

лиз, позволяющий использовать при реконструкциях ЭС не второстепенные, а существенные изменения в составе пород и составе органического мира, которые связаны с крупными перестройками ЭС.

В целом, основной принцип стратиграфических корреляций на системной основе выглядит достаточно просто: для таких сопоставлений необходимо выделить признаки, которые отражали бы следы одной и той же геосистемной перестройки. Но именно выделение этих признаков и является крайне трудной задачей. Реконструкция экосистем прошлого основывается на неполных данных, и даже в благоприятных случаях установить соответствие признаков “ископаемой” геосистемы с признаками “материнской” системы весьма трудно, а порой просто нельзя. Многое из того главного, что составляет суть современного экосистемного анализа, из разбора палеоэкосистем просто выпадает: это касается двух из четырех компонентов (производителей и разлагателей – по крайней мере, для экосистем океанов); круговорота вещества и потока энергии, границ и размеров экосистем и их частей и др. Трудно решается вопрос о времени существования палеоэкосистем и соотношении времени существования разных их частей (скажем, биосферы в целом и ее отдельных “блоков”). Не всегда ясно, что же определяет границы ЭС в историческом континууме и каким образом проявляются в разных по масштабу ЭС (в частности, морских) перестройки биосферы и т.д. Исследователю приходится считаться с наличием нескольких уровней организации геологических систем, отсутствием единого набора инвариантных принципов в мире геологических явлений, невозможностью моделировать геологическую длительность и пр.

8.25. Все это приводит к мысли о том, что в настоящее время палеоэкосистемный анализ может дать только достаточно приближенное представление об ЭС прошлого и осветить только частичные, хотя и важные для геологии их особенности. Фактически палеоэколог приходится анализировать не “живую” ЭС с ее главными параметрами, а лишь сравнительно неполные следы ее существования, которые, строго говоря, судить о сущности многих параметров почти не позволяют и дают только относительную информацию об одной из сторон палеоэкосистемы – эволюции отдельных групп органического мира (и, если это возможно, об особенностях седиментации), причем эта информация тоже довольно однобока. Она, например, обычно не раскрывает трофические связи разных уровней, что могло бы способствовать расшифровке закономерности переноса энергии в ЭС и т.п., а помогает судить, с той или иной степенью достоверности, лишь о некоторых физико-географических условиях существования организмов и, в ряде случаев, о некоторых особенностях структуры древних сообществ. Хотя сравнение этих данных в историческом разрезе помогает наметить ряд общих закономерностей эволюции органического мира и се-

диментации и на этом основании судить об изменениях чего-то более “общего” (что мы и называем, наверное, палеоэкосистемой), но расшифровка ЭС остается все-таки далеко не полной.

Приходится повторить, что, обращаясь к анализу палеоэкосистем, мы обычно не знаем причин и механизма их эволюции. Попытки, например, прямо увязать развитие органического мира с тектоническими циклами представляются далеко не убедительными: слишком уж косвенной выглядит связь этих явлений. В то же время, если такая связь и намечается в общем виде, то выгод от этого практическая стратиграфия не получает – слишком уже “общими” оказываются заключения: так, цикл развития литосферных плит оценивается в 250 млн лет, и если даже мы “выведем” эволюцию органического мира от этого цикла, то получим очень “грубые” характеристики этого процесса. Правда, в литературе делаются и более тонкие попытки связать изменения структуры древних сообществ с тектоническими движениями.

Практическая корреляция изменений отдельных групп органического мира и разных по продолжительности существования палеоэкосистем достигается часто с большим трудом. Здесь, видимо, далеко не редко желаемое выдается за реально установленное. Вместе с тем, забывается, что этапность в эволюции часто зависит от темпов, форм и направлений развития тех или иных филумов, проходящих в рамках естественного отбора. Другими словами, проявление этапности такого рода может быть прежде всего отнесено к особенностям развития разных групп, непосредственная связь которого с “палеоэкологическими перестройками” устанавливается с трудом, а часто и вообще не намечается.

Следует также отметить, что часто понятие “палеоэкологическая перестройка” выглядит весьма туманным. Касается ли эта перестройка изменения конкретных абиотических факторов, имеет ли она форму своеобразных катастроф, обусловлена ли только какой-либо одной причиной (например, климатом или космическим излучением), какова ее продолжительность и т.д. – эти и многие другие вопросы остаются пока далеко не решенными. Поэтому и расшифровка причинно-следственных связей (с учетом того, что жесткий детерминизм здесь вообще исключен) выглядит весьма провизорной.

Сейчас делаются попытки сравнить ход эволюции органического мира прошлого с сукцессиями современных экосистем. Напомним, под сукцессиями понимается смена биоценозов во времени, которая связана с экологическими процессами, приводящими к равновесным стадиям развития. Когда используют термин “палеосукцессия”, то обычно подразумевают смену палеоценозов в связи с разными причинами: их развитием, миграциями и даже условиями захоронения. При этом часто осуществляется подмена сериальных стадий развития, свойственных сукцессиям, этапностью эволюции в ме-

няющихся условиях и в рамках геологического (т.е. относительно длительного) времени. Поэтому едва ли можно ставить “стадии” палеоэкосистемы, например, палеозоя, в один ряд со стадиями сукцессий современной ЭС, так как по продолжительности, по масштабу проявлений они представляют собой, безусловно, несоразмерные явления. Вот почему для обозначения “стадий” палеоэкосистем нужна, видимо, особая терминология. В этой связи особое значение приобретают комплексные (с привлечением палеонтологических, литологических и прочих данных) исследования с обязательным охватом широких площадей. Именно они помогают отделить главное от второстепенного и на основе полученных выводов (каких-либо выявленных закономерностей) переходить к осмысленной интерпретации этапности и периодичности эволюционных процессов разного масштаба.

8.26. Призывая к корректному и осторожному использованию данных по палеоэкосистемам, можно сделать два вывода.

Во-первых, попытки решить вопросы по ПЭ на основе умозрительных и геологически недостаточных материалов выглядят малоудачными. И очень часто сейчас не экосистемный подход поднимает стратиграфию на высшую ступень, а наоборот – “обычная” стратиграфия ставит экосистемные построения на реальную основу.

Во-вторых, следует помнить о полезности палеоэкосистемного направления в стратиграфии, которая отражается в нескольких моментах. 1) оно сулит в будущем сделать стратиграфические схемы более детальными (с учетом расшифровки этапов, стадий и фаз развития ПЭ); 2) оно обещает более обоснованно, чем раньше, проследивать стратиграфические подразделения в различных палеогеографических областях и в разных фациях; 3) международная стратиграфическая шкала и региональные схемы станут действительно отражать прежде всего исторический континуум палеоэкосистем разного масштаба. В конце концов, все наши *стратиграфические шкалы и схемы* – это *стратиграфия палеоэкосистем* – крупных или небольших.

Существуют два пути исследования палеоэкосистем – моделирование и конкретное изучение палеонтологического и литологического материала. Признавая большую пользу первого пути (с разработкой разных вариантов развития палеоэкосистем), отметим частый его отрыв от реальности, “широкие мазки” и допуски в интерпретации фактического материала и пр. Конечно, и второй путь, если он не нацелен на теоретические обобщения, страдает недостатками (например, узким подходом), но именно он часто дает самые объективные материалы для последующих заключений. В конкретном контексте это означает, что анализ фаций и палеобиоценозов, необходимый для характеристики палеоэкосистем, может быть использован только в том случае, когда под ним имеется хорошая стратиграфическая (хро-

нологическая) основа. Без нее все рассуждения делаются обычно сугубо провизорными, для анализа систем берутся “крупные” отрезки времени, а терминология становится не очень определенной. Видимо, только разумный синтез двух путей может приводить к каким-то позитивным выводам.

8.27. В связи с вышесказанным, необходимо сделать замечание в отношении *палеогеографии* и *палеобиогеографии*, которые все больше стали сопровождать палеоэкосистемный анализ и стратиграфию в целом. Видимо, при серьезном подходе к стратиграфии без био- и палеогеографических построений осуществлять осмысленные корреляции в региональном и субглобальном масштабе просто нельзя. Ведь надо детально представлять и тип изучаемого осадочного бассейна, и распространение тех или иных фаций в пространстве, и развитие биоценозов на площади и т.п. Без учета этого трудно понять характер, тип и направленность развития палеоэкосистем.

Расшифровка био- и палеогеографических обстановок и их корректное картографическое изображение в настоящее время приобретает особо важное значение для понимания характера проявления разных геологических событий – тектонических процессов, климатических и эвстатических флуктуаций, преобразований биотических сообществ, экосистемных перестроек и пр. В какой-то мере палеогеографические построения являются связующим звеном между моделированием, осуществляемым, с одной стороны, тектонической ветвью геологии, а с другой – ее палеонтологическим и биосферным направлением. Вот почему в палеогеографических материалах хотелось бы видеть прежде всего отражение честных и объективных данных по конкретным экосистемам, что, конечно, не исключает авторских симпатий к тем или иным геологическим моделям. Другими словами, сейчас мы все нуждаемся в *честной* палеонтологии и палеогеографии. Даже если эти материалы в чем-то не согласуются с принятыми сейчас геологическими моделями, нам следует не отбрасывать их, а стараться понять – почему появляются расхождения: из-за несовершенства тех или иных методов, из-за недостатка собранных данных или из-за увлечения какими-то идеями.

В последние годы достаточно часто отмечается определенное подлаживание палеонтологических, палеогеографических, литологических и других данных под господствующие или модные тектонические гипотезы. Наиболее типичным в этом отношении является, в частности, попытка “приспособить” палеонтологические материалы к некоторым построениям тектоники плит (когда на веру принимается расположение континентальных масс в прошлом, которое намечено геофизическими данными в рамках плейттектоники) или секвентной стратиграфии (когда любая цикличность разрезов трактуется как отражение эвстатических колебаний и все

циклы подгоняются под популярную сейчас кривую этих флуктуаций). Конечно, каждый волен выбирать и использовать те или иные гипотезы, но, вместе с тем, любой профессионал (в том числе палеонтолог) должен уважительно относиться к своим материалам и добытым фактам и, именно отталкиваясь от них, идти к тем или иным геологическим обобщениям.

8.28. Специально обратим внимание на необходимость все большего внедрения в практику биогеографии (Б) и палеобιοгеографии (ПБ), которая представляется важной основой при определении, в частности, масштаба применения биостратиграфических категорий на площади.

Биогеография – это наука о географическом распространении организмов и их сообществ, его причинах и закономерностях, что, в конце концов, раскрывает особенности (в том числе исторические) живого покрова (биоса) Земли или, как его часто называют, – Геомериды [Зенкевич, 1947; Гурьянова, 1957; Будыко, 1981]. Биогеография связана в целом с тремя аспектами исследований. Первый – географический аспект, который связан с изучением широтной и вертикальной зональности сообществ, их провинциализма. Второй – биологический аспект, который направлен на анализ вагильности, термопатии, видового богатства сообществ. Наконец, третий – геологический аспект, который ориентирован на дисперсионную Б (концепция центров происхождения таксонов) и мобилистическую Б (выявление распространения сообществ, обусловленного движениями в пространстве отдельных континентальных блоков).

Палеобιοгеография вынуждена обращаться к реконструкциям, что, естественно, делает ее построения часто весьма условными, особенно для древних периодов геологической истории. Ее особенностью является определенная “динамичность”, в том смысле, что она изучает распределение организмов в морях и на суше в историческом плане, т.е. изменение их распространения во времени [Макридин, Мейен, 1988]. В ПБ можно наметить два основных направления исследований: биохорологическое и экосистемное. Биохорологические исследования включают, в свою очередь, два блока. Первый – ареалогический (изучение ареалов и коареалов – биохорий, или биохорем, составление специальных карт ареалов по временным срезам, проведение биогеографического районирования с установлением иерархии биогеографических подразделений (область, провинция, округ и пр.). Второй блок связан с фаунистическим и флористическим изучением с целью определения различий в составе сообществ тех или иных районов.

Экосистемные исследования включают широкий круг проблем, связанных с изучением климатической зональности и биогеографии, биофаций, ландшафтно-географических характеристик, смены экосистем во времени и пространстве и т.п. В це-

лом, все эти палеобιοгеографические данные напрямую могут использоваться для расшифровки многих сторон истории развития Земли и отдельных экосистем, проверки геологических гипотез (например, масштабности горизонтальных перемещений континентальных блоков) и, наконец, прогнозирования природных обстановок будущего.

Практически это использование осуществляется в два последовательных этапа. Сначала изучаются ареалы таксонов и сообществ и проводится районирование земной поверхности для отдельных отрезков времени (это своеобразная описательная часть). Затем этому дается определенное объяснение и проводятся соответствующие геологические реконструкции. В процессе этих работ приходится касаться многих вопросов: реконструкций бассейнов разного типа; сценариев смен биогеографических ситуаций; причин таких смен; скорости изменения биохорий (биохорем); миграций биотических сообществ; формирования и сдвига экотонных (промежуточных) зон; влияния, с одной стороны, физических и климатических преград, а с другой – гейт-вейсов (проходов) и морских проливов на расселение сообществ и др.

Палеобιοгеография может рассматриваться как часть палеогеографии (ПГ). Последняя включает, помимо ПБ, сведения о древнем рельефе, типе и форме бассейнов прошлого, областях и направлении сноса, типа седиментации, палеоклимате, влиянии разных причин (тектонических, эвстатических) на динамику палеогеографических обстановок и т.п.

8.29. Отметим, что при выявлении ареалов таксонов и биогеографическом районировании ПБ пользуется разными приемами и методами. В частности, при анализе состава биотических сообществ разных районов широко используются определенные приемы их сравнения, например, коэффициенты Жакара и Престона, которые помогают определить сходство и отличия тех или иных сообществ.

Формула Жакара: $C/(D_1 + D_2 - C) \cdot 100$, где C – число общих видов в таксонах сравниваемых регионов; D_1 – число видов, обитающих в первом регионе, D_2 – во втором регионе. Если сходство менее 50 %, сообщества считаются разными.

Формула Престона: $D_1/D_{1+2}; D_2/D_{1+2}$, где $D_{1+2} = (D_1 + D_2 - C)$ – максимальное разнообразие видов в двух регионах. Если коэффициент меньше 0,27, сообщества рассматриваются как единое целое. Если больше, сообщества считаются различными.

Таким образом, если степень сходства по Жакару меньше 50 %, а по Престону более 0,38 и общих видов не более 33 % от суммы видов двух регионов, то можно выделять *провинции*.

Для сравнения качественного состава фауны и флоры нескольких районов используется и коэффициент Серенсена–Чекановского: $K = 2c/a+b$, где a, b – число видов в двух сравниваемых списках, c – число общих видов в этих списках.

8.30. При биогеографических построениях полезно анализировать температурные режимы, определяющие границы ареалов. Выделяются четыре критических температурных уровня (правило Хатчисона). Минимальные температуры выживания определяют северную границу ареала зимой, минимальные температуры размножения определяют северную границу ареала летом, максимальные температуры размножения определяют южную границу ареала зимой, максимальные температуры выживания определяют южную границу ареала летом.

8.31. Палеобиогеографическое районирование, как указывалось выше, опирается на анализ ареалов и коареалов, что позволяет фиксировать площади распространения конкретных таксономических комплексов (ареал-типы). Обычно ареал-типы, основанные на таксонах низших рангов, определяют палеобиогеографические единицы низших уровней, а основанные на таксонах более высоких рангов – палеобиохории высокого уровня. Недавно был приведен интересный с методической точки зрения пример палеобиогеографического районирования бореальных бассейнов юры [Захаров и др., 2003]. Районирование проводилось по разным группам беспозвоночных для разных отрезков геологического времени – фазы, подвека и века. Палеобиохории высокого ранга (область, подобласть) устанавливались как по биоте в целом, так и по каждой группе беспозвоночных в отдельности. Деление на биохории провинциального уровня нередко разнится. При обосновании ранга биохорий все группы фауны имеют одинаковый вес. Но при этом важное значение принадлежит эндемичному таксону высокого ранга любой группы. Синтез всех ареалогических материалов позволяет выявить общие законо-

мерности географического распространения и истории развития биотических сообществ.

8.32. Крайне важно, что при этом были сделаны практические рекомендации по правилам описания палеобиохорий. При установлении каждой биохории рекомендуется опираться на конкретные *хоротипы*. За хоротип может быть принята та часть биохории, которая лучше охарактеризована таксономически. При его описании следует указывать время его существования (хронотип). В целом при описании выделяемых биохорий рекомендуется приводить ряд определенных сведений: указание хоротипа, синонимика, имя автора, предложившего название биохории, геологическое время, для которого установлена биохория, ее территория, палеонтологическая характеристика и пр. [Захаров и др., 2003].

8.33. В общем можно сказать, что палеобиогеография является ключом к познанию многих особенностей истории Земли и ее экосистем. И в этом отношении она, естественно, вписывается в поток того экосистемного и геолого-исторического направления исследований, которое в последние годы получает все большее значение. Естественно, что при любых биогеографических построениях приходится учитывать многие факторы (положение бассейнов в климатических поясах и степень их замкнутости, характер гидрологических режимов, тип и направленность морских течений и пр.). Если на современном материале – с учетом перечисленных факторов – строят достаточно реальные схемы биогеографического районирования, то подобные схемы прошлых эпох конструируются с большим трудом. Практически многие названные выше факторы восстанавливаются только на основе детальнейшего изучения реальных палеонтологических и литологических данных.

9. Парадигмы стратиграфии

9.1. За последние десятилетия в различных областях геологии произошла определенная смена **парадигм** (концептуальных моделей постановки и решения научных проблем, господствующих в течение определенного исторического периода в обществе). В ряде случаев это явление существенно меняло направление исследований на долгие годы. Достаточно вспомнить хотя бы идеи новой глобальной тектоники или учения о литогенезе. Стратиграфия в этом отношении не испытала кардинальных потрясений – ей, видимо, свойствен более эволюционный путь развития. Возможно, это и не столь удивительно: стратиграфия с ее геоисторической концепцией, которая собственно и сделала геологию наукой, опирается на тот фундамент, который не может резко меняться.

Теория и практика стратиграфии складывались под влиянием идей трех научных направлений – **униформизма, катастрофизма и эволюционизма**, которые могут рассматриваться в качестве парадигм всей геологии. Это влияние в какой-то мере сказывается – в осознанном или неосознанном виде – и поныне. При этом часто использование отдельных положений упомянутых научных течений приводит к определенной эклектичности теоретических построений в стратиграфии. Необходимость использования положений разных течений определяется тем, что ни одно из них (течений) отдельно не смогло объяснить эмпирически выявленных особенностей строения и развития биосферы и ее отдельных экосистем.

9.2. Если вспомнить достижения стратиграфии XIX в., то можно отметить, что именно тогда сложилась ее **“геоисторическая парадигма”** (с концепцией относительного геологического времени), которая выстроила геохронологическую шкалу на основе этапности геологической истории Земли, а не на цифрах так называемого абсолютного летосчисления. В свою очередь, в ее рамках получила развитие **“биостратиграфическая подпарадигма”**, выразившаяся в основах биостратиграфического расчленения древних толщ фанерозоя (смена неповторяющихся палеонтологических характери-

стик в разрезах). Как говорилось выше, эти основы были заложены У. Смитом, Ж. Кювье, А. Броньяром и другими учеными в самом начале XIX в. Затем в первой половине того же столетия наступил **“золотой век”** стратиграфии, когда фактически за несколько десятилетий (точнее, за 35 лет) были выделены основные подразделения стратиграфической шкалы – от систем до ярусов. Следующие десятилетия совпали со строительством и совершенствованием шкалы с использованием биостратиграфического метода, с внесением в него эволюционной основы. Конец XIX в. ознаменовался разработкой МСШ.

В.В. Меннер [1979], анализируя развитие стратиграфии в XX в., наметил три его этапа: первая половина века, 50–80-е годы и современный. Каждый из них имеет свои особенности: первый знаменует совершенствование МСШ, оттачивание геологической методики и пр.; второй – отразил развитие зональной стратиграфии с использованием физических методов и т.п.; третий – нацелен на дальнейшую детализацию шкалы с широким внедрением палеогеографического и палеоэкологического методов. Однако какой-либо резкой перестройки в подходах к стратиграфии, к ее методической и понятийной базе в целом не произошло, или мы пока не можем это осознать (попытки построить стратиграфические шкалы по следам импактных событий (иридиевые аномалии), колебаниям уровня Мирового океана и прочим не могут считаться удачными). Пока никто не предложил что-то принципиально новое, что может быть достойной альтернативой современной МСШ.

9.3. Может быть, синтез знаний по периодичности истории Земли и биосферным ритмам на экосистемной основе даст возможность вскоре определить какую-нибудь новую парадигму? Или она станет отражением новых подходов к расшифровке развития древних бассейнов с системной точки зрения (бассейновая стратиграфия)? Или эта парадигма отразит новый взгляд на стратиграфию и геохронологию с позиций космических подходов к истории Земли? Впрочем, первое направление

(биосферная ритмичность) полезно дополняется как вторым (бассейновая стратиграфия), так и третьим (космическая периодичность). И, возможно, их не целесообразно делить. Может быть вообще они являются сторонами одного явления? Чтобы ответить на все эти вопросы, в будущем придется более глубоко, чем сейчас, использовать системную основу в своих исследованиях.

Мы являемся свидетелями того, что в последние годы разработка различных аспектов стратиграфии все больше увязывается с системным анализом. Многие уже осознают, что *операционные принципы стратиграфии находятся в поле общесистемных законов*. В целом, гипергенная оболочка Земли (реальное геологическое пространство – время) обладает всеми признаками *системной организации* [Симаков, 1997].

9.4. Более полувека тому назад В.И. Вернадский [1988] выявил **три класса систем**, которые обычно рассматриваются практикой (геологические, геобиоценозические и биологические). Особенностью многих природных систем является то, что они принадлежат к открытым, нестационарным и – что очень важно – самоорганизующимся системам. При этом указывается на два типа эволюции таких систем – с *линейным и нелинейным* характером развития. Если *закрытые* системы (с линейным типом развития) обмениваются со средой веществом и энергией, то *открытые* системы (нелинейного типа) – веществом, энергией и, что очень важно, *информацией*. Это выпукло отражается на их необратимых качественных преобразованиях. Нелинейность развития свойственна биосистемам и геобиоценозическим системам, поэтому она характеризует ход эволюции фактически всех блоков биосферы (при возможно линейном типе развития ее отдельных звеньев как и филогенезе тех или иных групп организмов). Одним из важных проявлений системной организации является многоуровневая организация гео-, био-, экосистем и сложное сочетание вероятностных и динамических закономерностей их развития.

9.5. Все это еще не всегда осознается стратиграфами. Иначе накануне XXI в. не появлялись бы публикации, в которых – пусть даже неосознанно – отстаиваются идеи, в частности, прямолинейного ламаркизма или катастрофизма; мысли о прямом и преимущественном влиянии внешних факторов, например, тектоники (орогенеза) или климата, на развитие биоты и т.п. Это является следствием того, что многие еще, видимо, не поняли: мы анализируем системы (биосферу и ее части) – открытые и самоорганизующиеся, а многие законы (в частности, законы Ньютона, используемые в классической физике), которые применимы для стационарных систем закрытого типа, здесь не могут быть использованы. В то же время, открытие законов неравновесной термодинамики [Пригожин, 1985] позволяет по-новому оценивать механизмы

и пути эволюции живого (с учетом, в частности, запрета системам на возврат к состоянию с меньшей энтропией и др.).

Конечно, при этом нельзя забывать об определенной роли *триггеров* – толкателей в эволюции и вымираниях, но оценивать их роль следует очень осторожно и с пониманием тех промежуточных, часто нераскрытых и опосредованных явлений, которые приводят к смене состояний и структуры экосистем (когерентный и некогерентный характер эволюции, увеличение и уменьшение числа экологических ниш, изменение плотности популяций и пр.). В конце концов, решающая роль в изменении темпов и характера эволюционных преобразований биоты принадлежит, видимо, изменениям в активности давления естественного отбора.

Важно отметить, что все системы развиваются *циклически необратимо и непрерывно-прерывисто*. При этом качественные изменения в них происходят часто скачками (по закону аллометрического развития), при ограниченном наборе типов системных трансформаций. Сейчас становятся более понятными многие особенности развития биосферы, экосистем и их “живой компоненты”. Постепенно мы привыкаем к представлениям об определенной метакронности гео-, био-, экосистем, что является, видимо, следствием наложения (констелляций) разнородных факторов, которые отличаются неоднородными сферами влияния. На этом фоне биосистемы “рыщут” в рамках отведенных им фазовых пространств. При этом тренды и скорость эволюции различных палеосистем менялись в пространстве-времени.

9.6. Между тем, сейчас ясно, что “былые биосферы” играли громадную роль в становлении оболочек Земли по многим направлениям – энергетическому, концентрационному, транспортному, средообразующему и пр. При этом живое уже не рассматривается по отношению к внешним факторам как пассивное. Многие пришли к мысли, что биота сама часто использует и формирует среду, прежде всего в фанерозое, а не только испытывает ее давление. Это согласуется, в частности, с известным принципом Брауна–Ле Шателье: при возникновении внешних возмущений в биоте возникают процессы, компенсирующие эти возмущения (вот как сказывается потенциал самоорганизующих систем!). И не случайно многие делают вывод, что наблюдаемая на Земле окружающая среда в значительной мере представляет собой *результат деятельности биоты* по всем существенным для жизни параметрам (состав океана и атмосферы и др.). К этому можно добавить, что **информационная емкость биоты** более чем на порядок превышает доступную человеку совокупность информационной емкости.

