ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН
УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ТРУДЫ
ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА

Ю.Б. Гладенков

# СТРАТИГРАФИЯ НАЧАЛА XXI ВЕКА

## (историко-геологическое изучение стратисферы Земли и развития биосферы)

ГЕОС

Юрий Борисович Гладенков

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
GEOLOGICAL INSTITUTE OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

Москва
ГЕОС
2023

Transactions of the Geological Institute

Founded in 1921

Vol. 634

**Yu.B. Gladenkov**

# STRATIGRAPHY OF THE EARLY XXI CENTURY (historical-geological study of the Earth's stratisphere and biospheric evolution)

Moscow
GEOS
2023

Труды Геологического института

Основаны в 1921 году

Вып. 634

**Ю.Б. Гладенков**

# СТРАТИГРАФИЯ НАЧАЛА XXI ВЕКА (историко-геологическое изучение стратисферы Земли и развития биосферы)

Москва
ГЕОС
2023

УДК 551.7
ББК 26.323

Ответственный редактор *К.Е. Дегтярев*
Редакционная коллегия:
К.Е. Дегтярев (главный редактор), Н.Б. Кузнецов (заместитель главного редактора),
Г.Н. Александрова (ответственный секретарь), Ю.О. Гаврилов, А.Б. Герман,
В.Ю. Лаврушин, Б.Г. Покровский, М.А. Рогов, С.Д. Соколов, С.Ю. Соколов,
М.И. Тучкова, М.А. Федонкин, М.Д. Хуторской, Н.П. Чамов
Рецензенты: Н.Ю. Брагин, С.В. Попов

Труды Геологического института / Геол. ин-т. — М.: Изд-во АН СССР, 1932–1964. – М.: Наука, 1964. –.– ISSN 0002-3272

Вып. № 634: **Стратиграфия начала XXI века (историко-геологическое изучение стратисферы Земли и развития биосферы).** Гладенков Ю.Б. / Отв. ред. К.Е. Дегтярев. – М.: ГЕОС, 2023. 184 с.
ISBN 978-5-89118-869-3
DOI 10.54896/00023272_2023_634_1

Книга посвящена теоретическим и практическим проблемам современной стратиграфии. В ее 19 разделах раскрываются различные стороны стратиграфических исследований, их динамика и направленность, новые идеи и подходы. В книге подчеркивается, что стратиграфия опирается прежде всего на историко-геологическую основу. Специальное место уделено мультидисциплинарному содержанию современной стратиграфии – анализу значимости более 15 стратиграфических методов и громадному прикладному значению этого раздела науки. Каждая стратиграфическая схема при этом является выводом из геологической истории. На этой базе строятся местные, региональные и глобальные стратиграфические схемы. Отмечается, что стратиграфия в XXI в. все больше становится стратиграфией экосистем, отражающей этапность развития «былых биосфер», что позволяет называть ее «биосферной». Основными задачами стратиграфии на ближайшие десятилетия будут детализация стратиграфических схем и расшифровка геологических событий. Именно на этой основе может быть решена фундаментальная проблема геологии – естественная периодизация геологической истории Земли и обеспечены потребности геологического картирования.

Для геологов, стратиграфов, палеонтологов и студентов-геологов.

Responsible editor *K.E. Degtyarev*
Editor board:
K.E. Degtyarev (Editor-in-Chief), N.B. Kusnetsov (Deputy Editor-in-Chief),
G.N. Aleksandrova (Executive Secretary), Yu.O. Gavrilov, A.B. Herman,
V.Yu. Lavrushin, B.G. Pokrovskii, M.A. Rogov, S.D. Sokolov, S.Yu. Sokolov,
M.I. Tuchkova, M.A. Fedonkin, M.D. Khutorskoy, N.P. Chamov
Reviewers: N.Yu. Bragin, S.V. Popov

Transaction of the Geological Institute / Geological Inst. – Moscow: Publishers Academy of Sciences of USSR, 1932–1964. – Moscow: Nauka, 1964. -.- ISSN 0002-3272

Vol. 634: **STRATIGRAPHY OF THE EARLY XXI CENTURY (historical-geological study of the Earth's stratisphere and biospheric evolution)** / Yu.B. Gladenkov Ed. by Degtyarev K.E. – Moscow: GEOS, 2023. – 184 p.

The book considers problems of modern stratigraphic theory and practice. Different aspects of stratigraphic investigations including dynamics and directions, new ideas and approaches are discussed in 19 chapters. The historical-geological basis of stratigraphy is especially stressed. Most attention is paid to multidisciplinary content of modern stratigraphy: role of more than 15 stratigraphic methods and applied significance of this science are analyzed. Thus, every stratigraphic scheme is inferred from the geological history. This forms a base for local, regional and global stratigraphic schemes. In the XXI century stratigraphy becomes to an increasing extent a stratigraphy of ecosystems which reflects stages of evolution of "past biospheres". It can be called "biospheric stratigraphy". Main goals of stratigraphy for the next decades are refinement of stratigraphic scams and reconstruction of geological events. It is a base that provides a solution of the fundamental problem of geology, i.e. natural stages of the Earth geological history and demand for geological mapping.

For geologists, stratigraphers, paleontologists, and students geologists.

ISBN 978-5-89118-869-3
DOI 10.54896/00023272_2023_634_1

© Гладенков Ю.Б., 2023
© ГИН РАН, 2023

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение ..... 9

1. Стратиграфии как важнейший раздел геологии и ее геоисторическая основа ..... 13
2. Четыре концепции стратиграфии и историко-геологическая основа расчленения древних толщ ..... 15
3. Основные принципы стратиграфии. Принцип Стенона ..... 18
4. Становление стратиграфии как научной дисциплины. Первый крупный международный проект по стратиграфии – создание Международной стратиграфической шкалы. Общая стратиграфическая шкала России ..... 19
5. Общие тенденции развития стратиграфии на рубеже XX и XXI веков ..... 24
6. Второй крупный международный проект по стратиграфии – изучение донных отложений Мирового океана и осуществление субглобальных корреляций ..... 29
7. Стратиграфические кодексы: стратиграфические подразделения, их классификация и иерархия, границы и категории стратотипов. Структура стратиграфических схем ..... 32
8. Основные методы стратиграфии, их достоинства и недостатки. Особая роль биостратиграфии ..... 45
9. Зональная стратиграфия и ее проблемы. Концепция «золотых гвоздей» ..... 63
10. Пути детализации стратиграфических схем. Перспективы инфразональной стратиграфии ..... 74
11. Биосфера и экосистемы. Этапность их развития и ее отражение в стратиграфических схемах ..... 90
12. Эволюция биотических сообществ морских экосистем. Биосфера и Геомерида ..... 106
13. Палеогеографические и палеобиогеографические аспекты стратиграфических исследований ..... 109
14. Основные парадигмы стратиграфии и три класса природных систем ..... 113
15. Понятие о геологическом времени. Относительная и абсолютная геохронология ..... 117
16. Особенности стратиграфических и палеоэкосистемных исследований в активных зонах перехода от океанов к континентам ..... 121
17. Обсуждение стратиграфических проблем на международных конгрессах по стратиграфии последнего десятилетия ..... 156
18. Задачи стратиграфических исследований в середине XXI века ..... 160
19. Биосферная стратиграфия или стратиграфия «былых биосфер» ..... 166

Заключение ..... 171

Литература ..... 173

Об авторе ..... 182

# CONTENTS

Introduction ..... 9

1. Stratigraphy as the major part of geology and its geohistorical basis ..... 13
2. Four stratigraphical concepts and historical-geological base for subdivision of old strata ..... 15
3. Main principles of stratigraphy. The Steno principle ..... 18
4. Formation of stratigraphy as a scientific discipline. The first large international stratigraphical project - creating International Stratigraphic Scale. General Stratigraphic Scale of Russia ..... 19
5. General trends of stratigraphy development at the XX–XXI century boundary ..... 24
6. The second large international stratigraphical project is investigations of the World Ocean bottom deposits and subglobal correlations ..... 29
7. Stratigraphical codes: stratigraphical units, their classification, hierarchy, boundaries, and stratotype categories. Structure of stratigraphical schemes ..... 32
8. Main stratigraphical methods, their advantages and shortcomings. Special role of biostratigraphy ..... 45
9. Zonal stratigraphy and its five problems. The “golden spikes” concept ..... 63
10. Way of refining stratigraphical schemes. Perspectives of infrazonal stratigraphy ..... 74
11. Biosphere and ecosystems. Stages of their development and reflection in stratigraphical schemes ..... 90
12. Evolution of biotic assemblages of marine ecosystems. Biosphere and Geomerida ..... 106
13. Paleogeographic and paleobiogeographic aspects of stratigraphic investigations ..... 109
14. Main stratigraphic paradigms and three classes of natural systems ..... 113
15. Geological time. Relative and absolute geochronology ..... 117
16. Specific features of stratigraphical and paleoecosystem investigations in active ocean-continent transition zones ..... 121
17. Stratigraphical problems at the International congresses on stratigraphy in the last decade ..... 156
18. Goals of stratigraphic investigations of the mid-XXI century ..... 160
19. Biospheric stratigraphy, or stratigraphy of “past biospheres” ..... 166

Conclusion ..... 171

References ..... 173

About the author ..... 182

# ВВЕДЕНИЕ

Проблемы важнее решения. Решения могут устареть,
а проблемы остаются.
*Нильс Бор*

Стратиграфия с ее геоисторической концепцией
сделала геологию наукой.
*Б.С. Соколов*

Книга преследует цель дать представление о важнейшей части геологии – стратиграфии. В 50–80-х годах XX в. в нашей стране, да и во всем мире стратиграфия переживала расцвет. Ее справедливо провозглашали царицей геологии. Уровень геологической культуры каждой страны определялся состоянием стратиграфических исследований. Именно в этот период в СССР был опубликован целый ряд фундаментальных монографий на стратиграфическую тему (Меннер, 1962; Леонов, 1972; Степанов, Месежников, 1979; Практическая стратиграфия, 1984; Мейен, 1989, и др.). Одновременно и в зарубежной литературе появились интересные обобщения по этой проблематике (Dunbar, Rodgers, 1957; Schindewolf, 1970; Hallam, 1981; Harland et al., 1982, и др.). Среди геологов в те годы популярностью пользовалась, в частности, небольшая по объему, на мой взгляд, замечательная книга Д.Л. Степанова (1958), в которой в краткой форме были освещены все самые важные проблемы стратиграфии (тираж ее был 2000 экз.!). Появление многих стратиграфических сводок в послевоенный период было связано, видимо, прежде всего с интенсивным проведением геологического картирования в разных странах и поисками полезных ископаемых, что опиралось в значительной мере именно на стратиграфические данные.

К сожалению, в последние 30 лет сводки, подобные ранее опубликованным – с разбором методических вопросов и новых подходов, появлялись редко. Между тем геологи, и прежде всего молодые, нуждаются сейчас в книгах, которые отражали бы состояние стратиграфии нового периода, т.е. начала XXI в. По мнению автора, такие книги должны быть сравнительно небольшими и легко читаемыми, но охватывать все ключевые проблемы данного направления науки, которое для геологии по-прежнему остается фундаментальным. Самое главное, эти работы должны способствовать формированию стратиграфического *мировоззрения*, которое сейчас в какой-то мере, к сожалению, утрачивается. И здесь, наверное, отдельно следует сказать о содержательной книге А.И. Жамойды (2011), которая как раз посвящена этому мировоззрению и раскрывает особенности структуры стратиграфии и ее теоретических основ (но ее тираж всего 150 зкз.), а также об интересной книге А. Хэллэма (Hallam, 1981), который призвал сделать современную стратиграфию не «скучной», а «динамичной».

Современная стратиграфия, оставаясь в рамках классической стратиграфии, отразила динамику своего развития и обогатилась новыми идеями, которые 30–40 лет назад еще только появлялись, и конечно, не остановилась в своем движении. Поэтому в свете новых материалов представляется важным обозначить задачи стратиграфии ближайших десятилетий. Около 15 лет назад автор сделал попытку осветить актуальные проблемы по стратиграфической тематике конца прошлого века в книге «Биосферная стратиграфия» (Гладенков, 2004). Эта книга быстро разошлась не только среди геологов, но и среди преподавателей вузов, которые, видимо,

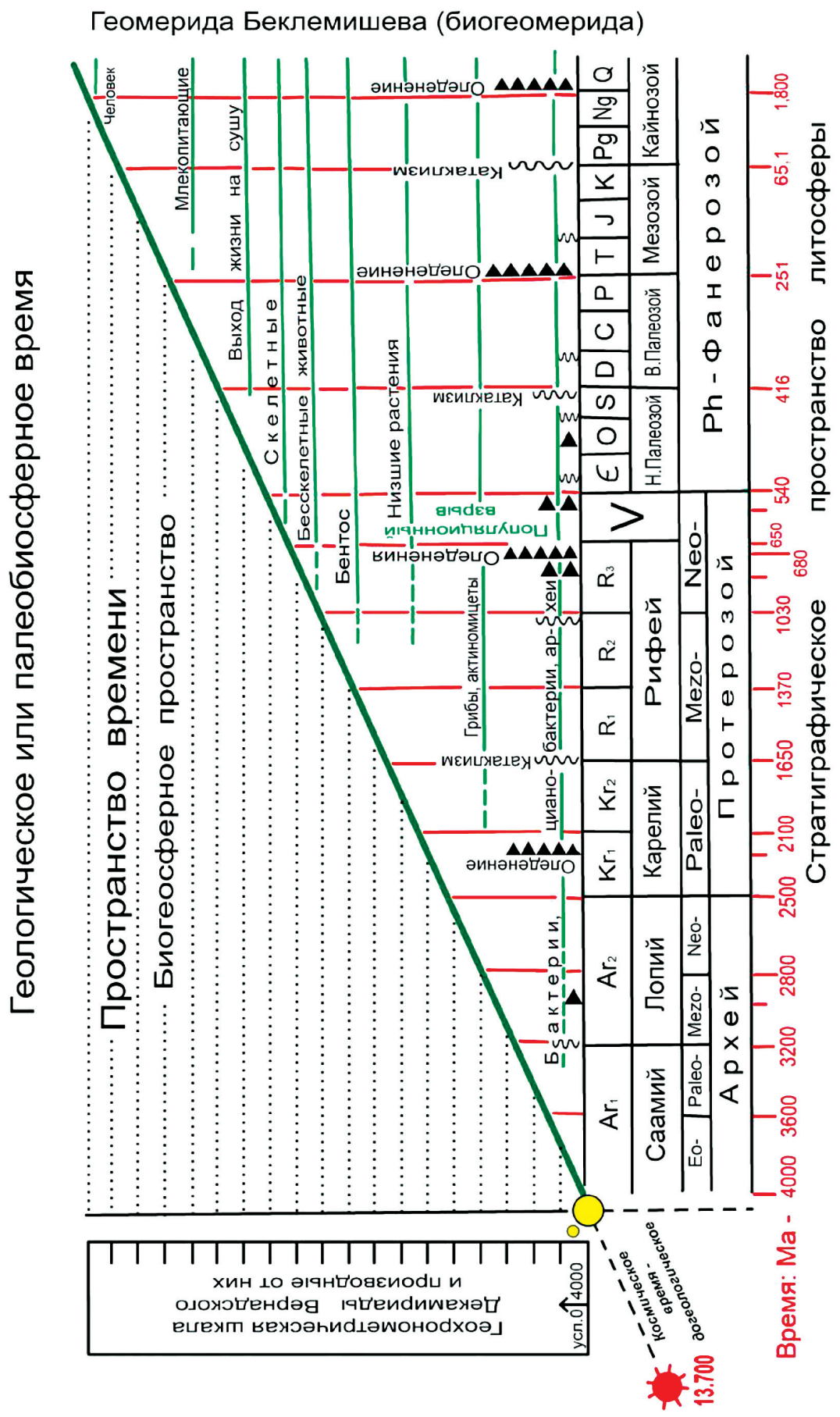
нашли в ней определенную пользу. В предлагаемой сейчас новой книге я не стану повторять многое, что отражено ранее, а используя прежние сведения (без этого нельзя, и поэтому некоторые разделы в измененном или дополненном виде перешли в данную публикацию, вписываясь в ее структуру) и появившиеся новые данные, сосредоточусь на *современном* состоянии стратиграфических исследований, т.е. практически первой четверти XXI века. Хотелось бы рассмотреть некоторые дискуссионные вопросы стратиграфической классификации, проблемы использования разных методов в геологической практике, приемы детализации стратиграфических схем и, наконец, определить роль стратиграфии в дешифровке геологической истории Земли, в том числе ее биосферы. Предполагается, что читатель уже знаком с основами общей геологии и обладает определенным знанием начал палеонтологии и стратиграфии. В книге отдельное внимание уделено мировоззренческому моменту – *геоисторической сути стратиграфии*, о чем часто в последнее время забывается.

В дополнение к сказанному следует сделать несколько замечаний. Во-первых, при рассмотрении тех или иных стратиграфических проблем представляется полезным приводить при необходимости альтернативные точки зрения. Это позволит обсуждать проблемы с более объективных позиций. Во-вторых, поскольку данная работа адресуется прежде всего **молодым геологам** и, в частности студентам, изложение материала стоит вести по возможности в краткой и доходчивой форме. И в-третьих, не хотелось бы перегружать работу многочисленными литературными ссылками, поэтому ниже ограничимся лишь основными используемыми источниками.

Следует специально отметить, что многие идеи, развиваемые автором, в значительной мере навеяны его учителями В.В. Меннером и Г.П. Леоновым, выдающимися представителями московской геологической школы. С В.В. Меннером посчастливилось работать в Геологическом институте РАН с начала 1960-х и до конца 1980-х годов. О Владимире Васильевиче Меннере, геологе, прекрасном педагоге и замечательном человеке, автор написал отдельно (Гладенков и др., 1995). Многолетнее общение с ним многому научило в отношении методических и практических аспектов стратиграфии, а также подходов к корреляционным построениям регионального и глобального масштаба. Безусловно, он был выдающимся геологом и стратиграфом, оказавшим в 1950–80-х годах громадное влияние на развитие стратиграфии в нашей стране. При этом он пользовался большим авторитетом и в международных геологических организациях, в работе которых принимал активное участие. У Георгия Павловича Леонова я учился в МГУ в 1950-х годах, а в начале 1970-х мне пришлось достаточно тесно общаться с ним, когда я редактировал его фундаментальную книгу в двух томах «Основы стратиграфии» (Леонов, 1972, 1974) и имел возможность непосредственно знакомиться с его оригинальными подходами к главным проблемам стратиграфических исследований и роли в них историко-геологического метода. Влияние развиваемых им идей на отечественную стратиграфию трудно переоценить. Хочется также вспомнить с благодарностью Бориса Сергеевича Соколова, выдающегося российского стратиграфа и палеонтолога, который в последние годы своей жизни часто беседовал со мной по общим проблемам развития стратисферы и биосферы. Наконец, невозможно забыть Александра Ивановича Жамойду, с которым довелось сотрудничать долгие 30 лет в Межведомственном стратиграфическом комитете (МСК) России в качестве одного из его заместителей, участвовать в создании Стратиграфического кодекса России и постоянно обсуждать состояние стратиграфии в сравнительном плане – за рубежом. Это были замечательные специалисты, мыслители и созидатели! Не будет преувеличением сказать, что в памяти российских геологов они остаются титанами стратиграфических исследований послевоенной эпохи.

Автор также обсуждал различные методические вопросы стратиграфии со многими авторитетными российскими коллегами – В.Н. Верещагиным, В.Г. Ганелиным, В.А. Зубаковым, А.В. Каныгиным, Б.М. Келлером, В.И. Красновым, С.В. Мейеном, М.С. Месежниковым, А.Н. Олейниковым, В.А. Прозоровским, А.Ю. Розановым, Н.В. Сенниковым, К.В. Симаковым, В.Т. Фроловым, Е.В. Шанцером, С.М. Шиком, В.И. Яркиным и другими. Многие из них в силу своей эрудиции и опыта участвовали в выработке понимания общих целей отечественных стратиграфических исследований и воплощали свои идеи в практической деятельности (в частности, принимали активное участие в разработке отечественного стратиграфического кодекса, составлении региональных стратиграфических схем, оценке роли различных методов в стратиграфии и проч.).

Автору повезло еще в одном. Принимая в течение около 30 лет участие в работе разных международных геологических организаций (в частности, подкомиссии по стратиграфической классификации Международной комиссии по стратиграфии), в течение последних десятилетий довелось лично обсуждать многие стратиграфические пробле-




▲ **Рис. 1.** Время в его неравномерных событийных делениях (этапы) (Соколов, 2010)

мы с рядом крупных зарубежных специалистов-стратиграфов. Среди них – Д. Кауи, М.-Б. Чита, У. Бергрен, Ф. Градштейн, Д. Харденбол, Е. Ремане, О. Валлизер, С. Финней, Д. Бэррон, Н. Икебе, К. Огасавара, М.-П. Аобри, В. Пиллер, Б. Хэк, Ф. Хилген и другие.

Может показаться странным, но, помимо освещения обычных для традиционной стратиграфии проблем (стратиграфическая классификация, методы стратиграфии и пр.), значительное место уделено также вопросам, связанным с рассмотрением общих проблем истории биосферы и экосистем прошлого, направленности и масштабности геологических процессов. Однако сейчас это представляется естественным, стратиграфия в настоящее время 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 освещению одной из важных задач второго, более высокого уровня – **выявлению естественной этапности геологического развития Земли и биосферы.** В целом эта проблема является мировоззренческой для всей геологии вообще. Но именно стратиграфии с ее геоисторической концепцией здесь отводится решающая роль. Поэтому не случайно, что сейчас все чаще обращаются к так называемой *биосферной* стратиграфии, предмет исследования которой составляют геологические и биологические явления прошлого в своем развитии. Можно сказать, что в целом мы изучаем последовательную смену ископаемых биосфер. Поэтому хотелось бы начать книгу рисунком 1, который был составлен около 10 лет назад Б.С. Соколовым (2010) с названием «Геологическое или палеобиосферное время». На нем нашло отражение целое геологическое мировоззрение, касающееся эволюции нашей Земли и ее биосферы с особенностями этапности развития этого гигантского природного процесса. Одним из главных средств познания этого процесса является именно стратиграфия – особое научное направление в геологии, без которого расшифровать ход формирования оболочек Земли просто невозможно. Кажется, Б.С. Соколову принадлежат слова о том, что *стратиграфия с ее геоисторической концепцией сделала геологию наукой*.

В целом представленная работа может быть названа эссе или кратким путеводителем по основным проблемам стратиграфии, в котором делается попытка осветить особенности ее состояния в начале XXI в., а также направления ее развития в будущем. Если после прочтения этой книги читатель найдет ответы на вытекающие из нее вопросы, то можно будет считать, что цель, поставленная автором, достигнута. Хотелось бы надеяться, что читатель поймет главное: стратиграфия, как и другие науки, проходит через определенные стадии исследований – от добывания знаний, обработки данных и их систематизации к раскрытию внутренних взаимосвязей явлений и построению научной картины мира.

И последнее. При подборе материала для книги были использованы, с одной стороны, результаты исследований, которые проводились автором в Геологическом институте РАН в течение 60 лет и которые нашли отражение в ряде публикаций на данную тему. С другой стороны, в систематизации собранных данных и выборе стиля изложения помогли лекции, которые автор читал на протяжении 30 лет на кафедре региональной геологии и геологической истории Земли геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Отдельные актуальные темы книги возникли в процессе заседаний стратиграфического межлабораторного семинара, которым автор руководил в ГИН РАН в течение ряда лет.

Работа выполнена по теме госзадания ГИН РАН.

# 1. СТРАТИГРАФИЯ КАК ВАЖНЕЙШИЙ РАЗДЕЛ ГЕОЛОГИИ И ЕЕ ГЕОИСТОРИЧЕСКАЯ ОСНОВА

**1.1.** К сожалению, в нашем стратиграфическом руководстве Стратиграфическом кодексе России (1992, 2006, с поправками 2019) определение стратиграфии до сих пор отсутствует. Справедливости ради отметим, что во втором варианте «Проекта Стратиграфического кодекса СССР» (1974) было предложено неплохое ее определение: «**Стратиграфия** – раздел геологии, изучающий последовательность формирования *комплексов* горных пород в разрезе земной коры, первичные соотношения их в пространстве и периодизацию этапов геологической истории». Однако оно осталось практически не использованным и не вошло в кодексы.

Поэтому, прежде чем переходить непосредственно к характеристике предмета стратиграфии, хотелось бы обратить внимание на то, что в последнее время стратиграфия стала пониматься несколько упрощенно или прямолинейно. Весьма часто стали ее задачу сводить просто к *определению геологического возраста образцов горных пород* (обычно по находкам органических остатков или по изотопным данным), а порой подменять стратиграфию геохронологией. Фактически этот подход смыкается с упрощенно утилитарным пониманием стратиграфического исследования как средства установления возраста горных пород.

Среди сторонников такого подхода, как ни странно, можно видеть даже геологов, которые относят себя к специалистам по стратиграфии. Вместе с тем другие геологи, с определенной тревогой отмечая эту наметившуюся тенденцию, стали в последнее время выступать с разъяснением, в чем состоит ее ошибочность. Поэтому не кажется случайным, что в печати появился ряд (к сожалению, не такой большой) работ, в которых специально обращается внимание на эту ошибку. Не имея возможности подробно их обсуждать, остановимся только на двух из них. Одна принадлежит В.Т. Фролову (2004), который недавно с позиций философского анализа геологической науки обозначил ***три главные задачи стратиграфии***. Важно, что как геолог с большим опытом и широкими научными интересами (он известен прежде всего как замечательный литолог) В.Т. Фролов поставил на первое место задачу «заложить основу геоистории путем *выделения комплексов слоев*, отвечающих этапам развития региона и Земли в целом». Фактически он напомнил то, о чем постоянно говорили Г.П. Леонов, В.В. Меннер и другие стратиграфы-мудрецы старшего поколения. Вторая задача в его понимании – это *выделение стратонов* местных, региональных (основных), межрегиональных и глобальных, без чего первая задача не решается. Что касается третьей задачи – *определения геологического возраста*, то, по его мнению, она «преувеличенно считается самой главной, что демонстрирует неглубокое понимание стратиграфии». С В.Т. Фроловым можно соглашаться или не соглашаться (например, по третьему пункту), но геологическую сущность его позиции отрицать трудно. Хотя напомним, что еще в прошлом веке об этом другими словами писал, например, В.В. Меннер (1962). По его мнению, **задачей стратиграфии** является «установить последовательность *геологических тел* и их первоначальные пространственные и возрастные взаимоотношения». Этой же точки зрения придерживался А.И. Жамойда (1980). Сходные мысли высказывали и многие другие исследователи (на-

пример, Д.Л. Степанов и М.С. Месежников (1979) в своей фундаментальной сводке, С.В. Мейен (1989) в своей монографии и другие коллеги).

**1.2.** В книге «Биосферная стратиграфия» (Гладенков, 2004) автор дал такое определение стратиграфии: «**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 с *исторической* точки зрения означает разделение их на естественные, последовательно сменяющие друг друга *комплексы горных пород*, 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)». Мне казалось, что это определение достаточно полно отражает суть предмета. Но оказалось, что оно может быть представлено в другой – возможно, более ясной форме.

В опубликованной недавно статье В.Г. Ганелина и Ю.Б. Гладенкова (2018), в которой дан анализ разных подходов к пониманию стратиграфии в России и за рубежом, было предложено следующее ее определение: **«Стратиграфия представляет собой раздел геологии, изучающий слоистую структуру земной коры (стратисферу) для выявления целостных естественно-исторических *комплексов горных пород*, установления их пространственно-временных отношений и построения на этой основе *стратиграфических шкал*: местной, региональной, общей, являющихся вещественным базисом реконструкции *относительного времени*».** Предложенное определение может показаться громоздким, но его анализ позволяет предметно и ясно обозначить несколько, по крайней мере шесть, определенных аспектов стратиграфии: (1) *область* стратиграфии – стратисфера; (2) ее *объект* – целостные естественно-исторические комплексы горных пород; (3) основная ее *процедура* – выявление этих комплексов; (4) *предмет* стратиграфии – пространственно-временные отношения комплексов; (5) ее *задача* – построение стратиграфических шкал разного масштаба, служащих базисом реконструкции времени; (6) важная *цель* стратиграфии – реконструкция геологического времени. Последнее определяет стратиграфию как **самостоятельную науку.** Если обозначить ее главную суть, то в ее основе лежит прежде всего *геоисторический принцип.*

**1.3.** Основной *практический результат* стратиграфических исследований для геологии – это ***создание стратиграфических схем*** (шкал), т.е. схем «классификации» слоев или комплексов горных пород с исторической точки зрения. Как говорилось ранее, такие схемы бывают разного масштаба: *местные, региональные и глобальные*. Без этого элемента исследования стратиграфия теряет смысл. Все это делается в значительной мере для выработки основы составления *геологических карт* (Леонов, 1973; Пояркова, Поярков, 1977, и др.). Вот почему понятие о стратиграфии, возможно, следует расширить и считать, что **«стратиграфия – это раздел геологии, который изучает пространственно-временные отношения целостных комплексов горных пород земной коры, *способы их изображения на геологических картах* и периодизацию геологической истории».** Часто забывается, что достоверность стратиграфического построения может быть получена только сплошным площадным обследованием, т.е. *геокартированием*.