Возможно, что весьма часто так называемые кризисы в развитии отдельных палеонтологических групп являются прежде всего результатом саморазвития системы. Это может сказываться, в частности,

сти, в упрощении структуры сообществ, приводящем к смене доминантов, что часто и фиксируется в геологической летописи. Сейчас по-новому воспринимаются некоторые идеи автогенетической концепции, или номогенеза, в отношении эволюции биосферы на всех ее этапах, включая кризисные периоды, с тенденцией ее самоорганизации в направлении увеличения экологической емкости, адаптационных ресурсов и энергетической эффективности экосистем и их блоков. Эволюция при этом воспринимается не только как последовательность реакций на внешние воздействия, а как совокупность актов самоорганизации. В последние 15–20 лет этим проблемам посвящены специальные работы многих исследователей (Л.П. Татарин, Л.А. Невеская, В.А. Красилов, А.П. Расницын и др. [Невеская, Курочкин, 2000]).

9.7. Системный анализ позволяет с новых позиций подойти к трактовке и стратиграфических подразделений – стратонов и их границ: *стратон* с этих позиций соответствует отложениям, сформировавшимся в период подвижно-равновесного состояния системы, а *границы* фиксируют события, обусловившие смену одного квазистабильного состояния системы другим.

9.8. Остается добавить еще одно соображение. Геологи (и стратиграфы) пока еще не в полной мере осознают особенности и характер того явления, которое мы называем “геологическое время”. В зависимости от позиции его трактовки (от решения вечного вопроса: **вселенная имеет часы или вселенная есть часы**; от принятия версии по соотношению абсолютного и относительного времени и пр.) могут быть внесены определенные коррективы в стратиграфические понятия и, в конце концов, в наше отношение к стратиграфическим шкалам. Осознанно или неосознанно мы чаще всего используем “удобную” модель ньютоновского времени (с ее “практичной” метрической системой). Между тем, замена ее другой моделью может дать иную трактовку как нашим стратиграфическим подразделениям, так и их временным эквивален-

там. Пока что наши хроностратиграфические шкалы являются метрикой геологического времени, отражающей развитие сменяющих друг друга во времени гетерогенных палеосистем.

Сейчас можно выделить по крайней мере три концепции времени: *субстанционную, реляционную и реляционно-генетическую* (см. раздел 12). Каждая из них по-своему трактует такие важные проблемы, как типы времени, его свойства, структура и пр. [Симаков, 1999]. Геологическое время отражено в “протоколах” функционирования ранее существовавших иерархических соподчиненных геологических систем, а стратиграфическое время как одна из разновидностей геологического времени, в свою очередь, отражает необратимость эволюции биосферы Земли. Понимание и разработка проблем, связанных с геологическим временем, остается благодатным, хотя и сложным полем будущих исследований (см. ниже раздел 10).

Подводя итог, отметим, что в современной стратиграфии наметились два переплетающихся и взаимодополняющих друг друга направления. Одно из них – это традиционная (классическая) стратиграфия, направленная на дальнейшую детализацию стратиграфических схем на базе комплексного использования разных методов при главенстве, однако, биостратиграфического. Вместе с тем, все больше усиливаются геоисторическое и каузальное начала в стратиграфических исследованиях, которые реализуются в экологической, событийной, сигнальной, динамической стратиграфиях. **Стратиграфия представляется в этой связи разделом геологии, прежде всего отражающим исторический ход развития палеосистем и в значительной мере биосферы.** Геологи и стратиграфы не просто хотят выделять стратоны, они желают понимать, что именно приводит к выделению таких подразделений. В связи с этим, не случайно, что особенностью стратиграфических исследований конца XX в. являлось постепенное внедрение системного анализа в стратиграфию. Решительное же его внедрение произойдет, видимо, в XXI в.

10. Геологическое время

10.1. Геология и, в частности, стратиграфия, являются научными направлениями, опирающимися на геоисторическую концепцию. А это означает, что без анализа истории развития геологических процессов и их рассмотрения во временном континууме геология превратилась бы в описательный раздел естествознания.

В стратиграфии время вообще выступает в качестве организующего начала, и именно в его поле решается вопрос об одновременности или последовательности геологических событий, отразившихся в тех или иных осадочных толщах. Вот почему представляется необходимым хотя бы в общих чертах рассмотреть проблему геологического времени, хотя, возможно, эта глава могла бы занять место в начале данной книги.

10.2. Вопрос о времени в стратиграфии затрагивался неоднократно. В частности, он разобран в ряде известных публикаций конца прошлого столетия [Степанов, Месежников, 1979; Леонов, 1972, 1974; Симаков, 1994; и др.]. Однако эта проблема не может считаться освещенной до конца. Не повторяя ранее опубликованного на этот счет, обратим внимание лишь на некоторые аспекты проблемы.

Обычно в геологии широко используется геохронология. Мы все понимаем, что, когда устанавливают этапы развития соответствующего региона, представление о них оказывается неполным в силу их временной немасштабности. Остается неизвестной продолжительность эпох формирования регионально-стратиграфических единиц и степень их различия в этом отношении. Также неизвестна и продолжительность перерывов, которые могут иметь место в разрезах тех или иных регионов. Все это и объясняет необходимость геохронологии – для оценки продолжительности различных событий и пр. Она также необходима для обеспечения сопоставления этапов развития отдельных районов и выявления более общих, вплоть до планетарных, этапов развития земной коры.

Установление хронологии исторических событий предполагает наличие определенной системы летосчисления (хронологической шкалы), соглас-

но которой может осуществляться их хронологическая датировка.

10.3. В геологии используют обычно две независимые системы летосчисления. Одна из них известна как *относительная* геохронология, а вторая – как *абсолютная* геохронология.

Относительная геохронология является специфической системой летосчисления. Она возникла на базе региональных стратиграфических данных. Продолжительность этапов развития отдельных регионов была принята за меру общих геохронологических подразделений, а последовательность этапов составила международную *геохронологическую шкалу*, которая и используется в качестве общей системы геологического летосчисления. Эта шкала включает геохронологические подразделения нескольких соподчиненных рангов: эры, периоды, эпохи, века и фазы. Совокупность геологических образований, отвечающих этим хронологическим подразделениям, называют, соответственно, группами, системами, отделами, ярусами и зонами. Часто забывается, что в этой системе продолжительность подразделений одного ранга различна и каждая единица высокого ранга может охватывать различное число таковых более низкого ранга. В этой же системе летосчисления отсутствуют единицы, которые могли бы служить общим масштабом продолжительности ее подразделений, а также единицы, которые могли бы дать возможность оценить эту продолжительность в единицах обычной астрономической шкалы. Все это и дает основание называть геологическую систему летосчисления – и, соответственно, геохронологическую шкалу – *относительной*.

Использование международной геохронологической шкалы базируется на корреляции по времени образования исследуемых отложений с *этапами* соответствующих подразделений международной шкалы. Эта корреляция в фанерозое осуществляется прежде всего палеонтологическим методом (докембрий пока не охватывается такой геологической геохронологией).

10.4. Абсолютная геохронология – это хронология, использующая астрономическую систему летосчисления, основной единицей которого является год – период обращения Земли вокруг Солнца. Так как основная единица масштаба времени (год) этой системы считается неизменной (“абсолютной”) по своей продолжительности, данная система получила в геологии название “абсолютная” (правда, появилось мнение о возможном изменении продолжительности года в течение геологической истории Земли).

Зарождение и использование радиологии в XX в. позволило внести в эту систему летосчисления реальную основу. В настоящее время в результате многократных определений продолжительность основных подразделений международной геохронологической шкалы может быть выражена в годах. Хотя эти данные постоянно корректируются, существенным образом они уже не изменяются.

10.5. Если говорить о понятии времени в широком плане, то нельзя не отметить, что сейчас в литературе освещается много новых моментов, которые раньше почти не затрагивались. Обозначим некоторые из них. И прежде всего напомним, что время, как и пространство, движение, материя, принадлежит к числу фундаментальных философских категорий. Однако до сих пор проблема определения сущности времени – весьма трудная для понимания – представляется еще далеко не освещенной [Аксенов, 2000]. К тому же, мы не всегда понимаем, что для нас “время” – это понятие, объединяющее представление о времени палеосистем, различных не только по материально-энергетической природе, но и по уровням организации земного вещества. В связи с этим, некоторые специалисты считают, что надо различать, например, изотопное, палеобиосферное, палеомагнитное и другие времена [Симаков, 1994].

Понятие о геологическом времени и его длительности было введено, видимо, Бюффоном в книге “Теория Земли” в 1749 г. По его расчетам, жизнь на Земле возникла 38 949 лет назад, а исчезнет через 93 291 год. Расчет был проведен по времени остывания железного слитка, который был принят в качестве модели нашей планеты. Кстати этот же автор в книге “Эпохи природы” (1778 г.) ввел в естествознание принцип историзма.

Заметим, что через 100 с лишним лет В. Томсон, исходя из представления об охлаждении земной коры, определил возможную продолжительность существования твердой земной коры в 20–400 млн лет (с вероятным пределом от 98–200 млн лет). В XX в. возраст Земли с помощью радиологического метода был определен в 4,4–4,5 млрд лет.

10.6. В XVII в. оформились три основные концепции “времени”, которые конкурируют до сегодняшнего дня. Это *субстанционная*, *реляционная* и *реляционно-генетическая* концепции. Первая из них связана с именем И. Ньютона, который в 1687 г.

опубликовал “Математические начала натуральной философии”, где впервые было обосновано разграничение *абсолютного* и *относительного* времени. Абсолютное представлялось независимой от чего бы то ни было, равномерно протекающей субстанцией, которая является как быместилищем всего сущего. Относительное время рассматривалось как внешняя мера первого (концептуальное время). Ньютоновскому времени присущи определенные свойства: равномерность, однородность, непрерывность и изотропность. Появление концептуального времени как модели абсолютного привело к превращению времени в бесстрастный внешний параметр (“часы”). Можно добавить, что, по Ньютону, действующие законы в рамках механического мира не зависят от направления течения времени, из чего следует, что время может быть обратимым.

В XX в. произошла замена субстанционной концепции на реляционную (ее возникновение связывается с именем Г. Лейбница, который рассматривал время как порядок последовательности брентостей природных феноменов). Эта замена была проведена А. Эйнштейном и привела к изменению представлений об одновременности. Однако она никак не повлияла на трактовку свойств самого времени (хотя обозначила возможность такого феномена как временное ускорение и замедление).

10.7. Другая позиция в рамках реляционно-генетической концепции тогда была занята В.И. Вернадским, который рассматривал время не как внешний параметр, а как инвариант любых явлений реального мира. Он показал, что реальное время обладает свойством анизотропности и циклически необратимой структурой. Сейчас все больше становится ясным, что необратимое время определяется двумя противоположно направленными и компенсирующими друг друга процессами – рассеянием свободной энергии и накоплением информации. По В.И. Вернадскому, существует неразрывная связь пространства и времени: с течением реального времени меняется и состояние реального пространства (его симметрии и геометрии). Таким образом, с позиций В.И. Вернадского, время представляет собой не столько количественную, как у И. Ньютона, сколько *качественную характеристику* любых явлений окружающего нас мира.

Дальнейшее развитие этих идей привело к выводу о необходимости различать два взаимно дополняющие понятия категории “время” – динамическое и статическое [Симаков, 1994]. *Динамическое время* является инвариантом процессов, непосредственно воспринимаемых в ощущениях. *Статическое время* представляет материализованные результаты, а точнее, следы как современных, так и прошлых процессов. Именно последнее – очень важно для геологии и стратиграфии.

Справедливости ради, следует отметить, что основы реляционно-генетической концепции времени

были заложены еще Н. Стеноном, который на 20 лет раньше, чем вышли знаменитые “Математические начала...” И. Ньютона, опубликовал работу “О твердом, естественно содержащемся в твердом” с освещением методологических подходов к стратиграфии и проблем геологического времени.

10.8. В геологии идеи разобранных концепций реализовались в создании Международной стратиграфической шкалы (МСШ), отразившей хронологическую последовательность событий истории формирования нашей планеты, следы которых сохранились в горных породах, вместе с тем, в нумерической (радиохронологической) шкале времени. Поэтому можно говорить о двух направлениях в изучении времени: во-первых, геохронологии, которая базируется на принятии *биосферного (может быть, точнее – планетарного) времени* и, во-вторых, геохронометрии, основанной на теории *изотопного времени*. Принципиальное различие между ними состоит в том, что геологическая история в первом случае сама является “часами”, а во втором – имеет “часы” на стороне. Этим собственно и отличались воззрения на время Н. Стенона и И. Ньютона.

10.9. Течение палеобиосферного времени запотоколировано в геологической летописи тремя видами хроноиндикаторов [Симаков, 1999]. Во-первых, *хронофантамы* (следами квазипериодических процессов, характеризующих подвижно-равновесные состояния палеосистем на отдельных этапах их развития). Во-вторых, *хронофиксаторами* (показателями необратимой эволюции и последовательного возникновения палеосистем). Наконец, в третьих, *хроносепараторами* (следами событий, обусловивших изменения в состояниях палеосистем в процессе их развития и смену одних палеосистем другими).

10.10. Темпоральные (*tempus* – время) координаты любого природного феномена являются установленными лишь тогда, когда указаны его возраст и продолжительность.

Продолжительность (бренность) природного феномена как качественный показатель характеризует относительную однородность данной системы, подвижно-равновесное состояние, обеспечивающее ее самостоятельность, выделенность среди прочих явлений действительности. Понятия “возраст” и “бренность” различаются тем, что “возраст” имеет отношение к частным квазистабильным состояниям системы, последовательно сменяющим друг друга в процессе ее развития, а “бренность” определяет полную продолжительность существования системы.

Величины, характеризующие возраст и бренность разных феноменов, отражаются в понятиях “последовательности”, “включенности” и “рядоположенности”.

Последовательность находит выражение в необратимой смене одних систем другими и смене

качественно различных состояний в процессе развития каждой системы.

Включенность проявляется в относительной устойчивости последовательных состояний системы, смена которых отражает необратимый характер ее развития.

Рядоположенность свидетельствует о параллельности существования множества относительно независимых друг друга разнородных систем. Отношения рядоположенности фиксируют точное соотношение между возрастом и бренностью феноменов.

10.11. Как отметил Симаков [1999], геохронологические и геохронометрические шкалы должны отображать структуру и свойства двух типов статического времени – палеобиосферного и изотопного, связанных, соответственно, с планетарным и атомарным уровнями организации земного вещества. Эти два типа времени являются континуально-дискретными. Различие между ними состоит в том, что “ход” палеобиосферного времени регулировался какими-то общими факторами глобального значения, а изотопного – определялся имманентными для радиоактивных элементов законами. Первое (биосферное) время представлено информацией о последовательных событиях, которые проходили в целом под влиянием общих планетарных факторов. Второе (изотопное) время несет информацию только о событиях “запуска” локальных радиологических часов, связанных с системами минерального и породного уровней организации. Радиологические часы практически нельзя использовать для вычисления скорости и продолжительности процессов, связанных с конкретной палеоэкосистемой.

Трассирование геохронологических границ подразумевает сопоставление, прежде всего, следов реакции метакронно развивавшихся разномасштабных палеоэкосистем на действие одного и того же субглобального фактора. Это составляет основу широких корреляций стратиграфических единиц разных районов. Но, пожалуй, самое главное, что несут подразделения геохронологической шкалы (например, ордовик или неоген), – это информация, с одной стороны, об относительном возрасте тех или иных подразделений (что очень важно), а с другой – о *качественных* их особенностях, которые отражают органический мир, палеогеографию, палеоклимат и пр. времени формирования этих подразделений (что не менее важно).

10.12. Конечно, следует синтезировать оценки возраста какого-либо геологического объекта, основанные на палеобиосферных и изотопных “часах”. Эти оценки взаимно дополняют друг друга.

Но обратим внимание на то, что по палеобиологическим часам отложения разных районов – на уровне систем, отделов и ярусов – могут оказаться одновозрастными, а по радиологическим – разновозрастными. Это происходит в том случае, если

используется “средневзвешенный” изотопный возраст, например, границ подразделений с применением метода усреднения имеющихся датировок, которые часто получены из удаленных и различающихся по своей истории регионов. Вместе с тем, обобщение этих данных может дать информацию о брэнности палеобиосферных перестроек и оценить скорость распространения “сигналов” конкретных глобальных событий.

10.13. Проблема времени в геологии нуждается еще в дальнейшем осмыслении. Это касается как философского аспекта, так и практических сторон “возрастной” экспертизы тех или иных геологических объектов.

Для стратиграфической практики спор между И. Ньютоном и Г. Лейбницем – Н. Стеноном (вселенная имеет часы или вселенная есть часы) кажется надуманным. Но как только мы начинаем задумываться о реальном геологическом времени и датировании тех или иных феноменов, то вдруг обнаруживаем, что это очень важно. По Стенону, абсолютное время фактически отражает необратимую смену состояний палеобиосферы, т.е. соответствует модели геоисторического процесса. Отсюда следует вывод: если мы не расшифруем события и их смену в развитии палеобиосферы, то мы не сможем судить о геологическом времени. В то же время, выделяемые нами стратиграфические подразделения являются главным информатором как об этапности развития Земли и о временных процессах этого развития, так и о характере различных событий прошлого, об их брэнности и возрасте.

И, наконец, следует напомнить, что Ч. Ляйель и Ч. Дарвин еще в XIX в. говорили о принципиальной несводимости геологического времени к физическому.

11. Опыт стратиграфических и палеоэкосистемных исследований в активных зонах перехода от океанов к континентам

11.1. С учетом сказанного в предыдущих разделах, ниже в качестве иллюстрации применения стратиграфических данных и различных методов в расшифровке особенностей развития палеоэкосистем приводятся материалы по изучению зон перехода от океанов к континентам. Специфика геологического строения этих зон в значительной мере определила их как особый объект геологического изучения. Именно здесь ярко проявились многие процессы, которые существенно меняли лик нашей планеты (тектоническая активность, процессы субдукции, активная вулканическая деятельность, биосферные перестройки и пр.). И, в то же время, именно эти районы стали привлекать внимание геологов в связи с их перспективностью в отношении полезных ископаемых (прежде всего нефти и газа, а также угля и ряда металлических ископаемых). Поэтому не случайно, что в последние годы тектонисты, литологи и стратиграфы стали проводить в этих зонах специальные исследования, и уже появились отдельные сводки по тем ли иным вопросам геологии переходных зон.

Пожалуй, в меньшей мере по сравнению с другими дисциплинами такие обобщения представила пока стратиграфия, хотя именно стратиграфическое расчленение развитых в зонах перехода древних толщ определяет корректность любых геологических построений.

В данном разделе ставится задача в какой-то степени восполнить этот пробел и показать, какие проблемы встают перед стратиграфами при изучении переходных зон, как они могут решаться, какие выводы можно сделать из стратиграфических данных в отношении палеогеографии, развития биотических комплексов и истории геологического развития этих зон. Разбор этих вопросов ведется на примере кайнозоя Дальневосточного региона, т.е. зоны перехода северо-западной части Тихого океана и Северо-Восточной Азии, где автор про-

работал более 40 лет, с привлечением сравнительных данных по Японии и Северной Америке [Гладенков, 1992].

11.2. Данная территория протянулась от Чукотки на севере до Сахалина и Курильских островов на юге более чем на 3,5 тыс. км. В этой зоне широко развиты палеоген-неогеновые образования, которые формировались в области молодых геосинклиналей с несформировавшейся континентальной корой (рис. 22).

В тектоническом отношении зона имеет сложное, гетерогенное строение. Южная ее часть (Курильские острова и Камчатка) относятся к участку так называемой активной (конвергентной) окраины Азиатского континента, где в кайнозое широко проявились значительные тектонические движения и активный вулканизм. Северная же часть представляла собой материковую окраину иного типа, в тектоническом отношении менее активную. Во всяком случае, Корякское нагорье с мезозоя представляло собой достаточно консолидированную складчатую область, где в кайнозое развивались наложенные или частично унаследованные прогибы, выполненные преимущественно грубыми терригенными толщами.

Структура активных континентальных окраин рисуется в общем виде следующим образом. В направлении от океана к материку происходит смена ряда морфоструктурных образований, которые отражают тектонические структуры этой зоны. Глубоководный желоб сменяется внешней дугой, далее располагаются преддуговые бассейны и – ближе к континенту – вулканическая дуга, за которой могут быть развиты окраинные бассейны и задуговой надвиговой пояс. Конечно, эта общая модель, созданная путем обобщения материалов по разным районам Земли, в каждом конкретном случае может отличаться определенной спецификой (отсутствием тех или иных структур и пр.). Преддуговые

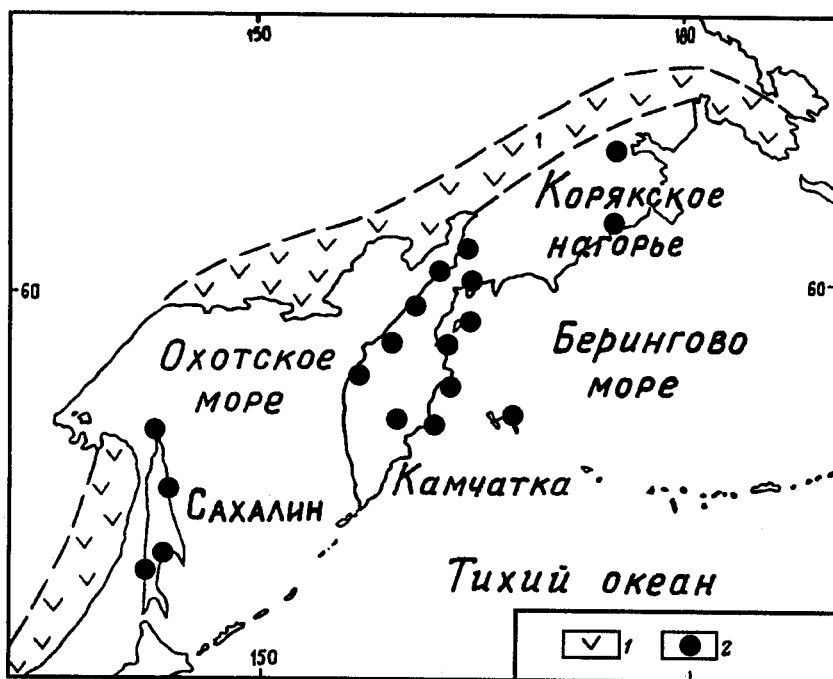


Рис. 22. Зона перехода от Северо-Восточной Азии к северо-западной части Тихого океана

1 – Охотско-Сихотэ-Алинский вулканический пояс; 2 – опорные разрезы кайнозоя

бассейны, ширина которых оценивается до 100 км и более, заполняются осадками из трех источников – внешней дуги, вулканической дуги и континента. Мощность осадков таких бассейнов достигает 10 км. В ряде случаев выделяются междугубые бассейны, для которых характерны отсутствие терригенного материала и присутствие в основном биогенных илов, глин, вулканокластики и пр. В современных структурах часто выделяются такие задуговые бассейны или окраинные моря разных типов (на коре разного вида, иногда с “отмершими дугами” и пр.).

По-видимому, многие из перечисленных особенностей морфоструктурного деления зоны перехода от океана к континенту проявились и в кайнозое дальневосточных регионов, хотя значительная часть исследователей считает, что переносить эту модель на третичную историю Камчатского и Корякского районов пока следует крайне осторожно. Исходя из этой модели, ряд исследователей рассматривают развитие активной континентальной окраины Северо-Восточной Азии в кайнозое как наращение (аккреция) континентальных структур за счет океанических с повторением во времени однотипных тектонических обстановок (дуга–желоб), в деталях совпадающих с таковыми современных конвергентных окраин островодужного типа. Однако, в отличие от подобных актуалистических построений, имеется и другая трактовка азиатской активной окраины – с позиций ее необратимой структурной эволюции, когда признается лишь частичное сходство древних структур с современными.

Вне зависимости от этих трактовок факт остается фактом: в третичное время эти районы являлись местом накопления специфических формаций большой мощности, что было отражением актив-

ных геологических процессов, имевших место в упомянутой зоне, а развитые в этих формациях ископаемые комплексы свидетельствуют об относительно мелководных (литораль – сублитораль – верхняя батияль) условиях накопления многих из них, хотя отмечаются в ряде случаев и сравнительно глубоководные отложения (батияль). Наиболее типичными являются здесь формации геосинклинального ряда – молассоиды, флишоиды, местами турбидиты, и среди них значительное место принадлежит вулканическим и вулканогенно-осадочным образованиям. Все они характеризуются, как правило, громадной мощностью, фациальной невыдержанностью по латерали и разрезу, разнообразными перерывами и несогласиями, “немыми” (в палеонтологическом отношении) интервалами.

11.3. В последнее время переходные зоны привлекают внимание геологов-стратиграфов как объекты изучения своеобразных блоков палеобиосферы. Можно указать, пожалуй, на два аспекта такого внимания. С одной стороны, зона перехода от океана к континенту с точки зрения изучения палеобиоты и литологических формаций, формировавшихся у края континента, является чрезвычайно важной для расшифровки специфических, относительно мелководных палеоэкосистем (прежде всего, шельфовых), закономерности развития которых до конца еще не поняты. С другой стороны, эта зона является уникальной и по иной причине, а именно: как своеобразный “сейсмограф”, улавливающий и фиксирующий многие геологические события, которые проявлялись не только в региональном, но и в субглобальном масштабе. Анализ изменений палеобиоты и седиментационных процессов, проявившихся в кайнозое в зоне перехода, показывает, что она чутко реагировала на все события,

которые имели место, с одной стороны, в океане (или гидросфере), а с другой – на континенте. Действительно, эвстатические колебания уровня Мирового океана; изменение температуры поверхностных и придонных вод, гидродинамические особенности океанов и морей, как и воздымания горных сооружений на континентах; вулканическая деятельность; активизация сноса терригенного материала с суши в морские бассейны; тектонические движения разного типа и пр., – все это в той или иной степени находит отражение в зоне перехода, фиксируясь в палеобиотических комплексах и литологических формациях.