Впрочем, однажды при обсуждении определения стратиграфии один из моих собеседников шутливо заметил, что «стратиграфия – это то, чем занимаются стратиграфы».

Остается только помнить, что выделение историко-геологических единиц, т.е. стратиграфическое расчленение, и его использование в геокартировании – это, как было кем-то замечено, и труд, и наука, и в определенной мере искусство. Для тех, кто хочет глубже и детальнее познакомиться с разными аспектами проблем «теоретической стратиграфии» и логикой подходов к их решению, я рекомендую обратиться, в частности, к содержательной, хотя, может быть, в чем-то и спорной, книге С.В. Мейена (1989). Она может привлечь внимание хотя бы тем, что С.В. Мейен специально разобрал 23 типа стратиграфических ошибок, которые часто отмечаются в практике последних лет. И конечно, нельзя обойти последнюю книгу А.И. Жамойды (2011), о которой уже говорилось.

Ниже будут разобраны те проблемы стратиграфии, которые, по мнению автора, привлекают особое внимание именно сейчас, в начале XXI века. Эти проблемы не обязательно должны освещаться в строгом порядке и в полном объеме, но определенная логика при их изложении все-таки необходима. Для начала обратимся к некоторым вопросам общего плана.

# 2. ЧЕТЫРЕ КОНЦЕПЦИИ СТРАТИГРАФИИ И ИСТОРИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА РАСЧЛЕНЕНИЯ ДРЕВНИХ ТОЛЩ

**2.1.** Во второй половине XX в. 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). Со стратиграфией дело сложилось по-другому. Долгие годы стратиграфия называлась «царицей геологии» и считалось, что геологическая культура каждой страны определяется уровнем стратиграфических исследований. В 1950–80-е годы она пережила во всех странах небывалый подъем. Однако в последнее время, когда сократился объем геолого-съемочных работ, достижения стратиграфии стали выглядеть более скромно. Кажущийся консерватизм в методах стратиграфического расчленения и специфика этих методов, которые большинству геологов остаются часто 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 в целом и тектоники, в частности. Кроме того, более совершенная, чем раньше, стратиграфия дает больше шансов на успех в поисках месторождений минерального сырья (прежде всего нефти и газа). Непонимание этого обстоятельства не только приводит на практике к существенным материальным затратам (например, при бурении, если не учитываются стратиграфические данные), но и наносит громадный моральный ущерб геологии вообще. А между тем стратиграфия не стоит на месте: она значительно расширила в последние десятилетия свой идейный и методический арсенал.

Это значение стратиграфии в геологии понимается, к сожалению, не всегда. Около 35 лет назад, на одном из заседаний Международного союза геологических наук состоялся обмен мнениями о принципиальных достижениях геологии XX в. Среди них были отмечены: оформление плейт-тектонической «теории», накопление материалов по эволюции Солнечной системы, понимание того, что Земля – это сложная система (со сложным взаимоотношением разных оболочек), определение новых путей поисков полезных ископаемых (воды, нефти и проч.), лучшее понимание происхождения и эволюции жизни и др. Но никто не упомянул о достижениях стратиграфии. А ведь она достигла колоссальных успехов – разве кто-нибудь из геологов в начале XX в. мечтал о выделении таких дробных стратиграфических единиц, которые имеют продолжительность всего 0.2–2.0 млн лет? А ведь такая точность в расчленении и корреляции древних толщ (на основе ярусной и зональной стратиграфии) только в конце XX в. стала считаться нормальной. Или другой аспект знаний – в начале прошлого века возраст Земли знаменитый физик сэр Д. Томсон определял в пределах 200–400 тыс. лет, а к концу столетия мы уже знали, что ее возраст более 4 миллиардов лет,

и это, естественно, внесло существенные поправки в определение временной «длительности» стратиграфических подразделений. Наконец, разве можно забыть, что были составлены геологические карты для практически всей поверхности планеты Земля, которые послужили основой расшифровки истории развития основных структур Земли и базой для выявления закономерностей распределения полезных ископаемых.

**2.2.** Специально следует подчеркнуть, что 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.

**2.3.** Конечно, в стратиграфии до сих пор не удается устранить разногласия между исследователями по многим вопросам. Наглядной иллюстрацией такого положения является наличие нескольких концепций стратиграфии и значительного числа ее принципов, используемых разными специалистами.

В настоящее время существуют несколько главных *концепций стратиграфии*. В течение последних десятилетий господствовали два основных подхода к стратиграфии, которые условно можно назвать «американским» и «европейским». В целом они, по Г.П. Леонову (1972), отражают две отличающиеся друг от друга концепции общей схемы стратиграфической классификации – *картировочно-хронологической* и *геохронологической.*

**2.4.** Стратиграфия, по представлению американских геологов старой формации (Dunbar, Rodgers, 1957), включает описание слоев в частном разрезе («стратиграфия»), корреляцию разрезов и определение их места в стратиграфической шкале («стратилогия»), 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) *комплексы* пород 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 признавалось, что существует *единая* (а не множественная) стратиграфия, которая 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, что отражается в стратиграфических кодексах разных стран.

**2.5.** Важно отметить, что на практике мелкомасштабные геологические карты всегда строятся на хронологической основе: тем или иным цветом на них отражаются определенные подразделения (в ранге систем, отделов или ярусов), границы которых рисуются в принципе изохронными. На крупномасштабных картах обычно сохраняется тот же принцип: на них выделяются региональные или местные подразделения (типа горизонтов, свит-формаций и др.) тоже с изохронными границами. Именно такие карты отражают структурные особенности того или иного района. Вместе с тем на этот фон, т.е. на хроностратиграфические единицы, могут наноситься литологические и другие данные (например, в виде крапа), с показом определенных фаций и их границ. 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, хотя в их составлении собственно стратиграфия тоже занимает определенное место.

**2.6.** «Европейская» концепция иногда трактуется в том смысле, что стратиграфия должна заниматься прослеживанием тех или иных хроностратиграфических подразделений без учета их историко-геологической сущности. 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) приняты в Международной стратиграфической шкале (МСШ). При этом, что обычно забывается, выделение этих «международных» единиц было связано с изучением последовательностей конкретных формаций в конкретных европейских разрезах.

**2.7.** Вместе с тем некоторые авторы считают целесообразным противопоставить двум упомянутым концепциям (как говорилось выше, картировочно-хронологической и геохронологической) другую, *регионально-стратиграфическую концепцию*. Согласно ей, стратиграфия должна опираться прежде всего 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) подразделения. Если говорить о решении важной проблемы геологии – проблемы периодизации истории Земли, то именно такая концепция представляется основной, так как две первые концепции эту проблему не решают. С позиций Г.П. Леонова, среди стратиграфических подразделений нужно выделять *основные,* или геостратиграфические (регионально-стратиграфические), и *производные*, или хроностратиграфические (общепланетарные), единицы.

**2.8.** 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 геоисторического содержания. Сейчас, например, на подобной основе делаются попытки создать стратиграфическую шкалу докембрия, с условной привязкой к провизорным границам тех или иных формаций, отмеченных на разных материках. Исключение составляет эдиакарий (или венд) верхней части докембрия, который охарактеризован в отличие от древних толщ многоклеточными организмами, что позволяет переходить к вычленению единиц «фанерозойского типа». Не случайно, учитывая эту особенность эдиакария, многие геологи считают целесообразным относить его к фанерозою.

# 3. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СТРАТИГРАФИИ. ПРИНЦИП СТЕНОНА

**3.1.** В литературе «принципы стратиграфии» обсуждаются довольно часто. Их число в разных публикациях последних лет различно: от 3–5 (например, Практическая стратиграфия, 1984) до 9–25 и более (Степанов, Месежников, 1979; Симаков, 1997). Среди них называются «принципы»: актуализма Ч. Лайеля, фациальной дифференциации одновозрастных отложений А. Гресли – Э. Реневье, неполноты стратиграфической и палеонтологической летописи Ч. Дарвина, гомотаксальности А. Гресли, хронологической взаимозаменяемости признаков С.В. Мейена и др. Однако из анализа этих принципов следует, что большинство из них таковыми не являются. Пожалуй, к фундаментальным принципам можно отнести только два. Во-первых, «***принцип Стенона***» («закон суперпозиции») – в ненарушенной последовательности осадочных слоев верхний слой моложе того, на котором он залегает, или временные отношения между геологическими телами определяются их первичными пространственными отношениями. А вторым, фундаментальным принципом можно считать «***принцип Степанова–Месежникова***», согласно которому существует *неповторимость* стратиграфических подразделений во времени. Последний принцип можно назвать ***принципом уникальности стратонов***. Однако, возможно, более правильным следует считать, что в основе стратиграфии лежит один принцип (скомбинированный из принципов Стенона и Степанова–Месежникова), который отражает, с одной стороны, историческую последовательность стратонов, а с другой – неповторимость их признаков (палеонтологических, магнитных и др.). И здесь, может быть, следует сделать одно замечание. В целом громкое понятие «принципы в стратиграфии» – не очень удачное изобретение. В энциклопедических справочниках «принцип» понимается как исходное положение какой-то теории или науки. Поэтому 20–30 принципов для одной науки выглядят непродуктивно. Скорее можно согласиться с Д.Л. Степановым и М.С. Месежниковым (1979), которые понимали под этим термином эмпирическое обобщение частных закономерностей, касающихся какого-то объекта науки (в данном случае стратиграфии).

**3.2.** Следует благодарственно вспомнить жившего в XVII в. Николо Стено (Николаус Стенон), известного по итальянской транскрипции своего имени (на самом деле это датский естествоиспытатель, занимавшийся в основном медициной, а не геологией, и его имя – Нильс Стенсен), который был автором главного принципа стратиграфии. В 1893 г., во время одного из первых Международных геологических конгрессов, Н. Стенону был поставлен в Италии (в г. Флоренции) памятник с надписью: «Превосходнейшему мужу среди геологов». Он оказал большое влияние на оформление стратиграфии как особого раздела геологии, хотя его основная работа («О твердом, естественно содержащемся в твердом») стала широко известна после перевода на французский язык только в первой 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 прочего, были разработаны концептуальные основы представлений о *геологическом времени*. Это было сделано почти за 20 лет до выхода известной книги И. Ньютона на данную тему.

# 4. СТАНОВЛЕНИЕ СТРАТИГРАФИИ КАК НАУЧНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ. ПЕРВЫЙ КРУПНЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОЕКТ ПО СТРАТИГРАФИИ – СОЗДАНИЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ. ОБЩАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА РОССИИ

**4.1.** 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 – 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.

**4.2.** В истории стратиграфии разные исследователи намечают определенные этапы. Так, по В.В. Меннеру (1987), в ней можно выделить три основных крупных этапа (табл. 1) (ниже дается их характеристика с некоторым добавлением автора). ***Первый*** (от работ Леонардо да Винчи до конца XVIII в.) знаменовал возникновение стратиграфии и начало определения относительного возраста слоев (в частности, с выделением последовательно сменяющихся, по Д. Ардуино, первичных, вторичных, третичных и четвертичных образований) – труды Н. Стено, Д. Ардуино, А. Вернера, М.В. Ломоносова, Г. Фюкселя, И. Лемана и др.

*Таблица 1*

**Этапы развития стратиграфии (Меннер, 1987)**

| Этап | Подэтап | Время |
|---|---|---|
| I | | XVI в. – конец XVIII в. |
| II | 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. |

***Второй***, основной этап – «историко-геологический», отразивший создание стратиграфических схем с участием палеонтологической основы (XIX в. и доныне), включает шесть подэтапов.

*Первый* из них (начало XIX в.) – *додарвинский* характеризуется заложением основ биостратиграфического расчленения древних толщ (исследования У. Смита, Ж. Кювье, А. Броньяра и др.). У. Смит в 1815 г. опубликовал таблицы последовательности напластований с заключенными в них остатками организмов и составленную на их основе первую настоящую геологическую карту Англии

и Уэлса, которая стала примером для составления подобных региональных карт во многих странах Европы. Видимо, именно он впервые ввел в обиход понятие **«стратиграфия»** (одна из его статей 1817 г. называлась «Стратиграфическая система ископаемых органических остатков»). С другой стороны, в эти же годы Ж. Кювье и А. Броньяр, применив палеонтологический метод для расчленения осадочных отложений окрестностей Парижа, попытались дать объяснение установленной эмпирической «палеонтологической сукцессии», т.е. смены комплексов ископаемых в разрезах, в связи с их разновозрастностью.

*Второй* подэтап (первая половина XIX в.) – *«золотой век» стратиграфии*, когда были намечены основные подразделения стратиграфической шкалы (прежде всего системы и отделы). При этом широко использовался литологический и палеонтологические методы (выделение осадочных формаций в их природной последовательности) – труды В. Конибира, В. Филлипса и др. В этот додарвинский период палеонтологические остатки часто использовались еще в духе идей *катастрофизма* и *креационизма* (А. д'Орбиньи). Но в конце его были заложены уже основы зональной стратиграфии (А. Оппель).

Именно в первой половине XIX в. в Европе были уставлены те основные подразделения осадочных толщ, за которыми впоследствии были закреплены названия систем:

– В 1822 г. О. д'Аллуа установил *меловую* систему, а В. Конибир и В. Филлипс – *каменноугольную*.

– В 1829 г. И. Денуайе выделил *четвертичную* систему, а А. Броньяр – *юрскую*.

– В 1833 г. Ч. Лайель обосновал *третичную* систему.

– В 1834 г. Ф. Альберти установил *триасовую* систему.

– В 1835.г. Р. Мурчисон выделил *силурийскую* систему.

– В 1836 г. А. Седжвик установил *кембрийскую* систему.

– В 1839 г. А. Седжвик вместе с Р. Мурчисоном установили *девонскую* систему.

– В 1841 г. Р. Мурчисон выделил *пермскую* систему.

*Третий* подэтап – *последарвинский*, или этап *победы эволюционизма* (вторая половина XIX в.), обозначился после выхода в свет книги Ч. Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора» в 1859 г. В палеонтологии стали широко использовать эволюционные идеи и на этой основе выделять в некоторых системах ярусные (а в некоторых районах даже зональные) подразделения. Дарвинизм явился мощным импульсом для развития биостратиграфии. Появились исследования по филогении разных палеонтологических групп (М. Неймайр, В. Вааген, В.О. Ковалевский, А.П. Карпинский и др.). Фактически с этого времени при создании стратиграфических схем стало обязательным использовать данные по последовательной смене ископаемых комплексов.

**4.3.** *Четвертый* подэтап (конец XIX в.) – время непосредственного *формирования* **Международной стратиграфической шкалы** (МСШ). Фактически это был *первый международный проект*, приведший стратиграфию к выработке методической основы построения стратиграфических схем и шкал (наверное, *вторым международным проектом*, имевшим значительное влияние на развитие стратиграфических исследований, можно считать проект глубоководного бурения, который начался в конце 1960-х годов – см. далее). В конце XIX столетия остро встал вопрос об унификации использовавшихся в разных странах стратиграфических подразделений, в частности, в связи с реализацией идеи создания **первой геологической карты Европы** (табл. 2).

В 1878 г. на 1-й сессии Международного геологического конгресса (МГК), собранной по инициативе именно геологов-стратиграфов, с этой целью была создана ***Международная комиссия по стратиграфии*** (МКС). В 1881 г. (2-я сессия МГК) ею в качестве международной была рекомендована первая шкала стратиграфических категорий. В 1894 г. на ее основе был создан «Геологический хронограф» Э. Реневье с детализацией шкалы до ярусов. При этом было подчеркнуто, что единственной рациональной базой выделения подразделений являются палеонтологические остатки. В 1900 г. (8-я сессия МГК) был принят окончательный вариант МСШ. Он имел следующую ***иерархию подразделений***: *эратемы*, *системы* и *отделы* (или серии). Ярусы и зоны были приняты только в качестве региональных единиц. Эта версия шкалы просуществовала до 1970-х годов. Шкала сразу же стала использоваться практически всеми странами, и именно на ее основе были составлены *геологические карты Европы* и других континентов. Трудно переоценить значение МСШ как геологического документа мирового масштаба. Прежде всего, это замечательное геологическое обобщение, которое отразило определенную этапность развития Земли и ее биосферы. С другой стороны, она определила методическую базу расчленения древних толщ разных областей и их корреляций с разработкой стратиграфической классификации и номенклатуры.

*Таблица 2*

**Этапы формирования Международной стратиграфической шкалы (МСШ)**

| | |
|---|---|
| **I этап** | **(1878–1967 гг). Создание МСШ и первые результаты ее использования** |
| 1878 г. – | 1-й Международный Геологический конгресс (МГК). Создание Международной Комиссии по стратиграфии (МКС) (Е. Хеберт, Э. Реневье). |
| 1900 г. – | МГК в Париже. **Утверждение МСШ.** Разработка классификации стратиграфических подразделений и установление их иерархии: группа – система – отдел. *Создание геологической карты Европы*. |
| 1948–1960-е гг. – | Создание стратиграфических кодексов разных стран. |
| 1955 г. – | Выборы Международной подкомиссии по стратиграфической классификации (Х. Хедберг). |
| **II этап** | **(1968–1970 гг.). Активизация работы МКС и создание ее современной структуры** (В.В. Меннер) |
| 1968 г. – | Начало глубоководного бурения в Мировом океане, выделение субглобальных зон. |
| 1971 г. – | **Включение яруса в подразделения МСШ.** *Создание геологической карты мира*. |
| 1976 г. – | Публикация Международного стратиграфического руководства (Х. Хедберг). Использование мультидисциплинарных характеристик стратонов. |
| **III этап** | **(1986–2022 гг.). Появление и использование концепции «золотых гвоздей»** (Д. Кауи, Ю. Реманэ). Современное состояние МСШ. |
| 1989 г. – | Публикация нового макета МСШ (Ю. Реманэ). |
| 1991 г. – | Разработка новых требований установления глобальных хроностратиграфических стандартов (использование геологических, биологических и других методов, доступность). |
| 1998 г. – | Создание нового варианта МСШ (Ю. Реманэ). |
| 2000 г. – | 31-й МГК в Бразилии. Публикация МСШ (с 36 ярусными границами фанерозоя). |
| 2000–2016 гг. – | Совершенствование МСШ на ярусной основе (Ф. Градштейн, С. Финней). Создание стратиграфических сводок «Geological Time Scale» 2004, 2012, 2020. (Ф. Градштейн и др.). |
| 2013, 2015, 2019 гг. – | Первые международные конгрессы по стратиграфии. |
| 2022 г. – | Внесение дополнений в МСШ (с 78 ярусными границами из необходимых 100). |

В ее основу лег историко-геологический подход к выделению стратиграфических подразделений с важной ролью палеонтологического метода в их обосновании. Наконец, МСШ оказалась незаменимым средством профессионального общения геологов разных стран мира.

В первой половине XX в. (*пятый* подэтап) проходило совершенствование стратиграфических схем в разных регионах на основе палеонтологического метода и, в частности, широкого внедрения в практику *микропалеонтологии*. Одновременно накапливался опыт использования палеоэкологии в стратиграфических построениях. Вместе с тем делались попытки применять тектоно- и ритмостратиграфические подходы, появились, что очень важно, данные *абсолютной* геохронологии. Одновременно получили развитие геофизические методы (особенно в нефтяной геологии). В это же время (что очень важно) изучение палеонтологических материалов стало проходить с учетом разработок биологической науки (появление синтетической теории видообразования, автогенетической концепции и гипотезы номогенеза, представления о популяции как элементарной эволюционной единице, и о закономерностях эволюционного процесса) (Д. Симпсон, Э. Майер, О. Шиндевольф, Л.С. Берг, Н.В. Тимофеев-Ресовский и др.). Следует добавить, что в этот период шло совершенствование

методов и техники изучения палеонтологических остатков (появление современных оптических приборов, использование химпрепаровки ископаемых и др.), что вызвало активизацию микропалеонтологических работ.

Отдельно отметим, что в 1955 г. был организован **Межведомственнй стратиграфический комитет** (**МСК**) СССР – высший орган для решения общих методических и спорных вопросов стратиграфии для территории СССР (а впоследствии России), а также утверждения региональных стратиграфических схем.

**4.4.** В 1960–80-е годы (*шестой* подэтап) региональные стратиграфические шкалы и МСШ совершенствовались, с одной стороны, на ярусной и зональной основе, с другой – путем использования появившихся ряда физических и химических методов. Эти исследования сыграли определяющую роль в создании геологической карты мира. И здесь специально следует подчеркнуть важную роль, которую имело в этом процессе ***глубоководное бурение в океанах***, проведенное в рамках *международного проекта*, который выше был назван вторым по значению проектом для стратиграфии. Бурение позволило, с одной стороны, получить методический материал для детального (с выделением зон) расчленения мезозойских и кайнозойских отложений океанического дна на основе изучения *микроорганизмов*, а с другой – впервые показать возможность реально осуществить корреляцию древних толщ в масштабе тропического пояса трех океанов (Атлантического, Индийского и Тихого). Этот международный научный эксперимент наглядно показал, что *биостратиграфические зоны* являются теми подразделениями, без которых геологическая практика не может детализировать стратиграфические схемы, как она не может и реально обосновывать палеонтологическое содержание ярусов. Именно появление выверенных материалов по зональной стратиграфии послужило одним из главных оснований для предложения включить в Международную шкалу *ярусы*, что и было осуществлено в семидесятые годы. Это был прорыв, сразу отразившийся в мировой стратиграфической практике. Собственно с него начались многолетние международные проекты по уточнению *границ* стратиграфических подразделений в пределах разных геологических систем (прежде всего ярусов, с переизучением их стратотипов и определением их границ). Именно тогда получил развитие прием расчленения и корреляции горных пород, основанный на выделении датируемых уровней (датум-плейнов). К сожалению, увлечение ими при ревизии объемов и границ ярусных подразделений приводит в ряде случаев к недооценке (или даже забвению) значения историко-геологического подхода при их выделении.

**4.5.** В это время перед геологией возникла новая задача – создание г**еологической карты мира,** что потребовало увязки стратиграфических материалов разных стран. Поэтому встал вопрос о создании более четкой, чем раньше, системы стратиграфических подразделений и об *унификации* использующихся тогда стратиграфических классификаций. В эти же годы во многих странах разрабатывались национальные стратиграфические кодексы-руководства. В России такой кодекс был создан в 1992 г. (первый вариант появился в 1977 г.) (Жамойда и др., 1996). С учетом накопленного материала в разных странах была развернута работа по созданию **Международного стратиграфического справочника**, или Руководства (под редакцией Х. Хедберга) (International Stratigraphic Guide…, 1976). Он был опубликован в 1976 г., а через 18 лет, в 1994 г., вышла из печати его вторая дополненная версия (под редакцией А. Сальвадора) (International Stratigraphic Guide…, 1994). Как уже указывалось, краткий ее вариант был опубликован в 1999 г. (редакторы М. Мерфи, А. Сальвадор) (International Stratigraphic Guide…, 1999). Вместе с тем в 1950–80-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 др.), оказавших громадное влияние на формирование стратиграфического мировоззрения в разных странах.

**4.6.** 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 в ряде случаев инфразональных подразделений, с их *комплексным обоснованием* на основе разнообразных (палеонтологических и непалеонтологических) признаков. Данный этап характеризуется широким использованием в стратиграфических построениях *событийной* стратиграфии и палеогеографического метода. В этом направлении часто стал использоваться широкий комплекс цикло-, сейсмо-, хемо-, магнито-, изотопно-стратиграфических и других методов. Другими словами, стратиграфия стала более, чем раньше, ***интегральной*** (или мультидисциплинарной) – с суммированием данных, полученных разными методами. При этом она, благодаря изотопному методу, получила ранее недоступные весьма точные возрастные датировки горных пород.

В 1986–2020-е годы возникла и получила распространение концепция «золотых гвоздей» (границ подразделений), которая способствовала обоснованию объемов глобальных хроностратиграфических стандартов (с учетом ярусных границ, в частности). Если в 2000 г. в МСШ насчитывалось 36 границ ярусов, то сейчас их утверждено уже более 78 (см. далее). При этом нельзя не отметить специально великолепные обобщения по МСШ Ф. Градштейна и других, которые были опубликованы в 2004, 2012 и 2020 гг. (A Geologic…, 2004; The Geologic…, 2012; Geologic…, 2020). Эти сводки, отразившие состояние стратиграфических идей и методическое вооружение стратиграфии начала XXI столетия, без сомнения, будут служить геологам долгие годы.

Но одновременно с этим стратиграфия все больше уделяет внимание двум важнейшим направлениям общей геологии. Первое из них – решение мировоззренческих вопросов, связанных прежде всего с *расшифровкой этапности развития Земли* и ее биосферы. Это направление с общегеологических позиций можно назвать стратегическим. Второе направление – это практическое обеспечение стратиграфическими данными *геолого-съемочных и поисковых работ* на полезные ископаемые (прежде всего нефть, газ, уголь, золото, редкие земли и др.). Давно осознано, что любое практическое направление никогда не может обойтись без надлежащей базы – методической и фундаментальной.

**4.7.** В нашей стране с учетом новых геологических материалов в начале 2000-х годов был создан новый вариант **Стратиграфического кодекса России** (2006). Этот документ широко используется в геологической практике (в 2019 г. в него были внесены небольшие дополнения). Наверное, целесообразно отметить, что в российском Кодексе рекомендована к практическому применению не Международная стратиграфическая шкала (МСШ), а **Общая стратиграфическая шкала (ОСШ**). Последняя, утвержденная Межведомственным стратиграфическим комитетом России (МСК), обязательна для использования в Российской Федерации. Она в целом близка к МСШ и не может ей противопоставляться, но в отдельных интервалах отличается – в случаях, когда, по мнению МСК, терминология и номенклатура МСШ в этих интервалах недостаточно аргументированы и противоречат российским традициям в стратиграфии и геолого-картографической практике (сейчас это относится, в частности, к архею, протерозою, частично кембрию и квартеру). Количество таких «отличий» постепенно должно сокращаться. Но пока ОСШ является для российских геологов реальной базой геологического картирования, необходимой для получения результатов изучения геологического строения обширнейшей территории России. Наверное, у большинства геологов существует общее желание – иметь все-таки одну для всех стран МСШ – *стабильную* и с понятными объемами подразделений.

В настоящее время, к сожалению, функции МСШ у нас стали понимать часто просто неправильно, так как она трактуется в качестве *инструмента прямого действия*. Забывается, что подразделения МСШ являются хроностратиграфическими (историко-геологическими), а не «чисто» биостратиграфическими. Для нашей геологической практики остается важнейшей задачей, с одной стороны, создание полноценных *региональных и местных схем* = шкал, с помощью которых осуществляются реальные стратиграфические построения, а с другой – осуществление их последующих сопоставлений с МСШ.

# 5. ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СТРАТИГРАФИИ НА РУБЕЖЕ XX И XXI ВЕКОВ

**5.1.** Начало нового столетия (тем более нового тысячелетия) явилось хорошим поводом подвести определенные итоги развития тех или иных разделов науки в ушедшем 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 проч.). Однако в целом этот поток исследований постоянно расширялся. И в значительной мере процесс такого расширения отражался в сессиях МГК, которые проходили обычно через 4 года и позволяли отмечать основные тенденции развития мировой стратиграфии. В этом отношении показательны, в частности, последние сессии Конгрессов (в интервале с 2000 по 2010 г.), которые, в частности, отразили новые методические приемы стратиграфии последних десятилетий.