Кстати, в этой связи вспоминаются две особенности мелководных зон современного океана. Во-первых, именно им свойственны исключительное разнообразие и богатство органического мира. Сюда приурочен своеобразный “склад готовой продукции” морской биоты: здесь из 160 тыс. морских видов отмечается до 157 тыс.). Это делает данную палеоэко-систему очень чувствительной ко всем изменениям палеосреды, какими бы причинами они не вызывались. Во-вторых, именно к этим зонам часто приурочена так называемая лавинная седиментация (со скоростью накопления осадков более 100–1000 мм/тыс. лет) и именно здесь происходит концентрация около 90 % осадочного вещества, выносимого реками (1-й гипсометрический уровень седиментации, по А.П. Лисицыну), что причинно связано с целой серией геологических изменений.

11.4. В связи с рассмотрением шельфовых палеоэкосистем хотелось бы напомнить об основных процессах, которые контролируют осадконакопление на шельфах. Прежде всего, это скорость и тип привноса осадков, тип и интенсивность гидродинамического режима, колебания уровня моря, климатические флуктуации, взаимодействие живых организмов и осадка, химические факторы и др. Обычно выделяют четыре типа шельфов, определяющихся гидрорежимом: с преимущественно волновым, приливо-отливным, штормовым режимами и океаническими течениями. В литературе разбираются основные шельфовые фации, обусловленные разными типами гидрорежима и разновидностями привноса осадочного материала. Среди особенностей формирования мелководных толщ (наличие песчаных валов и гряд, бугорчатой косо́й слоистости, волновой ряби, шельфовых илов и иловых шельфов и пр.) в последние годы особенно выпукло выявилась одна – значительный объем терригенных толщ с проградационными текстурами (бокового наращивания). В ряде случаев их образование связано непосредственно с речными выносами (дельтовыми системами). В других, возможно, они обязаны своим возникновением изменениям уровня моря (в связи с раздельным или наложенным проявлением эвстатических колебаний и тектонических движений, стимулирующих изменение уровня моря в отдельных регионах); изостазии, захватывавшей отдельные участки

шельфа в связи с выносом значительных масс осадков, или образованию специфических тектонических структур (блокового типа и пр.) – своеобразных ловушек для терригенных пород, сносимых с суши.

11.5. Фациальные клинья – одна из особенностей древних толщ зоны перехода. Как уже говорилось, зона перехода от океана к континенту протягивается вдоль Азиатского материка на многие сотни километров. Она включает осадочные бассейны различного типа (межгорные впадины, окраинные моря, бассейны островодужных систем и др.). Во всех случаях в кайнозойское время проявлялась определенная палеогеографическая неустойчивость зоны – вкрест ее простирания постоянно происходило движение береговой линии. При трансгрессиях (чем бы они ни были вызваны – эвстатическим поднятием вод Мирового океана или опусканием краевых частей континентальных блоков) на край континента “наползали” относительно глубоководные фации (диатомиты, алевролиты). При регрессиях они сменялись более мелководными образованиями (песчаники, конгломераты) (см. рис. 10). Если рассмотреть пространственное расположение разных фациальных типов пород как палеогена, так и неогена, то можно видеть, что глубоководные фации образуют вкрест простирания зоны перехода своеобразные клинья (вершиной к суше), и именно они делают возможным (при использовании находящихся в них планктонных остатков – фораминифер, диатомовых, радиолярий) сопоставление шельфовых разрезов с таковыми океанического ложа. Наоборот, мелководные фации образуют клинья вкрест простирания переходной зоны вершиной к океану. Именно такие фациальные клинья, которые могут быть и сравнительно тонкими, и относительно масштабными, и протяженными (если иметь в виду не только мощность соответствующих слоев, но и время их формирования), являются крайне типичными для дальневосточных разрезов.

Однако, помимо клиньев подобного (первого) типа, в этих разрезах отмечаются и другие клинья (второго типа). Их образование связано с перемещением главным образом в меридиональном направлении в морских бассейнах водных масс определенной температуры, которое обусловлено обычно климатическими колебаниями (с участием морских течений). Эти клинья имеют протяженность в несколько сотен и тысяч километров и обращены вершиной к югу, если они “холодные” (т.е. при миграциях холодных вод с севера) или к северу – при миграциях “теплых” водных масс в северном направлении.

Анализ дальневосточных разрезов показал, что в них находятся следы клиньев всех основных типов. Действительно, в камчатских и сахалинских разрезах можно наметить такие их части, которые отвечают крупным трансгрессиям. В верхнем палеогене – неогене Камчатки, например, выделяются до пяти седиментационных циклов. Их нижние части

отвечают трангрессиям, верхние – регрессиям. Одновременно в этих же разрезах выявляются уровни, отвечающие климатическим оптимумам и пессимумам. В ряде случаев уровни потеплений совпадают с трансгрессивными сериями, что ставит вопрос о причинных связях между этими событиями. Вместе с тем практика показала, что, помимо двух упомянутых типов клиньев, отмечаются фациальные клинья более мелкого, местного, масштаба. Условно их можно отнести к третьему типу. Они обязаны своим происхождением специфике развития отдельных бассейнов, в разных частях которых имелись различные фациальные условия, и в связи с этим накапливавшиеся в них толщи, подставляя друг друга, были связаны соответствующими фациальными переходами.

11.6. Состояние стратиграфии палеогена и неогена. До последнего времени многие вопросы стратиграфического расчленения развитых в зоне перехода кайнозойских толщ наталкиваются на значительные трудности. Уже говорилось о сложности строения развитых здесь формаций, накапливающихся часто в условиях гипераккумуляции осадков, которая не способствует “равномерному” захоронению органических остатков, а, наоборот, порой приводит к образованию отдельных “немых” толщ и пачек. Однако, помимо этого, биостратиграфу приходится учитывать и ряд других факторов, осложняющих расчленение древних толщ. Во-первых, следует помнить, что Дальневосточный регион, протянувшийся с юга на север на несколько тысяч километров, принадлежит различным палеоклиматическим поясам (от субтропического на юге до арктического на севере), каждому из которых свойственны определенные биотические сообщества. Во-вторых, здесь в той или иной степени приходится иметь дело с анализом ископаемых остатков трех различных палеоэкосистем. Это, с запада на восток, протянувшиеся на десятки и сотни километров континентальная, мелководная (шельфовая) и океаническая (с подсистемами, провинциями и пр.) экосистемы, которые характеризуются соответствующими комплексами. Поэтому корреляция осадочных толщ названного региона предполагает постоянную увязку ископаемых остатков, приуроченных к разным фациям, как вдоль, так и поперек зоны перехода. При этом практика наглядно показывает, что реальное расчленение разнофациальных отложений удастся осуществить только при комплексном подходе к анализу древней биоты, когда все палеонтологические группы образуют своеобразный “сводный оркестр”, в котором звучание “скрипок” (планктона) также необходимо для передачи всей гаммы “музыкального произведения” (расчленения и корреляции), как и “рояля” или “духовых” (скажем, бентосных групп и спорово-пыльцевых спектров).

В 50–70-е годы изучение бентосных комплексов позволило выделить в палеогене и неогене Сахали-

но-Камчатского региона ряд горизонтов или регионов (всего в кайнозой было намечено до 15 горизонтов), которые с успехом использовались при среднемасштабном картировании. В 70–80-е годы помимо моллюсков и бентосных фораминифер, геологическая практика стала широко использовать планктон, прежде всего фораминиферы, диатомовые и, в меньшей степени, радиолярии и наннопланктон.

Важным представлялось изучение (и переизучение) многих опорных разрезов, предпринятое рядом организаций в последние годы. К таким разрезам предъявлялись жесткие требования и прежде всего в отношении достоверности стратиграфического последовательности слагающих их толщ и четкой послойной привязки органических остатков. Палеонтологическое изучение разрезов отличалось большей, чем в прежние годы, полнотой. Широко привлекались все выявленные группы фауны и флоры, что позволило снижать субъективность отдельных интерпретаций и сближать различные точки зрения.

11.7. В результате к настоящему времени удалось, с одной стороны, предложить более детальное, чем раньше, расчленение развитых здесь толщ, а с другой – прежде всего на основе выделения зон осуществить корреляцию мелководных и глубоководных отложений и увязку региональных схем с общей шкалой кайнозоя.

На Западной Камчатке выделены следующие регионы (горизонты) в интервале от палеоцена до плиоцена: улэвенейский, геткилинский, камчатский, ткапроваямский, оммайский, снатльский, ковачинский, аманинско-гакхинский, утхолокско-вивентекский, кулувенский, ильинский, какертский, этолонский, эрмановский, энемтенский. На Восточной Камчатке в этом же диапазоне – южноильпинский, кыланский, килакирнунский, гаилхавиланский, алугинский, пахачинский, ежовый, мыса Плоского, юньювьямский, лимимтеваямский, усть-лимимтеваямский, тусатуваямский. К сожалению, зоны выделяются пока лишь в специфических (прежде всего относительно глубоководных) фациях и часто в разрезах не смыкаются, захватывая шельфовые толщи, как правило, в виде клиньев. Всего намечено семь зон, которые четко привязаны к ярусным подразделениям. Вместе с тем, в пределах возрастного интервала от олигоцена до квартала во многих разрезах Дальневосточного региона выделены зоны по остаткам с кремнистым скелетом (диатомовые, частично радиолярии). Наиболее часто зоны по диатомовым используются для среднего миоцена – эоплейстоцена (до 7–15 зон). Временная продолжительность горизонтов – около 4–6 млн лет, зон – 1–3 млн лет.

Послойный анализ ископаемых комплексов с широким использованием палеогеографических и палеоэкологических данных позволил в последнее время сделать важные шаги к дальнейшей детали-

зации стратиграфических схем. Установленная смена органических остатков в разрезах, обусловленная не только эволюционными процессами, но изменением палеогеографических обстановок, которые связаны с этапностью развития древних бассейнов, позволила вычлени в горизонтах (региоруссах) и даже зонах многих районов дробные подразделения типа пачек и слоев с фауной. Такие пачки и слои выделены, например, на Западной и Восточной Камчатке (в неогене – до 25 слоев) (см. рис. 9, 14). Сейчас они намечаются и на Сахалине. Реальность слоев доказывается их протяженностью на значительной площади (с сохранением определенной последовательности), что очень важно. Так, неогеновые слои с моллюсками прослеживаются на Западной Камчатке с севера на юг на 800 км. При этом проверка слоев в разных разрезах показала, что коэффициент сходства комплексов в них чрезвычайно высок – он равен 65–95 %. Можно думать, что часть таких подразделений перейдет в лоны, другая – останется в ранге местных слоев, но во всех случаях переход к выделению подобных единиц составит реальную основу для детальных расшифровок геологических событий.

Временная продолжительность таких единиц весьма дробна. Подсчеты, проведенные по плиоцену Восточной Камчатки (о-в Карагинский), где использовалось диатомовое, палеомагнитное и трековое датирование, показали, что время формирования пачек и слоев с фауной (моллюски и фораминиферы) составляет, соответственно, 0,12–0,35 и 0,03–0,09 млн лет. Другими словами, они вполне соизмеримы с подразделениями четвертичной системы.

11.8. Во многих случаях при анализе разрезов удастся выявить также циклостратиграфические подразделения (ритмы или циклы разных порядков, отражающие циклический характер седиментационных процессов прошлого). Сейчас все больше внимания обращается и на практическое использование климатостратиграфии, т.е. выявление в разрезах “пиков”, соответствующих потеплениям или похолоданиям (в неогене, например, насчитывается три крупных оптимума, намечается три оптимума и в палеогене), которые помогают вычлениать из горизонтов более дробные единицы. К важным реперам внутри зон можно отнести и отдельные литологические маркёры (глауконитовые пласты), и горизонты вулканогенных образований (например, маркирующие пачки туфов), и инверсии палеомагнитных ортозон. В последние годы при расчленении осадочного кайнозоя все больше используются и сейсмо- и секвенс-стратиграфические материалы (с выделением сейсмогоризонтов, сейсмослов, секвенсов разного масштаба и пр.). Они часто помогают выявлять перерывы и несогласия в разрезах, определяя их природу и масштаб. Наконец, первые шаги в дальневосточной стратиграфии начинают делать и количественные методы.

В публикациях последних лет приведены не только материалы по отдельным разрезам (прежде всего опорным) Сахалина, Камчатки и Корякского нагорья, но и корреляционные схемы. На этой базе созданы региональные стратиграфические схемы нового поколения [Решения..., 1998].

Крайне важно, что в последние годы из печати вышла серия монографий по фаунам и флорам кайнозоя. Это позволило ввести в науку и практику многие ископаемые комплексы (сейчас “банк” видов бентосных ассоциаций, отраженных в литературе, содержит более 4500 форм) и снять ряд противоречий по корреляции разрезов разных районов (вплоть до Японии и Северной Америки).

Все сказанное позволяет утверждать, что в данном регионе создана достаточно солидная стратиграфическая основа (ярусная, зональная и, в ряде случаев, инфразональная), чтобы с реальными позиций подходить к интерпретации геологических событий и расшифровке развития палеоэкосистем бореального пояса Пацифики. Без детальной стратиграфической базы любые попытки анализировать палеоэкосистемы обречены на неудачу: она является необходимым условием такого анализа. Хотя это, конечно, не означает, что все вопросы стратиграфии здесь решены окончательно.

11.9. Календарь геологических событий и их корреляция. Когда на стратиграфической основе нового поколения, т.е. с учетом дробного расчленения, достигнутого в последние годы, проводится анализ палеонтологических и литологических данных, появляется возможность не только создать своеобразный календарь геологических событий, но и перейти к их реконструкции с достаточной надежностью. При таком анализе встают по крайней мере две задачи: определить степень синхронности тех или иных событий (эта задача решается путем привязки событий к принятой геохронологической шкале) и понять причинно-следственные связи геологических явлений.

Несколько лет назад А.Е. Шанцером и автором для камчатского олигоцен-неогена был построен макет сопоставления различных геологических событий. В суммированном виде на шкалу геологического времени было вынесено: сменяющиеся в разрезе комплексы биоты – десять типов фаун (моллюски); три крупных (два – в миоцене, одно – в плиоцене) климатических потепления и разделяющие их относительные похолодания; три большие (два – в миоцене, одна – в плиоцене) миграции тепловодных ассоциаций с юга и три миграции (две – в миоцене и одна – в позднем плиоцене) холодноводных элементов биоты с севера; три крупных седиментационных цикла и три сейсмокомплекса; три цикла вулканической деятельности; три эпохи перерывов в осадконакоплении, размывов и угленакпления; четыре важных тектонических события (эпохи основных тектонических движений – позднеэоцен-предолигоценное, предсреднемиоцено-

вое, позднемиоценовое и плейстоценовое время); момент открытия Берингова пролива (начало плиоцена); зарождение Восточно-Камчатской вулканической дуги и сопровождающего ее желоба (в раннем плиоцене) (рис. 23).

На макете были отражены относительно крупные геологические события. Однако сейчас можно проводить корреляцию и более мелких событий, ибо на климатической кривой намечены уже не только значительные, но и частные колебания, среди седиментационных циклов выделяются циклы высокого порядка, в пределах горизонтов выделены реальные слои с комплексами биоты, которые отражают палеогеографические события дробного ранга и т.п.

11.10. Расположение разных геологических явлений на одном макете достаточно выпукло иллюстрирует мысль о сложности и многогранности геологической жизни зоны перехода от океана к континенту в кайнозое. Одновременно из анализа этого макета следует, что многие события, проявившиеся в данном регионе, обнаруживают определенную синхронность. Получается, что в геологической истории Дальнего Востока имели место определенные узловые моменты, когда увеличивалась активизация тектонических процессов, шло наступление морских трансгрессий и пр. При этом многие события во времени совпадали или следовали одно за другим без значительного отрыва.

Синхронность отдельных событий может в ряде случаев трактоваться как прямое отражение их взаимосвязи. Так, логическим выглядит "положение" тектонических процессов на временной шкале. Складчатые и блоковые движения, происходившие в неогене, приурочены к тем моментам, с которыми коррелировались ход и направленность седиментационных и вулканических явлений. Вне сомнения, именно тектонические перестройки отражались в изменении седиментационных комплексов, появлении перерывов и несогласий и пр.

Легко установить взаимосвязь и некоторых других явлений. Так, с открытием Пра-Берингова пролива в конце миоцена – начале плиоцена естественно связать миграции биоты из Арктики в Пацифику и обратно. Не исключено, что позднеплиоценовое похолодание в Северной Пацифике в значительной мере обязано проникновению арктических вод через Пра-Берингов пролив. Совпадение климатических оптимумов с периодами формирования трансгрессивных серий наводит на мысль о взаимообусловленности этих явлений. Труднее напрямую увязать с ними эволюцию комплексов биоты, хотя смена типов ассоциаций палеобиоты явно испытывает зависимость от изменения палеогеографических обстановок (см. далее) (рис. 24).

Сейчас составлен также календарь геологических событий и для палеогена Камчатки. Не останавливаясь подробно на всех событиях палеогенового времени, отметим лишь некоторые из них,

выявленные в последние годы (рис. 25). Во-первых, в это время сменилось до 10 типов морских бентосных комплексов (три – в палеоцене, три–четыре – в эоцене, три–четыре – в олигоцене) и до семи ассоциаций флор (три – в палеоцене, три – в эоцене, одна(?) – в олигоцене). В древних толщах намечаются три крупных седиментационных цикла. Примечательно, что при этом на ранний эоцен – начало среднего эоцена (в ряде районов Камчатки, видимо, и палеоцен) падает значительный перерыв в морском осадконакоплении, что связано, видимо, с имевшим место в палеогене тектоногенезом и отчасти эвстатическими колебаниями уровня моря. В среднем эоцене имела место широкая трансгрессия. Осадки этого времени с резким угловым несогласием залегают на дислоцированных толщах подстилающего комплекса. Именно в это время фактически образовался Охотоморский бассейн и началось накопление осадочных толщ на его дне. На рис. 26 отражены палеогеографические обстановки палеоцена–эоцена Камчатки. Обращает на себя внимание и изменение палеоклимата. Наибольшее потепление было приурочено, видимо, к раннему эоцену; пики относительных потеплений проявились также в средне-позднеэоценовое время. Похолодание отмечалось в олигоцене. Как и в неогене, в палеогене намечается определенное совпадение некоторых геологических событий во времени.

Подобный календарь событий недавно составлен и для кайнозоя Сахалина (см. рис. 6).

При анализе синхронности и взаимосвязи геологических событий всегда встает вопрос о роли локальных и глобальных факторов. И задача состоит в том, чтобы, с одной стороны, выявить события и процессы, которые имели место в региональном масштабе, а с другой – вычленил те явления, которые были свойственны крупным секторам Земли и, может быть, имели субглобальное или даже глобальное значение. При этом представляется необходимым анализ палеонтологических данных проводить с учетом ("на фоне") всех геологических процессов, имевших место в зоне перехода.

11.11. *Палеоэкосистемы мелководной зоны и особенности развития палеобиоты.* В последние годы при разборе тех или иных разрезов древних бассейнов все чаще используется экосистемный подход. Напомним, что под экосистемой понимается совокупность живых (биотические сообщества) и неживых элементов, в результате взаимодействия которых – через поток энергии и круговорот вещества – создается стабильная саморегулирующая система определенной структуры. Каждая экосистема имеет соответствующую ей степень замкнутости и устойчивости. В этой связи чрезвычайно важно определить границы каждой конкретной экосистемы и факторы, позволяющие ей сохраняться и развиваться. При проведении подобного рода исследований представлялось необходимым не только создать реальный календарь геологических событий,

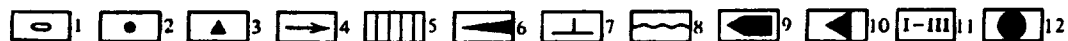
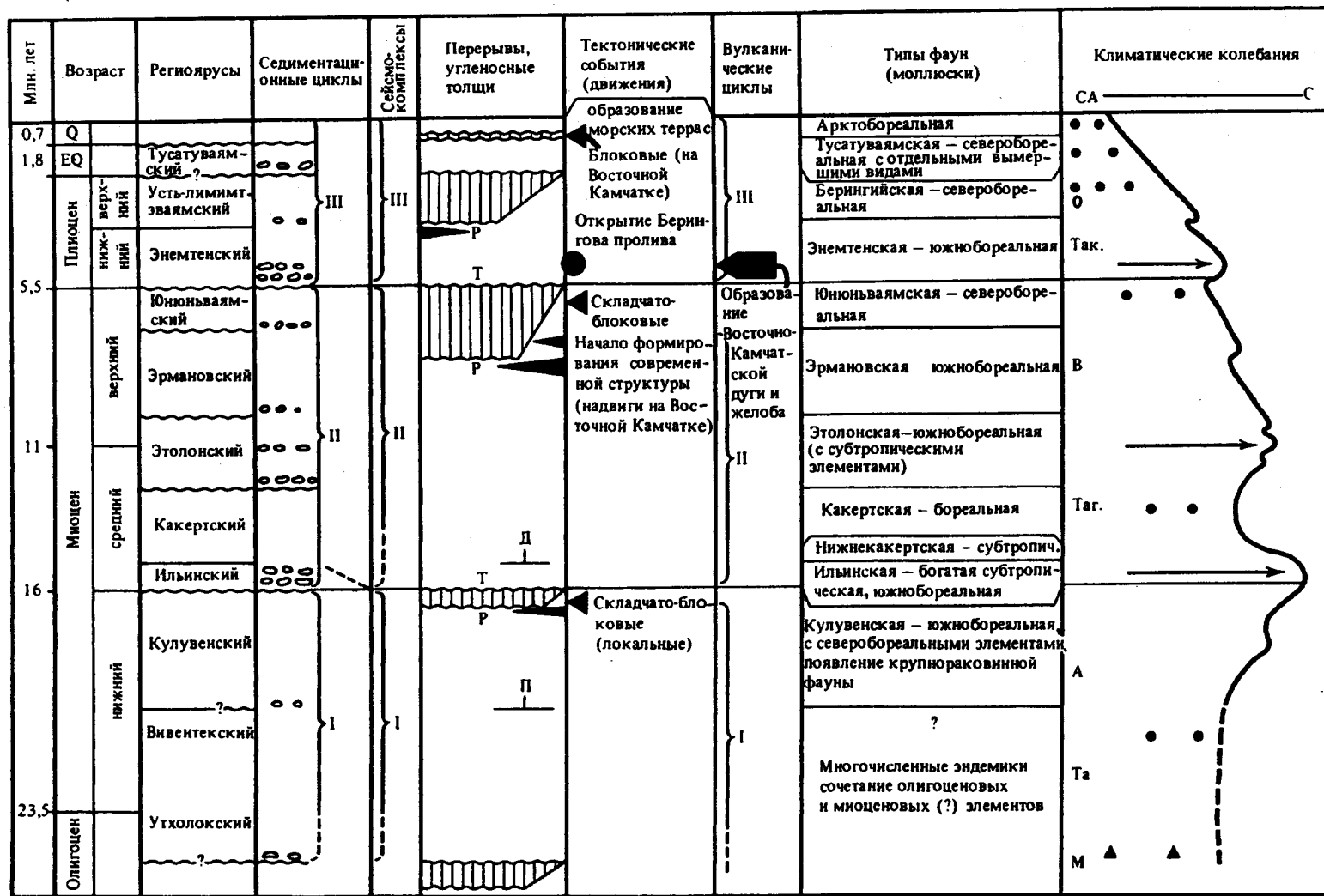


Рис. 23. Корреляция геологических событий неогена Камчатки [Гладенков, 1988]

1 – конгломераты; 2 – галька ледового разноса; 3 – валуны и глыбы; 4 – миграция теплопроводных комплексов; 5 – перерывы; 6 – угленосные формации; 7 – появление песчаников (П), диатомитов (Д); 8 – несогласия, размывы; 9 – образование Восточно-Камчатской вулканической дуги и Камчатского желоба; 10 – тектонические движения; 11 – крупные циклы и климатические оптимумы; 12 – открытие Берингова пролива. Т – трансгрессии; Р – регрессии

Типы фаун Северной Японии: М – Момидзияма, Та – Татсукобу-Тсубетсу, А – Асахи, Таг – Тагешита, В – Вакканай (Шиобара), Так – Такикава, О – Омма-Мангандзи

Климат: СА – субарктический, С – субтропический

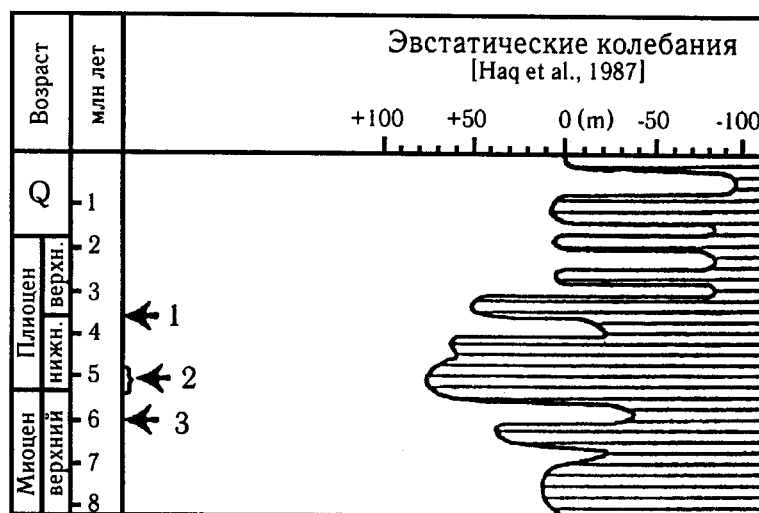


Рис. 24. Геологические события и эвстатические колебания миоцена и плиоцена в Северной Пацифике [Marincovich, 2000]

1 – появление моллюсков тихоокеанского происхождения в Северной Атлантике; 2 – открытие Берингова пролива, обмеление Центрально-Американского пролива; 3 – тектонические движения в районе Берингова пролива

но и точно определить положение на нем биологических явлений с их последующей корреляцией в более широком плане. Особое внимание было обращено на выявление типов палеоэкосистем (ПЭС), определение их границ, расшифровку состава и структуры биотических сообществ, как и особенностей развития кайнозойских палеоэкосистем в различных (стабильных и стрессовых) условиях. Наконец, важно понять сущность перестроек ПЭС, выявить моменты их развития, характер изменения биотической компоненты, смену палеогеографических (как и палеоклиматических) обстановок, корреляцию различных абиотических событий с биотическими. В итоге предполагается наметить некоторые общие тенденции и закономерности эволюции ПЭС.

11.12. Шельфовая зона бореального пояса в иерархии экосистем. Биосфера представляется иерархически построенным единством, включающим различные уровни жизни: особи, популяции, биоценозы, биогеоценозы (или экосистемы) разных масштабов. Каждый из этих уровней обладает относительной независимостью, что и обеспечивает возможность эволюции всей макросистемы. Рассмотрение дальневосточных толщ показывает, что они формировались в трех крупных экосистемах – континентальной (краевой части), мелководной (практически шельфовой) и океанической (частично), что и нашло отражение как в характере древних осадков, так и в специфике ископаемых комплексов. Обстановки, которые соответствовали этим экосистемам в кайнозое, протягивались вдоль северо-восточного Азиатского материка на несколько тысяч километров. Выше, в разделе 8, в параграфе 8.10, приведена конкретная иерархия экосистема (от области до провинции и округа), которая сейчас широко используется в дальневосточных районах.

11.13. Ниже характеризуются некоторые особенности шельфовой экосистемы кайнозоя и роль в ней моллюсков. Кайнозойская шельфовая экосистема представляется для изучения палеоэкосистем одной из наиболее благоприятных в связи с возможностью использовать для ее анализа метод актуализма (при относительно значительной длительности ее геологической истории – около 70 млн лет), что и создает достаточно реальную основу для расшифровки этапности и других особенностей развития этой экосистемы.

Выше говорилось, что шельфовая экосистема является одной из самых “чутких” в отношении фиксации разных событий, которые происходили в прошлом как в океане, так и на континенте. В какой-то мере это ее достоинство может даже переходить в недостаток: порой весьма непросто среди “шума” геологической записи, отраженный в породах и палеонтологических остатках, выделить явления действительно широкого, межрегионального и субглобального масштаба. И тем не менее, изучение зоны перехода на значительной площади (как по ее простиранию, так и поперек) и сравнение выявленных в ней геологических событий с отмеченными в океанах и на континентах, позволяет восстанавливать геологическую историю ее развития достаточно объективно.

До последнего времени попыток осветить особенности развития палеокомплексов зоны перехода было очень мало. Обычно дело ограничивалось констатацией смены фауны и флоры в разрезах. Между тем, выявление определенных тенденций и закономерностей в этом развитии имеет большое значение для понимания биотических событий неогена всей Тихоокеанской области.

Анализ различных групп кайнозоя переходной зоны Дальнего Востока уже сейчас делает возмож-

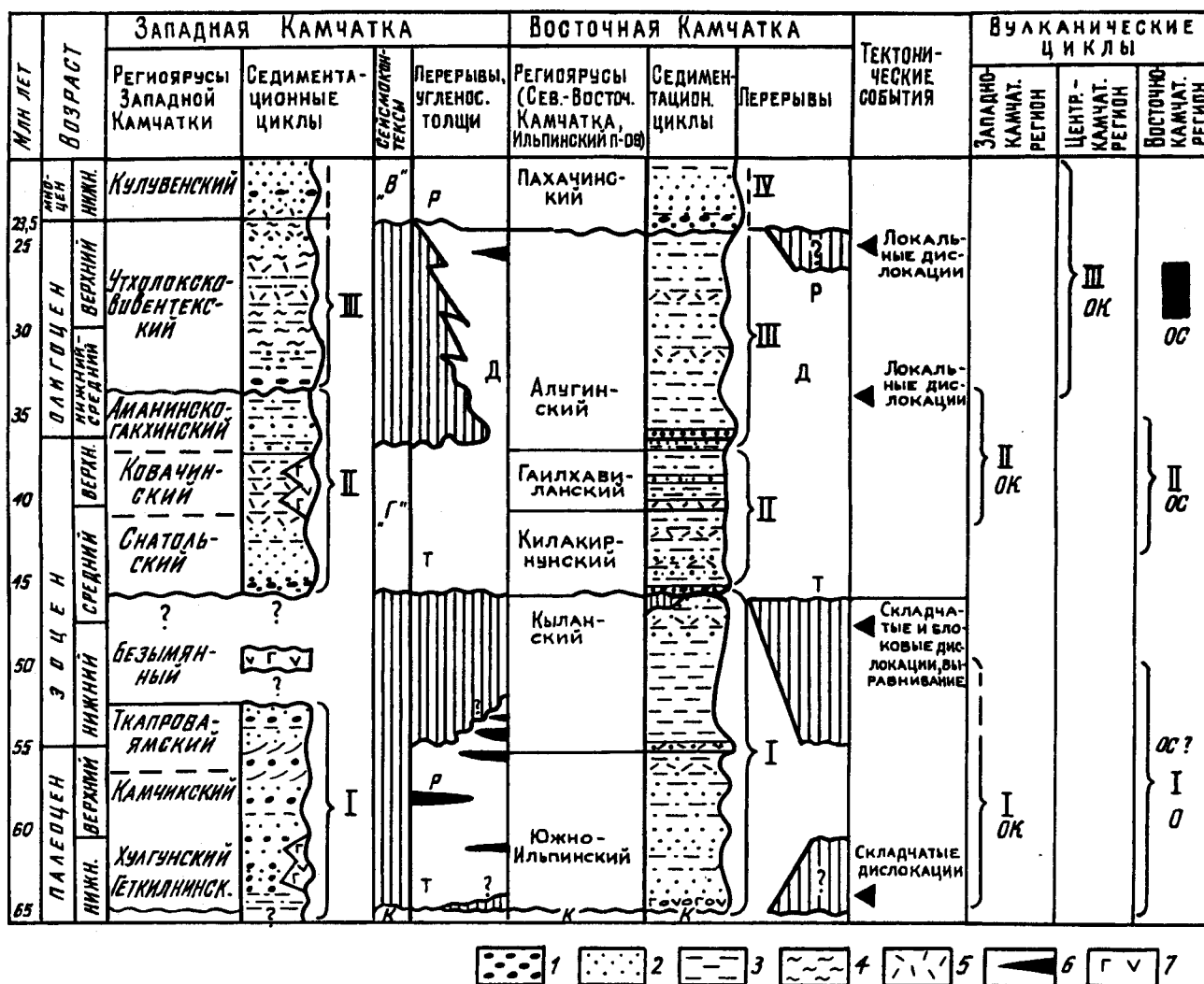


Рис. 25. Корреляция геологических событий палеогена Камчатки [Гладенков, Шанцер, 1993]

1 – конгломераты; 2 – песчаники; 3 – алевролиты и аргиллиты; 4 – кремнистые породы; 5 – прослои туфов в осадочном разрезе; 6 – угли; 7 – базальты, андезиты, андезито-базальты; 8 – сейсмокомплексы Охотского моря; 9 – скопления плавающих галек и валунов; 10 – геннойши; 11 – стратиграфические перерывы; 12 – миграция моллюсковой фауны; 13 – климатическая кривая; 14 – формирование Алеутской островной дуги; 15(Д) – массовое появление диатомей; Т – трансгрессии; Р – регрессии моря; вулканы: ОК – окраинно-континентальные, ОС – островодужные, О – океанические; климат: ху – холодноумеренный, ту – теплоумеренный, с – субтропический, т – тропический

ным наметить основные этапы эволюции, моменты определенных перестроек, некоторые общие закономерности развития биоты и время становления ядра современных сообществ. Недавно проведенное изучение древних ассоциаций палеогена и неогена с параллельным изучением моллюсков, фораминифер, диатомовых и, частично, других групп выявило определенные тенденции их развития за последние 60–70 млн лет. Некоторые из них излагаются ниже с использованием в качестве иллюстраций данных по моллюскам, которые непосредственно изучались автором в течение многих лет.

Моллюски являются одной из самых доминирующих групп кайнозоя (по Г. Торсону, это index-fossils нашего времени). В кайнозойское время, в частности, двустворчатые моллюски испытывают

расцвет. Это отразилось в том, что разнообразие внутри отрядов наиболее высокое именно в кайнозое. Кстати, число таксонов высокого и среднего ранга (отряды, семейства, роды) весьма значительно [Скарлато, 1981]. По данным А.П. Кузнецова, в современных морях нетропической зоны Северного полушария от 20 до 100 % донных биоценозов характеризуется преобладанием двустворчатых моллюсков. Моллюски составляют до 80 % биомассы биоценозов, хотя их процент в видовом составе относительно невелик (до 14 %). При этом ядро биоценозов представляют группы видов, относящихся часто к разным родам и даже семействам. Это является следствием несовместимости видов одного рода, имеющих сходство в образе жизни.

ТИПЫ КОМПЛЕКСОВ			КЛИМАТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ
МАКРОФАУНЫ (МОЛЛЮСКИ)	МИКРОФАУНЫ (ФОРАМИНИФЕРЫ: ПЛАНКТОННЫЕ И, БЕНТОСНЫЕ)	ФЛОРЫ (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА)	ху ту с т
Килувенский-пахачинский-южнобореальный, с северо-бореальными элементами, появление крупнораквинной фауны	Килувенский	— — — ? — — —	
Утлоокско-вивентекский-бедный, относительно холодноводный, бореальный, много эндемиков	Алугинский-теплоумеренный (халлофрагмонидно-эльфридидо-нонионидовый)	Ф ₇ Крутогорский холодно-теплоумеренный	
?		?	
Аманинско-гаххинский-алугинский-бореальный, частично с субтропическими элементами		Появление значительных комплексов диатомовых бореального типа	
		Ф ₆ Аманинско-иргинский теплоумеренный	
Ковачинский - субтропический	Килакиринско-гайлахвиланский-субтропический, с тропическими элементами (глобигераписово-кавказиново-плектофрандикуляриевый)	Ф ₅ Позднеснатольский-ковачинский субтропический	
Снатольский - субтропический умеренный		Ф ₄ Раннеснатольский теплоумеренный	
Кыланский - теплоумеренный субтропический	Кыланский, субтропический (псевдо-хастигериново-увегериновый)	Ф _{1-а} Усть-Анадырский субтропический	
?		?	
Ткаправаямский-субтропический, тропический		Ф ₃ Чемурнаутский паратропический	
Камчикинский-южноальпийский-теплоумеренный субтропический	Позднеюжноальпийский-тропический (глобороталиевый)	Ф ₂ Сосопханский теплоумеренный-субтропический	
Геткилнинский-относительно бедный, мелкораквинный, теплоумеренный	Раннеюжноальпийский-теплоумеренный (ржехакиновый)	Ф ₁ Хулгунский-мыса зубчатого теплоумеренный	

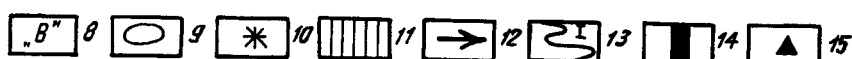


Рис. 25. Окончание

11.14. В палеогене и особенно в неогене моллюски также составляли основу шельфовых биоценозов. Их хорошая сохранность и частая встречаемость делают эту группу весьма ценной для реконструкции древних сообществ. Изучение моллюсков показывает, что крупная перестройка фауны произошла в начале кайнозоя.

К сожалению, дальневосточный материал не всегда дает возможности в деталях осветить это явление, так как палеоценовая и нижнеэоценовая фауны пока описаны в небольшом количестве. Поэтому, чтобы судить об общих закономерностях смены моллюсков в раннем кайнозое, приходится обращаться к литературным данным, обобщающим сведения по разным регионам Европы и Азии [Невесская, 1999].

В истории развития морских двустворок в датско-ипрское время выявились две фазы [Развитие..., 1981]. Предшествующее время (кампан-маастрихтское) характеризовалось богатыми и в целом сходными комплексами.

Первая кайнозойская фаза охватывала фауну дания, "монса" и танета. Двустворки были менее

разнообразны, чем в позднемеловое время, по составу как семейств, так и особенно родов, разнообразие которых сократилось на одну треть (вымерло до 200 родов). Вместе с тем, в этой фазе большую, чем раньше, роль стали играть рецентные роды (от 69 % в дании до 76 % в танете). По сравнению с "монсом" и танетом датская фауна выглядит несколько обедненной.

По видовому составу фауна дания-танета была относительно бедной. Унаследованные от маастрихта виды составляли от 27 до 53 %, т.е. доля позднемеловых форм в палеогене достаточно снижена.

Вторая фаза - ипрский век - представлена на уровне семейств и родов относительно богатыми комплексами, сравнимыми по разнообразию с фауной первой фазы. Унаследованные роды от танета составляли 61 % ипрских родов, современные роды - до 63 %. Нельзя не отметить, что рубежи, разделяющие фазы, различаются по своей масштабности. Рубеж на границе маастрихта и дания наиболее значителен. Он характеризовался грандиозным вымиранием двустворчатых моллюсков в маастрихте на уровне видов (до 450), родов (193), се-

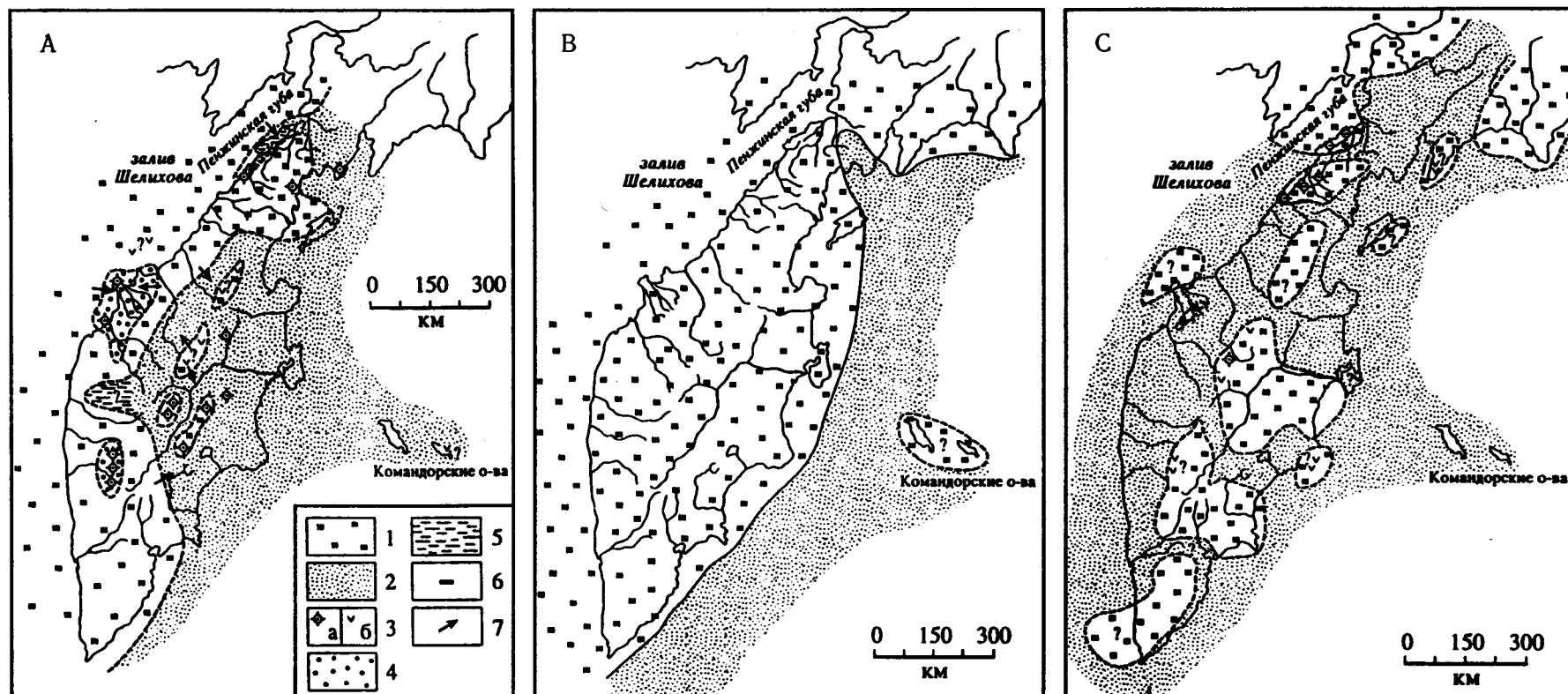


Рис. 26. Палеогеографические схемы для раннего дания (А), конца раннего – начала среднего эоцена (В) и конца среднего – начала позднего эоцена (С) [Нижний палеоген..., 1998]

1 – суша; 2 – море; 3 – выявленные вулканические проявления (а), предполагаемые вулканические проявления (б); 4 – континентальные бассейны осадконакопления; 5 – осадконакопление в застойных мелководных водоемах; 6 – угленакопление; 7 – направление сноса обломочного материала

мейств (16), надсемейств (4) и отрядов (1). Одновременно на этой границе увеличилась роль современных (от 29 до 69 %) и космополитных (от 18 до 28 %) родов.

Второй рубеж относительно менее значителен. В ипре отмечается несколько большее число появившихся новых таксонов – семейств (7) и родов (132), но некоторое уменьшение роли рецентных (до 63) и космополитных (до 18 %) родов. С олигоцена родовой состав двустворок почти не менялся, и изменение фауны шло в основном через замещение видов.

Элиминация двустворок на границе маастрихта и дания связывается в основном с изменением абиотических факторов (понижение температуры вод Мирового океана, резкое нарушение трофических связей в результате смещения трофических зон из-за изменения морфологии бассейнов и их гидродинамики, в частности, сокращения площади палеоценовых бассейнов по сравнению с позднемеловыми). Кризис в биоценотических комплексах двустворок на рубеже мезозоя и кайнозоя был, видимо, весьма значителен, ибо для восстановления их родového и семейственного разнообразия понадобился значительный период времени.

Данные по гастроподам выявляют в целом сходную картину [Развитие..., 1981].

11.15. Если на фоне рассмотренных тенденций анализировать данные по фаунам дальневосточных районов, то, базируясь на последних сводках, можно наметить ряд особенностей смены комплексов, которые в целом коррелируют с указанными выше. В дании Сахалина (синегорские слои), например, отмечаются 35 видов двустворок, 5 – скафопод и 13 – гастропод, с появлением десяти кайнозойских родов и подродов [Калишевич и др., 1981].

С рубежом мела и палеогена в Северо-Тихоокеанской области связывают практически полное вымирание специфических для мела моллюсков – амоноидей, из двустворок – иноцерамов, плеврограмматодонов, грамматодонов, псевдофрондин и пр.

Изучение палеоценовых – раннеэоценовых фаун Камчатки, проведенное в последние 15 лет [Нижний палеоген, 1997], позволило выделить снизу вверх четыре горизонта с соответствующими комплексами моллюсков: геткилнинский, камчикский, ткаправаямский и омайский. Всего в них отмечено более 300 видов. Нижний горизонт (даний) включает до 90 видов. Второй и третий горизонты (танет), – соответственно, 86 и 70 форм. Четвертый (ипр), пока недостаточно исследованный, имеет около 100 видов. Для этих комплексов типично: наличие до 25–45 % эндемков и 35–60 % характерных видов. Многие виды описаны в североамериканских разрезах, что свидетельствует о тесных связях шельфовых палеосообществ западной и восточной зон Северной Пацифики в палеоцене – раннем эоцене.

Обращает на себя внимание тот факт, что нижний комплекс включает остатки фауны с отдельны-

ми представителями специфических родов, которые переходят в палеоцен из меловых слоев (камптохлямисы и др.).

Начиная со среднего эоцена на Камчатке можно видеть изменения комплексов моллюсков практически на видовом уровне в 11 (13) горизонтах. В нижнем из них (снатольском) отмечено около 135 видов. Достаточно резкое изменение видового состава произошло в начале олигоцена (аманинско-гаххинский, утхолокско-вивентенский уровни), когда в каждом из горизонтов появилось более 50 % новых форм. Далее в миоцене и плиоцене шла смена видов по сходной схеме – обновление состава происходило примерно на уровне 50 % или менее, но, как будет показано ниже, смена в ассоциациях частично обусловлена не только эволюцией, но и миграциями видов к камчатским широтам. Специально отметим, что изменение состава комплексов часто сопровождается сменой определенных доминантов. В неогене особняком выглядит комплекс начала среднего миоцена (ильинский уровень), который отличается особым богатством видового состава (160 видов). Этот момент совпадает с самым крупным климатическим оптимумом неогена.

11.16. В своем распространении моллюски, как и другие бентосные организмы, подчиняются климатической зональности, вертикальной зональности (моря) и провинциальности. Климатическая зональность отражается на бентосных ассоциациях в первую очередь.

По данным О.А. Скарлато [1981], двустворчатые моллюски, живущие ныне в пределах 43–66° с.ш. Тихоокеанской области (разница летних и зимних температур на севере 7°, на юге – до 20° и более, т.е. в принципе это неоднородная зона), включают несколько биогеографических групп: тропические – субтропические – 3 вида, субтропические (по происхождению) – 45, низкобореальные – 50, широко распространенные бореальные – 50, высокобореальные – 46, бореально-арктические – 41 и арктические – 5.

В регионе выделяются две крупные подобласти, каждая из которых включает несколько провинций и округов. Число видов в них меняется следующим образом: подобласти – Северо-Японская низкобореальная (СЯН) – 188 видов, Берингоморская высокобореальная (БВ) – 150. В подобласти СЯН – провинция Северо-Японская – 185 (округа Южно-Приморский – 135, Южно-Курильский – 149, Северо-Приморский – 114), провинция Южно-Сахалинская – 117 (округа Анивский – 82, Монеронский – 96). В подобласти БВ – провинции Охотоморская – 110 форм, Северо-Курильская – 89, Командорская – 68, округа Анадырский – 43 и Восточно-Чукотский – 68. При выделении провинций и подпровинциальных единиц учитывается процент эндемизма комплексов (соответственно, 25–50 и 10–25 %). Все эти данные используются при анализе ископаемых комплексов.

11.17. На характер распространения моллюсков на морском дне важное влияние, помимо климатической, оказывает вертикальная зональность моря. В зависимости от глубины выделяются литоральные, верхне- и нижнесублиторальные, батимальные сообщества (это практически глубины до 200–500 м). Их расположение по глубине определяется температурой и динамикой воды, характером взвеси и грунта, трофическими связями и пр. В верхних горизонтах дна моря преобладают фильтраторы (неподвижные, малоподвижные и подвижные сестенофаги), в более нижних – собирающие детритофаги и грунтоеды. Во всех случаях отмечается общая закономерность: с глубиной уменьшаются систематическое разнообразие моллюсков и их биомасса. Наибольшая биомасса отмечается на глубине 0–50 м (при некотором повышении на уровне 100–200 м). С глубиной в целом происходит смена экологических группировок: неподвижные формы эпифауны, преобладающие вблизи берегов, сменяются подвижным бентосом и инфауной.

В целом, состав литоральных и сублиторальных ассоциаций более изменчив, чем относительно глубоководных, которые, в связи с этим, как правило, имеют широкие ареалы.

Вот эти три фактора – климатическая и “вертикальная” зональности и провинциализм – и определяют облик и структуру каждого биоценоза. С учетом широтной и вертикальной зональностями на дне шельфов слагаются биоценозы, которые замещают друг друга вдоль береговой линии и, кроме того, вкрест ее простираются (по глубине). Примечательно, что на крутых шельфах они имеют полосчатое распространение, а на более пологих – сравнительно мозаичное.

Давно замечено, что даже в изменчивой обстановке сообщества стремятся сохранить свою структуру. Явление это (гомеостаз сообществ) осуществляется, в частности, через отлаженные системы трофических связей. Моллюски в биоценозах включены в цепи консументов. Их систематический состав и экологические признаки хорошо контролируются конкурентными и пищевыми взаимоотношениями форм. Поэтому и биоценозы моллюсков приобретают элементы целостности, устойчивости и относительной независимости в развитии. Это, в частности, проявляется в способности противостоять различным воздействиям, т.е. в гомеостазе или буферности.

11.18. Темпы развития кайнозойских моллюсков и формирование. Детальное изучение моллюсков в разрезах Камчатки и Сахалина позволяет говорить о том, что темпы их развития не намного ниже, чем других групп. Например, неогеновые горизонты Камчатки, выделенные по смене комплексов моллюсков в разрезах, в среднем соответствуют 2,5–3 млн лет. Послойное же их изучение позволяет достигать весьма дробной зонации (лоны, слои с фауной продолжительностью от сотен

тысяч до 0,5–1 млн лет). Примером может являться расчленение неогена Западной и Восточной (о-в Карагинский) Камчатки, где выявлены пачки и слои с фауной, более детальные, чем, например, зоны по диатомовым, хотя по масштабу площадного распространения эти слои часто уступают упомянутым зонам. К сожалению, сейчас еще очень мало работ детального плана, чтобы распространить лоны и слои на все регионы.

Вместе с тем, отмечается определенная консервативность этой группы, что в первую очередь, видимо, связано с высокой стабильностью бентосных сообществ в целом, где экологические особенности отдельных видов коррелируются с таковыми других элементов этих сообществ и в этой связи способствуют эволюции не только и не столько отдельных таксонов, сколько всей биоценотической ассоциации.