Следует отметить, что в эти годы увеличилась роль *Международной комиссии по стратиграфии* (*МКС*), как координатора стратиграфических исследований (Remane, 1997, 2000). Активная работа входящих в нее 18–20 подкомиссий позволила, во-первых, существенно продвинуть решение многих научных и практических вопросов стратиграфии (например, вопросов определения объемов «старых» и «новых» ярусов и их 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, а в ее деятельности участвуют более 2000 стратиграфов из более чем 100 стран мира).

В 2013 г. произошло важное событие – состоялся Первый *Международный конгресс по стратиграфии*. Он проводился в Португалии (г. Лиссабон) и начал серию стратиграфических съездов, которые в дальнейшем проходили в Австрии (г. Грац в 2015 г.) и Италии (г. Милан в 2019 г.). Выделение самостоятельных съездов стратиграфов из МГК способствовало проведению научных и организационных мероприятий в более благоприятных, чем раньше, условиях, с предметным и широким рассмотрением всех стратиграфических проблем.

**5.2.** Какие же результаты были получены стратиграфией к концу XX в.? Эти результаты отразили прогресс не только самой стратиграфии, но и геологии в целом. Можно отметить около десяти важных направлений стратиграфических исследований, в которых достигнуты существенные успехи.

**1. Определена и осознана неоднородность МСШ**. В течение последних десятилетий 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 различаются своим «ударным» (ведущим) методом выделения подразделений: для докембрия главным инструментом расчленения остаются пока тектоно-магматическая цикличность и формационный анализ с привлечением хемостратиграфии и пр. (хотя в верхнем протерозое делаются успешные

попытки использовать биостратиграфию), для фанерозоя используются прежде всего материалы по этапности эволюции органического мира, для квартера – климатостратиграфический метод (Меннер, 1986) (табл. 3).

**2. Отмечена методическая 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 не до конца обеспеченным. Четвертичная шкала находится сейчас в стадии доработки, хотя большинство подразделений уже формально приняты МКС. После 1985 г., когда была существенно понижена нижняя граница четвертичной системы с 0.7 до 1.8 млн лет, а затем до 2.6 млн лет, общая стратиграфическая шкала квартера пока еще не выглядит отработанной до конца (см. далее). В то же время фанерозойская шкала в целом (без квартера), базирующаяся прежде всего на стратиграфических данных по морским отложениям, достигла большого прогресса, получив на биостратиграфической основе ярусное и даже зональное расчленение регионального и субглобального масштаба (в палеозое намечено до 100, мезозое – 140, кайнозое – 45 зон с продолжительностью 0.2–3.0 млн лет). Следует подчеркнуть, что особое значение при стратиграфическом расчленении фанерозоя приобрела *микропалеонтология* (с использованием как традиционных – фораминифер и проч., так и «новых» групп – конодонтов, диатомей и др.). Важную роль в совершенствовании мезозойско-кайнозойской части шкалы сыграли материалы глубоководного бурения в океанах: фактически в поле зональной стратиграфии были вовлечены все океаны, т.е. три четверти поверхности земного шара.

Без преувеличения можно сказать, что фанерозойское «поле» шкалы в целом является основным полигоном как для разработки и апробации *разных методов* расчленения и корреляции древних толщ, так и для выработки общих методологических основ стратиграфии. Поэтому в дальнейших разделах разбор методических проблем стратиграфии будет проводиться в основном на примере фанерозойских (без квартера) объектов.

**3. Отмечено различие стратиграфических схем, построенных для морских и континен-**

*Таблица 3*

**Общая шкала категорий стратиграфических подразделений (Меннер, 1986)**

| На какой основе выделяются | | | Единицы измерения времени | Ранг | Категории | | Пример |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | межконтинентальные | длительность | |
| Тектоно-магматические циклы | | | Миллиарды лет | 1 | Мегатема | ~4 | Докембрий |
| | | | | 2 | Акротема | ~2 | Протерозой |
| | | | | 3 | Эонотема | ~1 | Афебий, Рифей |
| | | | | 4 | Фитема | 0,25–0.35 | Каратавий (палеозой) |
| | Эволюция органических форм | | Миллионы лет | 5 | Эратема (группа) | 64–150–330 | Мезозой, венд |
| | | | | 6 | Система | (1)22–40–75 | Девон, триас |
| | | | | 7 | Отдел | 3,5–15–30 | Доггер, миоцен |
| | | | | 8 | Ярус | 1–6–18 | Сеноман |
| | | | | 9 | Хронозона (оппельзона) | 0,7–1,5–6 | |
| | | Климатические и эвстатические флюктуации | Тысячи лет | 10 | Раздел | 650–1200 | Плейстоцен |
| | | | | 11 | Звено | 110–150–300 | $Q_1$ |
| | | | | 12 | Надступень (круг) | 60–80–200 | Валдай, лихвин |
| | | | | 13 | Ступень | 12–20–40 | Сен-Жермен 1, в.вал. |
| | | | | 14 | Этап | 5–8–12 | Деградации |
| | | | | 15 | Стадиал | 1–3–5 | Бологовский, атлант. |
| | | | | 16 | Уровень (осцилляция) | <1< | Аллеред |

*Примечание*: в.вал. – верхний валдай; атлант. – атлантический.

**тальных образований**. Было осознано, 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 маркеры, которые позволяют коррелировать морские и континентальные шкалы. В этом отношении важны палинологические, изотопные и палеомагнитные материалы.

**4. Признан примат биостратиграфии** в расчленении древних толщ фанерозоя. Из значительного арсенала методов стратиграфии (лито-, цикло-, сейсмо-, изотопно-, климато- и прочие стратиграфии) наибольшее практическое значение имеет палеонтологический (*биостратиграфический*) *метод*. Именно на его основе осуществлялись самое детальное расчленение осадочных отложений разных регионов и самая достоверная их корреляция, в результате чего создавались 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; суждения о микро- и макроэволюции; представления о филогенетике и формах адаптиогенеза и проч.). Это позволило во многом по-новому подойти к изучению ископаемых остатков (на уровне *палеопопуляций*, *палеосукцессий* и проч.), 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.

**5. Произошло общее совершенствование МСШ**. Это касается уточнения объемов стратонов и положения их границ. Первоначально стратиграфические подразделения выделялись обычно на геоисторической основе (с учетом стратиграфического положения разных осадочных формаций). Но в ряде случаев их границы не были точно определены или «утеряны» (в связи с застройками обнажений разрезов и проч.). Поэтому с использованием биостратиграфических данных понадобилось переизучение стратотипов подразделений (прежде всего ярусов) и их границ, требования к выделению которых были ужесточены. При этом общие принципы, которыми всегда руководствовались при выделении подразделений, – *историзма*, *удобства* и *договоренности*, оставались основой. В эти исследования вписывались и начавшиеся работы по определению уровней «золотых гвоздей», маркирующих нижние границы ярусных стратонов, несмотря на спорность первоначальной идейной основы этой концепции (см. далее). В последние годы уточнение ярусных границ МСШ проводилось прежде всего на основе зональной стратиграфии с привлечением других методов.

**6. Произошло усовершенствование стратиграфической классификации и терминологии**. Как упоминалось выше, 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. Поэтому понадобились специальные усилия, чтобы сблизить подходы к стратиграфической классификации и, как было уже показано, последовательно были созданы две версии (1976 и 1994 гг. под редакцией соответственно Х. Хедберга и А. Сальвадора) Международного стратиграфического руководства (или Справочника), который получил широкое распространение в разных странах (International Stratigraphic Guide..., 1976, 1994; Жамойда и др., 1996). Именно это Руководство сыграло большую роль в пропаганде 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 обнаружились пути их сближения и даже совместимости, если стратиграфические исследования проводятся с применением всего комплекса имеющихся методов. Во всяком случае многие вопросы стратиграфической классификации и таксономии сейчас решаются в духе разумного согласия и намечается твердая тенденция в унификации стратиграфических кодексов разных стран. Однако ряд вопросов нуждаются еще в особом рассмотрении (см. далее). В России некоторые идеи Справочника (прежде всего «множественной» стратиграфии) не получили одобрения.

**7. Стратиграфия стала более, чем раньше, интегральной или мультидисциплинарной** в связи с тем, что она стала использовать большое число (до 15–20) разных методов. Среди них имеются как традиционные (палеонтологический, литологический и пр.), так и относительно новые (в том числе физические) методы и приемы (палеомагнитный, сейсмо-секвенто-стратиграфический, 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 субглобального масштабов. Однако отметим, что основным методом при этом для фанерозоя, как и раньше, остается *биостратиграфический*. Заметим также, что в использовании упомянутых методов важное место стало принадлежать новой технике и новым приемам, в частности компьютеризации в обработке палеонтологических данных, трассированию стратонов и их границ на основе прослеживания выявленных маркеров (биотических и абиотических), определению пространственно-возрастного положения региональных стратонов на сейсмо-стратиграфической базе и оценке с учетом изотопных данных продолжительности и характера совпадений во времени природных процессов прошлого (биологических, гидрологических, седиментологических, климатологических).

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

**9.** Активное применение комплекса методов в стратиграфии привело к осознанию того, что **каждое подразделение 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, литологическим или палеонтологическим), но и рядом других (палеомагнитная, изотопная и прочие характеристики), что и делает *стратон уникальным и неповторимым* в геологической летописи.

**10. Значительно усовершенствована 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 периодической ревизии. Развиваемые сейчас методы приближают нас ко 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 15).

**11.** Стало более очевидным, какое **важное значение имеют *региональные стратиграфические шкалы*.** Геологическая практика показала, что, помимо общей шкалы, необходимо иметь региональные (и местные) схемы. С одной стороны, фактически именно они служили основой создания МСШ. А с другой – в их подразделениях (региоярусах – горизонтах и свитах) – 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, 1971). Ну и, конечно, именно она используется в первую очередь при поисках месторождений минерального сырья.

**12.** Осознано, что **стратиграфические шкалы являются отражением последовательности геологических событий и этапности развития Земли** и палеобиосферы. В последние годы предпринимаются активные попытки внести в стратиграфию каузальное начало. При выделении стратонов используются идеи геоисторической стратиграфии, которая реализуется в разных направлениях (динамическая, событийная, сигнальная и экостратиграфии). Выявленные на этой основе подразделения и отражающие события прошлого маркеры, привязанные к хронологической шкале, в значительной мере способствуют расшифровке последовательности разнообразных геологических событий как в региональном, так и в глобальном масштабе. Сделаны попытки построить линии и цепочки взамосвязанных и взаимообусловленных событий разного ранга и природы.

Вместе с тем стратиграфия выполняет также другую важную задачу – обеспечивает *датиро-*

*вание 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.

**13.** Стратиграфические данные стали служить реальной базой для **расшифровки особенностей развития биосферы и ее крупнейших блоков** – океанов и континентов. Эта расшифровка позволила наметить определенные тенденции и этапность эволюции биосферы, кризисные явления, характер развития биотических сообществ во времени и пространстве, особенности смены палеогеографических обстановок, масштаб климатических и эвстатических флуктуаций и проч. На этой базе постепенно выявляются особенности «былых биосфер» (по В.И. Вернадскому) и тенденции развития палеоэкосистем разного ранга. 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.

**14.** К концу прошлого века наметилась общая тенденция к **детализации стратиграфических шкал** и схем. Геологическая практика подошла к разработке стратиграфических шкал нового поколения с ориентацией на дальнейшую их дробность. Это отразилось в выделении региоярусов (горизонтов) и свит в региональных схемах, а с другой стороны – субглобальных ярусов и хронозон. Появились попытки создать не только зональные, но и инфразональные (микростратиграфические) схемы на основе не только традиционных, но и новых методов (событийная стратиграфия и др.), которые обеспечивают стратиграфическое расчленение древних толщ дополнительными сменяющими друг друга в разрезе маркерами, отражающими различные биотические и абиотические события отдельных регионов. 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, в первую очередь в кайнозойской и мезозойской (с попытками и в палеозойской) частях стратиграфических шкал. Но убедительные результаты на этом направлении получены пока в региональных работах. Дробные стратиграфические схемы часто весьма полезны 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 осуществления детальных палеогеографических реконструкций и познания путей эволюции экосистем с прогнозированием природных обстановок будущих десятилетий. В-третьих, обновленная детальная стратиграфия, как и ранее, обещает внести важный вклад в построение и понимание филогенетических связей различных организмов и пр. Все это в итоге может иметь большое значение в развитии фундаментальных направлений науки в целом (об инфразональном расчленении см. раздел 9).

# 6. ВТОРОЙ КРУПНЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОЕКТ ПО СТРАТИГРАФИИ – ИЗУЧЕНИЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МИРОВОГО ОКЕАНА И ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ СУБГЛОБАЛЬНЫХ КОРРЕЛЯЦИЙ

**6.1.** Выше уже говорилось о большом значении материалов, которые появились в связи с развернувшимся с конца 1960-х годов изучением древних толщ (в основном кайнозойских и отчасти мезозойских) океанических бассейнов в результате осуществления проекта глубоководного бурения в Мировом океане. Как известно, океан, который занимает более 70% поверхности планеты, оставался к середине XX столетия геологически крайне слабо изученным. Новые данные о донных образованиях океана вносят весомый вклад в разработку и совершенствование методики детальных стратиграфических исследований и определения возраста морских комплексов осадочных пород, а также в реконструкции океанологических и климатических событий прошлого. Полученные результаты имеют важное *методическое* значение для проведения стратиграфических работ по всему фанерозою. Показано, что выделенные зональные подразделения кайнозоя могут быть реально прослежены на громадной территории – по всей тропическо-субтропической области. Отмечено, что в этих работах значительную роль сыграло изучение комплексов планктонных микроорганизмов (карбонатных и кремнистых), которые являлись неотъемлемой частью мезозойских и кайнозойских морских экосистем. Развитие этих ассоциаций во времени проходило на фоне смены режимов океанической циркуляции и осадконакопления, изменения степени биопродуктивности глубинных и поверхностных вод, их температур и других характеристик. Направленность и тенденции эволюции биотических сообществ в целом отражают этапы развития океанических экосистем прошлого и происходивших в них перестроек. Все это позволяет выявить реальную картину последовательности не только биотических, но и абиотических (климатических, океанографических, палеогеографических, эвстатических) событий в Мировом океане для последних 70–75 млн лет. Этим материалам посвящена уже значительная литература (Kennett, 1982: Крашенинников, 1969, 1973; Крашенинников, Басов, 2007 и др.), а недавно проведен их специальный анализ с позиций стратиграфических проблем (А. Гладенков, Ю. Гладенков, 2021).

**6.2.** Не останавливаясь на деталях, тем не менее хотелось бы отдельно обозначить некоторые конкретные результаты глубоководного бурения, которые могут оказаться полезными для всех стратиграфов, изучающих *особенности эволюции океанических экосистем* и тренды изменения палеогеографических обстановок. Ниже они излагаются в кратком виде.

– Получены данные по *этапности развития* различных групп морской фауны и флоры, прежде всего микрофоссилий (с фиксацией периодов вспышек формообразования и таксономического разнообразия), с рассмотрением развития как отдельных видов, так и сообществ. Именно с учетом этих данных был проведен анализ этапности гео-

логического развития крупных морских экосистем (Атлантического, Тихоокеанского, Антарктического и Арктического бассейнов) и их частей.

– Установлены различия между биокомплексами в зависимости от их *широтной приуроченности*, т.е. их принадлежности к разным климатическим поясам (тропическому, бореальному, натальному и арктическому).

– Изучение микропалеонтологических комплексов в разрезах океанических *экотонных зон* дало возможность определить особенности биосообществ этих переходных зон и их смещение во времени в зависимости от климатических флуктуаций.

– При изучении и восстановлении условий развития и формирования древних ассоциаций микроорганизмов было определено влияние на распространение биоты *морских течений и апвеллингов*. В этом же отношении важными оказались многие морские *проливы* (пролив Дрейка в Южном полушарии, Гибралтарский пролив в Северном полушарии и пр.).

– Выявлено, что в пределах океанов отмечаются *водные массы – большие объемы воды*, занимающие обширные пространства и обладающие специфическими свойствами, которые сохраняются при перемещении водных масс за пределы области своего формирования. Они определяются рядом факторов – температурой, химизмом и соленостью вод, их гидродинамикой, пищевыми ресурсами, составом биоты и др.

– Обращают на себя внимание случаи определенной *диахронности уровней* появления и исчезновения тех или иных таксонов микропланктонных организмов в разрезах различных морских бассейнов. В одних случаях это, видимо, связано с миграциями биоты, обусловленными климатическим фактором (при потеплениях, например, тропические формы мигрируют к северу, часто отставая во времени появления в высоких широтах на десятки тысяч и даже, возможно, на первые миллионы лет). В других случаях это связывается с раскрытием морских проливов и миграциями палеосообществ из одного бассейна в другой, в результате чего появление одних и тех же таксонов в разных бассейнах может быть неодновременным. Однако точно определить масштаб таких расхождений часто достаточно сложно. Вместе с тем установлены различия палеобиотических сообществ открытых бассейнов и *шельфовых* зон, в которых упомянутые выше «уровни появления и исчезновения» отдельных таксонов тоже обнаруживают диахронность. Наконец, мы вынуждены считаться со спецификой развития биоты эпиконтинентальных, полуизолированных и окраинно-океанических экосистем с их *провинциями*, в которых тоже могут отмечаться случаи диахронности уровней.

– Выявлены случаи *биполярности* в распространении некоторых древних биотических комплексов планктона. Например, недавно определены биполярные ареалы для ряда видов планктонных диатомей начала раннего олигоцена и предложены возможные механизмы их формирования (Gladenkov A., 2014).

– На стратиграфической основе построены графики *палеоклиматических флуктуаций* и осуществлены реконструкции палеогеографических обстановок по различным временным срезам. На материалах по микроорганизмам были получены наиболее детальные данные по изменениям *климатических обстановок* прошлого, в частности по смене «оранжерейного» типа климата на «ледниковый» вблизи границы между эоценом и олигоценом (Zachos et al., 2001; Cramer et al., 2009, и др.).

– Накопленный опыт при изучении палеонтологических комплексов в разрезах глубоководных скважин внес существенный вклад в оценку разнообразия различных групп морских микроорганизмов в прошлые эпохи. В частности, это позволило выявить, что *биоразнообразие* на родовом и видовом уровнях карбонатного микрофитопланктона (кокколитофорид) и динофлагеллат достигало максимума в позднем мелу, а с эоцена и до настоящего времени прослеживается тренд его уменьшения. И, наоборот, биоразнообразие кремнистого микрофитопланктона (диатомей) на протяжении кайнозоя возрастало с отчетливой активизацией вблизи границы между эоценом и олигоценом, а затем в интервале среднего–позднего миоцена. Таким образом, кремнистый фитопланктон и карбонатный фитопланктон имеют различные, не совпадающие по времени тренды увеличения разнообразия. Вероятно, такой контраст отражает специфику развития фитопланктона в различных экологических условиях, которая проявляется в приспособлении к изменениям условий окружающей среды (Falkowski et al., 2004). В частности, диатомеи могут существовать в условиях, когда поставка необходимых для жизнедеятельности веществ в зону фотосинтеза носит не постоянный, а пульсационный характер. При благоприятных условиях водоросли активно используют появляющуюся «подпитку», и происходит интенсивное и продуктивное развитие диатомовой флоры. Таким образом, для существования диатомей благоприятны условия, когда периоды высокой гидродинамической активности чередуются с периодами от-

носительной стабильности в водной толще. И, напротив, наннопланктон и динофлагеллаты имеют тенденцию к доминированию и продуктивному развитию в относительно спокойных и стабильных условиях. Подобные оптимальные условия для карбонатного планктона существовали в мезозое и раннем палеогене, когда на Земле господствовал «оранжерейный» тип климата с небольшими широтными температурными градиентами между экваториальной и полярными областями и отсутствием сильных ветров. Такой режим предопределял медленную стабильную циркуляцию вод в относительно теплых океанах при отсутствии психросферы и резких термоклинных барьеров в водной толще. На этот период приходится расцвет карбонатного фитопланктона. Переход к «ледниковому» типу климата и появление глобальной термогалинной циркуляции в начале раннего олигоцена явились причинами формирования выраженного термоклина и усиления циркуляции поверхностных вод. Изменения условий окружающей среды создали предпосылки для расцвета и увеличения разнообразия диатомей и, напротив, для регресса и снижения разнообразия карбонатного фитопланктона.

– Отдельно надо отметить, что материалы глубоководного бурения позволили по-новому осветить сложную проблему *эвстатики* и относительного колебания уровня Мирового океана (подробно см., например, Vail, Hardenbol, 1979; Haq et al., 1987; Hardenbol et al., 1998; Miller et al., 2020). В связи с этим надо вспомнить о широком использовании *сейсмостратиграфического метода*, который сейчас сопровождает практически все океанологические исследования по выявлению строения дна океанов и их окраин.

– Очень важно, что на основе данных глубоководного бурения появилась возможность внести коррективы в определение *ярусных границ в стратотипах* верхнего мела, палеогена и неогена, установленных в разрезах на материковых блоках, с уточнением границ стратиграфических подразделений разного ранга и возрастного положения маркеров.

– Выявлена общая картина последовательности и связи ряда биотических и абиотических *событий* в Мировом океане для последних 70–75 млн лет. Это позволяет составлять *календари* различных геологических событий, которые наглядно отражают определенные этапы природных процессов прошлого и их масштаб. Такие календари могут быть как субглобальными, так и региональными. В качестве иллюстрации субглобального календаря можно привести известную схему событий кайнозоя из работы (Zachos et al., 2001). К календарям регионального масштаба могут быть отнесены построения для позднего кайнозоя Северо-Тихоокеанского региона (А. Гладенков, 2007).

– Проект глубоководного бурения показал, что наиболее надежные стратиграфические данные можно получить только на мультидисциплинарной основе – с привлечением всех доступных методов.

По-видимому, перечень общих и частных особенностей развития морских экосистем может быть продолжен. Но при этом важно одно – все эти фактические и методические сведения, полученные при обработке материалов глубоководного бурения, уже сейчас могут быть использованы при построении региональных и межрегиональных стратиграфических схем не только мела и кайнозоя, но и всего фанерозоя в целом.

# 7. СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ КОДЕКСЫ: СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ И ИЕРАРХИЯ, ГРАНИЦЫ И КАТЕГОРИИ СТРАТОТИПОВ. СТРУКТУРА СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ СХЕМ

**7.1.** Впервые понятие «кодекс» в применении к стратиграфии было использовано, кажется, 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 возросло внимание к составлению таких кодексов. Это было связано с активизацией работ по составлению геологических карт в разных странах и серии межрегиональных карт. При этом наметились два направления деятельности по данной проблеме. Во-первых, была начата разработка *Международного стратиграфического справочника* (см. далее), для чего в 1952 г. в рамках МКС была создана специальная подкомиссия под руководством Х. Хедберга. В результате, в 1976 г. этот Справочник (под редакцией Х. Хедберга) был опубликован. В 1994 г., как говорилось выше, вышло его второе издание (под редакцией А. Сальвадора), а в 1999 г. – краткая версия этого варианта (редакторы М. Мерфи и А. Сальвадор).

Во-вторых, в 1960–70-х годах многие страны начали создавать свои *стратиграфические кодексы* в соответствии со своими традициями и национальными особенностями (сейчас они имеются более чем в 30 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 кодекс или (после 1976 г.) на международное Руководство-справочник, в которых развивались представления о множестве самостоятельных систем стратиграфической классификации (Норвегия, Израиль, Пакистан, Австралия и др.). Вторая группа сейчас численно явно преобладает.

**7.2. Стратиграфический кодекс России**. В СССР подготовка к разработке стратиграфического кодекса началась в 1950-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, а точнее в 1988 г., появился проект второго издания этого кодекса и в 1992 г. переработанный «Стратиграфический кодекс» увидел свет уже как «российский» (редакционная коллегия: А.И. Жамойда – ответственный редактор, Ю.Б. Гладенков, О.П. Ковалевский, А.И. Моисеева, А.Ю. Розанов, Б.С. Соколов). Именно этот кодекс широко использовался в геологической практике России и многих стран СНГ.

В 2006 г. осуществлено третье издание Стратиграфического кодекса России (редакционная коллегия: А.И. Жамойда – ответственный редактор, Ю.Б. Гладенков, А.Н. Олейников, Е.Л. Прозоровская, А.Ю. Розанов, С.М. Шик). При внесении ряда изменений, сокращений и дополнений в текст в данном издании была сохранена общая структура Кодекса 1992 г. Некоторые, в целом незначительные дополнения были внесены также в 2019 г.

**7.3.** 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.

**7.4.** В российском Стратиграфическом кодексе (1992, 2006, 2019) предусмотрены две группы подразделений – основные и специальные.

**Основные стратиграфические подразделения**, которые являются единицами комплексного обоснования и главными картируемыми элементами геологических карт разных масштабов, подразделяются на три категории: *общие, региональные и местные* (табл. 4).

В *общих* подразделениях выделяются в нисходящем порядке: **акротема, эонотема, эратема, система, отдел, ярус, хронозона** (о разделе, звене и ступени, которые используются в основном в четвертичной системе, см. далее).

*Таблица 4*

**Основные стратиграфические подразделения (Стратиграфический кодекс, 2019)**

| Общие | Региональные | Местные |
|---|---|---|
| Акротема<br>Эонотема<br>Эратема<br>Система<br>Отдел<br>Ярус<br>Хронозона<br>Раздел<br>Звено<br>Ступень | Горизонт<br>Слои с географическим названием | Комплекс<br>Серия<br>Свита<br>Пачка |

*Региональные* единицы включают в себя: **горизонт, слои с географическим названием**.

*Местные* подразделения делятся на **комплекс, серию, свиту, пачку.**

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) хронозона (раздел) – фаза,
8) звено – пора,
9) ступень – термохрон, криохрон (единицы 8 и 9).

**7.5. Специальные стратиграфические подразделения** являются единицами частного обоснования и устанавливаются с помощью отдельных методов. Они могут использоваться в качестве вспомогательных в дополнение к основным подразделениям, и некоторые из них могут картироваться (табл. 5).

Специальные стратиграфические подразделения включают в себя:

1 – **морфолитостратиграфические**: органогенные массивы олистростомы, клиноформы, 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;

4 – **магнитостратиграфические**: магнитозоны разного ранга;

5 – **сейсмостратиграфические**: сейсмокомплексы.

Исходя из практики, к специальным единицам можно также отнести *циклостратиграфические*, *секвенс-стратиграфические*, *экостратиграфические*, *событийные* и другие подразделения. По мнению автора, следовало бы вернуть в специальные подразделения «***литостратиграфические***» единицы, которые из последнего кодекса исчезли, но которые весьма нужны геологической практике (для использования в местных схемах). В этом случае *специальные единицы* можно было бы представить в чуть измененном виде (табл. 5а).

**7.6.** Характеристики перечисленных подразделений приведены в «Стратиграфическом кодексе» России (2006), который получил в 2019 г. небольшие дополнения. Ниже мы обратим специальное внимание только на раскрытие понятий «ярус», «горизонт» и «свита» (далее – А, Б, С), которые особенно часто используются в геокартировании

*Таблица 5*

**Специальные стратиграфические подразделения (Стратиграфический кодекс, 2019)**

| Морфолитостратиграфические | Биостратиграфические | Климатостратиграфические | Магнитостратиграфические | Сейсмостратиграфические |
|---|---|---|---|---|
| Органогенные массивы, олистостомы, клиноформы. Стратогены | Биостратиграфические зоны различных видов. Ареальные зоны. Вспомогательные подразделения (слои с фауной или флорой) | Климатолит. Стадиал | Магнитозоны разного ранга | Сейсмокоплексы |

*Таблица 5а*

**Специальные стратиграфические подразделения**

| Литостратиграфические | Биостратиграфические | Климатостратиграфические | Магнитостратиграфические | Сейсмостратиграфические |
|---|---|---|---|---|
| Толща. Пачка. Слой (пласт). Маркирующий горизонт. Органогенные массивы. Стратогены | Биостратиграфические зоны различных видов (зона распространения таксона, 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-) | Сейсмокоплекс |
| Возможное продолжение | | | | |
| Секвенс-стратиграфические | Ограниченные несогласиями | Циклостратиграфические | Экостратиграфические | Другие региональные и местные |
| Секвент | Синтема | Цикл (мега- супер- микро-) | Экозона | Рена (региональная зона). Лона (местная зона) |

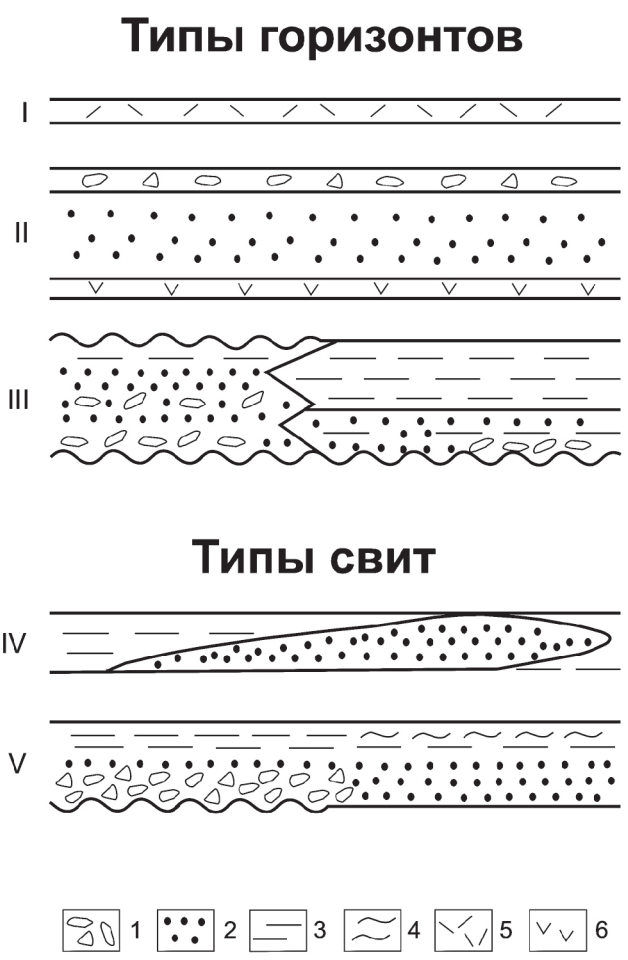
и при составлении стратиграфических схем разного масштаба.

**А. Ярус** является основной – опорной дробной единицей Общей стратиграфической шкалы, подчиненной отделу. На наш взгляд, в кодексе его формулировка не совсем полная и верная. По версии кодекса, он устанавливается *по биостратиграфическим данным*, отражающим эволюционные изменения и этапность развития органического мира, и представляет собой совокупность хронозон; ярус должен иметь стратотип. В этом определении отсутствует одна важная деталь – не подчеркнуто, что он выделяется на геоисторической основе, а не только на биостратиграфии.

Принимая это во внимание, трактовку яруса можно изменить следующим образом: **Ярус – единица Общей шкалы фанерозоя, подчиненная по рангу отделу (или подотделу). Основу его составляет приоритетно выбранное региональное подразделение конкретного бассейна (или системы бассейнов), выделяемое на основе методики *геоисторических реконструкций*. Ярус включает в себя все одновозрастные отложения независимо от их вещественного состава и палеонтологического содержания. Стратиграфический объем яруса задается его стратотипом. Состоит из хронозон** (Ганелин, Гладенков, 2018). Ниже вопрос о зонах будет рассмотрен специально (раздел 9).

**7.7. Б. Горизонт (или региоярус)** – 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), который (этап) нашел отражение в особенностях осадконакопления и в смене комплексов фауны и флоры, населявших данный участок бассейна. Горизонт может включать несколько свит (или их части), сменяющихся по разрезу и/или по латерали (рис. 2).

Однако понятие «горизонт» временами может использоваться и в других смыслах. Во-первых, горизонт очень часто применяется в *линейном*, а не объемном понятии как «маркирующий горизонт», или репер-маркер разного типа. В трактовке кодексов многих стран горизонт является *поверхностью раздела* горных пород с определенным положением в разрезе (среди таких горизонтов выделяются лито-, био-, хроногоризонты). Часто, например, именно в такой трактовке широко используется понятие «биогоризонт». Во-вторых, это понятие употребляется и для обозначения от-




▲ **Рис. 2.** Горизонты и свиты (по Гладенков, 2004).

I–III – типы горизонтов: I – маркирующий горизонт, II – горизонт между двумя маркирующими горизонтами, III – горизонт-регионрус; IV, V – типы свит: IV – свита-формация, V – хроносвита; 1–6 – породы: 1 – конгломераты, 2 – песчаники, 3 – алевролиты, 4 – диатомиты, 5 – вулканиты, 6 – туфы

ложений, заключенных *между* двумя какими-либо маркерами.

**7.8. В. Свита** – 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 (прежде всего крупного масштаба),

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. Свиты, которые в одних случаях замещают друг друга по простиранию, а в других – сменяют друг друга несимметрично и в сложном соотношении, обычно объединяются в горизонты.

**7.9. Международный стратиграфический справочник**. В этом Справочнике 1994 г. (International Stratigraphic Guide…, 1994) и его сокращенной версии 1999 г. (International Stratigraphic Guide…, 1999) предложен иной тип категорий и стратиграфических подразделений (табл. 6).

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 (синтема, секвенс). Третьим отличием является отсутствие хронозоны в официальной иерархической шкале хроностратиграфических подразделений (шкала кончается ярусом и подъярусом). Напомним, что в нашем кодексе зона (хронозона) рассматривается после яруса как наименьшая единица общих подразделений. 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. При этом ярусы считаются базисной работающей единицей и при этом определяются по стратотипам их границ со ссылкой на ТГСГ (см. ниже).

*Таблица 6*

**Стратиграфические категории и подразделения (Международный стратиграфический справочник…, 2002)**

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

**7.10.** 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 Справочник получил сейчас исключительно широкое распространение, а после публикации его сокращенного варианта (International Stratigraphic Guide..., 1999; Международный стратиграфический справочник..., 2002) он завоевал, видимо, симпатию большинства стран всех кон-

тинентов. Несмотря на различия национальных стратиграфических кодексов, геологи всего мира работают в целом сходным способом и поэтому обычно хорошо понимают друг друга. Хочется надеяться, 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, однако не следует и преуменьшать.

**7.11.** Вообще 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 50 лет назад. По его представлениям, общая схема классификации стратиграфических подразделений должна включать: 1) ***основные*** подразделения (первичные) – регионально-стратиграфические разных рангов – местные, региональные, 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.

**7.12. Две категории стратотипов – стратиграфических подразделений и их границ.**

Одним из решающих требований к установлению валидных стратиграфических подразделений являются 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 в международной практике специальное внимание уделяется «точкам глобального стратотипа границы» (**GSSP = ТГСГ**) для единиц общей шкалы. ТГСГ – 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»).

**7.13.** В российском кодексе отмечено, что стратотипы обязательны для свиты, горизонта,), яруса, хронозоны и лоны (локальной зоны). Более крупные по рангу подразделения чаще всего представлены суммой стратотипов входящих в их состав более дробных единиц. Различаются 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);

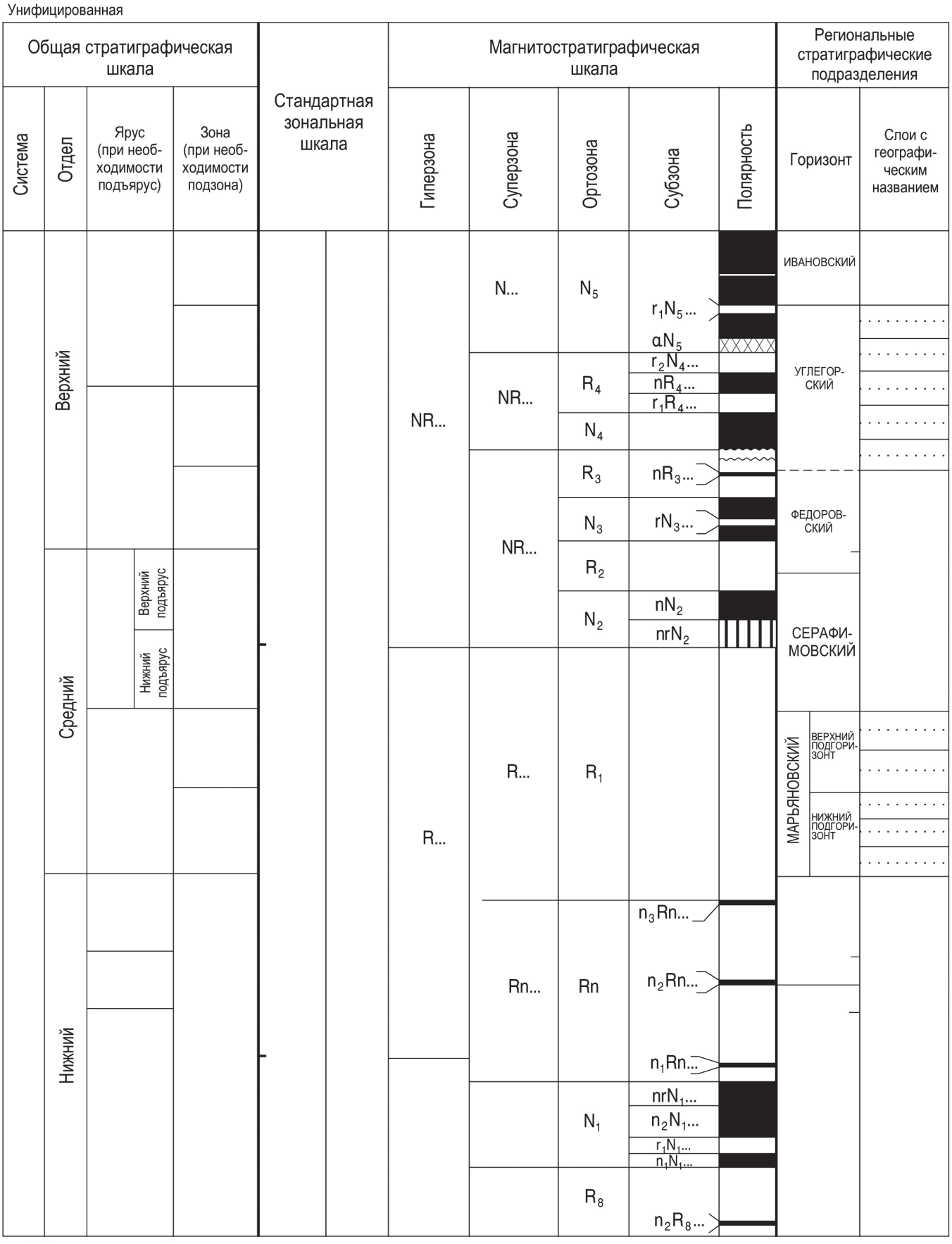
– ***гипостратотип*** (вторичный дополнительный; выбирается, если он по ряду признаков лучше первичного);

– ***парастратотип*** (дополнительный к голостратотипу).

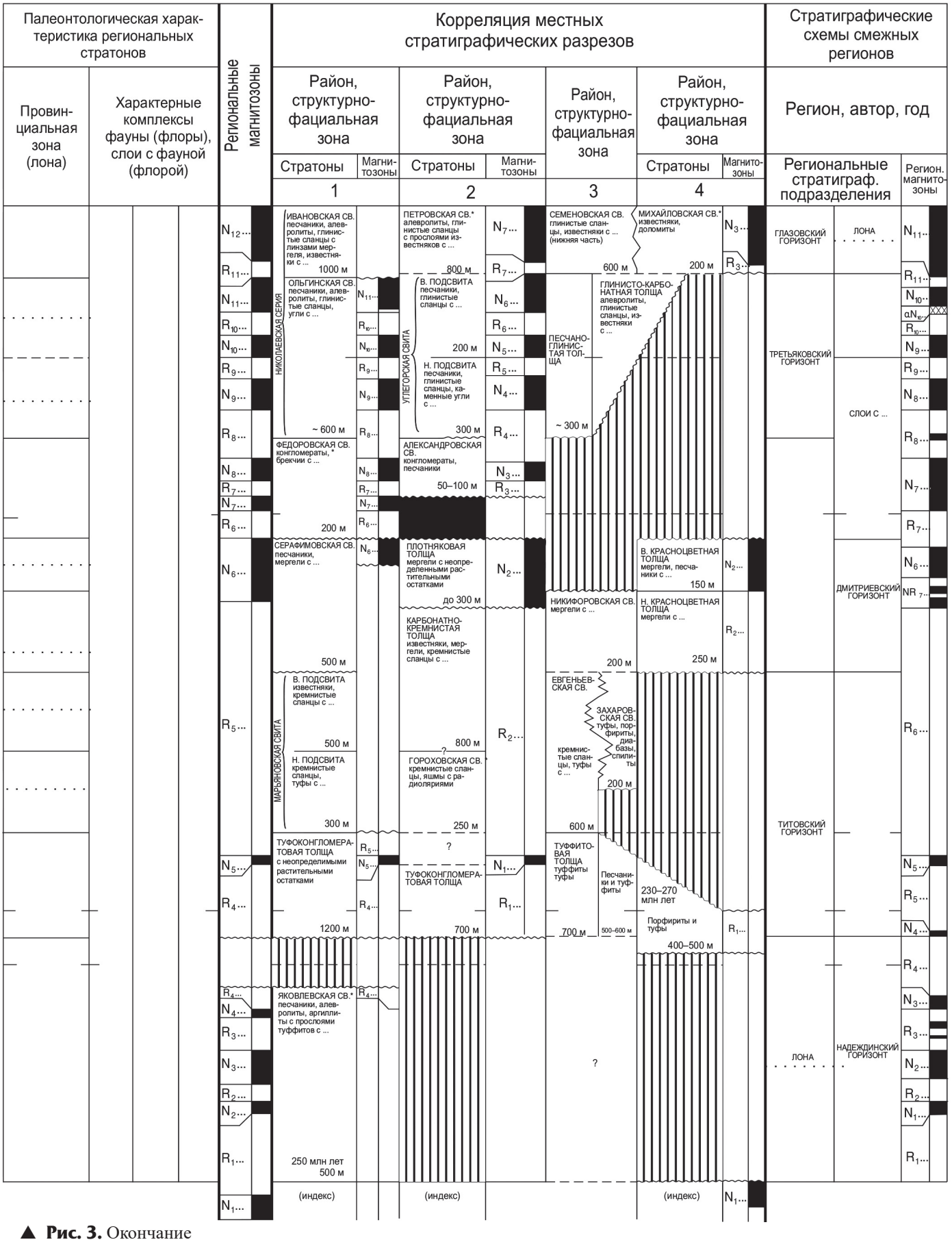
В ряде случаев выделяются *составные стратотипы* (совокупность разрезов, составляющих в сумме типовой разрез того или иного стратона), а также *ареальные стратотипы* (совокупность разрезов, расположенных в пределах стратотипической местности и обеспечивающих полноту объема данного подразделения).

**7.14.** Отдельно следует напомнить о стратиграфических схемах и их структуре. Выше уже говорилось, что стратиграфические данные находят свое отражение прежде всего в стратиграфических схемах и на геологических картах. **Стратиграфическая схема** представляет собой таблицу, в которой сведены и сопоставлены *местные и региональные* подразделения, составляющие полный или неполный разрез какого-то участка земной коры. Сводный разрез, полученный в результате корреляции частных разрезов, является основой для составления легенды осадочных и вулканогенных толщ при геологической съемке. Региональные схемы коррелируются с *общей* шкалой прежде всего на биостратиграфической основе (рис. 3). По степени унификации и обоснованности подразделений региональные схемы квалифицируются на *унифицированные*, *корреляционные* и *рабочие*. Первые из них (высшего ранга) включают а) общую шкалу, б) региональные подразделения с палеонтологической характеристикой, в) корреляцию местных разрезов, г) стратиграфические схемы со-

## РЕГИОНАЛЬНАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ СХЕМА (ВОЗРАСТ) ОТЛОЖЕНИЙ (РЕГИОН)




▲ **Рис. 3.** Макет региональной стратиграфической схемы (Стратиграфический кодекс…, 1992)




▲ **Рис. 3.** Окончание

седних районов. Корреляционные схемы в отличие от унифицированных не всегда полностью обеспечены палеонтологическими характеристиками. А рабочей считается схема, основанная на недостаточно обоснованных данных (условность возраста границ стратонов, их соотношения в разрезах и пр.). Эти схемы принимаются региональными межведомственными совещаниями и утверждаются МСК России. После этого они являются официальными документами, которые используются при геологических работах в пределах того или иного региона.

**7.15.** 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. Другие 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., Т. Гексли предложил для обозначения этого сходства термин «*гомотаксис*».

Обычно или весьма часто одинаковые ископаемые фауны и флоры разных регионов рассматриваются как геологически одновозрастные (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 вагильностью организмов или наличием препятствий и преград, мешающих расселению биоты, с влиянием на ее распространение климатической зональности или провинциальных условий. Среди преград некоторые специалисты отдельно выделяют, с одной стороны, *биологические* (отсутствие соответствующей пищи) или конкурентные отношения, с другой – *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, сейсмостратиграфические горизонты и пр.), которые в ряде случаев позволяют с большой точностью проверять корреляционные построения.

**7.16.** Выше говорилось, что в 1999 г. была опубликована сокращенная версия Международного стратиграфического справочника под редакцией М. Мерфи и А. Сальвадора ((International Stratigraphic Guide…, 1999). 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 (Ю.Б. Гладенковым и О.А. Корчагиным). Напомним, что, принимая во внимание имеющиеся возражения относительно некоторых положений Международного справочника, его авторы подчеркивают, что он предлагается только в качестве рекомендуемого подхода к стратиграфической классификации и процедуре, но не как кодекс. Но 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. В настоящее время работа в этом направлении ведется в Международной подкомиссии по классификации.

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, который успешно используется при проведении стратиграфических работ в России. Однако знакомство с ней, безусловно, полезно, 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 направлениях ее совершенствования.

**7.17.** 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. Сначала отметим положительные стороны представляемой версии Справочника. К ним относятся: лаконичность (это всегда ценится в таких документах); сохранение структуры первоосновы Справочника; доступность (в отношении 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 трактовок); раскрытие типов биостратиграфических подразделений (понятные дефиниции и наглядные рисунки по зонам); 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.

**7.18.** Не комментируя подробно вышеперечисленные положения (они понятны без специальных разъяснений), напомним, как выглядят категории и подразделения стратиграфической классификации в Справочнике. Из табл. 6 следует, что выделяются несколько стратиграфических категорий: *литостратиграфические* (с подразделениями: группа – формация – пачка – пласт, поток), *ограниченные несогласиями* (синтема или секвенс); *биостратиграфические* (биозоны: зоны распространения, интервал-зоны, зоны родословной, комплексные зоны, зоны обилия и др.); *магнитостратиграфической полярности* (зона полярности); *хроностратиграфические* (эонотема – 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 пределах разрешающей способности существующих методов временной корреляции).

Ярус признается 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).

**7.19.** 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 спорной и даже 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 «едина»* 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 на исто-

рико-геологической и палеонтологической основе, отражающей определенную этапность 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 российском кодексе предложена другая классификация (см. табл. 5, 5а) и, повторим, 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- и прочие категории. Фактически последние часто играют роль «рабочих» подразделений, многие из которых используются практикой на первых этапах изучения разрезов и позднее синтезируются при характеристике хроностратиграфических подразделений разного масштаба.

(4) Следующий вопрос – о литостратиграфии. Известно, что литостратиграфию О. Шиндевольф считал *простратиграфией,* а французские специалисты 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. Однако литологические маркеры весьма полезны при составлении местных схем и проведении крупномасштабного картирования.

(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. Специально подчеркнем, что 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. 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 в российском кодексе, и опыт ее практического использования заслуживает пристального внимания. В нем среди региональных единиц выделяются *горизонт,* или региоярус, *лона*, или местная-локальная зона, и *слои* с географическим названием. Среди местных – *комплекс, серия, свита, пачка*.

(6) Специально подчеркнем 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, палеонтологическим 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 осваивает эти зоны. Она уже активно использует их в детализации стратиграфических шкал – без них создание дробных шкал фактически невозможно. Можно привести примеры (хотя и редкие) их картирования и использования в составлении геологических карт (здесь нельзя не вспомнить, в частности, пионерный опыт В.А. Крашенинникова использования зон при геолого-съемочных работах в Сирии). Это ставит вопрос о введении хронозон в иерархическое построение в качестве частей ярусов. Хотя вопрос о подходах к выбору *стандартных или приоритетных* зон (из ряда зон по разным организмам) в разных ярусах остается не обсужденным, но его решить на основе разумной договоренности, видимо, все-таки можно, пусть и не так быстро. В российском Кодексе зона (хронозона) входит в иерархию общих подразделений и расположена ниже 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, возможно, в ряде случаев и инфразональным. Конечно, они имеют большое

значение, прежде всего для совершенствования региональных и местных шкал – для целей расчленения разрезов, например скважин, и составления крупномасштабных геологических карт. Но постепенно масштаб применения инфразональных единиц вместе с разного рода маркерами, возможно, будет увеличиваться и становиться межрегиональным и в ряде случаев даже субглобальным (Гладенков, 1995).

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

**7.20.** Выше было сказано, что определения общих стратиграфических подразделений приведены в нашем Кодексе 2006 и 2019 годов. Но в свете изложенного в конце данного раздела представляется полезным заострить внимание на некоторых из них – прежде всего на таких понятиях, как «ярус» и «зона», которые являются самыми, наверное, операбельными единицами в современной практике. При этом хотелось бы внести в эти понятия свои добавления и определить акценты.

Как известно, общие подразделения фанерозоя выше яруса (эратема, система и отдел) обычно не имеют самостоятельных стратотипов, и их стратиграфический объем определяется суммой объемов более низких по рангу подразделений. **Ярус** с этой точки зрения является особенной категорией. Он как единица Общей стратиграфической шкалы подчинен отделу или подотделу. В нашем понимании **основу яруса составляет приоритетно выбранное региональное подразделение конкретного района (бассейна или системы бассейнов), выделяемое на базе комплексной методики геоисторических реконструкций** (Ганелин, Гладенков, 2018). Полное определение яруса приведено выше. Но здесь хочется еще раз подчеркнуть его *историко-геологическое основание*. На этом фоне должно рассматриваться и понятие «зона». В связи с этим и определение зоны может быть дано с учетом определения яруса.

**Зона («хронозона») как подразделение Общей шкалы в роли элементарной единицы подчинена ярусу. Ее основу составляет наименьшее по стратиграфическому объему региональное подразделение в типовой области распространения яруса. Она характеризуется сообществом ископаемых, свойственных лишь данному стратиграфическому интервалу. Зона включает все одновозрастные подразделения независимо от их пространственного распространения и палеонтологической характеристики. Она должна иметь стратотип.** Фактически зона является геоисторическим комплексом отложений с характерной свойственной ему биотой. Видимо, именно в такой трактовке следует понимать *«оппель-зону»*, которую впервые стал выделять еще в 50-х годах прошлого века Д.Л. Степанов (1958). По нашему мнению (Гладенков, 1991), по масштабу применения зоны можно было бы делить на *субглобальные*, *региональные* (рены) и *местные* (лоны) (подробно о зонах см. раздел 8).

Приводя эти формулировки, автор хочет опять подчеркнуть, что при выделении общих стратонов проявляется прежде всего геоисторический подход. И при этом нельзя забывать, что *специальные* подразделения не должны подменять в Общей шкале *основные* единицы. Именно на это обращал внимание Б.С. Соколов (1986а), когда указывал на ошибочность распространенных попыток приписывания роли *основного* зонального подразделения *биостратиграфической* зоне. Биозональные последовательности по отдельным группам представляют собой множество *самостоятельных* шкал, которые не подчинены ярусным шкалам.

**7.21.** Основной **результат 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 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 должно уделяться и вопросам, связанным с рассмотре-

нием истории «ископаемых» биосфер и экосистем прошлого, как и проявлений различных геологических процессов. Поэтому не случайно, что стратиграфия сейчас не ограничивается проблемами 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 другого, мировоззренческого уровня – *расшифровке естественной этапности геологического развития Земли*, *тренда и последовательности геологических событий разного масштаба*.

**7.22.** 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 в образовании молодого поколения 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.

# 8. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ СТРАТИГРАФИИ, ИХ ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ. ОСОБАЯ РОЛЬ БИОСТРАТИГРАФИИ

**8.1.** В настоящее время можно насчитать более 15 методов стратиграфического расчленения и корреляции. Среди них:

1) биостратиграфический (Г, Р),
2) литостратиграфический (Р),
3) тефростратиграфический (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) хемостратиграфический (Р),
13) импактно-стратиграфический (Р),
14) количественный (Р),
15) экостратиграфический (Г, Р),
16) событийно-стратиграфический (Г, Р),
17) климато-стратиграфический (Г, Р)

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

**8.2.** 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, методы 1, 5, 7, 8, 9, 16, 17), другая часть – в основном в *региональном масштабе* (методы 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 и, 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 связаны 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-, климато- и другим стратиграфиям). Действительно, различные кривые, которые строятся на данных хемо-, секвенс-, климато- и других стратиграфий, по своему типу являются сходными с таковыми каротажа, отличаясь от них своей спецификой и масштабом проявления.

Обо всех названных методах подробно можно узнать в ряде специальных публикаций (например, Практическая стратиграфия,1984; Количественная стратиграфическая корреляция, 1985; Gradstein, 2020). Ниже мы коснемся лишь некоторых их них, наиболее часто используемых в геологической практике, обратив особое внимание на важнейшие. При этом о биостратиграфии и экостратиграфии будет сказано в конце раздела.

**8.3. Литологический метод**. При выделении стратиграфических подразделений, картируемых при средне-крупномасштабной геологической съемке, литологические критерии являются часто весьма важными. К этим критериям относятся изменения в осадочных толщах петрографических типов пород и их минеральных особенностей, как и характера слоистости и различных текстурных параметров. При серьезных исследованиях анализ палеонтологических 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 и 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 изохронного типа, то литостратиграфические тела часто бывают линзоподобными, т.е. с неровными диахронными границами (крайним случаем могут служить границы органогенных массивов). 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,
– кокколит-керогеновые слои,
– черносланцевые слои,
– турбидиты,
– инундиты (отложения сильных наводнений),
– темпеститы (штормовые слои),
– тайдалиты (отложения высоких приливов),
– гомогениты,
– унифиты (гомогенные алевропелиты),
– сейсмиты,
– 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 (Исландия, Камчатка), но в целом пока играет вспомогательную роль.

**8.4. Седименто-циклостратиграфический 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 $1.5\text{-}10^8$ 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 телеконнексией разрезов.

В принципе, разновидностями этого метода можно считать секвенс-стратиграфический, астростратиграфический и климатостратиграфический методы. В последнее время много внимания стало уделяться 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). В последние годы особенно активно этот метод пропагандирует Ф. Хилген (Hilgen et al., 1995, 2006, 2020), который уже сделал попытку создать «астростратиграфическую» шкалу с выделением дробных климатических циклов для всего кайнозоя.

**8.5. Сейсмостратиграфия и секвентная стратиграфия**. Быстрый прогресс в цифровой обработке сейсмических материалов позволил в 1970-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 сейсмических 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; Гладенков и др., 1984; Гладенков, Шлезингер, 2001).