Обобщая полученные данные, можно наметить несколько этапов развития моллюсков кайнозою Северо-Тихоокеанской области. Первый соответствует палеоцену – раннему эоцену, когда было заложено ядро палеогеновой фауны (это наименее изученная фауна, в основном она отвечает комплексам чемурнаутского и омбайского типов Западной Камчатки). Второй – среднему – позднему эоцену (снатольско-ковачинский тип), Третий – олигоцену и раннему миоцену (аманинская, частично гакхинская, утхолокская, вивентекская, клувенская фауны). Оligоценовый период был переломным, ибо в это время формировался тип фауны, который получил развитие в неогене. Судя по фауне, в этом этапе выделяются отдельные подэтапы. Четко отличается фауна четвертого этапа – среднемиоценового – позднемиоценового (ильинская, какертская, этолонская и эрмановская), хотя в нем намечается обособление подэтапа конца позднего миоцена (юньюнбаямская фауна). В качестве, видимо, подэтапа может рассматриваться раннеплиоценовый уровень (раннелимимтенская или энметенская фауна). И, наконец, поздний этап отвечает позднему плиоцену (позднелимимтенская – тусату-ваямская фауна). В это время сформировались ядро и структура современной бореальной фауны. Каждый крупный этап продолжался около 15 млн лет (палеоцен-раннеэоценовый, средне-позднеэоценовый, олигоценый, частично раннемиоценовый, миоценовый и плиоценовый – укороченный).

От этапа к этапу палеонтологические комплексы заметно меняются, сохраняя, однако, определенную преемственность. Во времени происходит постоянное обновление ассоциаций. Но отмечаемые резкие различия комплексов часто обусловлены не столько особенностями их эволюции (какими-либо крупными периодами араморфоза), сколько внедрением иммигрантов или сменой комплексов под влиянием палеогеографических событий, что затрудняет выявление филогенетических преобразований. Кстати, специальных работ по прослеживанию

филогенетических линий тех или иных родов очень мало. Можно указать лишь на некоторые попытки рассмотреть в этом отношении отдельные роды: для Дальнего Востока – пектинид, букцинид и иолдий, для Японии – туррителлид, арцид и пектид, для Северной Америки – пектинид и пр.

В ряде случаев отмечается четкая последовательная смена видов в пределах тех или иных родов, что собственно и дает возможность выделять отдельные горизонты. Одновременно в развитии родов удается выделить определенные этапы становления, расцвета, угасания, которые могут совпадать или не совпадать при сравнении различных родов.

11.19. Из анализа кайнозойской фауны всего Дальнего Востока и прилегающих областей создается впечатление, что интенсивность процессов формообразования уменьшается по направлению к северным широтам. Очевидно, абиотические факторы отбора отсекают во внетропических областях существенные эволюционные новообразования. Во всяком случае, основные таксоны высокого ранга обязаны своим происхождением прежде всего тепловодным областям. Однако, как следует из рассмотрения различных материалов, центры происхождения многих видов были приурочены часто, по всей видимости, к пограничным районам тропического и бореального поясов, т.е. к стыку относительно теплых и холодных водных масс, который может рассматриваться как благоприятное место для формообразования.

Последние материалы по Западной Камчатке свидетельствуют также о том, что относительное формообразование имело место, видимо, и в полузамкнутых бассейнах Охотоморской провинции (здесь отмечается значительное содержание эндемичных видов – до нескольких десятков процентов – и появляется ряд форм, которые впоследствии расселились в другие провинции).

Видообразование в бореальных районах с олигоцена происходило обычно путем постепенного (градуалистического) изменения признаков с определенным участием (видимо, подчиненным) их резкого изменения.

Складывается впечатление, что во время относительных потеплений процесс видообразования шел в бореальных широтах с некоторым ускорением. Во всяком случае, в такие моменты палеоценозы обогащались за счет не только южных мигрантов, но и форм, появившихся в пределах самой бореальной фауны (ильинский, этолонский комплексы миоцена, энметенский – плиоцена и пр.). Сейчас еще не окончательно ясно, насколько активно шли процессы преобразования термотропных видов в холодноводные (или наоборот), хотя в литературе указания на это имеются. Вместе с тем, активизация видообразования в некоторых случаях коррелируется с регрессиями или началом трансгрессий.

По-видимому, многим филумам была свойственна определенная ограниченность возможностей морфогенеза, что приводило к некоторой однотипности их преобразований. В отдельных систематических группах с намечающейся генетической близостью обособляются формы со сходными параллельными признаками, которые можно трактовать как следствие параллелизма (или гомологической изменчивости). К таким гомеоморфным формам относятся, например, представители нукуланид, на что было обращено внимание еще в 60–70 годы и что нашло отражение в предложенной новой схеме иолдий и нукулан. Возникновение гомеоморфных таксонов и проявление направленной изменчивости форм в определенной мере может свидетельствовать о некоторой канализированности эволюционных преобразований.

В ряде случаев удается выявить кратковременные популяционные “взрывы” и “волны” отдельных таксонов, что отражается в захоронении многочисленных остатков отдельных видов или их групп определенных возрастных стадий на громадной площади (примером может служить скопление иолдовых сообществ амининского уровня или фортипектинидовых ассоциаций плиоцена, которые прослеживаются от Японии до Чукотки).

11.20. Анализ третичных моллюсков показывает, что ядро современного комплекса (т.е. комплекса бореального типа) начало складываться, видимо, в позднем миоцене, но окончательно сформировалось во второй половине плиоцена, после последнего относительного потепления неогена (около 3,5–4 млн лет). Именно в это время в биоценозах определилась группа видов, которые в значительном большинстве (85–93 %) дожили до нынешнего времени (усть-лимимтеваямская толща и тулатуваямские слои с *Astarte borealis*, *Yoldia hyperborea*, *Nuculana pernula* и пр.). Сложившаяся структура биоценозов фактически уже в дальнейшем не менялась. Даже четвертичные климатические события (с оледенениями и похолоданиями) не смогли изменить их как-то существенно.

В конце миоцена – начале плиоцена, видимо, произошел разрыв единых ареалов восточно-азиатского и западноамериканского шельфов с формированием амфиоцифических комплексов. Можно сказать, что в Приберингийской подобласти начала плиоцена развивается высокобореальная фауна (в лимимтеваямском и усть-лимимтеваямском горизонтах появляется 5–20 % высокобореальных форм и отмечается только 8 % южнобореальных видов). При этом Приберингийская и Охотоморская подобласти стали иметь до 55 % общих видов двусторок.

Из анализа собранных данных следует, что прерывистая эволюция (с возникновением новых ее планов) для кайнозоя дальневосточного шельфа в целом не была характерна. Но можно указать, как говорилось выше, несколько (три–четыре) момен-

тов, когда перестройки биоценозов были относительно значительными. Это прежде всего начало раннего палеоцена, возможно, средний эоцен (появление фауны снатольского типа) и граница эоцена и олигоцена (появление амининско-гаххинских сообществ), в меньшей мере – средний миоцен (ильинские ассоциации) и поздний плиоцен. Вымирания видов, сопровождавшие эволюцию комплексов моллюсков, не были катастрофическими. Скорее это был линейный процесс с некоторыми флуктуациями. Вместе с тем, намечается определенная периодичность указанных перестроек (через ~15 млн лет).

11.21. Изменения процента вымерших видов. При анализе видов моллюсков палеогена и неогена выявляется закономерность, на которую в общем виде обратил внимание в прошлом веке Ч. Лайель: процент вымерших форм в палеобиоценозах с течением времени уменьшается; соответственно увеличивается процент нынеживущих форм. Подсчеты, которые проводились по неогену Камчатки, дали следующие результаты: в миоцене этот процент (нынеживущих форм) менялся от 10 до 40–50 % и более, в плиоцене – от 60–65 до 96 %. Обращает на себя внимание сходство изменения этого параметра и в неогене Северной Атлантики. В плиоцене Англии и Исландии тот же процент меняется от 60 до 96–98 %.

Тенденция изменения соотношения вымерших и нынеживущих форм в неогеновое время отражает в целом линейный тип этого процесса. Она же в определенной мере свидетельствует о темпах формообразования (за неоген, т.е. за 20–25 млн лет, современные виды постепенно захватили все биоценозы, хотя в начале неогена они составляли порядка десятка, или около этого, процентов).

11.22. Некоторые особенности палеогеографических обстановок. Эволюция моллюсков в кайнозой Северной Пацифики проходила на фоне различных субглобальных геологических явлений, в частности климатических колебаний и флуктуаций уровня Мирового океана. В неогене выявлено три крупных потепления (оптимума): ранне- и поздне-среднемиоценовые и раннеплиоценовое; в палеогене отмечены потепления в начале раннего эоцена и, видимо, два–три – в среднем и позднем эоцене (рис. 27). Миоценовые потепления на Камчатке, в частности, четко маркируются двумя показателями – ростом общего числа видов и появлением значительного числа субтропических и южнобореальных форм (в начале и в конце среднего миоцена они, соответственно, характеризуются цифрами 150–159 : 61 против 39–47 : 18–21 в относительно “холодной” середине среднего миоцена). Эти же показатели используются и при анализе других оптимумов. Обращает на себя внимание тот факт, что разделяющие потепления периоды относительных похолоданий (пессимумы) по продолжительности обычно в 3–5 раз больше оптимумов (в миоцене оптимумы оцениваются от 0,5 до 1 млн лет, а пессимумы – в 3–5 млн лет и более). Климатические

оптимумы, конечно, отличаются друг от друга по масштабу. Раннеэоценовый оптимум был, видимо, наиболее значительным в палеогене да и в кайнозойе вообще (появление многих субтропических родов моллюсков и паратропических флор на Камчатке); в миоцене же крупнейшим было ранне-среднемиоценовое потепление (наличие в соответствующих слоях субтропических видов моллюсков, фораминифер, диатомей и палинокомплексов с 35 % фагусовых), а остальные, например, в конце среднего миоцена или в начале плиоцена имели меньший масштаб. Климатическая кривая, построенная для кайнозоя сахалино-камчатской области, в целом отражает те же тенденции, что и кривые, полученные по флуктуациям палеотемператур океана (см. рис. 27).

Судя по литературе, большое значение имел перепад температур на границе эоцена и олигоцена, к которому приурочено образование психросферы в океане и появление криосферы в высоких широтах. С этого времени тип климата на нашей планете существенно изменился – наступила эра чередования относительных похолоданий, достигавших уровня оледенений, и потеплений, которые были гораздо меньшими по сравнению, например, с раннеэоценовыми. В целом, климат в кайнозое менялся в сторону похолодания и завершился в четвертичный период многофазными оледенениями. Но уже позднемиоценовый и позднеплиоценовый пессимумы были достаточно заметными в летописи климатических изменений кайнозоя.

Важным фактором, определявшим условия существования бентосных комплексов, являлось также изменение уровня Мирового океана. Характер этого изменения с той или иной точностью отражен на известных кривых Вейла. Отсылая по этому вопросу к соответствующей литературе, отметим лишь два обстоятельства. Во-первых, в ряде случаев отмечается хорошее совпадение моментов потепления и эвстатического поднятия уровня океана (например, начала среднего миоцена). Во-вторых, последние (плиоценовые) трансгрессии достаточно достоверно удается привязать к хронологической шкале.

Если к климатическим и эвстатическим колебаниям добавить смену циркуляции водных масс и изменение направления морских течений, вызванных, в частности, разрушением Беринговой суши в плиоцене, предполагаемым “отодвиганием” Японии от Азиатского материка в начале миоцена, приведшим к образованию Японского моря, появлением в палеогене Алеутской, а в миоцене – Курило-Камчатской островных дуг и т.п., то нельзя не признать важную роль и физических барьеров в распределении биоценозов в морских бассейнах Северной Пацифики.

Яркой иллюстрацией сказанного является пример с Пра-Беринговым проливом. Он открылся, видимо, в позднем миоцене – раннем плиоцене (около 5,5 млн

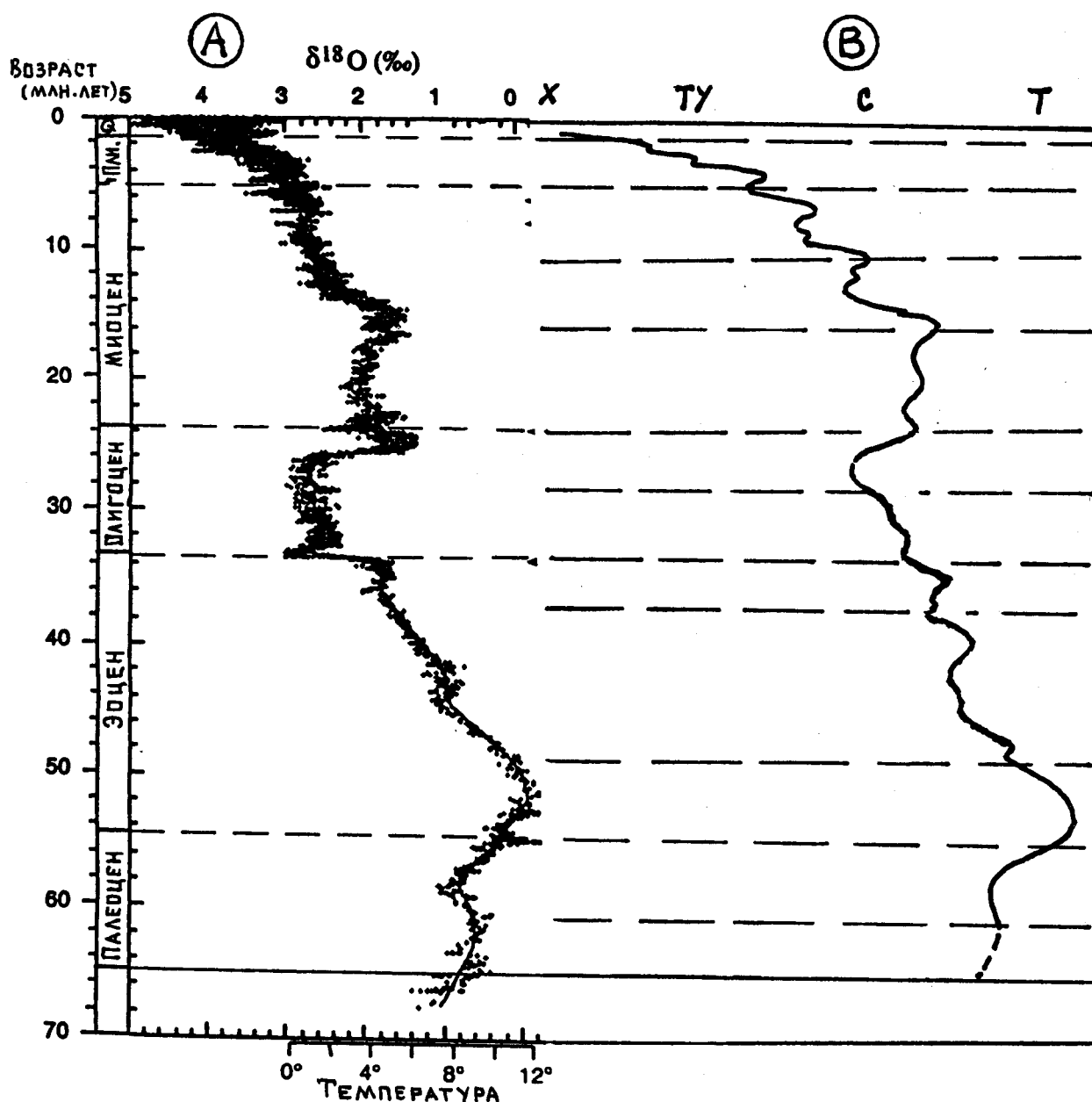


Рис. 27. Тенденции изменения температур морских вод кайнозоя

А – изменение температуры глубинных вод океана по изотопным данным [Zachos et al., 2001]; В – относительное изменение температурного режима в шельфовых зонах Северной Пацифики по моллюскам и фораминиферам; тип климата: х – холодный, ту – теплоумеренный, с – субтропический, т – тропический

лет назад), что привело к обмену тихоокеанской и арктической биоты. Это отразилось, в частности, в появлении тихоокеанских мигрантов в Северной Атлантике (они составили до 25 % комплексов зоны *Serripes* Исландии – Красного Края Англии), Далее такие обмены происходили неоднократно. В результате в камчатских разрезах появились некоторые “пришельцы” из арктобореальных и бореальных бассейнов (представители *Astarte*, *Cyrtodaria*, *Portlandia* и др.). В периоды осушения Берингова моста (перерывы морской седиментации) проходил обмен континентальными фаунами Азиатского и Северо-Американского материков (в Северной Амери-

ке появились, в частности, многие азиатские виды мастодонтов, оленей, грызунов, медведей и пр.). Продолжительность этих периодов составляла 0,2–0,3 млн лет и более.

11.23. Выше уже говорилось о необходимости использования палеогеографии и палеобиогеографии в комплексе региональных стратиграфических исследований. В целом палеогеографические и палеобиогеографические реконструкции, с одной стороны, строятся на базе стратиграфии, а с другой – они параллельно стимулируют стратиграфические построения, например, объясняют причины фаци-

альных изменений пород в пределах местных и региональных стратиграфических подразделений (свит и горизонтов) или обозначают пределы применимости тех или иных стратиграфических единиц (свит, зон, горизонтов) в пространстве, т.е. их площадной масштаб. Достаточно, например, посмотреть на приведенный выше рис. 26, чтобы лишний раз вспомнить, какая богатая геологическая и стратиграфическая информация следует из палеогеографических схем, составленных для палеогена Камчатки. Весьма содержательными выглядят также палеобиогеографические схемы, которые сопровождают ряд стратиграфических работ по Дальнему Востоку, прежде всего Сахалину и Камчатке.

На рис. 28 в качестве примера приведена палеобиогеографическая схема Л.В. Титовой для одного из родов гастропод – *Vuccinum* (она очень близка аналогичной схеме рода – *Neptunea*). Ее анализ показывает, что представители этого рода появились в Северной Пацифике в эоцене и обитали в морских бассейнах вблизи Японии и Камчатки. В олигоцене – раннем миоцене некоторые виды данного рода переместились к северу – в район Корякского нагорья. До среднего миоцена они отмечались фактически только в западной части Пацифики. И только во второй половине миоцена этот род распространился в восточной части Северо-Тихоокеанской области [Гладенков и др., 1988] Если суммировать данные по палеогеографическим схемам других родов и видов моллюсков, то приходится прийти к заключению, что в целом для японо-сахалинско-камчатского региона в эоцене (среднем эоцене) – неогене были характерны сгущения ареалов и максимумы видового богатства (их называют *синператорами*).

Из этого можно сделать ряд важных выводов о возможных центрах возникновения новых таксонов в этом регионе, об их постепенном расселении в его шельфовых экосистемах, о значительной устойчивости и, в то же время, изменении сообществ северо-западного сектора Пацифики.

11.24. Миграции бентосных комплексов. Выше уже говорилось, что одной из главных причин миграций моллюсков являются климатические колебания. Вряд ли нужно объяснять, что потепления вызывают миграции тепловодных комплексов в северном направлении, а похолодания – холодолюбивых к югу. Эта своеобразная термическая машина работала в кайнозое синхронно по обоим берегам Северной Пацифики – азиатскому и североамериканскому. Известны случаи, когда во время потеплений тепловодные виды перемещались на север на несколько тысяч километров. В неогене, например, смещение тепловодных комплексов проходило на 2–3 тыс. км и более, что составляло 10–15° по широте. Выявление миграций палеобиоты такого масштаба может по-иному осветить проблему сонахождения древних комплексов разной палеогеографической характеристики, которое трактуется иногда без должного основания как результат причленения террейнов.

Среди других причин миграций можно указать также на морские течения. Их изменение в геологическом прошлом тоже, видимо, влияло на распределение не только планктонных, но и шельфовых сообществ – вне зависимости от того, чем были вызваны перестройки системы течений (тектоническими, геоморфологическими, климатическими или иными причинами). Яркой иллюстрацией мо-

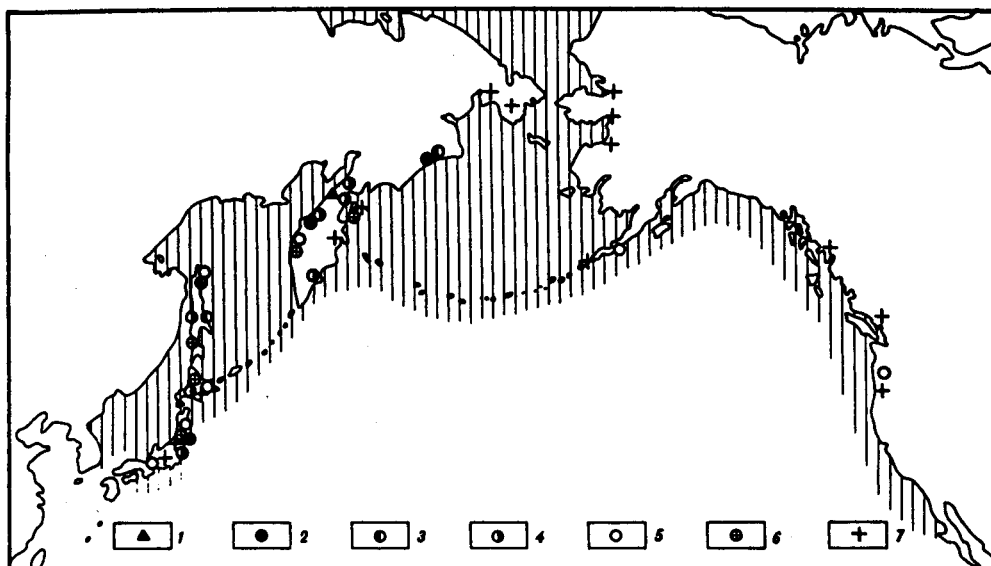


Рис. 28. Геохронологическое и географическое распространение рода *Vuccinum* [Гладенков и др., 1988]

1 – поздний эоцен; 2 – олигоцен; 3 – ранний миоцен; 4 – конец раннего – начало среднего миоцена; 5 – средний–поздний миоцен; 6 – плиоцен; 7 – конец плиоцена – плейстоцен. Штриховкой показан современный ареал

жет служить изменение и смещение течений Пра-Ойя-Сиво и Пра-Куро-Сиво в неогене.

Выше говорилось о трансгрессиях плиоцена, связанных, видимо, с эвстатическими колебаниями уровня моря. И можно напрямую связать с ними появление арктических элементов в тихоокеанских комплексах (с *Astarte borealis* – на уровне 5,4, *A. elliptica* – 4, *Tridonta*, *Cyrtodaria* – 3,6–3,25, *Astarte montaque* – $2,2 \pm 0,3$ млн лет).

Но, наряду с этим, имеется еще одно обстоятельство, которое нередко пока недооценивается, но которое имеет прямое отношение к расселению бентосных ассоциаций. Из анализа рассмотренных материалов следует, что экспансия донных организмов в новые районы во многих случаях, видимо, в значительной степени контролируется конкурентным давлением со стороны аборигенного населения. Прохорезы различных бентосных групп часто обеспечиваются не только и не столько морскими течениями, как это обычно принимается, а биотическими факторами. Иллюстрацией может служить пример с современной биотой Арктического океана, в которой северотихоокеанские роды двустворок составляют до 70 %, что связывается с миграцией моллюсков и захватом ими экологических ниш в шельфовых зонах Арктики, что обусловлено в первую очередь именно биотическими факторами.

11.25. Можно привести и другой, уже упоминавшийся пример; ставший уже классическим и относящийся к плиоценовой экосистеме бореальных и арктических широт. Около 5,5 млн лет назад при первом в неогене открытии Берингова пролива (в силу тектонических движений и/или эвстатических колебаний) имели место миграции морских моллюсков из Тихого океана в Арктику и далее в Северную Атлантику и, наоборот, из Арктики в Тихий океан (см. рис. 24). Эти прохорезы в целом отличались, с одной стороны, большой скоростью, т.е. были геологически почти мгновенными. С другой стороны, они в отдельные этапы отличались асимметрией: так, миграция в раннем плиоцене из северотихоокеанской области в арктическую по числу видов в 8 с лишним раз превышала шедшую в обратном направлении.

Сейчас есть несколько гипотез относительно причин подобных инвазий, многие из которых, кстати, классифицируются как асимметричные, т.е. ориентированные преимущественно в одном направлении, например, от Японии к тихоокеанскому побережью Северной Америки или от Берингова пролива в Арктику вдоль североамериканского, а не азиатского побережья и пр.

Так, некоторые миграции биоты из одного района в другой связывают с преобладанием числа видов в первом районе, который служил донором для второго. Миграции могли быть обусловлены также разницей темпов вымирания видов в разных бассейнах (прохорезы шли в стороны районов, где этот темп был выше), что коррелируется с опреде-

ленными экологическими условиями. При этом иногда отмечают, что эволюция мигрантов тихоокеанского происхождения в Северной Атлантике и Арктике была более заметна, чем у мигрантов, попавших в тихоокеанский бассейн из арктического. Нельзя не принимать также во внимание и влияние на миграции гидрологических особенностей палеобассейнов (перемещение водных масс, морских течений и пр.).

Сейчас накапливается материал по палеогену Дальнего Востока, свидетельствующий об “обмене” моллюсками азиатской и американской шельфовых зон Северной Пацифики и неоднократных периодах миграций видов азиатского и североамериканского происхождения. Например, в палеоцене связь камчатских и калифорнийских ассоциаций была весьма тесной (на Камчатке количество общих с Калифорнией форм достигает 50–70 %). В среднеэоценовое время на Камчатке количество форм американского происхождения было в 3 раза больше, чем японского, что может тоже говорить о тесных связях биоты североамериканского и североазиатского шельфов. В то же время, в более поздний период (поздний эоцен) камчатский бассейн имел преимущественные связи, видимо, с сахалинско-японским бассейном, так как число форм японского происхождения отмечается здесь в относительно большом количестве.