**8.6.** 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 или используется с трудом.

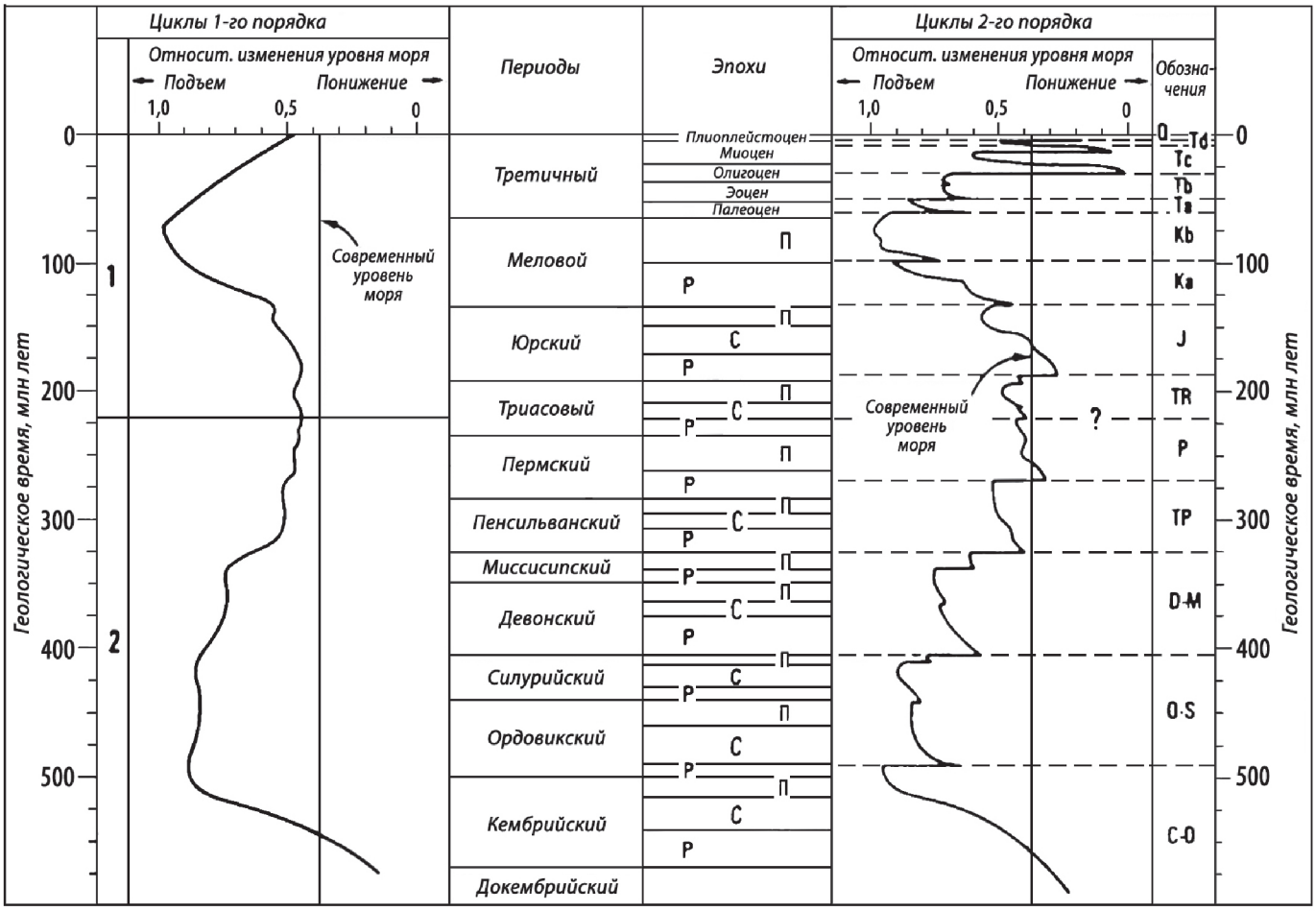
Важно помнить, что в принципе точность привязки сейсмических отражений к конкретным геологическим границам зависит от длины волны и, следовательно, определяется частотным спектром, что прямо связано с качеством используемой техники. Кроме того, с глубиной качество сейсмических материалов (характер сейсмических записей, их детальность и пр.) падает, что затрудняет сравнение разных частей – более высоко- и относительно низкочастотных сейсмических профилей.

**8.7.** 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 слоев (и соответствующих отражений) и древнее покрывающих слоев. Данное положение лежит в основе сейсмостратиграфического анализа. Временные сейсмические разрезы могут содержать, помимо отражений, связанных с воз-

растными напластованиями и поверхностями несогласий, сейсмические границы, которые приурочены к разделам, 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.

**8.8.** Рисунок сейсмической записи позволяет в ряде случаев 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).

**8.9.** 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 *сейсмоэтаж*. Он охватывает крупные части осадочного чехла с возрастным интервалом до первых сотен миллионов лет и толщиной до нескольких километров. В кровле




▲ **Рис. 4.** Глобальные циклы относительных изменений уровня моря первого и второго порядка в течение фанерозоя (Vail et al., 1977).

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

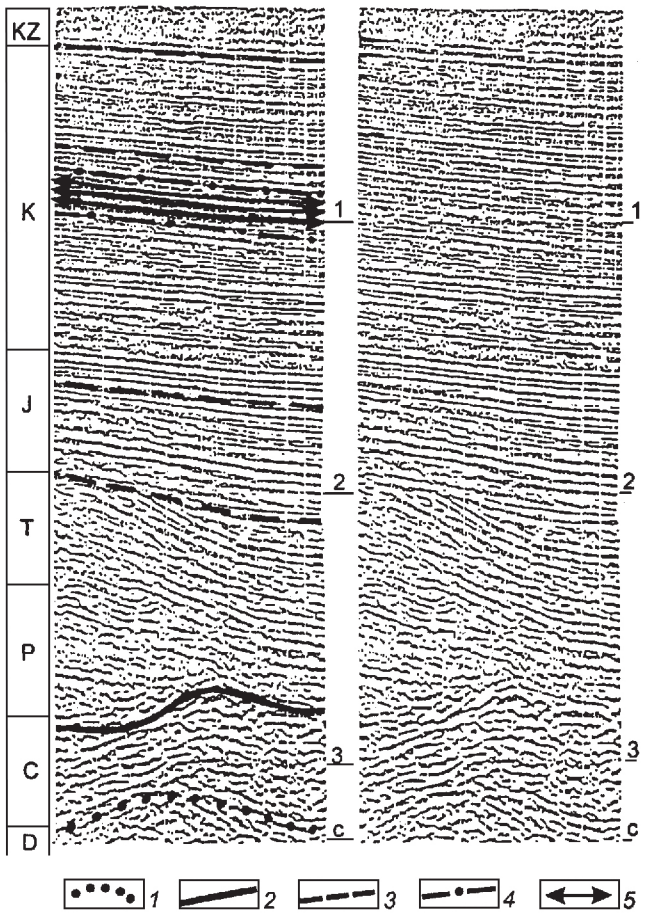
и подошве его обычно ограничивают поверхности угловых несогласий. Сейсмоэтаж отличается единством структурного плана и обычно включает в себя несколько сейсмокомплексов.

*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. лет – 1 млн лет) порядков. В наши дни создана глобальная шкала геологического времени, основанная на выделении эвстатических циклов колебаний уровня моря в истории Земли (она включает циклы первого, второго и до 80 циклов третьего порядка) (рис. 4). 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 (рис. 5).

Более дробная возрастная единица сейсмостратиграфии – *сейсмоансамбль* (сейсмопакет). Он представляет собой часть сейсмокомплекса, ограниченного 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. 5.** Возрастные сейсмостратиграфические единицы разреза осадочного чехла (Шлезингер, 1998).

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

**8.10.** 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 неантиклинальных ловушек углеводородов. Сейсмокванты имеют тенденцию к схождению или рас-

хождению, 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 большое значение при определении объемов тех или иных тел имеет установление кровельного и подошвенного прилеганий.

**8.11.** Возрастные стратиграфические единицы осадочного чехла выделяются по данной фазовой корреляции отражающих горизонтов. Она осуществляется 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.

**8.12.** Вышеизложенное указывает на большие возможности в использовании в стратиграфических исследованиях сейсмостратиграфического метода, 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, устанавливать 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.

**8.13.** В середине 1980-х годов широко вошла в научные и практические исследования осадочных бассейнов *секвентная стратиграфия*, или секвенс-стратиграфия. Как новое направление геологических исследований она связана с именем П. Вейла (Vail et al., 1977). 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, 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.

**8.14.** 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 *мегасеквенты*, 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, трансгресивный тракт и тракт высокого стояния моря.

**8.15.** 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. Особенно это относится к тектонически активным регионам. 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*», и секвенции, происхождение которых действительно связано с эвстатикой, называть, по мнению Ю.А. Воложа, «*вейлитами*» (по имени П. Вейла). 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 «направленности» (трансгрессивной или регрессивной) тех или иных секвентов, но и в ряде случаев резкие различия. Иллюстрацией этого могут служить широко известные построения, с одной стороны, Б. Хэка и др. (Haq et al., 1987), а с другой – Я. Харденбола и др. (Hardenbol et al., 1998) (рис. 6).

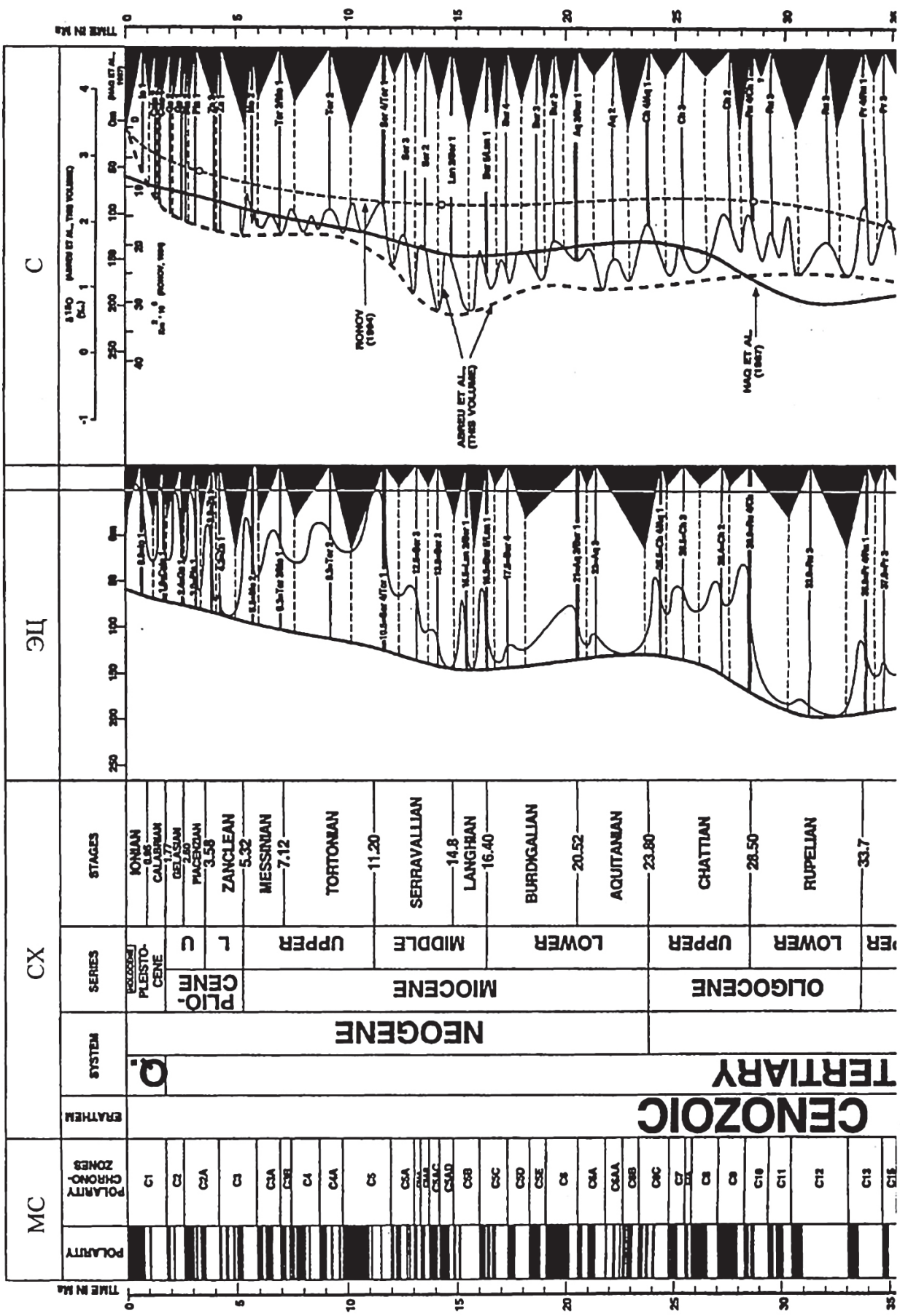
Другими словами, подобные схемы нуждаются еще в дополнительном обосновании. Однако отрицать их привлекательность как одного из приемов расшифровки характера колебаний относительного уровня моря было бы неправильно. Дело, видимо, в том, чтобы избавить геологические реконструкции данного типа от конъюнктурных подгонок и некорректных толкований соответствующих терминов.

Надо отметить, что в Толковом словаре английских геологических терминов приведены шесть толкований термина «секвенс». Сейчас многие забывают, что Л. Слосс (Sloss, 1963) ввел это понятие в 1949 г. для обозначения стратиграфических единиц с несогласными субаэральными границами. В настоящее время термин «несогласие» часто понимается не как налегание осадочных толщ на дислоцированный складчатый комплекс, а как прибрежное эрозионное несогласие в понимании П. Вейла (Vail et al., 1977).

**8.16. 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 выделении исходят из представления о дипольном состоянии палеомагнитного поля. ***Магнитополярные подразделения*** по своей природе являются *планетарно изохронными*. Однако они часто обладают слабой индивидуальностью и для своего «опознания» нуждаются в дополнительных данных биостратиграфии и изотопного метода.

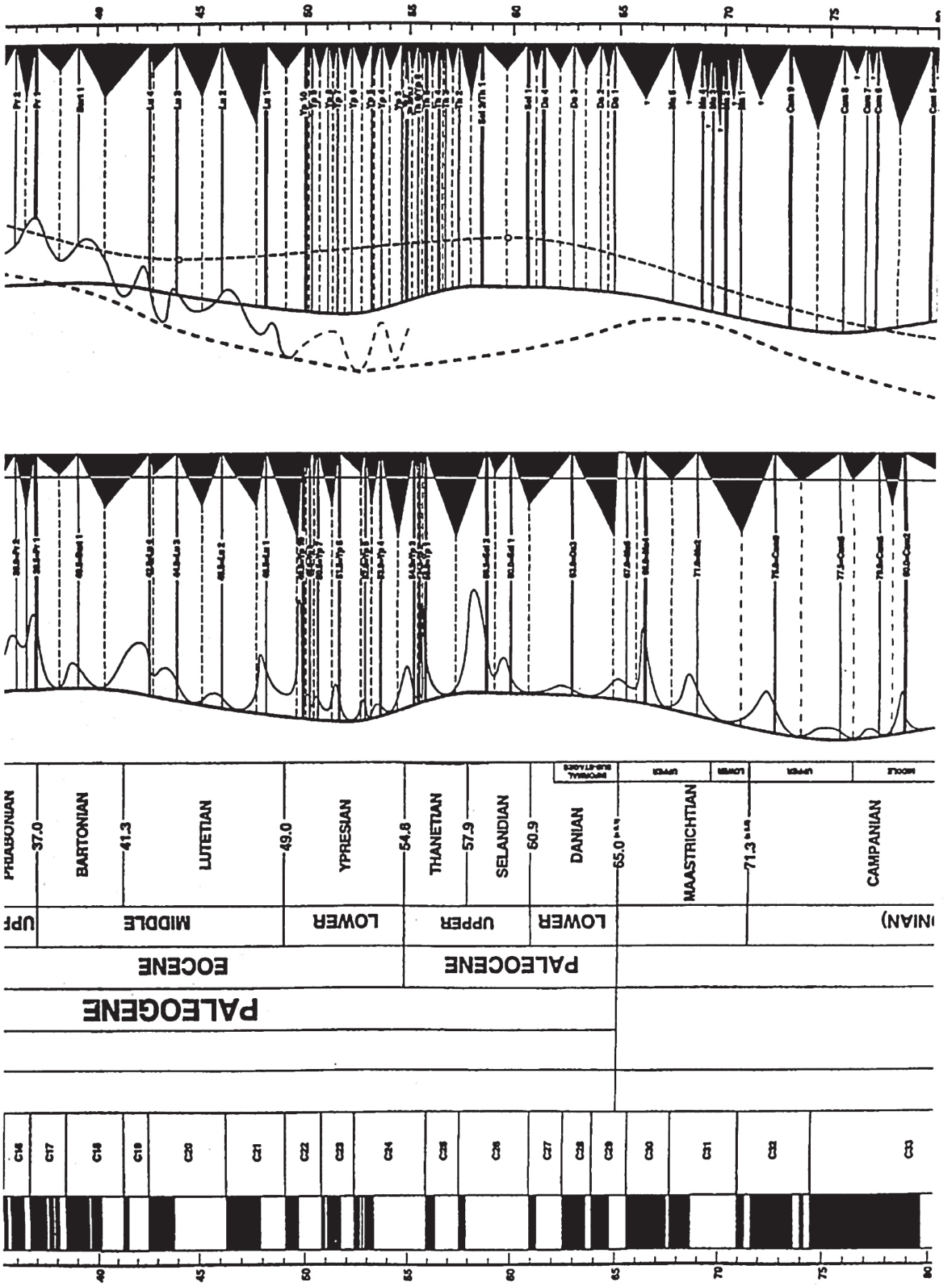
Таксономическая шкала общих магнитополярных подразделений состоит из мега-, гипер-, супер-, орто-, суб- и микрозон (с приблизительной их длительностью от 100 млн лет до 0.5 и менее млн лет). Путем сопоставления опорных магнитостратиграфических разрезов строятся магнитостратиграфические шкалы полярности – глобальные и региональные (табл. 7).

**8.17.** В практике геологических работ давно используется **метод каротажа**. Под каротажем 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




▼ **Рис. 6.** Секвенсы кайнозойского разреза европейских бассейнов (Hardenbol et al., 1998).

МС – магнитостратиграфия; СХ – стандартная хроностратиграфия; ЭЦ – эвстатические циклы; С – трансгрессии на континентах и усредненные длинно- и короткофокусные изотопные кривые секвенсы разного порядка внутри эвстатических циклов




▲ **Рис. 6.** Окончание

*Таблица 7*

**Таксономическая шкала магнитополярных подразделений (по Стратиграфический кодекс ..., 2006)**

| Магнитополярные подразделения | Магнитохронологические подразделения (млн лет) |
|---|---|
| Мегазона | Мегахрон (более 100) |
| Гиперзона | Гиперхрон (100–30) |
| Супезона | Суперхрон (30–5) |
| Ортозона | Ортохрон (5–0.5) |
| Субзона | Субхрон (0.5–0.01) |
| Микрозона | Микрохрон (менее 0.01) |

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, хотя для сопоставлений разрезов отдельных скважин (прежде всего платформ) он весьма полезен. 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.

**8.18. Геохимический метод.** Он базируется на выявлении в разрезах повышенных или пониженных *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.

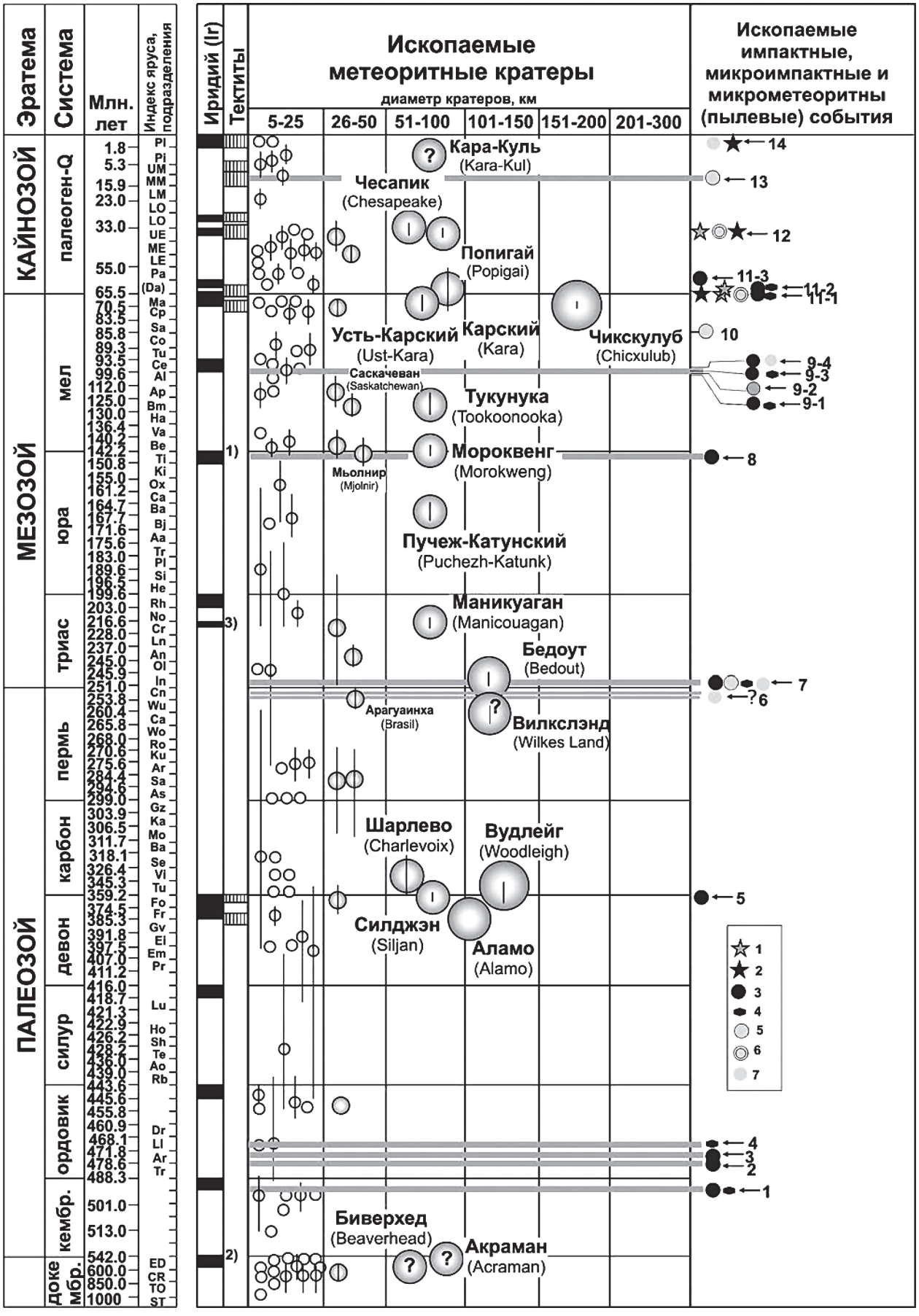
К новым принадлежит и **импактно-стратиграфический метод**. Он основан на выявлении в отдельных слоях *скоплений химических элементов платиновой группы* или платиноидов (например, иридия), а также тектитов и других образований, которые связываются с падением на Землю небесных тел (прежде всего метеоритов) 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 (рис. 7).

**8.19. 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 химиче-*

▶ **Рис. 7.** Импакт-стратиграфическая шкала фанерозоя: последовательность импактных и микрометеоритных событий (из Корчагин, 2013).

1 – Ni-шпинель, 2 – ударные микроалмазы, 3 – $\alpha^{(Mt)}$, 4 – $\beta^{(Fe, Ni, Cr)}$, 5 – микротектиты S-типа, 6 – тектиты S-типа, 7 – CMMs (высокоуглеродистые микросферы (эндофуллерены). Метеоритные кратеры и их возраст приведены по данным (Montanari, Koeberi, 2002; Keller, 2008) с дополнениями автора; иридиевые аномалии и находки тектитов по данным Keller (2008), ископаемые импактные, микроимпактные и микрометеоритные события поданным автора. Размер кругов отражает диаметр кратеров, вертикальная линия на кругах – диапазон определения их возраста

→


Эратема
Система
Млн. лет
Индекс яруса, подразделения
КАЙНОЗОЙ
МЕЗОЗОЙ
ПАЛЕОЗОЙ
палеоген-Q
мел
юра
триас
пермь
карбон
девон
силур
ордовик
кембр.
докембр.
Иридий (Ir)
Тектиты
Ископаемые метеоритные кратеры
диаметр кратеров, км
5-25
26-50
51-100
101-150
151-200
201-300
Ископаемые импактные, микроимпактные и микрометеоритны (пылевые) события
Кара-Куль
(Kara-Kul)
Чесапик
(Chesapeake)
Попигай
(Popigai)
Усть-Карский
(Ust-Kara)
Карский
(Kara)
Чикскулуб
(Chicxulub)
Саскачеван
(Saskatchewan)
Тукунука
(Tookoonooka)
Мороквенг
(Morokweng)
Мьолнир
(Mjolnir)
Пучеж-Катунский
(Puchezh-Katunk)
Маникуаган
(Manicouagan)
Бедоут
(Bedout)
Арагуаинха
(Brasil)
Вилкслэнд
(Wilkes Land)
Шарлево
(Charlevoix)
Вудлейг
(Woodleigh)
Силджэн
(Siljan)
Аламо
(Alamo)
Биверхед
(Beaverhead)
Акраман
(Acraman)

*ских элементов* при условии, что скорость его за все время существования Земли оставалась постоянной, специфичной для каждого элемента. Измерение возраста пород проводится по содержанию в породах и минералах материнских и дочерних продуктов радиоактивного распада. Для определения возраста используются обычно несколько типов 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.

К сказанному выше следует специально добавить, что в настоящее время при исследовании керна из глубоководных скважин, помимо биостратиграфического и магнитостратиграфического методов, а также изучения изменения изотопного состава кислорода ($\delta^{18}O$) и углерода ($\delta^{13}C$), для геологических и палеоклиматических реконструкций, как и определения возраста пород в той или иной мере начинают использоваться и другие методы и подходы (стронциевая изотопная, осмиевая изотопная, серная изотопная стратиграфии, радиоизотопная геохронология, $TEX_{86}$ и пр.). Возможно, часть из них пока не имеет определяющего и масштабного значения, но их роль постоянно растет, поэтому упомянуть их следует. В частности, все больше получает развитие *стронциевая изотопная хемостратиграфия* (основанная на изучении вариаций $^{87}Sr/^{86}Sr$), которая в ряде случаев помогает совершенствовать стратиграфические схемы, их корреляции и палеогеографические модели. Так, изучение образцов кайнозойских карбонатных отложений (прежде всего неогеновых) из разных частей Мирового океана выявило одинаковое отношение $^{87}Sr/^{86}Sr$ в одновозрастных осадках, что позволяет использовать Sr-изотопную характеристику как средство корреляции (DePaolo, Ingram, 1985; Koepnick et al., 1985; Hodell et al., 1989; Farell et al., 1995, и др.). А поскольку отношение $^{87}Sr/^{86}Sr$ в кайнозое неуклонно повышалось, высокий градиент этого отношения позволяет различать возраст морских отложений с точностью до яруса и даже дробнее (Кузнецов и др., 2018). Но подробная характеристика разных методов не входит в нашу задачу, и мы отсылаем читателя к соответствующим сводкам последних лет (например, см. McArthur et al., 2001, 2020).

**8.20. Климато-стратиграфический метод.** Используется для стратиграфического расчленения местной, межрегиональной и даже глобальной корреляции осадочных толщ. Фактически климатостратиграфия – это системный подход, базирующийся на использовании разных методов (лито-, палеонтолого-, изотопно- и прочих стратиграфических). Выделение крупных (млн лет) или мелких (тыс. лет) климатических ритмов в разрезах (обычно в диапазоне от 200–300 млн лет до года) является основой для их 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 в ряде случаев и для детализации расчленения ярусов фанерозоя (прежде всего неогена).

В Стратиграфическом кодексе 1992 и 2006 гг. климатостратиграфические единицы (климатолиты, стадиалы) 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 квартера, 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, плювиал). *Ступень* – это комплексы пород, сформировавшиеся во время субглобального похолодания или потепления. Эти подразделения могут использоваться в аркто-бореальных областях и в связи с этим являются фактически региональными.

В последние десятилетия на базе сопряженного использования изотопно-кислородной и палеомагнитной методик разрабатывается достаточно дробная шкала изотопных «ярусов». Она особенно успешно применяется для квартера и верхов неогена.

**8.21. 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 1970-е годы термин «событийная стратиграфия» использовал Д. 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 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.

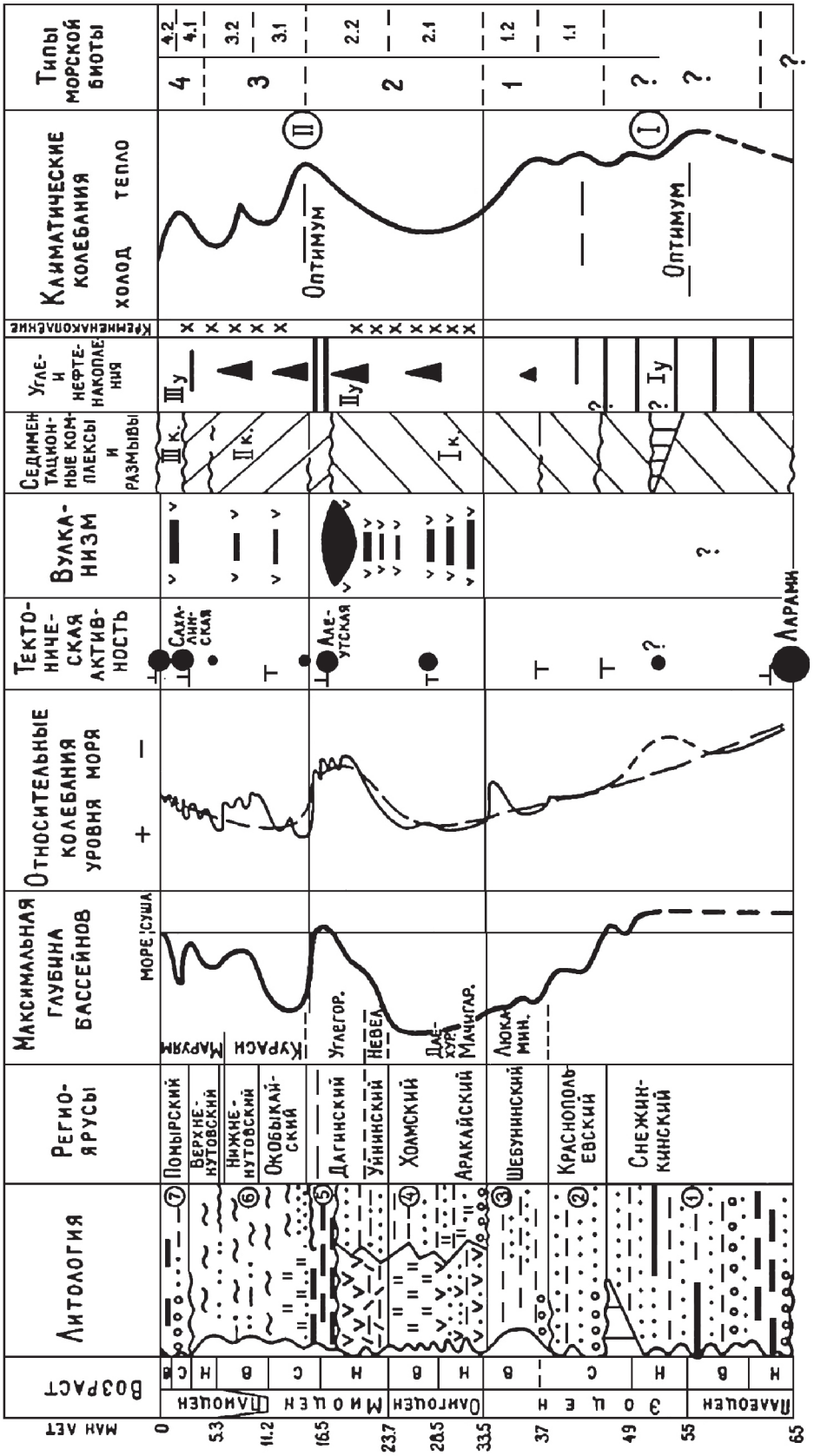
Выявленные последовательности глобальных событийных уровней фанерозоя часто называют «*событийно-стратиграфической шкалой*». Сейчас в фанерозое насчитываются до 900 разных субглобальных событий. Событийные шкалы, или «*календари геологических событий*», активно строятся сейчас и для отдельных регионов и бассейнов. На рис. 8 отражена в качестве примера корреляция разных событий кайнозоя Сахалина (см. ниже).

Вместе с тем в широком смысле вся стратиграфия является «событийной». И наверное, можно выделить не только кратковременные, но и средние и крупные (по продолжительности) события – этапы, которые и находят свое отражение в региональных и общих стратиграфических схемах и шкалах. В этом отношении такая стратиграфия практически смыкается с экостратиграфией.

**8.22. 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* (Соколов, 1986а). 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: в 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 (прямо или косвенно) историей развития древних оболочек Земли. Именно это дает ей возможность




▲ **Рис. 8.** Корреляция геологических событий кайнозоя Сахалина (Гладенков, 2001).

1 – этапы кремненакопления; 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

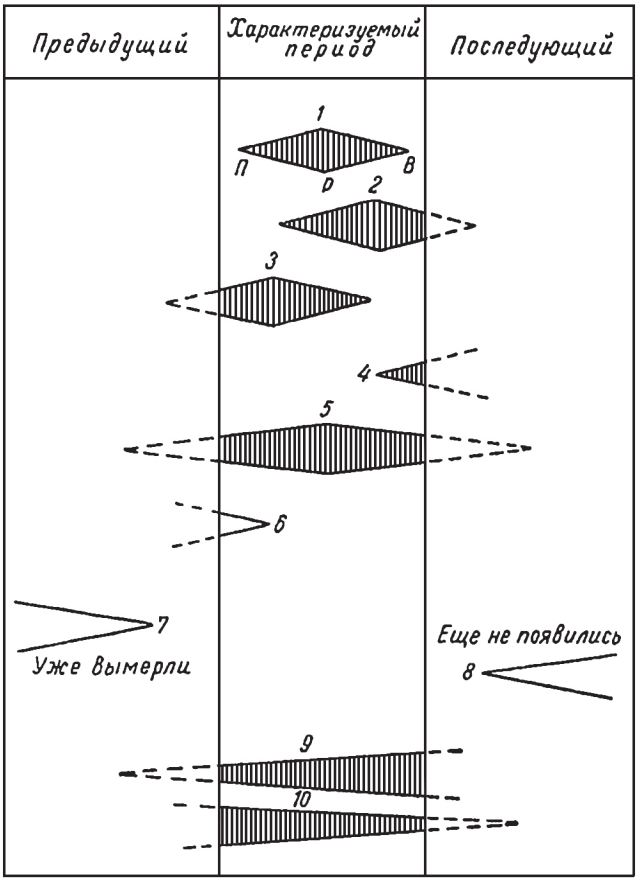
на геоисторической основе выделять стратиграфические единицы разного типа. И с этой точки зрения термин «экостратиграфия», может быть, и излишен.

Остается добавить, что *палеоэкология* в том узком смысле, который придавался ей в связи с изучением 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.

**8.23. Палеогидрологический метод** можно считать частным случаем экостратиграфического и в определенной мере событийного метода. Он был предложен в 1940–50-х годах Б.П. Жижченко (1948) при разработке стратиграфии отложений полузамкнутых 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 солености, 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.

**8.24. Биостратиграфический метод как основной метод стратиграфии.** Этот метод опирается на изучение палеонтологических остатков в рамках одного из основных положений эволюционной теории – *необратимости эволюции органического мира*. Это обеспечивает главное преимущество данного метода перед другими – неповторимость в историческом развитии организмов. Есть и другое преимущество – широкое пространственное распространение многих организмов и их комплексов, что допускает масштабную 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 стратиграфические единицы разного типа.

**8.25.** Анализ фаунистических и флористических комплексов в конкретных разрезах начинается с выделения в слоях таксонов разных категорий.




▲ **Рис. 9.** 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 «транзитные»)

Прежде всего в этих слоях выделяются *руководящие*, *характерные*, *исчезающие*, *появляющиеся* и *транзитные* формы (рис. 9). По количественному признаку среди них отмечаются *доминирующие* (массовые) и редкие таксоны. Нельзя сказать, что определения этих понятий общеприняты и что они вообще исчерпывающе точно сформулированы. Тем не менее можно дать каждому из терминов определенное толкование и использовать их в своей практике.

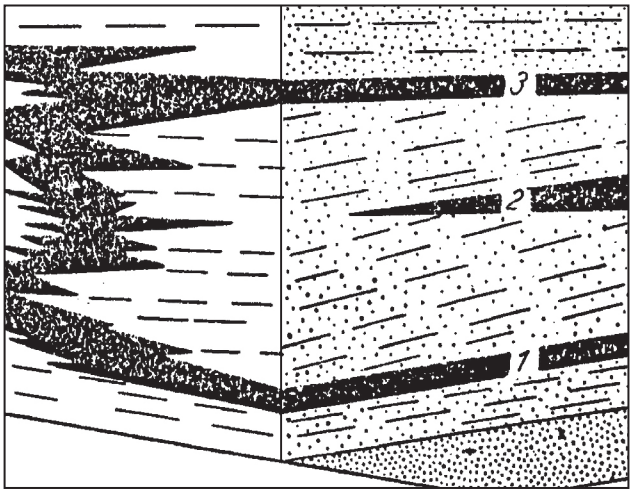
*Руководящие* формы – это таксоны, которые присутствуют в данном стратиграфическом подразделении и не переходят в подстилающие и покрывающие отложения. Обычно они имеют узкий возрастной интервал и широкое географическое распространение. Однако в конкретном разрезе к руководящим видам могут быть отнесены и формы местного значения. В близком смысле выделяются 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.*




▲ **Рис. 10.** Связь появления рекуррентных комплексов фауны с миграцией фаций (Мур, 1948; цит. по: Степанов, 1958)

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*. При этом в одних случаях отмечаются *суперститовые* (или *реликтовые*) формы, а в других – *колониальные* 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. В качестве иллюстрации на рис. 10 показаны слои, содержащие ископаемые, в двух плоскостях, которые пересекаются 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.

**8.26.** 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 в экологических группировках, и других чертах, данные о которых бывают чрезвычайно важными для стратиграфии.

**8.27.** При анализе комплексов в разрезе мы можем иметь их смену, 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 выяснять, 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 и палеокомплексов, их появление или исчезновение на определенных уровнях, (2) смена доминирующих групп, (3) ароморфные изменения отдельных таксонов и др. (см. ниже).

**8.28.** Разные палеонтологические группы имеют различное значение для расчленения и корреляций разрезов. В последнее время особую роль стали играть *планктонные* сообщества (в особенности микрофоссилии), которые на зональной основе плодотворно используются в нынешней практике для широких глобальных и межрегиональных корреляций (в частности, сравнительно глубоководных толщ). Вместе с тем *бентосные группы* до сих пор остаются опорными при расчленении относительно мелководных древних отложений в пределах отдельных регионов, обеспечивая достаточно дробную зональность местного, 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).

Отдельно стоит проблема корреляций морских и континентальных образований, которая всегда наталкивается на многие трудности. Здесь важную «трансмиссионнную» (переходную) роль играют биосообщества экотонных зон (обычно с клиноформными чередованиями разнофациальных отложений и соответствующей им биотой). Понятно, что при таких корреляциях всегда полезно использовать также палинологические данные (Меннер, 1962).

**8.29.** Если сделать общий вывод из анализа реального значения разных палеонтологических групп, то следует сказать, что наибольшего эффекта 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). При этом специально подчеркнем, что при всех новациях в стратиграфии, относящихся к появлению новых методов и приемов, роль главного инструмента сейчас, как и раньше, принадлежит *биостратиграфии*. Имеющиеся в некоторых публикациях попытки показать, что в кайнозое эта роль переходит к физическим и другим методам основаны, видимо, на увлечении ими или неполном знании предмета.

**8.30.** 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 при детальном изучении разрезов. В-четвертых, определение возраста отдельных слоев может натолкнуться на трудности, связанные с наличием в этих слоях *переотложенных ископаемых* (например, наличие в мезозойских отложениях «перемытых» 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, смещение водных масс и т.д. и т.п. (см., например,

рисунки в разделе 10, на которых нашли отражение некоторые палеогеновые и неогеновые события в Камчатском регионе – трансгрессии, климатические потепления и др.).

**8.31.** В последние годы для оценки характера сменяемости палеонтологических сообществ в разрезах, которая связана с эволюционным процессом, используются специальные показатели, например, скорости диверсификации и изменения таксономического состава. ***Скорость диверсификации*** – это разность скоростей формообразования (1) и вымирания (2). ***Скорость изменения таксономического состава*** – это сумма скоростей формообразования (1) и вымирания (2). Использование этих показателей представляется полезным и наглядным, особенно при сравнении древних сообществ разных районов.

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.

# 9. ЗОНАЛЬНАЯ СТРАТИГРАФИЯ И ЕЕ ПРОБЛЕМЫ. КОНЦЕПЦИЯ «ЗОЛОТЫХ ГВОЗДЕЙ»

**9.1.** Биостратиграфия была и остается самым важным (прежде всего для фанерозоя) методом в стратиграфическом расчленении и корреляции древних толщ. Она опирается на анализ обнаруженных в них ископаемых остатков организмов, т.е. на палеонтологические данные. Как говорилось выше, в основе метода лежат необратимость эволюции органического мира и 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.

Данный метод включает в себя изучение последовательности распределения остатков во вмещающих толщах, выявление закономерностей сочетания разных таксонов в комплексах и установление характера изменения этих комплексов по латерали. На этой основе собственно и выделяются биостратиграфические единицы разного типа. *Биостратиграфические подразделения* в широком смысле – это совокупности пород, границы между которыми определяются как по эволюционным изменениям таксонов или комплексов, так и по смене экологических группировок.

**9.2.** 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 др.). 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 часто массу времени, а иногда и всю жизнь). Но чтобы получать действительно корректные стратиграфические выводы, желательно осуществлять полный анализ всех встреченных в разрезах ископаемых комплексов. 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).

**9.3.** Одним из важных направлений биостратиграфии является *зональная стратиграфия*. 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). С помощью зон геологическая практика получила инструмент для расчленения древних толщ фантастической детальности: средняя продолжительность зон в палеозое не более 2.6, в мезозое – 1.0 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, возможно, парадокс нашей действительности), они в ранге «биостратиграфических» категорий 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.

**9.4.** Появление термина «зона» в стратиграфии связано с именами А. д'Орбиньи и А. Оппеля. А. 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.* А. Оппель в конце 50-х годов того же столетия выделил в ярусах юрской системы Европы подразделения под названием «зоны» (всего 33), основываясь на сменяемости ископаемых комплексов в древних толщах. Хотя до публикации известной работы Ч. Дарвина «Происхождение видов…» в 1859 г. (Darwin, 1859) оставалось несколько лет, можно сказать, что в зонах А. Оппеля идея эволюционного развития биоты уже нашла свое выражение. В дальнейшем разные аспекты зонального расчленения освещались В. Ваагеном, С. Букманом, Х. Фребольдом и др.

В 30-х годах XX в. при проведении нефтепоисковых работ значительных успехов достигла микропалеонтология. Именно тогда на ее основе появились примеры детального расчленения разрезов и в ряде случаев были использованы биостратиграфические зоны и слои. 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 масштаба (среди иностранных авторов У. Аркелл, К. Тейхерт, Д. Сигаль, Т. Миллер, Г. Болли, О. Шиндевольф и др., у нас – Б.М. Келлер, Д.М. Раузер-Черноусова, Д.Л. Степанов, В.В. Меннер, В.И. Бодылевский, Г.Я. Крымгольц, Н.Н. Субботина и др.). Одной из самых ярких работ того времени являлась статья на эту тему Д.М. Раузер-Черноусовой (1967).

Второй зональный бум начался в конце 60-х годов XX в. с бурением в океанах, когда воочию удалось показать возможность выделения реальных зональных подразделений мезозоя и кайнозоя на громадных площадях Мирового океана (работы В. Бергрена, Н. Хорнибрука, Е. Мартини, Д. Бакри, Д. Кеннета, В.А. Крашенинникова и др.). В 1970-е годы появились серьезные обобщения по вопросам зональной стратиграфии (О. Шиндевольфа и др.). В 1976 г. в «Международном стратиграфическом руководстве» Х. Хедбергом была предпринята попытка ранжирования зон.

В 1980–90-х годах зональной теме было посвящено значительное число публикаций. Одни из них (например, ряд статей 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 2006) и во втором Международном стратиграфическом руководстве (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, 1991, 2004). Ниже освещаются шесть проблем, которые являются ключевыми при анализе зональных категорий (табл. 8). Эти проблемы обозначены здесь кратко, поскольку подробно они отражены во многих публикациях (например, Степанов, Месежников,

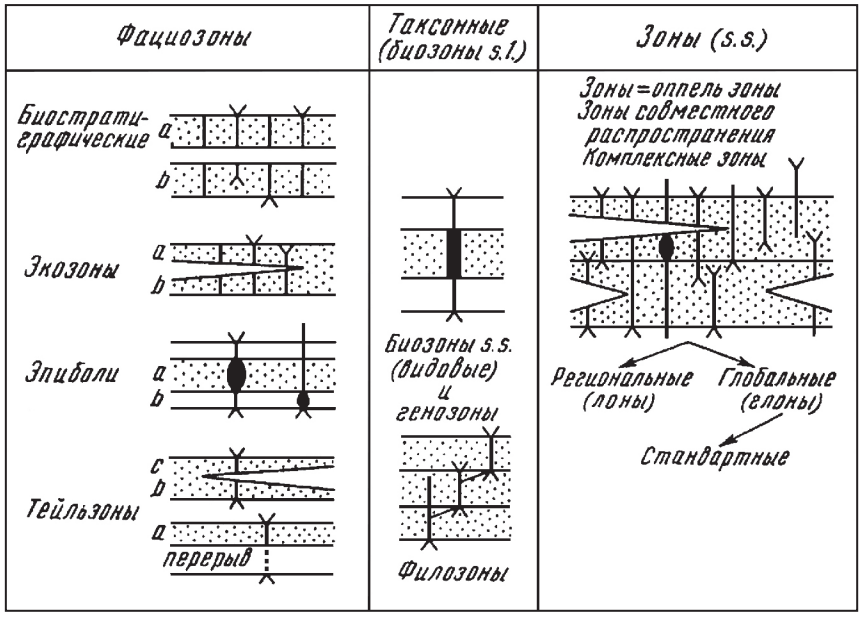
*Таблица 8*

**Современные проблемы зональной стратиграфии фанерозоя (различные аспекты)**

| Основные проблемы | Различные аспекты и альтернативы |
|---|---|
| I. Типы зон | Множественность и девальвация понятия «зона» |
| II. Зона как стратиграфическое подразделение | Зона как единица региональной шкалы.<br>Зона как часть яруса глобальной шкалы.<br>Зона и инфразональные подразделения (подзона, зонула и др.).<br>Зона как коррелянт региональных шкал.<br>Картируемость зон. |
| III. Пространственный масштаб зон | Региональное распространение зон.<br>Поясная (широтная) приуроченность зон.<br>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.<br>«Немые» эквиваленты зон.<br>Преемственность зональных комплексов в разрезе.<br>Смыкаемость зон и «пустые» интервалы<br>Зональные границы (по датум-плейнам и комплексам).<br>Совпадение и несовпадение границ по разным группам.<br>Корреляция зон разных провинций, поясов и областей.<br>Выбор стандартных зон; параллельные зональные схемы.<br>Фенозоны, экозоны; экосистемная сущность зон. |
| V. Палеонтологическая характеристика зон | Таксономический состав зон.<br>Моно- и политаксонные зоны.<br>Индекс-виды и характерные формы зонального комплекса<br>«Устойчивость» зональных комплексов и проблема их фациальной зависимости.<br>Взаимосвязь видов зонального комплекса.<br>Геологическая одновозрастность зональных комплексов разных районов и их определенная последовательность.<br>Сгущение зон и их выпадение. |
| VI. Зоны и стратотипы | Стратотипы для зон не нужны.<br>Использование стратотипов ярусов и стратотипы зональных границ. |

1979). Но некоторые приведенные ниже комментарии будут полезными. Изложение ведется в духе обсуждения альтернативных точек зрения.

**9.5.** ***Проблема I.*** *Типизация 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 употребляются обычно не более десятка терминов, а остальные отнесены либо к синонимам, либо к излишним понятиям. Варианты типизации зон приведены в «Международных стратиграфических руководствах» 1976 и 1994 гг., а также в нашем «Стратиграфическом кодексе» 1992 и 2006 гг. На рис. 11 отражен еще один вариант такой типизации, который предусматривает выделение трех основных типов зон: 1 – фациозоны (экозоны, эпиболы, тейль-зоны и др.), 2 – таксонные зоны – биозоны s.l. (биозоны s.s., генозоны) и 3 – собственно зоны s.s. (оппель-зоны) с выделением в них региональных (лон) и глобальных (глон) подразделений (из глобальных выбираются *стандартные зоны* общей шкалы). Выделение зон s.s. ведется фактически путем синтеза зональных подразделений первых двух типов. Ниже приве-




◄ **Рис. 11.** Различные типы зон (Гладенков, 1992).

1 – породы разного состава; 2 – появление и исчезновение таксона в разрезе; 3 – повышенная численность таксона, a–c – слои

дена краткая характеристика наиболее употребляемых в практике зон.

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

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

*Интервал-зона* – это слои, содержащие определенные ископаемые между двумя установленными биогоризонтами. К *интервал-зоне* относят также слои, которые заключены между первым появлением характерного таксона данной зоны и первым появлением характерного таксона вышележащей зоны.

Под *биогоризонтом* понимается стратиграфическая граница или поверхность раздела, на которой отмечено значительное изменение комплексов ископаемых.

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

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

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

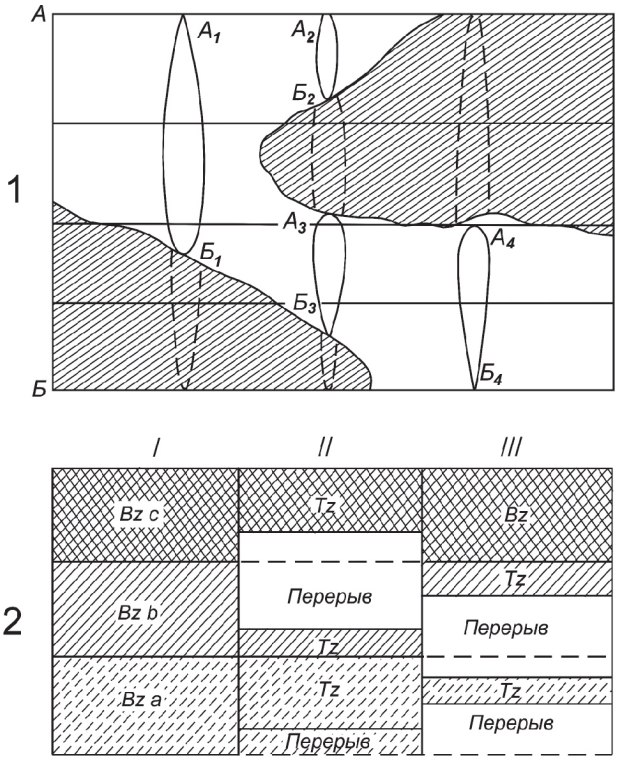
В середине прошлого столетия в обиход было введено понятие *оппелъ-зона* (Степанов, 1958). *Оппель-зона* – это отложения, составляющие часть яруса и образованные за время существования определенного комплекса организмов, ассоциация ископаемых остатков которых не повторяется в подстилающих и перекрывающих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

На практике весьма часто отмечаются случаи, когда неполнота разрезов приводит к трудностям выделения полного объема биостратиграфических зон и приходится обращаться к *тейль-зонам* – слоям, отвечающим реальному распространению какого-либо таксона (или их группы) в конкретном разрезе конкретного района (с учетом перерывов, изменения фациального состава пород). Этот типичный случай отражен на рис. 12.

**9.6.** ***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 «основных» стратиграфических единиц и рассматривают ее в ранге регионального подразделения. Третьи оставляют ей роль «биостратиграфического» (т.е. «специального») подразделения, считая ее важным инструментом 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, но на практике это фактически не реализуется).

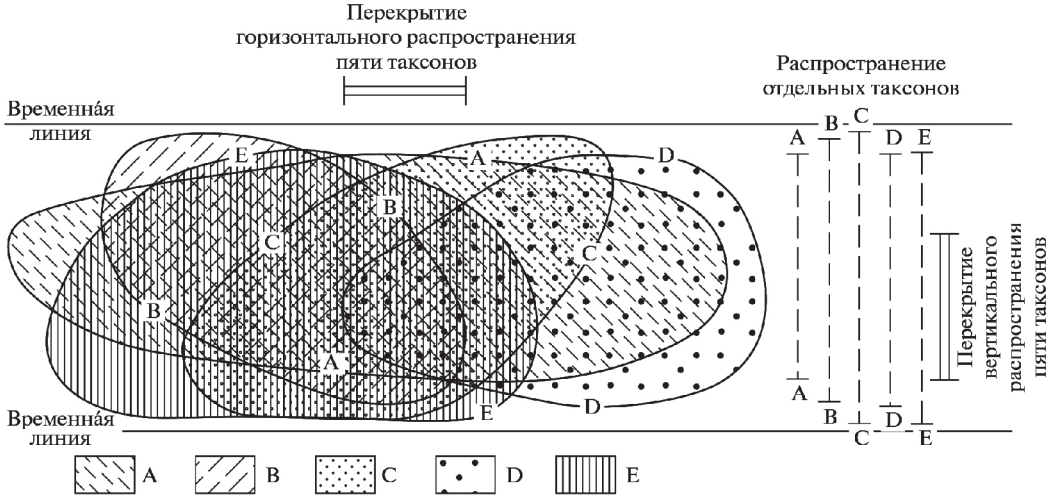
**9.7.** ***Проблема III.*** *Пространственный масштаб зон*. По этой проблеме обычно обсуждается альтернатива: зоны имеют (а) региональное (лоны, рены) или (б) глобальное (хронозоны, глоны) распространение. Сейчас наметилась еще одна точка зрения. После некоторой эйфории, охватившей многих исследователей 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 (отмечаются, в частности, встречаемая несбивка границ таких зон и укрупнение объемов зон высоких широт по сравнению с таковыми низких широт). На рис. 13 отражена принципиальная (весьма непростая) картина пространственного распространения зоны существования нескольких (пяти) таксонов. Она призывает к очень внимательному и постоянному анализу как вертикального, так и горизонтального распространения зональных таксонов, а также к тщательному сравнительному анализу *серии разрезов* на пло-




▲ **Рис. 12.** Схема, иллюстрирующая соотношение биозоны и тейльзон одного и того же вида в различных районах (по Келлер, 1950).

1) АБ – биозона; $А_1В_1$, $А_2Б_2$, $А_3Б_3$, $А_4Б_4$ – тейльзоны. Различие в положении тейльзон обусловлено фациями.

2) Схема соотношения биозон и тейльзон. В разрезе I показаны биозоны (Bz) трех видов (a, b, c). В разрезах II и III – тейльзоны тех же видов (Nz). Различие в положении и объеме тейльзон в данном случае обусловлены перерывами в осадконакоплении (по О. Зейтцу и В. Готану)




▲ **Рис. 13.** Вариации пространственного распространения зоны сосуществования пяти таксонов («A-E») (по International Stratigraphic Guide…, 1976).

Двойная линия справа показывает величину перекрытия вертикального распространения пяти таксонов; двойная линия вверху показывает величину перекрытия горизонтального распространения этих пяти таксонов. A–E – распространение таксонов

щади (не ограничиваясь одним разрезом, как это часто бывает). Рисунок является весьма полезной иллюстрацией для понимания сути различных аспектов зональных работ.

**9.8.** ***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 органической группы. Но одни геологи к зоне относят отложения, включающие ископаемые остатки какого-либо комплекса, а другие, помимо этого, и древние толщи, которые не содержат таких остатков, но которые, как доказывается геологическими данными, стратиграфически соответствуют зоне («немые» эквиваленты зоны). Отсюда деление зон на «биостратиграфические», т.е. относящиеся к «специальным» единицам российского Кодекса, и на «хронозоны», которые в нашем Кодексе считаются частями ярусов и являются самыми мелкими единицами среди «основных» стратиграфических подразделений. Многие исследователи считают, что зональные комплексы должны обнаруживать *преемственност*ь в разрезе. При этом большое значение придается необходимости *смыкания* зон.

Требования к проведению границ зон тоже значительно расходятся: одни специалисты проводят их по смене *комплексов* (суммы таксонов), другие 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 реалий 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). Кроме того, в хронозонах могут в ряде случаев проявляться разные признаки небиологической природы (палеомагнитные, геохимические, климатические и пр.).

Есть и другие вопросы, которые могут обсуждаться в зональной теме (например, о статусе фенозон, об экосистемной сущности зон и др.).

**9.9.** ***Проблема V.*** *Палеонтологическая характеристика зон*. Из накопленных материалов следует, что наиболее часто зоны выделяются по смене *сообществ* обычно на видовом уровне (хотя могут иметь место и зоны с родовой характеристикой). Анализ данных также свидетельствует о том, что многие авторы используют *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, сменяя один другого, в целом приводят к политаксонному содержанию шкалы (смена, например, граптолитовых, конодонтовых или фузулинидовых зон палеозоя амонитовыми зонами мезозоя и фораминиферовыми и прочими кайнозоя при отмечаемом их полном или частичном перехлесте на отдельных отрезках).