11.26. Особенности инфауны. Как указывалось выше, при климатических потеплениях, которые вызывали существенные миграции тепловодных комплексов к северу, автохтонные сообщества смещались в целом в северном направлении. Однако некоторая их часть оставалась в значительной мере на прежнем месте. Это относится прежде всего к инфауне батимальных и нижнесублиторальных уровней (роды *Yoldia*, *Nuculana*, *Nucula*, *Macoma*). Хотя, конечно, и некоторые сублиторальные формы в связи с их способностями адаптироваться к новым, более тепловодным условиям (толерантность этих видов вполне это допускала) могли обитать в тех же, что и раньше, провинциях.

Способность инфауны относительно глубоких зон морского дна сохранять свои ареалы можно отнести к одной из особенностей шельфовой биоты прошлого. Это означает, что при потеплениях (и похолоданиях) шельфовые комплексы практически образовывали два уровня: литорально-верхесублиторальный, наиболее подвижный при смене температуры морских вод, и нижнесублиторально-батимальный, менее подвижный, перемещающийся в силу относительно незначительных колебаний температур на глубинах 200–500 м гораздо меньше [Голиков, Скарлато, 1967].

Примеры из практики показывают, что некоторые детритоядные формы (например, иолдии) прослеживаются в нижнесублиторальной зоне от Японии и Сахалина до Северной Камчатки и Корякского нагорья. Конечно, нижнесублиторальные-бати-

альные сообщества значительно беднее верхнесублиторальных (по систематическому составу и количеству форм). Однако они достаточно выдержаны по площади, что определяет их значительные коррелятивные возможности. Пока нельзя говорить с уверенностью, но, исходя из ряда данных, можно предполагать, что инфаунные комплексы в ряде случаев меняются во времени несколько меньшими темпами по сравнению с сублиторальными ассоциациями, которые представлены главным образом активными и пассивными фильтраторами. Например, в эоцене Камчатки (т.е. в течение > 30 млн лет) род *Variamussium*, тяготеющий к относительно глубоководным фациям, был представлен только тремя–четырьмя видами, что свидетельствует об относительно низкой скорости формообразования этой группы.

11.27. Рассмотренные данные показывают, что зона перехода от океана к континенту на Дальнем Востоке в кайнозой представляла собой сложнейшую систему морских бассейнов, развитие которых было связано с активными тектоническими и седиментационными процессами.

Сочетание линейных и дискретных геологических событий как субглобального, так и регионального масштаба, было тем фоном, на котором происходило развитие фауны и флоры этой зоны. Специфика палеогеографических обстановок и их частое

изменение во времени и пространстве создавали особые условия эволюции шельфовых (мелководных) комплексов биоты.

Шельфовая экосистема бореального пояса в кайнозой развивалась в обстановке меняющихся палеоклиматических и палеогеографических явлений. Несмотря на всю их сложность и определенную стрессовость ситуаций отдельных моментов геологического прошлого, экосистема проявила свою относительную устойчивость. Состав и структура ее биотических сообществ, судя по моллюскам, менялись с определенной тенденцией – с олигоцена, в основном на видовом уровне, с постепенной сменой во времени одних форм другими и с увеличением процента современных видов. Этот линейный процесс осложнялся отдельными моментами, когда этот процесс убыстрялся.

Затронутые проблемы нуждаются в более широком обсуждении. Обозначенные закономерности развития абиотических и биотических явлений в данном регионе – их определенная цикличность и синхронность – могут помочь в расшифровке таких закономерностей и в других областях земного шара. Отмеченные же тенденции эволюции биотических сообществ в кайнозой могут стать серьезной основой для прогнозирования развития и существования шельфовых экосистем в грядущих десятилетиях и столетиях.

12. Стратиграфия на последнем в XX веке международном геологическом конгрессе (Рио-де-Жанейро, Бразилия)

12.1. Чтобы внести в данный текст дыхание времени, в котором он писался, автор хотел бы обратиться к изложению некоторых материалов по стратиграфическим проблемам, обсуждавшимся на последнем в XXI в. МГК. Это в какой-то мере должно служить иллюстрацией к вышесказанному и поводом обозначить конкретные, как стратегические, так и тактические, задачи мировой стратиграфии данного периода. Это же поможет отразить “стратиграфический” дух годов на рубеже двух столетий и круг вопросов, волновавших стратиграфов.

31-й Международная сессия геологического конгресса (МГК) состоялся 6–17 августа 2000 г. в Рио-де-Жанейро. Следует напомнить, что подобные конгрессы проходят с 1878 г., со времени создания Международного союза геологических наук. Обычно они проходят через 4 года, подобно спортивным олимпиадам. На них присутствуют тысячи людей, которые обсуждают геологические проблемы, участвуют в геологических экскурсиях и знакомятся с культурой принимающей страны. В России МГК проходили в 1897, 1937 и 1984 гг.

На МГК обычно подводятся итоги деятельности геологов разных стран, обсуждаются новые идеи и намечается стратегия будущих работ. Чрезвычайно важно, что такие форумы способствуют интенсивному обмену геологической информацией. Каждая сессия МГК является значительной вехой в развитии геологии; МГК отражают определенный уровень каждого направления геологии, в том числе и стратиграфии.

12.2. На Бразильском конгрессе присутствовали геологи из 90 стран. Представительность геологов на последних пяти МГК, в том числе и на последнем МГК, показана ниже (табл. 9).

Отметим, что число геологов из США и России в Бразилии было, соответственно, 324 и 320.

Особенностью данного конгресса является то, что он был последним в XX в. и потому определен-

ным образом знаменовал научные итоги геологии уходящего столетия. По мнению Р. Бретта (президент МСГН последних лет) и других специалистов, к принципиальным достижениям геологии можно отнести следующие: оформление плейттектонической “теории”, появление материалов по эволюции Солнечной системы, выявление сложного строения системы Земля с разноплановым взаимодействием ее оболочек; определение новых путей поисков полезных ископаемых (прежде всего – воды, нефти, газа и пр.); более ясное, чем раньше, понимание происхождения и эволюции жизни. К перечисленному можно добавить и актуальные сейчас проблемы, связанные с экологией.

12.3. Стратиграфия. Этому направлению геологии было уделено достаточно большое внимание. Среди наиболее актуальных проблем были рассмотрены следующие: а) новый вариант Международной стратиграфической шкалы; б) краткая версия Международного стратиграфического руководства (кодекса); в) вопросы, связанные с разными аспектами стратиграфической практики, среди которых важными были вопросы комплексного использования различных (в том числе новых) методов стратиграфической классификации и номенклатуры (в рамках каждой системы и отделов), палеогеографических реконструкций и пр. Обсуждение этих проблем проходило в рамках специальных симпозиумов (таких, как Стратиграфия, Палеонтология и историческая геология, Морская геология, Геологическое картирование и пр.) и заседаний подкомиссий Международной комиссии по стратиграфии (МКС).

12.4. Новый вариант Международной стратиграфической шкалы (МСШ). Напомним, что в 70-е годы, когда В.В. Меннер был председателем МКС, оформилась ее структура, которая фактически дожила до наших дней. МКС включает 18 подразделений – подкомиссий и комитетов (прежде

Таблица 9. Представительность геологов разных стран на международных геологических конгрессах последних 20 лет

Номер сессии МГК	Год проведения	Страна и город	Число стран-участниц	Число участников
27-я	1984	СССР, Москва	107	5239
28-я	1989	США, Вашингтон	104	5786
29-я	1992	Япония, Киото	93	4186
30-я	1996	КНР, Пекин	116	6147
31-я	2000	Бразилия, Рио-де-Жанейро	90	4108
32-я	2004	Италия, Флоренция		

всего по отдельным системам МСШ, стратиграфической классификации, геохронологии и пр.), которые имеют около 400 голосующих членов и до 2000 специалистов-участников из 109 стран.

МКС была создана еще в 1878 г. на 1-й сессии МГК. В 1881 г. на 2-й сессии МГК ею была рекомендована первая шкала стратиграфических категорий, а в 1900 г. на 8-й сессии МГК был принят вариант МСШ, который с небольшими изменениями использовался многие десятилетия (кстати, в нем ярусы и зоны считались еще региональными подразделениями). В послевоенное время МКС активизировала свою деятельность, и одним из ее результатов, как ранее говорилось, было создание в 1976 г. Международного стратиграфического кодекса (см. ниже). В 80–90-е годы возникла потребность в определенной ревизии МСШ в связи с появлением важных стратиграфических материалов, прежде всего по ярусному и зональному расчленению, а также по магнитной и изотопной стратиграфии. Вот почему в последние годы все подкомиссии МКС были ориентированы на обоснование ярусных категорий и их границ. Собственно поэтому и стали появляться новые варианты МСШ (в 1989 г. на 28-й, в 1996 г. на 30-й сессиях конгресса).

В 1998 г. президент Международной комиссии по стратиграфии Ю. Ремане разослал во все страны последний вариант МСШ для обсуждения его в национальных стратиграфических организациях. Отметим, что в апреле 1999 г. МСК России направил свои замечания и предложения по этому поводу. Вариант шкалы, который был распространен в Бразилии, был фактически повтором варианта 1998 г. и не отразил многие пожелания нашего МСК и, видимо, других организаций [Explanatory note..., 2000]. Несмотря на эмблемы ЮНЕСКО и МСГН, что может рассматриваться, наверное, как показатель высокого международного статуса, представленная шкала при ее обсуждении вызвала возражения и даже раздражение.

В краткой форме о нововведениях в шкалу можно сказать следующее:

– **Докембрий.** Представлена фактически численная основа расчленения (с границами по круглым цифрам). В шкале отсутствуют названия “ри-

фей” и “венд”. Практически условно выделены геохронологические подразделения. В качестве эонотем рассматриваются архей (с 4-мя эратемами) и протерозой (с 3-мя эратемами и 10-ю системами). Граница между ними помещена на уровень 2,5 млрд лет и является, пожалуй, единственной из общепринятых.

– Системы “палеоген” и “неоген” закреплены в качестве самостоятельных.

– Выделены новые подсистемы и отделы: в **карбоне** – две (миссисипий и пенсильваний), в **перми** – три (цизуральский, гваделупский и лопингский).

– Выделены новые ярусы: в **триасе** – индский и оленекский, в **нижней перми** оставлены “старые” русские ассельский, сакмарский, артинский и кунгурский, в **средней перми** введены – “американские” роадский, вордский и капитанский, в **верхней перми** – “китайские” вучиапигский и чангсинский; в **верхнем неогене** – выделен гелазский ярус.

– Некоторые системы остались пока *без ярусов*: весь **кембрий**, частично **ордовик** и **силур**.

– Датировки границ даны по материалам подкомиссий и по Ж. Одэну [Odin, 1997] [Explanatory note..., 2000].

– Введены новые символы систем: кембрий – ϵ , палеоген – E .

– Предложены новые символы ярусов – в каждой системе им отвечает нумерация снизу вверх (со строчной начальной буквой названия системы), например, для неогена (N) будут выделяться ярусы с символами n_1 – n_9 (табл. 10).

– Окраска МСШ (кстати, не всегда удачная) и приведенная нумерация взяты фактически из “Геологического атласа мира”.

Обратим внимание на два момента. Во-первых, наименьшей единицей МСШ стал считаться ярус, а не зона. Во-вторых, деятельность МКС в последние годы была сосредоточена в основном на границах этих ярусов, что имело как положительную, так и, по нашему мнению, отрицательную стороны.

В 1986 г. МКС приняла концепцию точки глобального стратотипа границы (GSSP), которую надо выделять в основании каждого подразделения

Таблица 10. Подразделения неона и предложенные символы ярусов

Система	Отдел	Ярус	Символ яруса
Неоген N	Плиоцен N ₂	Гелазий	p ₉
		Пьяченций	p ₈
		Занклий	p ₇
	Миоцен N ₁	Мессиний	p ₆
		Тортон	p ₅
		Серраваллий	p ₄
		Лангий	p ₃
		Бурдигал	p ₂
		Аквитан	p ₁

(стратона) МСШ. В связи с этим стратиграфические подразделения стали делиться на (1) официальные (с утвержденной GSSP), (2) полуофициальные (точки изучаются в рабочих группах по тем или иным границам) и (3) неофициальные. В палеозое сейчас из 39 границ 21 – официальные, в мезозое из 30–2(?), в кайнозое из 20–8. Интересно, что мезозой, всегда считавшийся примером детального расчленения, с формальной точки зрения оказался расчлененным хуже других эратем.

Заметим, что границы подразделений официально принимаются 60 % голосов последовательно членов рабочих групп (по определению границ), затем членов подкомиссий МКС и, наконец, МКС (с соответствующей публикацией). К сожалению, голосование в ряде случаев ведется формально, в непонятной спешке, без всесторонней научной проработки, с преследованием узко национальных или “патриотических” целей и т.п.

Отдельное внимание было уделено проблеме GSSP – точкам глобального стратотипа границ (см. 4.13).

По мнению ряда специалистов, высказанному на конгрессе, концентрация усилий МКС на “точках” (или “золотых гвоздях”) привела к определенному смещению задач стратиграфии. Вместо того, чтобы детально изучать сами стратона, подкомиссии МКС в последние годы основное внимание стали уделять именно “гвоздям”, или нижним границам стратонов (так уж получилось на практике), возводя эту процедуру их поиска определенных стратиграфических уровней в разряд концепции. Однако, по мнению многих стратиграфов, подобная процедура в рамках действительно существующих стратиграфических концепций (это хроностратиграфическая, множественной стратиграфии, регионально-стратиграфическая и хронометрическая концепции) представляется не более как *технологией* или элементом стратиграфического исследования, которую, конечно, надо использовать для обозначения выделенных границ, но которая не может заменить геоисторический подход к расчленению древних толщ. Увлечение “точками” и “гвоздями” в стратиграфических

построениях сводит на нет анализ самих стратонов МСШ, фактически принижая и даже отбрасывая региональную стратиграфию из процесса совершенствования МСШ.

12.5. Краткая версия Международного стратиграфического справочника (МСС). Как уже говорилось, в 1976 г. вышло первое издание МСС (под редакцией Х. Хедберга, США). В 1994 г. увидело свет второе издание МСС (под редакцией А. Сальвадора, США). На Бразильском конгрессе была представлена краткая версия второго издания [International Stratigraphic Guide..., 1999], которая в конце 1999 г. была напечатана в журнале “Episodes” (редакторы М. Мерфи и А. Сальвадор). По мнению МКС, она более доступна, чем сам Кодекс (удобнее по объему, дешевле) и будет способствовать унификации стратиграфической классификации, терминологии и процедурных правил. Выше говорилось, что в этой версии сохранена основная структура Справочника и выделяются пять категорий стратиграфических подразделений: лито-, био-, алло-, магнито- и хроностратиграфические. Подчеркнуто, что это не “Кодекс”, а рекомендуемый подход к стратиграфическому изучению. Вот почему – повторим – при переводе на русский язык этот документ предпочтительнее называть справочником или руководством. К этому следует добавить, что фактически при спорной идеологии “Справочника” с его множественной стратиграфией в нем есть важное указание на необходимость комплексного использования всей полезной информации, доставляемой разными методами. Хотя эта версия и воспринимается во многих положениях критически, она уже широко используется во многих странах.

12.6. Некоторые проблемы стратиграфической практики. На семинарах и заседаниях МГК поднимались многие вопросы, которые касались разных проблем стратиграфии. Подчеркивалось, в частности, что по-прежнему сохраняется тенденция комплексации различных методов в стратиграфических исследованиях. Именно она дает возможность осуществлять контроль над выводами, получаемыми отдельными методами, и проводить соответствующие коррекции. В последние годы к традиционным методам (био-, лито-, магнито-стратиграфические и др.) в геологической практике добавились новые. Среди них – астро-, секвенс-, хеомстратиграфические и прочие методы. Однако, как выяснилось, очень часто отдельные специалисты преувеличивают возможности того или иного нового метода, забывая, что базовыми методами (для фанерозоя, во всяком случае) являются биостратиграфический и радиологический, которые только и отражают необратимые однонаправленные геологические процессы. Не случайно, что при обсуждении, например, очень модной сейчас секвенс-стратиграфии указывалось на ограниченность ее применения и неразработанность ряда аспектов ее методической сущности (при весьма

нечеткой и неотработанной номенклатуре). В то же время, зональная стратиграфия лежит сейчас в основе стратиграфического расчленения всех систем и ярусов, и никакой метод не может ее заменить по надежности и детальности.

Особо следует сказать о палеогеографических материалах, которые демонстрировались на конгрессе. Они приобретают все большее значение при расшифровке геологических событий и геологической истории. Часто они являются своеобразным "переходником" и к тектоническим реконструкциям. Наиболее значимые материалы такого рода создаются при непредвзятом использовании фактических данных, а не при тенденциозном обеспечении ими уже готовых тектонических моделей. Внимание многих привлекли 24 палеогеографические карты атласа, составленного по программе "Перитетис". Они содержат богатую и полезную информацию. К сожалению, ряд карт составлен не всегда на достоверной основе.

Интересно, что на одном из семинаров конгресса был сделан доклад по проблеме геокартирования в XXI в. В нем отстаивалась мысль, что геологическая съемка, как она осуществляется сейчас, перейдет в разряд анахронизмов, а полевые работы обречены на редуцирование. На первое место при составлении карт в будущем ставится синтез данных, полученных по разным каналам – через Интернет, спутники и т.д., но без обязательных ныне экспедиций. Следует отметить, что многие геологи из разных стран эту идею активно не поддерживали, справедливо подвергнув ее жесткой критике.

12.7. В настоящее время геология во всем мире переживает не лучшие времена: сокращаются геологические службы, закрываются научные программы и пр. Меняется и положение стратиграфии, которая, кажется, с одной стороны, во многом обогнала запросы практики (достаточно вспомнить о большом количестве накопленных, но пока невос требованных палеонтологических материалов), а с другой – в региональных и поисковых работах стала часто замещаться геофизическими материалами. Российская стратиграфия на этом фоне выглядит внешне достаточно достойно. У нас наработаны большие "запасы" – изучены разнообразные разрезы, собраны громадные коллекции ископаемых остатков и пр. Мы продуцируем солидные монографии и стратиграфические схемы нового поколения.

Вместе с тем, в нашей деятельности заметны и серьезные минусы. Так, мы не участвуем в международной программе глубоководного бурения и лишаемся многих важных данных; у нас слабая техническая и приборная база; произошел отток молодежи от геологии и стратиграфии и т.д. К сожалению, в организационном отношении в последние годы мы обнаружили определенные слабости и пассивность. А в результате стали не так активно, как раньше, *влиять на формирование идей* и не все-

гда вовремя готовить те или иные предложения для МКС. Приходится констатировать к тому же, что на фоне определенной политизации руководящих органов МКС российские ученые оказываются практически в некоторой изоляции, поскольку их не всегда привлекают к обсуждениям и принятию важных решений (кстати, в объяснительной записке к МСШ-2000 нет ни одной ссылки на русского автора, несмотря на то, что Россия всегда вносила в международную стратиграфию существенный вклад).

К сожалению, представительность российских ученых в руководящих органах МКС почти сведена к нулю. В Бюро и 18 подкомиссиях МКС (среди председателей и их заместителей) в 2002 г. был только один представитель России – после конгресса стало два (для сравнения от США – 12, Австрии и Италии – по 5, Южной Африки, Германии, Англии и Франции – по 3, Швейцарии, Канады, Китая, Бельгии, Швеции – по 2 человека и пр.). И это после блестящего периода 70–80-х годов, когда В.В. Меннер представлял Россию в МСГН, был президентом МКС и возглавлял ее палеогеновую подкомиссию. Память о его деятельности сохраняется до сих пор. Но мы отдаем ему должное и в связи с тем, что, будучи во главе Национального комитета геологов (НКТ) нашей страны, он умел достойно готовиться к таким важным мероприятиям, какими являются МГК: выпускались труды советских геологов, готовились выставки геологических достижений, подбирались делегации из авторитетных и активных специалистов, обсуждались стратегические линии в дискуссиях, оценивался сравнительный уровень стратиграфии у нас и за рубежом и т.п. К сожалению, Национальный комитет геологов, Российская Академия наук и Минприроды во многих аспектах не подготовились достойным образом к Бразильскому конгрессу.

Среди задач МКС ближайших четырех лет указываются: упрощение и упорядочение структуры подкомиссий; увеличение вклада МКС в области образования, прикладной стратиграфии и наук о Земле; создание специального подразделения для информационного обеспечения – по стратиграфическому кодексу, стратотипам, шкале геологического времени, применению разных методов и др.; завершение разработки стратиграфической шкалы; обеспечение финансирования стратиграфических проектов; завершение работы по стратотипам ярусных границ (хотя эта задача не должна заменять важные задачи стратиграфии в разработке моделей истории Земли и пр.).

Еще раз подчеркнем, что МГК – это важные форумы, где показываются достижения и обсуждаются новые геологические идеи, где люди обмениваются информацией и учатся друг у друга. И Россия, как часть международного научного сообщества, обязана быть в потоке мировых тенденций науки.

12.8. В июне 2002г. в г. Урбино (Италия) состоялось специальное заседание МКС. Новый председатель МКС Ф. Градштейн подчеркнул, что, в его понимании, Комиссия является тем органом, который призван облегчить международное и научное сотрудничество в стратиграфии, определяемое широкими многодисциплинарными исследованиями, что в конце концов направлено – и это необходимо подчеркнуть – на лучшее понимание истории Земли. Он предложил обсудить будущие направления деятельности МКС, обратив особое внимание на две задачи: первая, – фактически переходящая из прошлого, – завершение стратиграфической стандартизации (речь прежде всего идет о совершенствовании стратиграфической шкалы – определении ярусов и их границ в каждой системе) и вторая – развитие стратиграфии, ориентированной на геологический процесс. Выявление глобальных детальных изменений с точки зрения динамической стратиграфии может рассматриваться как побуждающая и социально значимая цель. Именно стратиграфия, ориентированная на расшифровку динамических сил и процессов, которые приводят к глобальным изменениям, представляется наиболее значимой в качестве нового мандата. Она значительно увеличит детальность шкалы геологического времени. Участники заседания в целом согласились с такой концепцией. Для российских стратиг-

рафов она очень близка: в течение многих лет они не раз ставили вопрос как о необходимости дальнейшей детализации стратиграфических схем (см. выше), так и об усилении геоисторического направления стратиграфии, которая решает проблемы не только методико-технологического уровня (выделение стратиграфических подразделений, их классификация, составление стратиграфических схем и пр.), на что обычно обращается внимание в первую очередь, но и мировоззренческого ранга – расшифровка естественной этапности геологического развития Земли, тренда и последовательности геологических событий разного масштаба. Это напрямую вытекает из традиционного подхода к стратиграфии российских геологов, особенно ярко нашедшего воплощение в учении о “былых биосферах”.

Заседание МКС в г. Урбино является знаменательным, ибо наметилась новая генеральная линия в работе МКС – линия, безусловно прогрессивная. Она направлена на расшифровку истории нашей планеты и понимание роли различных геологических процессов в ней. Она стала более, чем раньше, отражать сущность стратиграфии, как части исторической геологии.

МКС одновременно решила закончить к 2008 г. ревизию Глобальной стратиграфической шкалы с определением всех ярусных границ (т.е. всех “золотых гвоздей”) и их датировок.

13. Задачи стратиграфических исследований в начале XXI века

13.1. Учитывая перечисленные итоги, с которыми стратиграфия подошла к рубежу XX и XXI столетий, можно попытаться определить ее приоритетные задачи на будущее, отражающие тенденции ее развития. Пожалуй, среди них четыре задачи являются основными.

Первая основная задача – *создание стратиграфических шкал нового поколения* – более детальных и обоснованных (для фанерозоя – не только ярусных, но и зональных и инфразональных), на базе комплексного использования разных методов. Это предполагает, во-первых, совершенствование прежде всего региональной стратиграфии, а, во-вторых, выработку научной основы корреляционных построений. Все это вместе фактически должно быть направлено на создание базы детального расчленения и сопоставления разнофациальных толщ разных областей, поясов и палеопровинций океанов, континентов и переходных зон – с выявлением реперов регионального и субглобального масштабов (событийная стратиграфия) и построением системы стратиграфически сменяющихся маркёров СССР [Гладенков, 1995]. Детализация стратиграфических шкал не является при этом формальным актом выделения более мелких, чем было раньше, стратонев. Она отражает *новый качественный уровень* стратиграфии и повышения общегеологической *культуры* проведения стратиграфических работ, которая предусматривает в качестве обязательного требования – грамотное и осознанное использование всего комплекса различных методов, знание их достоинств и недостатков.

Для докембрия остается задача построения шкалы, которая, ассимилировав региональные схемы, могла бы стать общепринятой. Но это, видимо, потребует внедрения каких-то новых методов и подходов. Пока они, к сожалению, остаются необозначенными. Задача для квартала – это окончательное оформление международного варианта шкалы с разработанной иерархией и номенклатурой, которая пока остается дискуссионной.

Для фанерозоя – первостепенной задачей МКС может быть определена разработка глобальной хроностратиграфической шкалы с подразделениями на уровне их ярусов и зон. Предполагается, что эта шкала будет также использоваться для калибровки региональных ярусов и расшифровки детальной истории Земли.

13.2. Вторая основная задача – это разработка *теоретических и практических основ* *дробного расчленения* древних толщ, без чего не может быть решена первая задача. Она предусматривает, с одной стороны, углубление теории стратиграфии и совершенствование системы стратиграфической классификации и номенклатуры. С другой – отработку методов и приемов стратиграфического расчленения и широких ультраточных корреляций, как и – что очень важно – определение разрешающей способности каждого метода и его корреляционных возможностей (палеонтологический, палеомагнитный, циклический, палеоклиматический, сейсмо-стратиграфический, количественный, изотопный и другие методы).