**9.10.** Хорошо известно, что при палеонтологической характеристике биостратиграфических зон обычно используется один или несколько *индекс-видов* и указывается типичный для данной зоны комплекс. Некоторые исследователи настаивают на том, что в зонах должно быть устойчивое сонахождение нескольких зональных таксонов, без чего комплекс «не дотягивает» до уровня зонального и может характеризовать подразделения только ранга *слоев*. Однако в ряде случаев отмечается замет-

ная изменчивость зонального комплекса, которая обусловлена, например, зависимостью палеобиоты от фациальных условий и пр. Так, тропические тепловодные ассоциации зон кайнозоя испытывают заметную изменчивость в направлении к высоким широтам. Одновременно сообщества океанов и открытых морей заметно отличаются от таковых эпиконтинентальных, 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).

**9.11.** Отдельно стоит вопрос о проверке геологической *одновозрастности* зональных комплексов разных регионов. В отдельных случаях при корреляции зон помогают палеомагнитные данные (выявление магнитостратиграфических реперов), в других – сейсмостратиграфические или литологические маркеры (сейсмоуровни временных разрезов, пепловые туфы, иридиевые слои). На рис. 14 приведен пример корреляции зон, выделенных по диатомовым верхнего кайнозоя, с палеомагнитными и геохронологическими шкалами, которые построены при бурении донных отложений Северной Пацифики. 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 часто обращается внимание на определенные трудности при изучении маломощных «конденсированных» слоев, когда очень трудно обнаружить как сами зоны, так и перерывы в них.

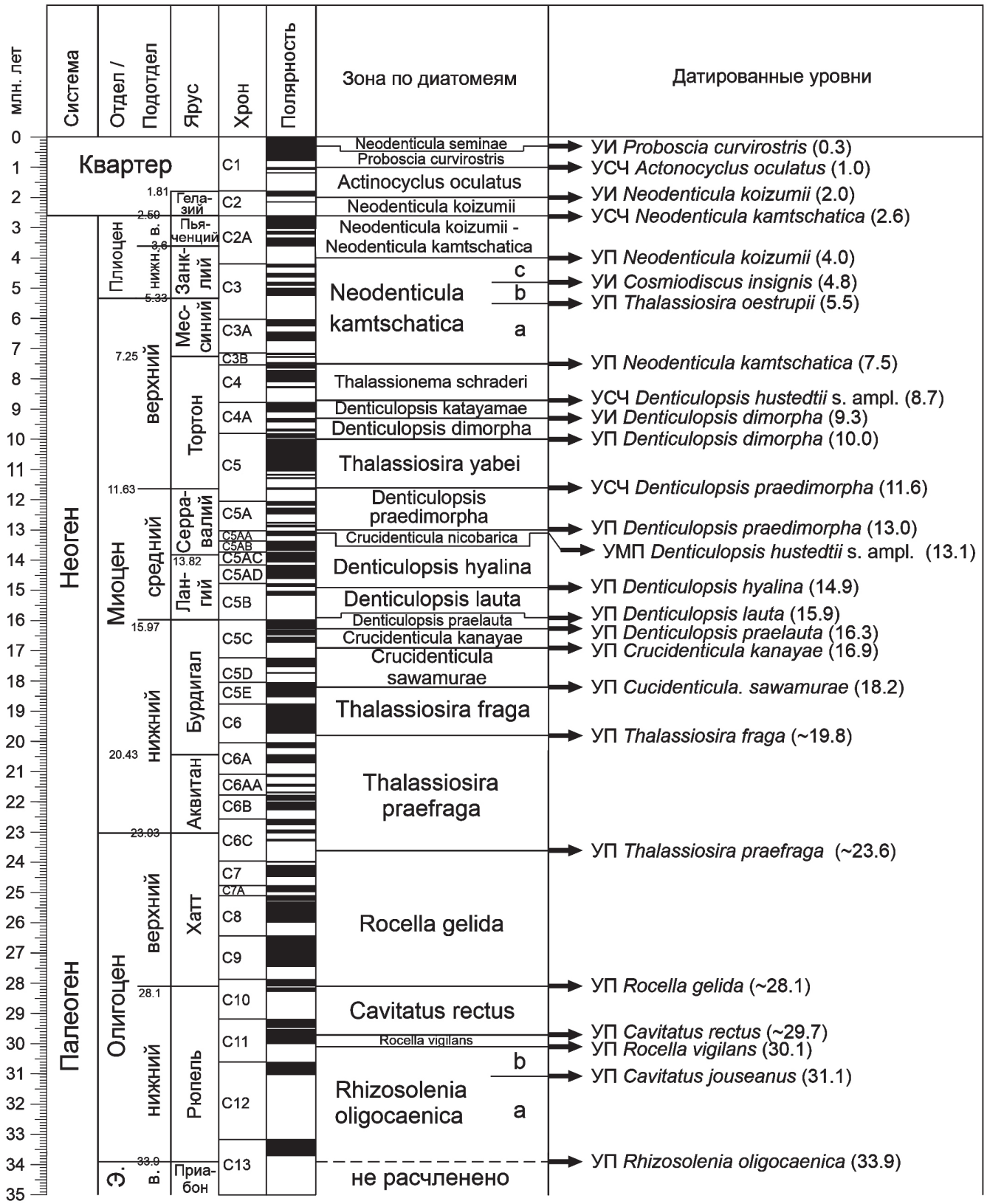
**9.12.** *Проблема VI. Зоны и стратотипы*. К этой проблеме тоже имеется неоднозначное отношение. Многие специалисты, прежде всего связанные с обработкой материалов глубоководного бурения, решительно настаивают на том, что стратотипы зон не нужны вообще. По их мнению, чтобы получить достоверные зоны,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

**9.13.** В заключение раздела хотелось бы обратить внимание на несколько номенклатурных вопросов. Первый из них – вопрос о понятии «биостратиграфическая зона». Если в одних случаях «биостратиграфическая зона» считается общим термином для обозначения биостратиграфических подразделений любого типа, то в других – она относится к фациозонам. Кажется, что первое толкование термина является более предпочтительным.

В отечественной 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. Напомним, что на практике очень часто исследователь имеет дело с тейль-зонами, и здесь важно, чтобы он при рубрикации зональных подразделений проявлял здравый смысл.

Зоны сейчас 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 не всегда ясно, какие принципы лежат в основе выделения таких зон (эволюционный, климатический и т.д.), каков их реальный объем и соотношение с зональными подразделениями, обособляемыми по морским группам.

**9.14.** Из вышесказанного видно, что зональная стратиграфия является важным достижением стратиграфических исследований, которое напрямую оказывает громадное влияние на наше геологическое мировоззрение и современную практику – на выявление особенностей эволюции органического мира и реконструкции разного типа палеобиохорий, на составление детальных геологических карт, прогнозирование экологических событий будущего и т.п. Хотя почти по всем затронутым выше вопросам очень часто обнаруживаются противоположные или неоднозначные подходы. В таких




▲ **Рис. 14.** Зональная шкала по диатомеям для расчленения олигоцена–квартера Северной Пацифики (по Barron, Gladenkov, 1995; Gladenkov, Barron, 1995; Гладенков, 2007), скоррелированная с геохронологической и палеомагнитными шкалами по (Ogg et al., 2016).

УП – уровень появления, УИ – уровень исчезновения, УМП – уровень массового появления, УСЧ – уровень резкого снижения численности, a–c – подзоны, Э. – эоцен, в. – верхний

дискуссиях всегда требуются терпение и здравый смысл, который воплощен в проверенных жизнью принципах – приоритета, удобства и договоренности, издавна использующихся при решении стратиграфических споров.

В целом в настоящее время зоны играют важную роль как детальные стратиграфические подразделения, которые могут считаться опорными для построения детальных стратиграфических схем и шкал. Сейчас они выглядят в определенной мере единицами «неразличимости» (в смысле целостности), которые отражают последовательность состояний и структур геологических систем. В заключение в качестве итога данного важного раздела приведем определение зоны, данное недавно В.Г. Ганелиным и автором (Ганелин, Гладенков, 2018). **Зона – это элементарная единица Общей шкалы фанерозоя, подчиненная ярусу. Ее основу составляет наименьшее по стратиграфическому объему региональное стратиграфическое подразделение в типовой области распространения яруса. Зона характеризуется сообществом ископаемых, свойственным лишь данному стратиграфическому интервалу. Ее наименование образуется из названия наиболее характерного таксона (или таксонов) зонального сообщества. Зона включает в свой состав все одновозрастные подразделения независимо от их пространственного распространения и палеонтологической характеристики. Зона должна иметь стратотип, являющийся ее стратоэталоном.**

**9.15.** Опыт расчленения кайнозойских образований океанического дна выявил одно обстоятельство, которое не всегда учитывается геологами (а порой даже специалистами-биостратиграфами). В принципе обычно представляется, что ярус состоит из нескольких зон и при этом нижние границы яруса и «нижней» из зон совпадают, как совпадают соответствующие границы и в верхней части яруса. Но при выделении зон по разным палеонтологическим группам отмечается много случаев как раз несовпадения. Например, при выделении зон по планктонным фораминиферам (а это сейчас ведущая группа при расчленении палеогена и неогена) выяснилось, что границы ряда ярусов проходят внутри зон (Berggren et al., 1995). В палеогене граница зеландского и танетского ярусов находится внутри зоны P4, лютета и бартона – внутри зоны P12, бартона и приабона – в P15, рюпеля и хата – в P21. В неогене граница аквитанского и бурдигальского ярусов проходит в зоне M2, серравалия и тортона – в M12, тортона и мессиния – в M13, мессиния и занклия – в Pl1, пьяченце и гелазия – в Pl5. По другой группе (например, наннопланктону) эта картина может быть иной. Все это свидетельствует о двух моментах. Во-первых, ясно, что границы ярусов устанавливались на геоисторической основе и отмечающиеся несовпадения с ними зональных границ представляются нормальным явлением. Другое дело, что всегда лучше для практики, если эти границы совпадают. Во-вторых, поэтому сейчас и ведется кампания по пересмотру некоторых ярусных границ в связи с получением новых биостратиграфических данных, а также палеомагнитных и других маркеров, которых во временах выделения ярусов вообще не было. К сожалению, не всегда выделение новых ярусных границ проходит удачно с методической точки зрения.

**9.16.** В заключение данного раздела будет полезно специально остановиться на концепции «***золотых гвоздей***», которая стала популярной в связи с совершенствованием методики проведения границ ярусов и одновременно зон.

Выше говорилось о Международной стратиграфической шкале как уникальном геологическом документе, который существует уже более 120 лет. Но новое время потребовало усовершенствования и уточнения шкалы (в частности, границ ярусных подразделений). Это коснулось прежде всего палеозоя (особенно кембрия, карбона и перми), частично мезозоя и кайнозоя (в частности, плиоцена и квартера). В 80-е годы прошлого века (Cowie, 1986) в связи с потребностью более точного прослеживания стратиграфических подразделений МСШ в разных регионах руководство Международной комиссии по стратиграфии призвало сосредоточить специальные исследования на фиксации в стратотипических разрезах точек («золотых гвоздей»), которые служили бы общепринятыми границами ярусов и систем (GSSP). Предполагалось, что после этой процедуры соответствующие хроны должны быть отмаркированы в разрезах разных стран.

Стратиграфическая практика к тому времени столкнулась с тем, что ярусные границы были во многих случаях «приблизительными», что до какого-то момента было терпимо, но с созданием зональных схем стало некорректным. К тому же обнаружилось, что многие стратотипы разрезов ярусов оказались невалидными и требовали замены. И вот уже более 40 лет организованная в глобальном масштабе работа по нижним границам ярусов (или «золотым гвоздям», GSSP) идет в рамках проектов МКС полным ходом. Она принесла существенные плоды. Так, в фанерозое из почти 100 ярусных границ более 78 получили современное обоснование и утверждение (после многолетних работ, дискуссий и утверждения в соответствующих подкомиссиях МКС).

При принятии новых границ (или «переутверждении» старых) принимались во внимание разные критерии (в частности, историзм и удобство), но, как следует из их анализа, в разных системах они не всегда были одинаковыми. В основе проведения границ лежат геоисторические и биостратиграфические материалы. Но где-то границы принимались по комплексу видов разных групп, а где-то – по одному виду. В некоторых случаях привлекались непалеонтологические критерии (палеомагнитные и др.). Уточнение положения границ стратонов, конечно, является крупным шагом в совершенствовании МСШ, и продолжение этих работ следует приветствовать. Но вместе с положительными моментами работа над «золотыми гвоздями» привела к спорной ориентации стратиграфических иссле-

*Таблица 9*

**Подходы к изучению стратиграфических подразделений с позиций разных концепций (Гладенков, 2013б)**

| Аспекты стратиграфических работ | Концепция | |
|---|---|---|
| | «золотых гвоздей» (GSSP) | геоисторическая |
| Цель стратиграфических работ | Выделение границ стратонов МСШ | Расчленение древних толщ с исторической и геохронологической точек зрения на стратоны. На этой основе строятся МСШ и региональные шкалы |
| Геологическое время | Время фактически не анализируется, исследуются только временные уровни GSSP | Анализируется все время геологической истории Земли |
| Международная стратиграфическая шкала (МСШ) | МСШ считается абстрактной линейкой | Подразделения МСШ отражают этапы геологической истории, т.е. имеют качественную и размерную природу |
| Региональные шкалы | Не анализируются | Имеют большое значение |
| Стратиграфические методы | Преувеличивается роль методов «точных наук» | Используются все методы, но упор делается на палеонтологический и радиометрический методы |
| Событийная стратиграфия | Событийная стратиграфия используется только для определения границ стратонов | Используются данные о всех событиях во всей геологической истории |
| Развитие органического мира | Изучаются биособытия только на границах стратонов | Анализируется вся история органического мира (как в спокойные, так и переломные периоды) |
| Эволюция стратисферы | Практически не обсуждается | Одна из приоритетных задач – реконструкция геологической истории на основе биотических и абиотических событий |
| Биогеографическое обоснование биостратиграфических корреляций | Пассивное использование палинспастических моделей | Палеогеографические и палеобиогеографические реконструкции важны для составления стратиграфических схем и корреляций |
| Стратиграфическая классификация и иерархия стратонов | Стратиграфическая классификация не обсуждается. Она принимается в текущем состоянии | Анализируются ранг и иерархия стратиграфических подразделений |

дований. Так получилось, что процедуры по выделению GSSP были провозглашены «концепцией» и превратились чуть ли не в цель стратиграфии. Постепенно объектом исследования стали не столько стратоны, сколько их границы.

В связи с этим ряд специалистов-стратиграфов обратили внимание на методологические слабости такой концепции (Найдин, 1998; Гладенков, 2004, 2013, и др.) (табл. 9). Известный российский стратиграф Д.П. Найдин, в частности, дал аргументированный разбор концепции «золотых гвоздей». По его представлению и представлениям других коллег, стратиграфия не может быть наукой преимущественно о границах стратонов. Она занимается расчленением древних толщ с геоисторической и хронологической точек зрения, а это предполагает изучение, прежде всего самих стратонов, к чему призывали известные стратиграфы прошлого века Х. Хедберг, В.В. Меннер и др. В этом процессе, естественно, находится место и для изучения границ. Кстати, вместе с «золотыми гвоздями» могут быть выделены и другие маркеры – «серебряные», «платиновые», «медные» и другие типы «гвоздей», которые тоже могут оказаться очень полезными (следы климатических колебаний, иридиевые аномалии и др.).

В табл. 9 отражены различные подходы к стратиграфическим исследованиям, которые следуют, с одной стороны, из концепции «золотых гвоздей», а с другой – из концепции выделения стратиграфических подразделений как историко-геологических единиц. Из анализа таблицы следует, что концепция «золотых гвоздей» – не столько концепция, сколько одна из технологий стратиграфической работы. Она полезна для практики обозначения разного типа границ, но определенной идейной мировоззренческой базы не несет, и процедуру выделения «гвоздей» нельзя считать основной в стратиграфических исследованиях. Достаточно вспомнить, что в концепции «золотых гвоздей» геологическое время вообще отсутствует, биособытия изучаются только на границах стратонов, стратиграфическая классификация не обсуждается.

Через 10–15 лет, когда «гвозди» будут расставлены в МСШ и официально утверждены МКС, эта «концепция» должна, видимо, потерять свое преувеличенное методологическое значение. И все-таки работы по «золотым гвоздям» при «ремонте» МСШ, конечно, являются полезными. Четкие границы ярусов и систем делают МСШ более устойчивой и более долговечной.

Специально следует отметить, что одним из самых ярких примеров практического использования зон в расчленении морских толщ фанерозоя России является содержательная и масштабная по охвату биостратиграфического материала сводка сотрудников ВСЕГЕИ (Зональная…, 2006), в которой широко были использованы «региональные золотые гвозди».

Но если познакомиться с громадным количеством работ по зональной проблеме, представленных ныне в журналах, может показаться, что наступила эра *«зономании»*. Многие специалисты сводят свои исследования прежде всего к выделению зон, забывая о главных задачах стратиграфии, среди которых зональная тематика рассматривается как важное, но все же не главное направление.

# 10. ПУТИ ДЕТАЛИЗАЦИИ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ СХЕМ. ПЕРСПЕКТИВЫ ИНФРАЗОНАЛЬНОЙ СТРАТИГРАФИИ

**10.1.** Детализация – это в принципе старая проблема стратиграфии. Некоторые ее аспекты были освещены несколько лет назад В.В. Меннером и автором (Меннер, Гладенков, 1986; Гладенков, 2004). 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 более семидесяти лет, чтобы были включены в МСШ сначала ярус, а потом зона – хронозона (в Общую шкалу России). Как говорилось выше, 1960–1980-е годы были годами «бескровной революции» в стратиграфии: именно тогда относительно быстро биостратиграфические 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. Следует напомнить, что этому, в частности, способствовало глубоководное бурение, благодаря которому было показано, что зональные подразделения могут быть прослежены на громадной площади поверхности Земли (тропические области Тихого, Атлантического и Индийского океанов). Сейчас зона в ряде стратиграфических кодексов принимается в качестве самого мелкого подразделения стратиграфической шкалы. Появление в шкалах такой дробной единицы, которая измеряется 0.2–3.0 млн лет (фантастическая дробность!), является крупнейшим достижением геологии, сравнимым, например, с возникновением новой глобальной тектоники.

**10.2.** Можно ли сделать стратиграфические схемы более детальными и нуждается ли практика в дальнейшей их детализации? Сразу отметим, геологическая практика в ряде случаев уже давно проявляет заинтересованность в дробных стратиграфических схемах. Во-первых, они полезны для проведения крупномасштабного геокартирования и обработки данных бурения; во-вторых, они важны для поисков полезных ископаемых (слои с редкими землями и проч.); в-третьих, они полезны для построения детальных палеогеографических схем, а также проведения экосистемных реконструкций, более полного познания путей и механизмов эволюции биосферных процессов; в-четвертых, они могут быть важными для прогнозирования природных обстановок будущих десятилетий и столетий, в чем особенно заинтересовано сейчас человечество; в-пятых, детальная стратиграфия обещает внести определенный вклад в развитие фундаментальных направлений науки в целом, и не только в геологию, но и в палеобиологию (особенно в построение филогенетических схем и пр.).

Интерес к этим проблемам постоянно растет, и не случайно к ним уже обратились геологи-практики. Так, 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 (продолжи-

тельностью 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 гляциоэвстатикой, другие, видимо, не имеют таких связей, например позднемеловые колебания, отмеченные в Австралии и Южной Африке, и пр.). 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 (Sequence Stratigraphy…, 1991; Posamentier, Leckie, 1992).

На последних Международных геологических и стратиграфических конгрессах вопросы детализации стратиграфических схем разбирались также достаточно внимательно. 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 специальный полный анализ этого направления: не разобрана подробно роль различных методов детализации, не обсуждена иерархия предлагаемых дробных подразделений и не проанализированы примеры удачного микростратиграфического расчленения.

**10.3.** Как известно, в стратиграфической практике отдельных стран *зоны* (хронозоны и биостратиграфические зоны) в ряде случаев разделяются на *подзоны* или *зонулы*. Обычно эти понятия достаточно условны (четкие дефиниции, как правило, отсутствуют), но из приводимых материалов следует, что под ними подразумевают части зон, характеризующиеся определенными фациальными комплексами и имеющие локальное, а не субглобальное распространение. В отношении лон (локальных зон) тоже предпринимаются попытки расчленения на подлоны. Однако и для этого обычно используются не очень четкие признаки. В Стратиграфическом кодексе России на таксономический уровень лон выведены *слои с географическим названием*, выделяемые по особенностям литологии и/или палеонтологической характеристики.

Выше говорилось, что хронозоны и локальные зоны (лоны) относятся к *основным* стратиграфическим подразделениям комплексного обоснования. Но имеется целый ряд зональных категорий частного – биостратиграфического – обоснования, 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 критериям биостратиграфические зоны могут быть представлены зонами разных видов, анализ и совокупность которых собственно и служат материалом для выделения «настоящих» зон – хронозон и лон (т.е. категорий «основного» типа). К ним относятся: *биозона* (зона распространения таксона), *зона совместного распространения, филозона, комплексная зона, интервал-зона, эпибола* (с максимумом частоты встречаемости таксона) 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 с их спецификой геологических развития (определенная степень открытости или замкнутости бассейна, этапная смена характера седиментации в нем, развитие и изменение свойственных ему биокомплексов и т.п.), выявление различных уровней и реперов, отражающих различные биотические и абиотические события прошлого, в слоях, которые соответствуют зонам, является весьма реальной процедурой стратиграфических исследований нынешнего дня.

**10.4.** 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 геологическом 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 определенные погрешности первого и относительность временных датировок второго, и создается тот самый каркас геохронологической шкалы и намечаются те самые *хроны*, которые используются в геологической практике. 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-стратиграфические и палеомагнитные материалы, не несут *прямого 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 в разрезах, 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 – использование палеонтологического метода, другой – применение некоторых непалеонтологических методов.

**10.5. Палеонтологический метод и инфразональность.** Выше уже говорилось о некоторых возможностях расчленения зон (хронозон) и лон путем использования разных типов биостратиграфических подразделений. 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 др., 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 палеонтологических данных. Первое положение не требует, видимо, особых разъяснений. Поэтому остановимся на комментариях двух последних.

**10.6.** ***Приемы детализации на палеонтологической основе***. К этим приемам относится: использование следов биособытий, биотаксонного расчленения, датированных уровней, фенетики и т.д.

*Биособытия.* В принципе любые дискретные явления развития органического мира, запечатленные в геологической летописи, могут использоваться для детализации расчленения древних толщ. 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 в себя восемь типов событий: 1 – события прерывистой эволюции (скачкообразное появление нового таксона видового ранга или исчезновение-вымирание таксона); 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 последнее часто способствует появлению тех или иных реперов внутри зон.

**10.7.** *Политаксонное расчленение*. В последние годы практическое расчленение зон идет разными путями. Один из них связан с повышением степени изученности зон. Вместо одной «старой» биостратиграфической зоны могут быть выделены

две, три и т.д. 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 удается вычленить 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 1970-е годы она стала дополняться зонами, выделенными по наннопланктону и кремневым организмам. Это дало возможность внутри фораминиферовых зон наметить дополнительные границы-реперы 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 (пять 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 уровни-рубежи, которые рассекают и дробят ранее выделенные зоны.

**10.8.** *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 в экваториальной Пацифике привели Д. Бэррон с соавторами (Barron et al., 1985а, б). 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 постоянно предлагаются новые детальные 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 (ODP) в Северной Пацифике в 1990-х годах (табл. 10).

Если датированные уровни (датум-плейны) уже широко вошли в жизнь, то слои, заключенные между ними, пока обычно не названы, хотя делались предложения называть их «датированными интервалами» или «интердатами» (interdat) (Меннер, Гладенков, 1986). Анализ показывает, что в значительной мере их объем часто зависит от детальности проработки материала. Возможно, некоторые из них (или их «блоки») будут прослеживаться на широких площадях, другие – только в определенных поясах и провинциях. Задача состоит в том, чтобы создавать банк этих уровней и интердатов для дальнейшей проверки их устойчивости и использования в практике.

**10.9.** *Совершенствование таксономии палеонтологических групп. Фенетика*. Определенный резерв для детализации расчленения древних толщ заключается в развитии новых представлений 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, панцырей диатомей, скелетов радиолярий, 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 дробных таксонов и, следовательно, к обозначению дополнительных рубежей расчленения.

В этом контексте привлекает внимание, в частности, использование *фенетики*, что было продемонстрировано еще в 1970-х годах Т.Г. Сарычевой и А.В. Яблоковым (1973) и некоторыми другими исследователями. Если палеонтолог имеет большие

*Таблица 10*

**Возраст стратиграфически важных неоген-четвертичных датированных уровней по диатомеям, определенный в результате прямой привязки к палеомагнитной шкале в разрезах глубоководных скважин в субарктической Пацифике (по Barron, Gladenkov, 1995, с дополнениями)**

| Датированные уровни | Возраст, млн лет | Датированные уровни | Возраст, млн лет |
|---|---|---|---|
| УП *Crucidenticula sawamurae* | 18.2 | УП *Thalassiosira gravida* | 8.2 |
| УП *Crucidenticula kanayae* | 16.9 | УП *Pyxidicula zabelinae* | 8.0 |
| УП *Denticulopsis praelauta* | 16.3 | УСЧ *Thalassionema schraderi* | 7.7 |
| УП *Denticulopsis lauta* | 15.9 | УП *Neodenticula kamtschatica* | 7.5 |
| УП *Actinocycluus ingens* var. *nodus* | 15.8 | УИ *Cavitatus jouseanus* | 6.7 |
| УП *Denticulopsis hyalina* | 14.9 | УП *Thalassiosira praeoestrupii* | 6.2 |
| УП *Denticulopsis hustedtii* s. ampl. | 14.6 | УИ *Rouxia californica* | 6.0 |
| УМП *Denticulopsis hustedtii* s. ampl. | 13.1 | УИ *Ikebea tenuis* | 5.5 |
| УП *Denticulopsis praedimorpha* | 13.0 | УП *Thalassiosira oestrupii* | 5.5 |
| УП *Proboscia barboi* | 12.6 | УП *Thalassiosira jacksonii* (пликатная) | 5.2 |
| УСЧ *Denticulopsis praedimorpha* | 11.6 | УП *Thalassiosira latimarginata* | 5.1 |
| УИ *Mediaria splendida* | 11.0 | УИ *Cosmiodiscus insignis* | 4.8 |
| УП *Denticulopsis dimorpha* | 10.0 | УИ *Thalassiosira jacksonii* (пликатная) | 4.8 |
| УП *Thalassionema schraderi* | 9.6 | УП *Neodenticula koizumii* | 4.0 |
| УСЧ *Denticulopsis katayamae* | 9.4 | УСЧ *Neodenticula kamtschatica* | 2.6 |
| УИ *Denticulopsis dimorpha* | 9.3 | УИ *Pyxidicula zabelinae* | 2.0 |
| УСЧ *Denticulopsis hustedtii* s. ampl. | 8.7 | УИ *Neodenticula koizumii* | 2.0 |

*Примечание*. УП – уровень появления, УИ – уровень исчезновения, УМП – уровень массового появления, УСЧ – уровень резкого сокращения численности.

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) палеопопуляции, 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 девять 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 изме-

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

Около 40 лет назад В.А. Красилов (1980) предложил, в частности, выделять ***фенозоны*** как подразделения, характеризуемые *состояниями морфологических признаков*. К сожалению, это направление не всегда получает широкое развитие, 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.

**10.10.** ***Инфразональное расчленение непалеонтологическими методами***. В данном разделе речь пойдет о реперах, возникновение которых связано с абиотическими событиями прошлого. Обнаружение таких маркеров внутри зон позволяет реально расчленять последние, и задача состоит в том, чтобы оценить временной объем этих маркеров и определить их точное стратиграфическое положение и пространственный масштаб. Если зоны обычно соответствуют временным отрезкам 0.2–3.0 млн лет, то внутризональные маркеры, естественно, должны быть более «короткими». Перечислим некоторые из них.

**10.11.** *Палеомагнитные реперы*. Сегодня имеются два типа реперов такого рода. Во-первых, это 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).