Пока что не всегда осознается, что стратиграфы работают в рамках геолого-исторической концепции, которая является основополагающей и среди других концепций, в том числе и хроностратиграфической.

Отдельно следует сказать о состоянии дела со стратиграфической классификацией. В строгом смысле стратиграфия еще не до конца решила проблему классификации своих объектов. Конечно, мы привыкли к имеющимся традиционным классификациям стратиграфических подразделений. Например, последние в некоторых кодексах делятся на три категории по масштабу своего распространения (общие, региональные, местные). Имеются также группы специальных подразделений, выделяемых с помощью отдельных методов (лито-, био-, климато-, магнито-, сеймо-стратиграфические). Однако пока ни один стратиграфический кодекс не предложил классификации подразделений МСШ, которая бы

обозначила критерии равноценности одноранговых (например, систем, отделов и ярусов), но разновозрастных подразделений. Некоторые операции, которые сопровождают современные исследования (выделение стратиграфических категорий по отдельным признакам, создание их таксономических иерархий и пр.), не могут заменить главного, что составляет *ядро классификации – распределение стратиграфических объектов по всей колонке МСШ по классам в соответствии с мерой их тождества и различия по выбранному общему основанию*. Еще не всегда осознается, что МСШ, по существу, представляет собой гетерогенную в различных ее частях модель истории (=биографии) биосферы. И совершенствование этой шкалы в той или иной форме станет в связи с разработкой стратиграфической классификации специальной задачей. Впрочем, ряд исследователей считают, что многие связанные с ней проблемы относятся к процедуре не классификации, а реконструкции.

Конечно, наряду с этим в будущем предстоит решать и другие вопросы, связанные с методикой и принципами выделения стратонов разного ранга (местные, региональные, общие шкалы), обоснованием их реальных границ (их надежность и удобство), корректностью корреляций стратонов разных регионов, возможностью объективного контроля над этими операциями и пр. И это прямо коррелируется с использованием системного анализа. Например, проблема стратиграфических корреляций в значительной мере зависит от того, сумеем ли мы определять в разных экосистемах следы одних и тех же геологических событий.

13.3. Возвращаясь к методам стратиграфии, следует сказать, что до сего времени остается нерешенным ряд задач, касающихся теоретического обоснования многих ныне модных методов и приемов. Это относится, например, к модной сейчас секвентной стратиграфии (не случайно сейчас созданы рабочие группы по этим проблемам в рамках международных программ). В этой связи вспоминаются событийная и экостратиграфия (к сожалению, эти модные термины часто “забалтываются” и искажаются, в связи с чем происходит их инфляция).

Например, сейчас к месту и не к месту используется термин “событийная” стратиграфия. И многие не расшифровывают, в каком смысле он используется. Между тем, этот термин, как уже указывалось, был введен Д. Эйджером [Ager, 1973] для корреляции мелкомасштабных (по времени) геологических событий. Эти события зафиксированы, в частности, в бентонитовых слоях, ленточных глинах и пр. Термин “событие” используется обычно для обозначения дискретных явлений или стадий того или иного прерывистого процесса. В свое время, как тоже сообщалось выше, П. Гретнер предложил, чтобы продолжительность самого события рассматривалась как $1/_{100}$ продолжительности рассматриваемого промежутка времени. Помимо вре-

менного масштаба, каждое событие имеет определенный пространственный масштаб. И хотя нельзя утверждать, что существует прямая связь между длительностью и масштабом событий, тем не менее, можно предположить, что в ряде случаев субглобальные явления могут быть более продолжительными по сравнению с местными. Для стратиграфии особенно важны следы (протоколы) легко узнаваемых, уникальных событий. Хотя, как указывалось выше, в различных экосистемах каждое событие может отразиться по-разному.

Хотелось бы обратить внимание еще на одно важное обстоятельство. Весьма часто забывается, что не все методы дают информацию о геологическом времени. Самую важную информацию предоставляет изучение линейно однонаправленных, необратимых процессов, которые исследуются фактически двумя методами. Это изотопный метод, основанный на радиоактивном распаде атомов (нет нужды объяснять, что этот метод не является “абсолютным”, как часто принималось раньше) и палеонтологический метод, базирующийся на развитии органического мира. Именно с их помощью, несмотря на большие погрешности первого и относительность временных датировок второго, и создается тот самый каркас геохронологической шкалы и намечаются те самые временные уровни, которые используются теоретической практикой. Сейчас в этом же направлении начинает применяться также астростратиграфический метод (для молодых толщ). Другие методы (лито-, сейсмо-, магнито-, цикло-, климатостратиграфические), весьма важные часто для местной стратиграфии и корреляций, обеспечивая их различными реперами, играют реальную роль в этом отношении только тогда, когда эти реперы прикреплены к действительно временной шкале.

Кстати, концепция геологического времени в целом тоже нуждается в специальной разработке (относительное и абсолютное время и пр.).

13.4. Третья основная задача стратиграфических исследований будущего – это решение *одной из главных проблем всей геологии – определение естественной периодизации истории Земли или ее частей*. Речь идет о выявлении тренда и основных этапов формирования и развития стратисферы и биосферы (“былых биосфер”) и ее главных блоков – океанов и континентов. Это предусматривает расшифровку особенностей биосферных ритмов, стадийности развития разного рода экосистем и следов экосистемных перестроек. В этот блок исследований включаются также восстановление палеогеографических условий и характера их смены во времени и пространстве, установление периодов эвстатических колебаний, трансгрессивных и регрессивных фаз, эпох аноксических явлений и климатических флуктуаций. Все это в целом открывает дорогу к освещению такой важной проблемы, как определение зависимости развития биосферы от земных и внеземных факторов.

13.5. Следует обратить внимание на то, что стратиграфическая практика может в ряде случаев использовать шкалы, которые эмпирически на хронологической основе составлены по проявлению в истории Земли какого-либо отдельного явления. Например, по смене теплого и холодного климата (климатическая кривая), колебаниям уровня Мирового океана (эвстатическая кривая), изменению магнитного поля (палеомагнитная шкала), циклической смене астрономических – орбитальных событий (кривая орбитальных циклов) и т.п. Если все эти кривые строились на хорошей стратиграфической основе, они могут играть роль специальных, как бы параллельных хроностратиграфических шкал: на них можно найти точное место того или иного события (конкретного потепления, понижения уровня моря и т.п.) и таким образом выявить определенный стратиграфический уровень. Правда, следует помнить, что эти шкалы являются как бы “вторичными”: они создаются на готовой основе стратиграфической шкалы и должны постоянно поправляться и сверяться с СШ. К сожалению, их авторы и часть геологов часто забывают об этом и начинают рассматривать эти “параллельные” шкалы чуть ли не как основные. Конечно, нельзя не признать, что в ряде случаев они действительно вносят много полезного в стратиграфические построения, если применяются не формально и с хорошей привязкой к СШ, однако характер коррелируемости био-, лито-, магнито-, климато-эвстатико-, астрономических и прочих событий нуждается еще в глубоком изучении.

Экстраполяция этих данных играет важную роль в прогнозировании природных обстановок будущих столетий. Важное значение в выявлении естествен-

ной периодизации Земли принадлежит, естественно, датированию геологических событий, отразившихся в глобальных или региональных стратонах. Без информации по временной оценке тех или иных событий рассчитывать на расшифровку этапов и периодов развития Земли вряд ли возможно.

13.6. Четвертая основная задача одной из тенденций развития стратиграфии будущего является *использование стратиграфических данных для выявления определенных временных уровней скопления полезных ископаемых* (в частности, нефти, газа, угля, фосфоритов и пр.). Эта четвертая основная задача исследований представляется для последующих поколений чрезвычайно важной, ибо от ее решения зависит будущее многих стран.

13.7. В новом столетии, безусловно, продолжатся также работы по унификации стратиграфической терминологии и номенклатуры в связи с широким развертыванием геологических работ, которые приобретают часто международный характер. Международное сотрудничество в области стратиграфии, видимо, будет одной из устойчивых тенденций будущего.

Исключительные размеры территории России, охватывающей большие части Евразийского континента и периферические сегменты Северного Ледовитого и Тихого океанов, позволяют решать на отечественных материалах подавляющее число стратиграфических проблем как региональной, так и глобальной значимости. Глубокие научные традиции и значительный потенциал отечественной стратиграфии позволяют надеяться на ее активное участие в этих исследованиях в XXI в.

14. Что ожидает стратиграфию?

Биосферная стратиграфия

14.1. Геология последних десятилетий достигла громадных успехов. Однако до сих пор теоретическая геология представляется не до конца построенным зданием, фасад которого еще закрыт строительными лесами, ибо общая теория развивающейся Земли фактически отсутствует.

Статус науки геология приобрела лишь тогда, когда возникла стратиграфия с ее концепцией геостратиграфии. Поэтому все наработки современной стратиграфии с ее результатами в области палеонтологии, палеобиогеографии и палеоклиматологии, магнито- цикло- и других разделов стратиграфии являются сейчас особенно актуальными для геологической науки в целом.

Вместе с тем, следует признать, что для теоретической стратиграфии, как заметил С.В. Мейен (1989), свойственна определенная "неразвитость". Это касается как принципов классификации стратиграфических подразделений, так и общих концепций стратиграфического исследования. Создается впечатление, что многие стратиграфы ограничивают свою деятельность сугубо практической стратиграфией (например, расчленением разрезов на основе изучения отдельных таксонов и др.) и мало задумываются над общими проблемами стратиграфии. Справедливости ради следует признать, что в последние годы положение стало постепенно меняться. В частности, в последние 20 лет интенсивное развитие получили исследования, которые объединены понятием "экостратиграфия". И хотя оно трактуется далеко неоднозначно, процесс нарастания экологизации всех наук о Земле стал уже достаточно заметным, а в стратиграфии серьезному анализу палеоэкосистем в их историческом развитии посвящен большой блок значительных работ. Выше уже говорилось, что мы осознанно или интуитивно все чаще обращаемся к *стратиграфии экосистем*.

14.2. В России это направление встретило особенное понимание в связи с распространением среди российских геологов давних идей В.И. Вернадского о биосфере и "былых биосферах". Пред-

ставление В.И. Вернадского о непрерывности биосферного процесса на Земле в течение всего времени ее развития уже стало основой широкомасштабного экосистемного анализа стратисферы, включая этапность ее формирования и критические рубежи в ее истории. Важно подчеркнуть, что этот анализ охватывает различные по масштабу объекты – от элементарных бассейнов (бассейновая стратиграфия) до былых биосфер в целом. Другими словами, это направление исследований имеет не какой-то умозрительный характер, а и практический смысл, ибо затрагивает стратиграфию отдельных регионов или их частей. И постепенно такого типа экостратиграфия стала приобретать основу логической и методической стабильности, цементирующей этот раздел науки.

Хотя идеи В.И. Вернадского известны за рубежом меньше, чем в России (правда, переводы его "Биосферы" уже осуществлены во Франции, США и других странах), общий ход развития науки приводит сейчас большинство стратиграфов к более или менее сходным мыслям при выборе будущих направлений стратиграфии – о необходимости пристального изучения истории сменявшихся во времени процессов и явлений, отразившихся в стратиграфических схемах и шкалах. Но участвуя в исследованиях такого рода, стратиграфы будут вынуждены не ограничиваться только фиксацией следов тех или иных событий в конкретных разрезах, а обращаться и к их объяснению, и к поискам закономерностей их проявления. В свою очередь, это заставит геологов глубже задуматься как о внутренней, так и космической организованности биосферы и особенностях ее развития во времени.

14.3. Предложенный недавно термин "динамическая стратиграфия" [Hallam, 1981] кажется очень удачным, если под этим понимать то направление исследований, предметом изучения которого являются в конце концов геологические и биологические явления и события прошлого. С помощью именно такого "динамического" направления стра-

тиграфия в будущем укрепит свое важное место в ряду основных наук о Земле, т.е. то место, которое, как представляется некоторым геологам, в последние десятилетия стало утрачиваться.

В этой связи специальное внимание будет все больше уделяться построению, с одной стороны, реальных календарей геологических событий (региональных и субглобальных), а с другой – палеогеографических и биогеографических карт, которые могут рассматриваться как выражение “пространственной стратиграфии”.

Но, возможно, чтобы специально подчеркнуть характер и определенную направленность стратиграфического процесса современности, следует назвать стратиграфию 21-го столетия **“биосферной стратиграфией”** (или стратиграфией прошлых биосфер). В принципе динамическую стратиграфию можно рассматривать, как часть биосферной.

Биосферная стратиграфия – это стратиграфия ископаемых биосфер (“былых биосфер”, по В.И. Вернадскому) или состояний биосфер прошлого. А так как биосфера как сложная и самоорганизующаяся система состоит из отдельных блоков – экосистем, то в региональном масштабе стратиграфия может считаться стратиграфией палеоэкосистем.

В течение 4 млн лет биосфера Земли поступательно развивалась. Ее эволюцией движут потоки энергии, вещества и информации, которые направляются и регулируются всей системой организованности биосферы. Наиболее фундаментальный аспект эволюции – это эволюция биосферы как *целого*, ее глобальной организованности.

Сейчас существуют разные подходы к поискам особенностей развития биосферы и причин, влияющих на это развитие. Пока еще нет какой-либо общей схемы, раскрывающей характер взаимодействия внешних и внутренних факторов, а также долю их влияния в эволюционных процессах.

Однако совершенно ясно, что эпохи и фазы эволюции биосферы отражают в прямом или косвенном виде стадийность развития живого вещества и различных геосфер Земли с возмодным космическим влиянием на них. Фактически биосфера представляется самым чутким фиксатором природных процессов и явлений, имевших место в истории Земли. Поэтому “былые биосферы”, взятые в последовательности (смена состояний биосферы, проявление биосферной ритмичности), собственно и создают основу, на которой строятся стратиграфические шкалы.

14.4. В конце хочется еще раз подчеркнуть, что в круг задач стратиграфии входят самые крупные проблемы общей геологии. Это, во-первых, *естественная периодизация геологической истории Земли* (без стратиграфии эта задача в принципе

нерешима). А во-вторых, это *геологическое картирование*, которое – как бы не менялись методы его проведения – не может осуществляться без стратиграфии. Две эти проблемы, наверное, относятся к разряду “вечных”. Поэтому и стратиграфия всегда будет востребованной наукой. Просто она станет более “культурной”, более методически обеспеченной, более детальной, более геологически информативной, а следовательно, и более интересной. Можно предвидеть, что для занятия стратиграфией будут требоваться более углубленные, чем сейчас, геологические и биологические знания: более дробные и корректные собирающиеся для изучения материалы; более надежные методы и приемы стратиграфического анализа, и конечно, более четкое понимание мировоззренческих проблем стратиграфии, без чего заниматься ею вообще не имеет смысла.

Стратиграфические схемы и шкалы будущего должны стать более детальными и более достоверными, чем сейчас. Они должны отразить все основные этапы развития биосферы и отдельных экосистем прошлого. На рис. 29 приведена Стандартная стратиграфическая шкала (состояние на 2003 г.).

Она отражает прежде всего ярусное расчленение фанерозоя. Но сейчас делаются попытки нащупать новые пути расчленения и докембрия, в частности, с учетом биотических событий прошлого. На рис. 30 в качестве иллюстрации сказанного отражен ряд таких событий. Большинство из них выявлено и датировано в последние 10-15 лет.

Что касается верхней части МСШ - четвертичной системы, то общепринятая шкала здесь пока отсутствует. В табл. 11 приведены макеты сопоставления подразделений квартара, использующиеся в России, с одной стороны, а с другой - рекомендованных Международной комиссией по стратиграфии.

В течение многих лет XX столетия стратиграфия относилась к одному из самых “аристократических” разделов геологии. Хочется думать, что она не потеряет своего значения и в будущем. Тем более, если она сможет заниматься не только расшифровкой геологического прошлого Земли, но и прогнозом природных обстановок будущего; если к тому же за ней сохранится та громадная роль, которую она играла и играет в поисках важных для человечества полезных ископаемых (прежде всего нефти, газа, угля, фосфоритов и др.).

14.5. Подводя итог изложенному, можно сказать, что стратиграфию в XXI в. ждет плодотворное будущее, а стратиграфов – большая и интересная работа. Этот раздел исторической геологии *всегда будет востребован фундаментальной наукой*.

В новом подходе к истории Земли стратиграфия всегда будет играть роль партитуры.

EONOTHEM EON	ERATHEM ERA	SYSTEM PERIOD	SERIES EPOCH	STAGE AGE	AGE SEPM Spec. Vol. #54 (1995) Ma +/-		STAGE NOTATION	SERIES NOTATION	SYSTEM NOTATION	
PHANEROZOIC PH	CENOZOIC CZ	Quaternary	HOLOCENE		0.01			Q ₂	Q	
			PLEISTOCENE				Q ₁			
		NEOGENE	PLIOCENE	Calabrian	1.81	GSSP	n ₉	N ₂	N	
				Gelasian	2.58	GSSP	n ₈			
				Piacenzian	3.60	GSSP	n ₇			
			MIOCENE	Zanclean	5.32	GSSP	n ₇	N ₁		
				Messinian	7.12	GSSP	n ₆			
				Tortonian	11.2		n ₅			
				Serravallian	14.8		n ₄			
				Langhian	16.4		n ₃			
				Burdigalian	20.5		n ₂			
				Aquitanian	23.8	GSSP	n ₁			
		PALEOGENE	OLIGOCENE	Chattian	28.5	GSSP	e ₉	E ₃		E
				Rupelian	33.7	GSSP	e ₈			
			EOCENE	Priabonian	37.0		e ₇	E ₂		
				Bartonian	41.3		e ₆			
				Lutetian	49.0		e ₅			
				Ypresian	55.0		e ₄			
				Thanetian	57.9		e ₃			
			PALEOCENE	Selandian	61.0		e ₂	E ₁		
				Danian	65.5	GSSP	e ₁			
	MESOZOIC MZ			CRETACEOUS	UPPER/LATE	Maastrichtian	71.3		GSSP	
		Campanian	83.5			GSSP	k ₅			
		Santonian	85.8				k ₄			
		Coniacian	89.0				k ₃			
		Turonian	93.5				k ₂			
		Cenomanian	98.9			GSSP	k ₁			
		LOWER/EARLY	Albian		112.2		b ₆	K ₁		
			Aptian		121.0		b ₅			
			Barremian		127.0		b ₄			
			Hauterivian		132.0		b ₃			
		JURASSIC	UPPER/LATE	Valanginian	136.5		b ₂	J ₃	J	
				Berriasian	142.0		b ₁			
				Titthonian	150.7		j ₇			
			MIDDLE	Kimmeridgian	154.1		j ₆	J ₂		
				Oxfordian	159.4		j ₅			
				Callovian	164.4		j ₄			
				Bathonian	169.2		j ₃			
			LOWER/EARLY	Bajocian	176.5	GSSP	j ₂	J ₁		
				Aalenian	180.1	GSSP	j ₁			
				Toarcian	189.6		i ₄			
				Pliensbachian	195.3		i ₃			
	TRIAS	UPPER/LATE	Sinemurian	201.9	GSSP	i ₂	T ₃	T		
			Hettangian	205.1		i ₁				
			Rhaetian	209.6		t ₇				
		MIDDLE	Norian	220.7		t ₆	T ₂			
			Carnian	227.4		t ₅				
		LOWER/EARLY	Ladinian	234.3		t ₄	T ₁			
			Anisian	241.7		t ₃				
			Olenekian	244.8		t ₂				
			Induan	250	GSSP	t ₁				

Рис. 29. Стандартная глобальная хроностратиграфическая шкала [International..., 1999], с добавлениями
А – кайнозой и мезозой; В – палеозой; С – докембрий

EONOTHEM EON		ERATHEM ERA		SYSTEM PERIOD		SERIES EPOCH		STAGE AGE		AGE Ma Subcommissions +/- or other sources		STAGE NOTATION		SERIES NOTATION		SYSTEM NOTATION	
PHANEROZOIC PH		PALEOZOIC PZ		PERMIAN	LOPINGIAN	Changhsingian	251.4	3.6		p9	P ₃	P					
						Wuchiapingian	253.4			p8							
					GUADALUPIAN	Capitanian	265	GSSP	p7	P ₂							
						Wordian		GSSP	p6								
						Roadian		GSSP	p5								
									p4								
					CISURALIAN	Kungurian			p3	P ₁							
						Artinskian	283		p2								
						Sakmarian			p1								
						Asselian											
					PENNSYLVANIAN	Gzhelian	292	GSSP	c7	C ₂	C						
						Kazimovian			c6								
						Moscovian			c5								
						Bashkirian			c4								
					MISSISSIPPIAN	Serpukhovian	320	GSSP	c3	C ₁							
						Visean	327		c2								
						Tournaisian	342	3.6	c1								
							354	4	GSSP			d7	D ₃	D			
				UPPER/LATE	Famennian	364	GSSP	d6									
					Frasnian	370	GSSP	d5	D ₂								
				MIDDLE	Givetian	380	GSSP	d4									
					Eifelian	391	GSSP	d3	D ₁								
				LOWER/EARLY	Emasian	400	GSSP	d2									
					Pragian	412	GSSP	d1									
					Lochkovian	417	GSSP										
				SILURIAN	PRIDOLI		419	GSSP	s8	S ₄	S						
					LUDLOW	Ludfordian		GSSP	s7	S ₃							
						Gorstian	423	GSSP	s6								
					WENLOCK	Homerian		GSSP	s4	S ₂							
						Sheinwoodian	428	GSSP	s5								
					LLANDOVERY	Telychian		GSSP	s3	S ₁							
						Aeronian		GSSP	s2								
						Rhuddanian	440	GSSP	s1								
				ORDOVICIAN	UPPER/LATE	"sixth stage"				O ₃	O						
						"fifth stage"											
					MIDDLE	Dartmuthian	467.5	3	GSSP			O ₂					
						"third stage"											
				CAMBRIAN	FURONGIAN	"second stage"				O ₁	e						
						Tommotian											
					Faibian	495	GSSP		E ₃								
					MIDDLE	500	GSSP		E ₂								
LOWER/EARLY		520	GSSP		E ₁												
		545	GSSP														

Рис. 29. Продолжение

PRECAMBRIAN PC -	EONOTHEM EON	ERATHEM ERA	SYSTEM PERIOD	AGE (Defines these Eras and Periods)	NOTATION SYSTEM	NOTATION ERA
	PROTEROZOIC PR	NEOPROTEROZOIC	NEOPROTEROZOIC III	540		NP ₃
			CRYOGENIAN	650		NP ₂
			TONIAN	850		NP ₁
			STENIAN	1000		MP ₃
		MESOPROTEROZOIC	ECTASIAN	1200		MP ₂
			CALYMMIAN	1400		MP ₁
			STATHERIAN	1600		PP ₄
			OROSIRIAN	1800		PP ₃
			RHYACIAN	2050		PP ₂
			SIDERIAN	2300		PP ₁
				2500		
	ARCHEAN AR	NEOARCHEAN	No subdivision into periods	2800		NA
		MESOARCHEAN				MA
		PALEOARCHEAN		3200		PA
		EOARCHEAN		3600		EA

Рис. 29. Окончание

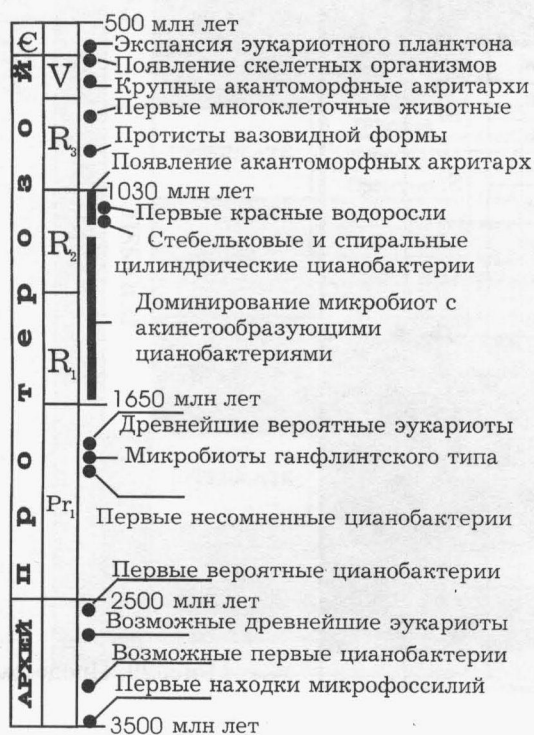


Рис. 30. Геохронологическое распределение в докембрии важнейших палеонтологически документированных эволюционных событий [Сергеев и др., 2002]

Таблица 11. Сопоставление номенклатурных подразделений четвертичной системы, принятых Межведомственным стратиграфическим комитетом России, и подразделений четвертичной системы, рекомендованных Комиссией по стратиграфии Международного союза геологических наук [Алексеев и др., 1997]

Схема МСК России, 1995						Схема МСГН [Cowie, Bassett, 1989]				
Система	Отдел	Подотдел	Звено	Степень	Основные хронологич. рубежи, млн лет	Система	Отдел	Ярус	Млн лет	Магнито-стратиграфия
Четвертичная	Голоцен					Четвертичная	Голоцен			Брюнес (магнитохрон 1)
	Плейстоцен	Неоплейстоцен	Верхний	четвертая			Плейстоцен	Верхний		
				третья						
				вторая						
				первая						
			Средний					Средний		
				Нижний						
		Эоплейстоцен	Верхний					Нижний		
			Нижний							
	Неоген	Плиоцен	Верхний					Матуяма (магнитохрон 2)		
					Гаусс (3)					

Summary

The book considers modern problems of theory and practice of stratigraphy, which is one of the most significant branches of geology. The book presents a unique insight into the stratigraphical problems of the last decades. It consists of 14 chapters devoted to different aspects of stratigraphic investigations. The first chapters show that the modern stratigraphy remaining the classic one involves both the results of its development and new ideas and approaches, which appeared as back as 25 years ago. The general stratigraphic trends and paradigms at the turn of the century are characterized. Different methods (more than 15 methods including paleontological, paleomagnetic, isotopic and others) are considered and their significance for regional and subglobal stratigraphic investigations is estimated. Analysis is made of different stratigraphic subdivisions and national stratigraphic codes and guides. Various aspects of zonal stratigraphy and its significance for refining the stratigraphic scales are considered with outlining perspectives of infrazonal stratigraphic scales of new generation.

A special chapter considers stratigraphy as a constituent part of historical geology and shows that stratigraphic subdivisions reflect natural stages in the biosphere and paleoecosystem development. This is substantiated by numerous facts to facilitate understanding different aspects of the biotic evolution in the context of general trends of the "past biospheres" development and complicated biota-environment relationships.

The author summarized the experience of stratigraphic and paleoecosystem investigations in eastern

Russian (Kamchatka, Sakhalin), i.e., in the active transitional ocean-continent zones, where he has worked for more than 40 years. On the base of concrete materials, he demonstrates the application of theoretical and methodological approaches and important and diverse geological inferences, which were made from these investigations. The peculiar "encyclopedia" of the East Russia Cenozoic stratigraphy is a great contribution to the Russian geology and has an advantage over analogous foreign works in scope of the problems studied and results of their solution.

The last chapters discuss central problems of stratigraphic studies of the early century and show that the modern stratigraphy becomes to larger extent a stratigraphy of ecosystems. According to the character and tendencies of the modern stratigraphy, the author proposes the stratigraphy of XXI century to be called "biosphere stratigraphy" (or "stratigraphy of past biospheres"). Main goals of the next decades will be more refined stratigraphy and reconstruction of geological events and processes. Stratigraphy claiming the geological development is the essential fundamental science because it provides the solution of one of the basic problems of geology – natural subdivision of the Earth history.

The book is intended to stratigraphers and geologists. It may be useful both for students, young geologists, and teachers of the high school and for geologists involved in geological mapping, drilling, search for mineral resources. It is also addressed to all those studying general problems of the Earth and biosphere evolution.

Литература

- Аксенов Г.П. Причина времени. М., Эдиториал УРСС. 2001. 300 с.
- Алексеев А.С. Массовые вымирания и их место в развитии биосферы // Осадочная оболочка Земли в пространстве и времени. М.: Наука, 1989. С. 27–34.
- Алексеев М.Н., Борисов Б.А., Величко А.А. и др. Об общей стратиграфической шкале четвертичной системы // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1997. Т. 5, № 5. С. 105–108.
- Афанасьев С.А. Геологическое время, циклиты разных типов и классов // Экосистемы в стратиграфии. Владивосток: БПИ ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 57–87.
- Баренбаум А.А., Гладенков Ю.Б., Ясаманов Н.А. Геохронологические шкалы и астрономическое время (современное состояние проблемы) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2002. Т. 10, № 2. С. 3–14.
- Берг Л.С. Номогенез или эволюция на основе закономерностей // Тр. Геогр. ин-та. Т. 1. Пг: ГИЗ, 1922. 102 с.
- Будыко М.И. Эволюция биосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 487 с.
- Валлизер О. Глобальные события и эволюция // Палеонтология. М.: Наука, 1984. С. 67–71. (27-й МГК. Секция С.02. Доклады).
- Вассоевич Н.Б. Флиш и методика его изучения. Л.: Гос-топтехиздат, 1948. 216 с.
- Вассоевич Н.Б. Уточнение понятий и терминов, связанных с осадочными циклами, стадийностью литогенеза и нефтеобразованием // Основные теоретические вопросы цикличности седиментогенеза. М.: Наука, 1977. С. 34–58.
- Вернадский В.И. Биосфера. Л.: Гостехиздат, 1926. 170 с.
- Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. 520 с.
- Виноградов В.И. Абсолютное летосчисление в стратиграфии // Пути детализации стратиграфических схем и палеогеографических реконструкций. М.: ГЕОС, 2001. С. 241–257.
- Владимир Васильевич Меннер. М.: ГИН РАН, 1995. 61 с.
- Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии // Прогресс, традиция, АВФ. М., 1999. 639 с.
- Геккер Р.Ф. Введение в палеоэкологию. М.: Госгеолтехиздат, 1957. 125 с.
- Гладенков Ю.Б. Стратиграфия морского неогена северной части Тихоокеанского пояса. М.: Наука, 1988. 210 с.
- Гладенков Ю.Б. Современные проблемы зональной стратиграфии // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991. № 10. С. 3–8.
- Гладенков Ю.Б. Зоны перехода от океана к континентам: опыт стратиграфических и палеоэкосистемных исследований // Изв. РАН. Сер. геол. 1992. № 9. С. 11–34.
- Гладенков Ю.Б. Практика выделения дробных стратиграфических подразделений в камчатском неогене // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1994. Т. 2, № 2. С. 26–34.
- Гладенков Ю.Б. Перспективы инфразонального (микро-стратиграфического) расчленения осадочных толщ // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1995. Т. 3, № 4. С. 3–15.
- Гладенков Ю.Б. Кайнозой Сахалина – современные стратиграфические схемы и корреляция геологических событий // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2001. Т. 9, № 2. С. 77–91.
- Гладенков Ю.Б., Шанцер А.Е. Геологические события палеогена Камчатки // Стратиграфия. Геол. Корреляция. 1993. Т. 1, № 1. С. 97–108.
- Гладенков Ю.Б., Шлезингер А.Е. Сейсмостратиграфический метод и секвентная стратиграфия в совершенствовании стратиграфических схем // Пути детализации стратиграфических схем и палеогеографических реконструкций. М.: ГЕОС, 2001. с. 258–270.
- Голиков А.Н., Скарлато О.А. Моллюски залива Посьет (Японское море) и их экология // Моллюски, их роль в биоценозах и формировании фаун. Л.: Наука, 1967. С. 5–154.
- Гретнер П.И. Размышления о “редком событии” и связанных с ним представлениях в геологии // Катастрофы и история Земли: Новый униформизм. М.: Мир, 1986. С. 89–100.
- Гурьянова Е.Ф. Закономерности распределения современной морской фауны и принцип районирования Мирового океана // Вопросы палеобиогеографии и биостратиграфии. М.: Госгеолтехиздат, 1957. С. 15–24.
- Давиташвили Л.Ш. Причины вымирания организмов. М.: Наука, 1969. 440 с.
- Добрецов Н.Л. Геологические факторы глобальных изменений: Значение катастроф и периодичность процессов // Геология и геофизика. 1994. Т. 35; № 3. С. 3–19.
- Дополнения к Стратиграфическому кодексу России. СПб: ВСЕГЕИ, 2000. 111 с.
- Жамойда А.И., Ковалевский О.П., Моисеева А.И. Стратиграфические кодексы. Теория и практическое использование. СПб: ВСЕГЕИ, 1996. 143 с.
- Жемчужников Ю.А. Курс палеофлористики. Л.; М., 1934. 103 с.
- Жижченко Б.П. Принципы стратиграфии и унифицированная схема деления кайнозойских отложений. М.: Гос-топтехиздат, 1948. 312 с.
- Захаров В.А., Мелетина С.В., Шурыгин Б.Н. Палеобиохронн юрских бореальных бассейнов // Геология и геофизика. 2003. Т. 44, № 7. С. 664–675.

- Зенкевич Л.А. О задачах, объекте и методе морской биогеографии // Зоол. журн. 1947. Т. 26, вып. 3. С. 5–26.
- Зубаков В.А. Ритмостратиграфические подразделения. Л.: ВСЕГЕИ, 1978. 71 с.
- Калишевич Т.Г., Заклинская Е.Д., Серова М.Я. Развитие органического мира Тихоокеанского пояса на рубеже мезозоя и кайнозоя. М.: Наука, 1981. 463 с.
- Количественная стратиграфическая корреляция / Под ред. Д. Кубитта, Р. Реймента. М.: Мир, 1985. 376 с.
- Красилов В.А. Эволюция и биостратиграфия. М.: Наука, 1977. 256 с.
- Красилов В.А. Дискуссионные проблемы классификации и номенклатуры в экостратиграфии // Экосистемы в стратиграфии. Владивосток, 1980. С. 3–15.
- Красилов В.А. Модель биосферных кризисов // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. Вып. 4. М.: ПИН РАН, 2001. С. 9–16.
- Леонов Г.П. Основы стратиграфии. М.: Изд-во МГУ, 1972. Т. 1. 530 с.; 1974. Т. 2. 486 с.
- Макридин В.Л., Мейен С.В. Палеогеографические исследования // Современная палеонтология. Т. 2. М.: Недра, 1988. С. 5–30.
- Маракушев А.А. Происхождение и эволюция Земли и других планет Солнечной системы. М.: Наука, 1992. 203 с.
- Международный стратиграфический справочник: Сокращенная версия. Под ред. М. Мерфи, А. Сальвадор. Пер. с англ. М.: ГЕОС, 2002. 37 с.
- Мейен С.В. Введение в теорию стратиграфии. М.: Наука, 1989. 213 с.
- Меннер В.В. Биостратиграфические основы сопоставления морских, лагунных и континентальных свит. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 373 с.
- Меннер В.В. Общая шкала стратиграфических категорий в свете последних результатов геологических работ // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1979. Т. 54, вып. 2. С. 31–48.
- Меннер В.В. Стратиграфические подразделения квартала в общей стратиграфической шкале // Исследования четвертичного периода. М.: Наука, 1986. С. 90–93. (Избр. докл. XI конгр. ИНКВА).
- Меннер В.В. Международная стратиграфическая шкала. Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 23. Л.: ВСЕГЕИ, 1987. С. 11–16.
- Меннер В.В. Избранные труды. Т. 1: Общие вопросы стратиграфии. М.: Наука, 1991. 288 с.
- Меннер В.В., Гладенков Ю.Б. К детализации стратиграфических шкал // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1986. № 11. С. 5–17.
- Милановский Е.Е. О корреляции фаз учащения инверсий геомагнитного поля, понижений уровня Мирового океана и фаз усиления деформаций сжатия земной коры в мезозое и кайнозое // Геотектоника. 1996. № 1. С. 3–11.
- Невесская Л.А. Этапы развития бентоса фанерозойских морей. М.: Наука, 1999. 503 с.
- Невесская Л.А., Курочкин Е.Н. История и состояние исследований в Палеонтологическом институте РАН (к 70-летию института) // Палеонтол. журн. 2000. № 5. С. 3–15.
- Неручев С.Г. Уран и жизнь в истории Земли. Л.: Наука, 1982. 208 с.
- Нижний палеоген Западной Камчатки / Ю.Б. Гладенков, А.Е. Шанцер, А.И. Челебаева и др. М.: ГЕОС, 1997. 366 с.
- Попов В.И., Тихомиров С.В., Макаров С.Д., Филиппов А.А. Ритмостратиграфические (циклостратиграфические) и литостратиграфические подразделения. Ташкент: Фан, 1979. 110 с.
- Практическая стратиграфия / Под ред. И.Ф. Никитина, А.И. Жамойды. Л.: Недра, 1984. 320 с.
- Пригожин И. От существующего к возникающему. М.: Прогресс, 1985. 450 с.
- Раузер-Черноусова Д.М. О зонах единых и региональных стратиграфических шкал // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1967. № 7. С. 104–118.
- Развитие и смена моллюсков на рубеже мезозоя и кайнозоя. М.: Наука, 1981. 144 с.
- Решения рабочих межведомственных региональных стратиграфических совещаний по палеогену и неогену восточных районов России – Камчатки, Корякского нагорья, Сахалина и Курильских островов. М.: ГЕОС, 1998. 146 с.
- Сарычева Т.Г., Яблоков А.В. Палеонтология и микроэволюция // Журн. общ. биологии. 1973. Т. 24, № 3. С. 348–359.
- Северцов А.Н. Общие вопросы эволюции. Т. 3. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1945. 530 с.
- Семихатов М.А., Раaben М. Е., Сергеев В.Н. и др. Биотические события и положительная изотопная аномалия карбонатного углерода 2,3–2,06 млрд лет назад // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1999. Т. 7, № 5. С. 3–27.
- Сергеев В.Н., Герасименко Л.М., Заварзин Г.А. Протерозойская история цианобактерий и их современное состояние // Микробиология. 2002. Т. 71, № 6. С. 623–637.
- Симаков К.В. К проблеме естественнонаучного определения времени. Магадан: ДВО СВНЦ РАН, 1994. 108 с.
- Симаков К.В. На пути к теоретической стратиграфии. Магадан: ДВО СВНЦ РАН, 1997. 180 с.
- Симаков К.В. Введение в теорию геологического времени. Магадан: ДВО СВНЦ РАН, 1999. 556 с.
- Скарлато О.А. Двустворчатые моллюски умеренных широт западной части Тихого океана. Л.: Наука, 1981. 479 с.
- Соколов Б.С. Экостратиграфия и экологические системы геологического прошлого // Экостратиграфия и экологические системы геологического прошлого. Л.: Наука, 1980. С. 4–12.
- Соколов Б.С. Экостратиграфия, ее место и роль в современной стратиграфии // Теория и опыт экостратиграфии. Таллинн: Валгус, 1986. С. 9–18.
- Сорокин В.С. Этапы развития северо-запада Русской платформы во франском веке // Рига: Зинатне, 1978. 282 с.
- Степанов Д.Л. Принципы и методы биостратиграфических исследований // Тр. ВНИГРИ. 1958. Вып. 113. 180 с.
- Степанов Д.Л., Месежников М.С. Общая стратиграфия (Принципы и методы стратиграфических исследований). Л.: Недра, 1979. 421 с.
- Стратиграфический кодекс. СПб: МСК, 1992. 120 с.
- Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. М.: Наука, 1977. 301 с.
- Шанцер Е.В., Краснов И.И., Никифорова К.В. Стратиграфическая классификация, терминология и принципы построения общей стратиграфической шкалы применительно к четвертичной (антропогенной) системе. (Проект). М.: ГИН АН СССР, 1973. 35 с.
- Шиманский В.Н. Историческое развитие биосферы // Эволюция и биоценоотические кризисы. М.: Наука, 1987. С. 5–45.
- Шлезингер А.Е. Региональная сейсмостратиграфия. М.: Научный мир, 1998. 143 с. (Тр. ГИН. Вып. 512).
- Шугрин С.М. Космическая организованность биосферы и ноосферы. Новосибирск: Наука, 1999. 496 с.
- Эволюция. Основы экологии. М.: Моск. ???, 1997. 103 с.
- Alvarez L.W., Alvarez W., Asaro F., Michel H.V. Extraterrestrial cause for Cretaceous-Tertiary extinction // Science. 1920. Vol. 208. P. 1095–1108.

- Ager D.V. The nature of stratigraphic record. L.: MacMillan Co., 1973. 21 p.
- Barron J., Keller G., Dunn D. A multiple microfossil biochronology for the Miocene // *Geil Am. Men.* 1985. № 163. P. 21–36.
- Barron J.A., Gladenkov A.Y. Early Miocene to Pleistocene diatom stratigraphy of Leg 145 // *Proc. ODP Sci. Results, College Station, TX (Ocean Drilling Program).* 1995. Vol. 145. P. 3–19.
- Berggren W.A., Kent D.V., Swisher III C.C. et al. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy // *Geochronology Time Scales and Global Stratigraphic Correlation. Spec. Publ. SEPM.* 1995. № 54. P. 109–212.
- Cande S.C., Kent D.V. Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic // *J. Geophys. Res.* 1995. № 100. P. 6093–6095.
- Cyclic and event stratification. Berlin.: Springer-Verlag, 1982. 502 p.
- Gladenkov A.Y., Barron J.A. Oligocene and Early Miocene diatom biostratigraphy of Hole 884 B // *Proc. ODP Sci. Results, College Station, TX (Ocean Drilling Program).* 1995. Vol. 145. P. 21–41.
- Dunbar C., Rodgers J. Principles of stratigraphy. NY: J. Wiley and Sons, 1957. 363 p.
- Explanatory note to the International stratigraphic chart. Paris: UNESCO, 2000. 16 p.
- Hallam A. Facies interpretation and the stratigraphic record. Oxford, San-Francisco: Freeman, Co, 1981. 327 p.
- Hardenbol J., Thierry J., Farley M., Jacquin T., De Graciansky P.C., Vail P. Mesozoic and Cenozoic sequence stratigraphy of European basins // *Spec. Publ. SEPM.* 1998. № 60. P. 3–13, 763–781.
- Harland W.B., Cox A.V., Llewellyn P.G., Pickton C.A., Smith A.G., Walters R. A geologic time scale. Cambridge: Univ. Press, 1982. 131 p.
- Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic // *Science.* 1987. Vol. 235. P. 1156–1167.
- International Stratigraphic Guide / Ed. H.D. Hedberg, NY: J. Wiley and Sons, 1976. 200 p.
- International Stratigraphic Guide / Ed. A. Salvador. NY: Geol. Soc. Am., 1994. 214 p.
- International Stratigraphic Guide. An abridged version / Eds. M.A. Murphy, A. Salvador // *Episodes.* 1999. Vol. 22, № 4. P. 255–271.
- Kauffman E. High-resolution event stratigraphy regional and global Cretaceous bio-events // *Global bio-events. A critical approach. Lect. Notes. Earth Sci.* 1986. Vol. 8. P. 279–335.
- Marincovich L.Jr. Central American paleogeography controlled Pliocene Arctic Ocean molluscan migrations // *Geology.* 2000. Vol. 28. P. 551–554.
- McLaren D.J., Goodfellow W.D. Geological and biological consequences of giant impacts // *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 1990. Vol. 18. P. 123–171.
- Morrow J., Schindler E., Walliser O. Phanerozoic development of selected global environmental features // *Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic.* Berlin: Springer, 1996. P. 53–62.
- Odin G.S. Phanerozoic time scale // *Bul. Liaison Inform.* Vol. 14. 1997.
- Remane J. Chronostratigraphic standards: How are they defined and when should they be changed? // *Quaternary Intern.* 1997. № 40. P. 3–4.
- Schindewolf O. Stratigraphie und Stratotypes // *Kl. Akad. Wiss. Liter.* 1970. H. 2. 134 S.
- Seismic stratigraphy. Tulsa: Am. Assoc. Petrol. Geol., 1977. Vol. 1. 375 p.
- Sepkoski J.J. A compendium of fossil marine families // *Milwaukee Mus. Publ. Contrib. to Biology and Geology.* 1982. Vol. 51. 125 p.
- Shackleton N.J., Hall M.A., Pate D. Pliocene stable isotope stratigraphy of ODP Site 846 // *Proc. ODP. Sci. Result. College Station, TX (Ocean Drilling Program).* 1998. Vol. 138. P. 138–355.
- Shackleton N.J., Opdyke N.D. Oxygen isotope and palaeomagnetic evidence for early Northern Hemisphere glaciation // *Nature.* 1977. № 270. P. 216–219.
- Steno N. The prodromus of Nicolaus Steno's dissertation concerning a solid body enclosed by process of nature within a solid. L.: MacMillan Co., 1916. 283 p.
- Sweet W. Graphic correlation of Upper-Middle and Upper Ordovician rocks North American mid-continent provinces, USA // *Paleontol. Contrib. Univ. Oslo.* 1984. № 295. P. 23–25.
- Vail P. et al. Seismic stratigraphy and global changes of sea level // *Stratigraphic interpretation of seismic data / Ed. V. Payton // Mem. Am. Petrol. Geol.* 1977. Vol. 77, № 26. P. 490–512.
- Walliser O.H. (ed.) Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 333 p.
- Wauless H.R., Weller J.M. Correlation and extent of Pennsylvanian cyclothema // *Bull. Geol. Soc. Am.* 1932. Vol. 43. P. 1003–1016.
- Zachos J., Paganl M., Sloan L., Thomas E., Billups K. Trends, rhythms and aberrations in global climate 65 Ma to Present // *Science.* 2001. Vol. 292. P. 686–693.

Содержание

Введение	5
1. Предмет и концепции стратиграфии	7
2. Становление стратиграфии и Международная стратиграфическая шкала	10
3. Общие тенденции развития стратиграфии на рубеже XX и XXI веков	12
4. Стратиграфические кодексы: стратиграфические подразделения, их классификация, иерархия и границы	16
5. Методы стратиграфии, особая роль биостратиграфии	24
6. Зональная стратиграфия и ее проблемы	40
7. Детализация стратиграфических схем	46
8. Стратиграфия как раздел исторической геологии; стратиграфические подразделения как отражение этапности развития биосферы и палеоэкосистем	59
9. Парадигмы стратиграфии	74
10. Геологическое время	77
11. Опыт стратиграфических и палеоэкосистемных исследований в активных зонах перехода от океанов к континентам	81
12. Стратиграфия на последнем в XX веке Международном геологическом конгрессе (Рио-де-Жанейро, Бразилия)	100
13. Задачи стратиграфических исследований в начале XXI века	105
14. Что ожидает стратиграфию? Биосферная стратиграфия	108
Summary	114
Литература	115

Contents

Introduction	5
1. Object and concept of stratigraphy	7
2. Development of stratigraphy and International stratigraphic scale	10
3. General stratigraphic trends at the turn of the XX century	12
4. Stratigraphic codes: stratigraphic units, their classification and boundaries	16
5. Stratigraphic methods and a particular importance of biostratigraphy	24
6. Zonal stratigraphy and its problems	40
7. Ways of refining stratigraphic schemes	46
8. Stratigraphy as a branch of historical geology; stratigraphic units as a reflections of developmental stages of the biosphere and ecosystems	59
9. Stratigraphic paradigms	74
10. Geological time	77
11. Experience of stratigraphic and paleoecosystem studies in the active transitional zones from oceans to continents	81
12. Stratigraphy at the last IGC session in the XX century (Rio de Janeiro, Brazil)	100
13. Goals of stratigraphic investigations in the early XXI century	105
14. What are future lines of stratigraphy? Biosphere stratigraphy	108
Summary	114
References	115

Научное издание

Юрий Борисович Гладенков

Биосферная стратиграфия (проблемы стратиграфии начала XXI века)

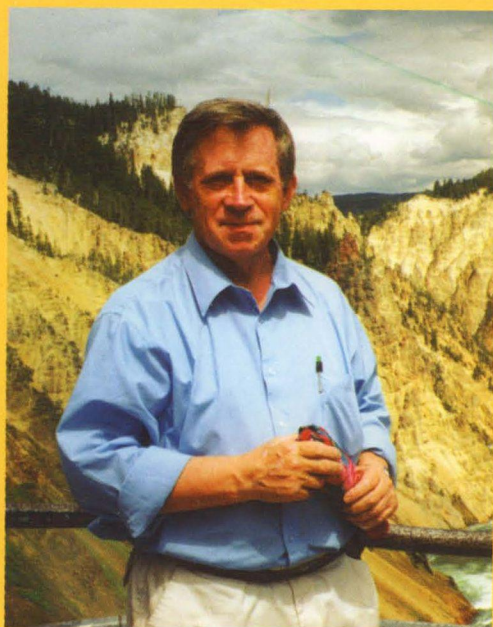
(Труды ГИН РАН, вып. 551)

Утверждено к печати
Редколлегией Геологического института РАН

Редактор *И.М. Ерофеева*
Дизайн и компьютерная верстка *Е.Ю. Ерофеевой*

Подписано к печати 20.01.2004.
Формат 60х90 1/8. Бумага офсетная № 1,80 г/м²
Гарнитура QuantAntiquaC. Печать офсетная.
Уч.-изд. 16 л. Усл.-печ. 15 л.
Тираж 300 экз.
Тип. ВТИИ. Москва. Зак. № 1016 .

Издательство ПК ГЕОС
Изд. лицензия ИД № 01613 от 19.04.2000.
125315, Москва, 1-й Амбулаторный пр., 7/3-114.
Тел./факс: (095) 152-19-14, тел. (095) 230-80-92.
Факс: (095) 951-04-43.



Гладенков Юрий Борисович

Геолог, стратиграф, палеонтолог. Окончил геологический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова в 1957 г. Пять лет работал в производственных геологических организациях в Приморье, на Чукотке и Камчатке. С 1963 г. Работает в Геологическом институте Российской академии наук (Москва). Изучает проблемы стратиграфии и геологической истории Земли, прежде всего кайнозоя. Основные районы исследований Северо-Тихоокеанская область и Арктика (Камчатка, Сахалин, Япония, Аляска, Исландия и др.). Участник 50 геологических экспедиций. Автор 250 научных публикаций.

Читает курс лекций по проблемам современной стратиграфии в МГУ. Профессор, доктор геолого-минералогических наук, академик РАЕН, заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии РАН им. В.А. Обручева.

Заведующий лабораторией. Заместитель председателя Межведомственного стратиграфического комитета России. Член ряда российских и международных стратиграфических комиссий и комитетов.

Gladenkov Yuri Borisovich

Geologist, stratigrapher, paleontologist. Graduated from the Geological Department of M.V. Lomonosov Moscow State University (MGU) in 1957. Have worked in the geological production enterprises of Primor'e, Chukotka, and Kamchatka for 5 years. Works in the Geological Institute of Russian Academy of Sciences (Moscow) since 1963. Fields of interest are the Cenozoic stratigraphy and geological history of the Earth. The main areas of investigations are the North Pacific region and the Arctic (Kamchatka, Sakhalin, Japan, Alaska, Iceland and others). Have taken part in 50 geological expeditions. Author of 250 scientific publications.

Delivers lectures on modern stratigraphic problems in Moscow University. Professor, Doctor (Geol.-Min.) Sci., Member of Russian Academy of Natural Sciences, Honored Worker of Science, Winner of V.A. Obruchev Prize of Russian Academy of Sciences.

Head of Laboratory. Vice-Chairman of Interdepartmental Stratigraphic Committee of Russia. Member of Russian and international stratigraphic commissions and committees.