**10.12.** *Литологические реперы*. К ним относятся маркеры разного типа. Большинство из них используются в региональном масштабе, а некоторые даже в межрегиональном. К ним можно отнести пепловые 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 распознавать их в разных разрезах. Хорошим примером в этом отношении являются данные Аксельрода по кайнозойским отложениям дна Северной Пацифики, где выделено в стратиграфической последовательности более 70 бентонитовых слоев.

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 кокколит-керогеновые слои тоарских сланцев ФРГ (Hallam, 1981). 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 Д. Бакри и Х. Окады). На практике в качестве не только региональных, но и глобальных маркеров 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 маркеры – турбидиты, инундиты (отложения сильных наводнений), тайдалиты (отложения высоких 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 (Додонов, 1986). Можно назвать и другие, разные по происхождению маркеры. 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).

**10.13.** *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).

**10.14.** *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 просле-

жены относительно широко на площади. Некоторые из них по времени соответствуют частям отдельных зон. В плиоцене Восточной Камчатки отмечены перерывы продолжительностью около 0.2–0.3 млн лет (Гладенков и др., 1992). При детальном расчленении древних толщ данные по таким перерывам весьма полезны.

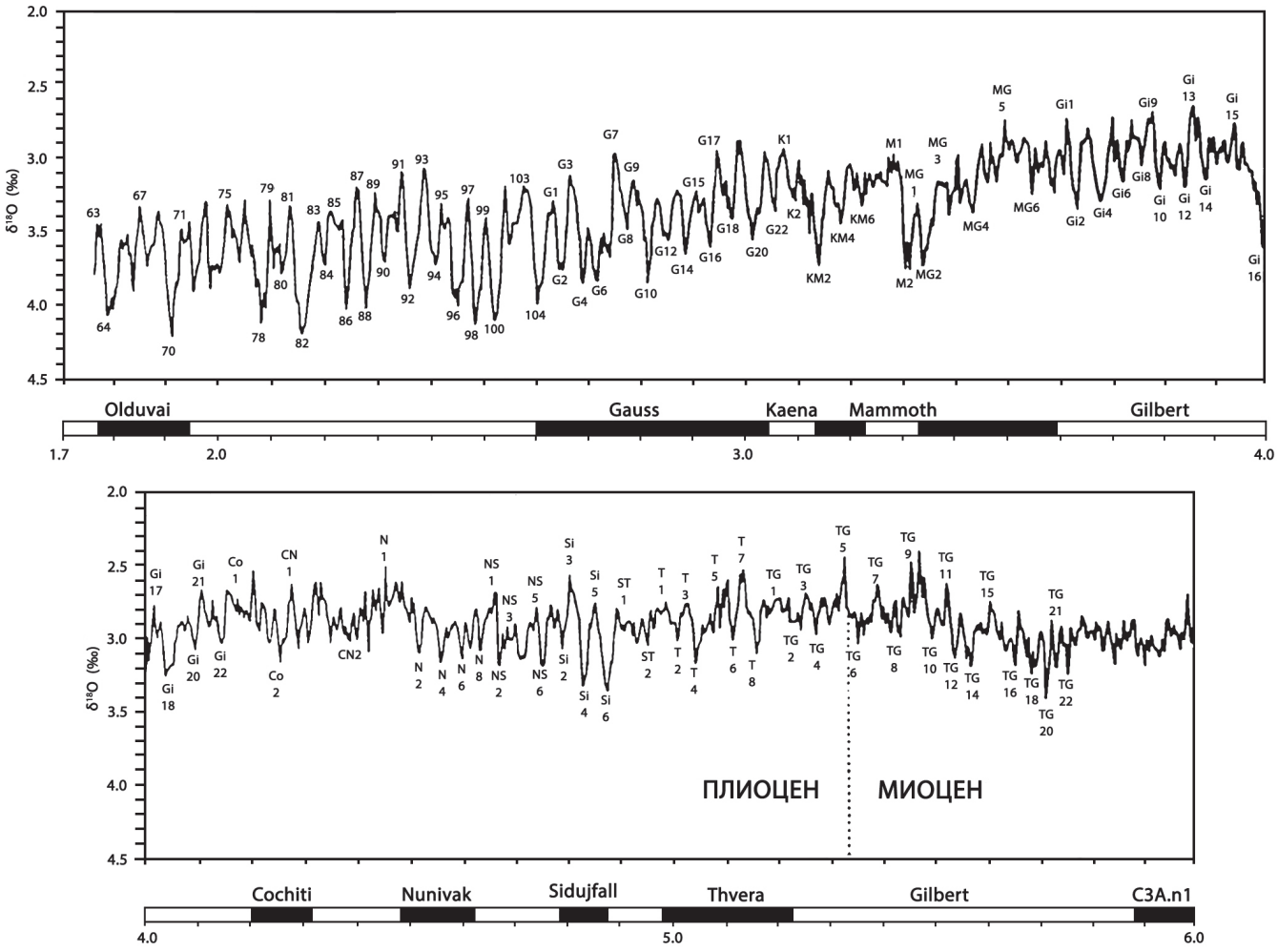
**10.15.** *Палеоэкологические реперы*. В региональном масштабе изменения в характере слоистости, как и смена палеоэкологических группировок в разрезах и характер захоронения остатков, в той или иной мере тоже могут использоваться в качестве маркеров. О типах палеоэкологических маркеров исчерпывающе писал Р.Ф. Геккер (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, 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», Эль-Ниньо и др.).

Сейчас делаются попытки наметить специфическую номенклатуру и классификацию, которые могли бы использоваться в экостратиграфии. Так, по В.А. Красилову (1980), основными единицами стратиграфической классификации могли бы быть ***экозоны***, характеризуемые *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 оппель-зоны (например, экозоны, выделенные по триасовым растениям Восточной Австралии, триас-юрским флорам Западной Сибири и т.п.).

**10.16.** *Палеоклиматические реперы*. Сейчас особенно популярными стали реперы, связанные с палеоклиматическими событиями. Классическим примером являются годичные ленточные глины. В начале XX 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 акчагыла 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 30–40 лет для маркировки климатических колебаний широко используются также ***изотопные ярусы*** или стадии продолжительностью 10–80 тыс. лет, выделенные изотопно-кислородным методом (Shackleton, Opdyke, 1977; Shackleton et al., 1995) (рис. 15).

**10.17.** Известны также системы подразделений, выработанных для четвертичных отложений, основанные на климатостратиграфических данных. Они были предложены в 1970–1980-е годы Е.В. Шанцером, И.И. Красновым и К.В. Никифоровой (1973), В.А. Зубаковым (1978), В.В. Меннером (1979, 1986) и др. В российском Стратиграфическом кодексе 1992 г. среди общих подразделений на этой основе были выделены в нисходящем порядке: *раздел*, *звено* и *ступень*, среди региональных рекомендованы*: климатолит*, *стадиал* и *наслои.* Некоторые из них пробуют выделять и в неогене. Для нас важно, что все они, за исключением раздела, соответствуют отрезкам времени от 120–300 тыс. лет до нескольких десятков тыс. лет (более мелкие подразделения типа этап, стадиал, осцилляция измеряются вообще в дробных единицах – от 7–12 тыс. лет до 1 тыс. лет). Это означает, что их обнаружение в зонах (и разделах) может существенно помочь расчленению последних. Во всяком случае выделение суперклиматем (100–300 тыс. лет) в кайнозое становится реальностью.

**10.18.** *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




▲ **Рис. 15.** Количественные изменения изотопов кислорода (значения $\delta^{18}O$, %) и выделяемые изотопные ярусы в кайнозойском разрезе скважины 846 ODP в восточной части экваториальной Пацифики, скоррелированные с магнитостратиграфической шкалой (по Shackleton et al., 1995)

группы российских авторов В.И. Попова с соавторами (Попов и др., 1979), В.А. Зубакова (1978), Ю.Н. Карагодина (2006) и др., которые затрагивали разные аспекты циклических процессов седиментации. Подобные исследования ведутся во многих странах (Cyclic and event stratification, 1982). Показано, в частности, что ритмические толщи 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 в развитие идей М. Миланковича (отражение следов вращения Земли вокруг Солнца – прецессии и эксцентриситета) реализуется в *астростратиграфии*, которая сейчас стала достаточно популярной. Границы некоторых ярусов и зон прямо сопоставляются с номерами определенных астроциклов. Особенно много в отношении астростратиграфии делает Ф. Хилген (Hilgen et al., 1995, 2006, 2020), который разрабатывает шкалу орбитальных циклов не только для кайнозоя, но и даже для мезозоя. При этом он справедливо призывает вернуться к изучению (и переизучению) стратотипов стратиграфических подразделений с точными границами (без этого нельзя подсчитать в них полное число свойственных им циклов), а не изучать только стратотипы границ, как это практически происходит сейчас.

Для нас особенно важны те реперы циклического происхождения, которые помогают детализировать стратиграфические схемы. Можно вспомнить, например, работы Р.Ф. Геккера (1957) и В.С. Со-

рокина (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.

**10.19.** 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. Выше уже указывалось, что сейчас достаточно широко в ряде случаев начала использоваться астростратиграфия с выделением дробных подразделений – циклов 19–23 тыс. лет и 92–106 тыс. лет Удачные работы по цикличности проводились на сибирских разрезах палеозоя и мезозоя Ю.Н. Карагодиным (2006), сахалинских объектах О.А. Мельниковым (1970) и др. Они внесли много полезного в разработку региональных схем.

**10.20.** *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 использовать на практике. Их увязка с биостратиграфическими данными позволяет реально оценить их возрастной диапазон (Гладенков, Шлезингер, 2001). В 1970–1980-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. Сначала 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. При этом в ряде случаев удается использовать данные не только по горизонтально залегающим комплексам, но и по проградационно построенным толщам. Так, в неокомских отложениях Западно-Сибирской плиты установлено более 20 клиноформ, которые отвечают частям ярусных и зональных подразделений. Кроме того, делаются попытки выделить в циклах три части, отвечающие началу трансгрессии, времени высокого, обычно кратковременного, стояния моря, и достаточно быстрому его падению. На их фоне в ряде случаев намечаются и более мелкие осцилляции.

**10.21.** *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 непросто, хотя нельзя исключить, что во многих случаях единицы двух названных категорий суть 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 1980-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 коррелируются лишь с единичными цикло- или климатостратиграфическими категориями.

На табл. 11 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).

**10.22.** В практике стратиграфических работ иногда используются с*лои с географическим названием, или связка* (термин предложен Б.М. Келлером), – подразделение, подчиненное лоне. Такие слои «суммируют» циклотему (ц) и звено (к). Циклотема отвечает сложному седиментационному циклу (термин введен Уоллесом и Уэлтером (Wau-

*Таблица 11*

**Дробные стратиграфические подразделения (Меннер, Гладенков, 1986)**

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

* В этой графе показана продолжительность, тыс. лет.

less, Welter, 1932)). *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, 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 табл. 11 они приведены (в скобках) вместе с эквивалентами на английском 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 накоплен определенный опыт временной оценки и цикличесих 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.

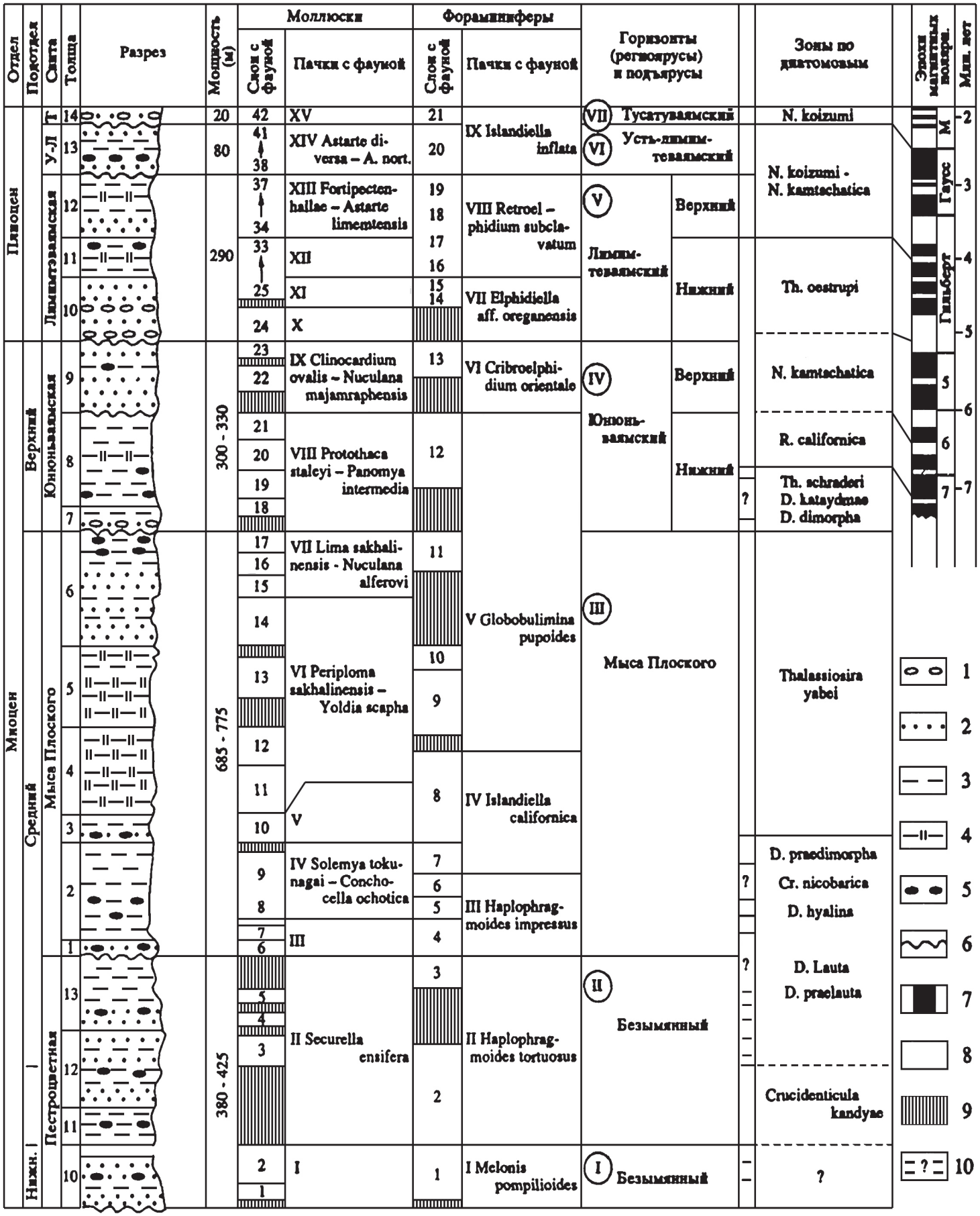
Но, конечно, приведенная схема является только одним из возможных путей создания иерархии инфразональных единиц. Поэтому следует обсуждать и другие предложения.

**10.23.** Уже сейчас имеется много практических примеров инфразонального расчленения. Так, в пределах 6–7 горизонтов неогена Восточной Камчатки (о. 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 (рис. 16). 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 составляет 0.03–0.09 млн лет, 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 доверительности, которые маркируют появление отдельных таксонов в толщах. К маркерам можно также отнести дополнительно уровни палеомагнитных инверсий (более 20 в верхней части разреза), прослои 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.).

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 реально-

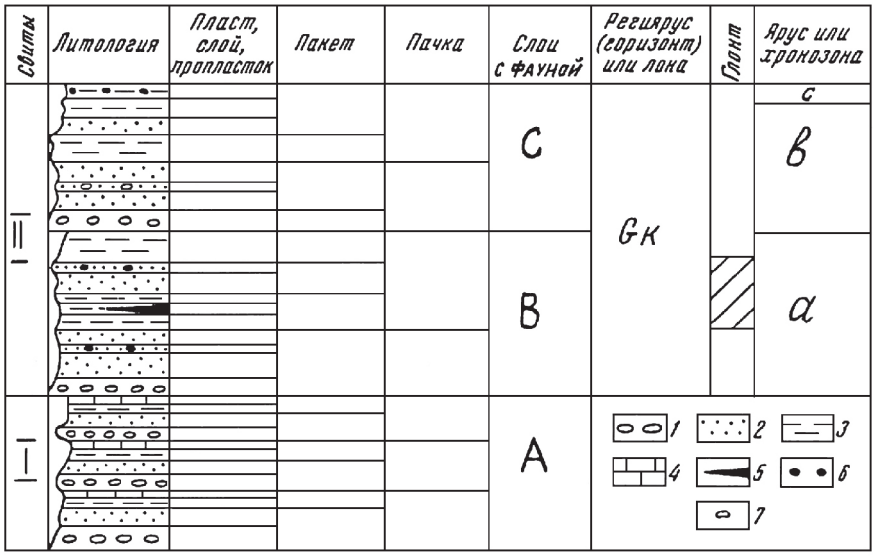
▶ **Рис. 16.** Стратиграфические подразделения неогена о. Карагинский Восточной Камчатки (горизонты, зоны, слои и пачки с фауной) (по Гладенков, 1994).

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-лимимтеваямская толща; Т – тусатуваямские слои; М – Матуяма. I–XV – пачки с моллюсками: I – Hiatella pleshacovi – Pseudoliomesuspraenassula. III – Mya karaginskiensis, V – Shavodrilla kamtchatica – Turcicula asawanoensis maxima, X – Panomya trapezoids – Yoldia ochotensis, XI – Fortipecten kenyoshiensis, XII – Filgoraria microsculptata – Plicifusus karaginskiensis, XV – Mytilus declivis – Clinocardium subcostalis. Диатомовые: N – Neodenticula, R – Rouxia, D – Denticulopsis


Отдел
Подотдел
Свита
Толща
Разрез
Мощность (м)
Моллюски
Слои с фауной
Пачки с фауной
Фораминиферы
Слои с фауной
Пачки с фауной
Горизонты (регионярусы) и подъярусы
Зоны по диатомовым
Эпохи магнитных поляр.
Млн. лет
Плиоцен
Верхний
Средний
Нижн.
Т
У-Л
Лимимтеваямская
Юнюньваямская
Мыса Плоского
Пестроцветная
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
13
12
11
10
20
80
290
300 - 330
685 - 775
380 - 425
42
41
38
37
34
33
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
XV
XIV Astarte diversa – A. nort.
XIII Fortipectenhallae – Astarte limemtensis
XII
XI
X
IX Clinocardium ovalis – Nuculana majamraphensis
VIII Protothaca staleyi – Panomya intermedia
VII Lima sakhalinensis - Nuculana alferovi
VI Periploma sakhalinensis – Yoldia scapha
V
IV Solemya tokunagai – Conchocella ochotica
III
II Securella ensifera
I
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
IX Islandiella inflata
VIII Retroelphidium subclavatum
VII Elphidiella aff. oreganensis
VI Cribroelphidium orientale
V Globobulimina pupoides
IV Islandiella californica
III Haplophragmoides impressus
II Haplophragmoides tortuosus
I Melonis pompilioides
VII Тусатуваямский
VI Усть-лимимтеваямский
V Лимимтеваямский
Верхний
Нижний
IV Юнюньваямский
Верхний
Нижний
III Мыса Плоского
II Безымянный
I Безымянный
N. koizumi
N. koizumi - N. kamtschatica
Th. oestrupi
N. kamtschatica
R. californica
Th. schraderi
D. kataydmae
D. dimorpha
Thalassiosira yabei
D. praedimorpha
Cr. nicobarica
D. hyalina
D. Lauta
D. praelauta
Crucidenticula kandyae
?
М
Гаусс
Гильберт
2
3
4
5
6
7
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

сти 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, которые в той или иной мере уже используются при составлении геологических карт и при дробных расшифровках палеогеографических событий. На рис. 17 дана одна из возможных схем соотношения дробных стратиграфических подразделений.

**10.24.** *Система стратиграфически сменяющихся маркеров* (ССМ). Подводя итог сказанному, можно отметить, что опыт стратиграфических исследований последних лет уже сейчас дает многочисленные примеры успешного инфразонального




◄ **Рис. 17.** Соотношение дробных стратиграфических подразделений (Гладенков, 1988).

1 – конгломерат, 2 – песчаник, 3 – алевролит, 4 – известняк, 5 – уголь, 6 – карбонатная конкреция, 7 – галька

*Таблица 12*

**Система сменяющихся маркеров (ССМ) (по Гладенков, 2004)**

| Подразделения стратиграфических шкал | | Маркеры | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Биотические | Палеомагнитные | Литологические | Седиментационные перерывы | Палеоэкологические | Палеоклиматические | Цикли-ческие | Эвстатические |
| Зоны, лоны (0.2–3.0 млн лет) | 12 | ● | | | | | | | |
| | 11 | ● | | | | | | | |
| | 10 | ● | | | | | | | |
| | 9 | ● | | | | | | | |
| | 8 | ● | | | | | | | |
| | 7 | ● | | | | | | | |
| | 6 | ● | | | | | | | |
| | 5 | ● | | | | | | | |
| | 4 | ● | | | | | | | |
| | 3 | ● | | | | | | | |
| | 2 | ● | | | | | | | |
| | 1 | ● | | | | | | | |
| | 0 | ● | | | | | | | |

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

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 маркеров, с помощью которых удается подразделять зоны на две или несколько частей (табл. 12).

При этом в каждом случае можно осуществлять переход к обособлению этих частей, применяя соответствующие названия (например, нижняя и верхняя части зоны (подзоны), 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 маркеров линейного характера внутри хронозоны можно выделять дробные их части (типа микрогоризонта, интердата и др.). Вышеизложенное свидетельствует о том, что инфразональность во многих случаях уже достаточно хорошо обеспечена. Вместе с тем надо реально представлять себе, что микростратиграфические единицы выводить из-под ранга местных и провинциальных надо пока очень осторожно, ибо практика предоставляет достоверные примеры их успешного использования в основном только 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. 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 маркеров в той или иной зоне или лоне. Конечно, к применению реперов необходимо относиться с позиции здравого смысла: надо объективно оценивать их реальность, практическую применимость (узнаваемость, прослеживаемость) и соотношение во времени и пространстве (устойчивость стратиграфического положения относительно друг друга, пространственное распространение и взаимозаменяемость). Особое внимание следует уделить практическому выявлению таких маркеров именно в зонах, т.е. в пределах определенных возрастных рамок. Сменяемость (или подставление) одних признаков другими в разрезах горных пород – это объективная реальность, которая не должна остаться без должного внимания со стороны стратиграфов.

Фактически речь идет о составлении и использовании *календаря кратковременных геологических событий*, распознавании степени доверительности 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*) *маркеров* (ССМ), отражающих последовательные 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, чрезвычайно важны для практической стратиграфии.

**10.25.** 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 войдя в XXI век, геологи должны понимать, что практика в ряде случаев будет нуждаться в стратиграфических схемах нового поколения, более детальных и более событийных. Можно думать, что комплексное использование разных методов, появление новых приемов стратиграфического анализа приведут к существенному перевооружению стратиграфии и обеспечат ее микростратиграфическую направленность. Подобное случилось, например, в 1960-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 говорилось выше, именно она с ее геоисторической концепцией сделала геологию наукой, введя в анализ геологических событий понятие времени. На этом фоне переход к микро-

стратиграфическому 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.

**10.26.** К сожалению, в литературе появляются призывы осуществлять разработку инфразонального расчленения спорными, если не сомнительными, путями. Один из них недавно был предложен М.А. Роговым (2019). Он сделал попытку внутри зон юры выделять «биостратиграфические горизонты», считая их дробными стратиграфическими *подразделениями* внутри зон. Впервые идею о таких биогоризонтах в юрской системе Англии выдвинул Д. Кэлломон несколько десятилетий назад (Callomon, 1963, 1984; Callomon, Donavan, 1971). Но она не получила широкой поддержки, ибо намеченные в некоторых разрезах горизонты многие специалисты связывали с фациями и местными размывами. Специально отметим, что в Международном стратиграфическом справочнике в течение многих десятилетий «биостратиграфический горизонт» (**БГ**) трактуется вполне определенно: это стратиграфическая *граница, уровень или поверхность раздела*, на которой отмечено значительное изменение биостратиграфического характера (в Справочнике под редакцией Х. Хедберга (International Stratigraphic Guide…, 1976) допускаются также другие названия – датированный уровень, маркер, маркирующий слой и др.). Там же отмечено, что БГ обычно не имеет заметной мощности и не должен использоваться для обозначения тонкого или отчетливого биостратиграфического подразделения. М.А. Рогов почему-то счел нужным подменить сущность этого понятия и приписал БГ *объемность*. Но это не главное. Он не понял, что в своих построениях нарушил *принципы классификации и деления*, как и правила построения иерархии подразделений. Его БГ обычно *не смыкаются* (*между ними пустые интервалы или «зоны неопределенности»*) и в сумме не составляют зоны. Фактически эти БГ соответствуют подразделениям, которые в отечественном Кодексе давно относятся к вспомогательным единицам – «слоям с фауной» или, с другой стороны, к местным или региональным маркирующим горизонтам. Поэтому упомянутые «биогоризонты» при желании можно свести к этим общепринятым понятиям.

Но при этом М.А. Рогов допускает еще одну ошибку: по его определению, основой БГ являются фактически обычные (только «*маленькие*») *биозоны* внутри комплексных зон, при этом без точного их положения. По Рогову, для установления биогоризонта достаточным условием является определение диапазона распространения какого-нибудь вида/подвида – индекса). К сожалению, он не заметил, что хронозоны, которые являются частями ярусов, а с другой стороны, биостратиграфические зоны (комплексные и интервал-зоны), которые представляются «вместилищами» БГ, относятся к разным категориям зональных подразделений. В его понимании стратотипы для биогоризонтов не нужны, и они находятся *вне иерархии зональной стратиграфии.* Поэтому их границы могут *не совпадать* с зональными. В разных районах в составе одной зоны могут быть разные типы БГ – связанные с появлением видов как в процессе *эволюции*, так и в связи с *миграционными* событиями (т.е. эти горизонты имеют разную природу). Фактически он переназвал то, что обычно называется филозонами и экозонами.

Определение точного положения БГ М.А. Рогова в разных разрезах наталкивается на естественные трудности, так как их позиция внутри зон ничем не подтверждается и не контролируется, ни палеомагнитными маркерами, ни изотопными или другими реперами. Поэтому ему трудно объяснить, как можно использовать «инфразональность» в его нынешнем понимании в практике геокартирования и построения местных схем.

Видимо, М.А. Рогову не удалось серьезно познакомиться с имеющимися наработками на эту тему, и он ограничил себя только своими материалами по ярусам верхней юры (в основном эпиконтинентальных бассейнов Русской плиты и Западной Сибири). А ведь опыт зональной стратиграфии, полученный, например, при глубоководном бурении в разных регионах Мирового океана (а сейчас пробурено около 3000 скважин!), является в этом отношении уникальным, ибо отразил действительное положение проблем с классификацией самых дробных стратиграфических подразделений (Гладенков А., Гладенков Ю., 2021). Кроме того, в литературе сообщалось об опыте выделения в иерархии микростратиграфических категорий мелких подразделений типа *подзон* и *зонул*, ниже которых обычно никаких единиц не выделалось. В их пределах лишь в отдельных случаях некоторые авторы намечали *местные* БГ (например, в нижней юре северо-западной биогеографической провинции Европы при их отсутствии в трех других провинциях (Page, 2003)). В целом же М.А. Рогов не использовал общих принципов классификации внутризональных единиц (так, как это сделали, например, М.С. Месежников (1992) при разборе зональных подразделений юры, К.В. Никифорова, Е.В. Шанцер, В.А. Зубаков и другие при внесении предложений по совершенствованию классификации

стратонов в четвертичной системе и др.). В правилах деления «объема понятия» есть полезные и определенные указания: деление должно проходить на одном и том же *основании*, и оно должно быть *непрерывным* (т.е. должна быть соподчиненность подразделений), без сквозной типологии нельзя строить систему подразделений и т.д.).

Если в понимании М.А. Рогова и некоторых его единомышленников (Д.Н. Киселев, В.А. Захаров и др.) выделение БГ является новым шагом в общей теории стратиграфии, то им следовало бы познакомиться не только с названными выше публикациями, но и, в частности, с книгой С.В. Мейена (1989), в которой автор разобрал многие вопросы методического характера с широких позиций. Среди них освещены такие важные моменты, как, например, различие понятий «расчленение» и «классификация», выделение членов расчленения (меронов) и стратиграфических единиц (стратонов), реальный и целесообразный предел расчленения комплексов пород в разрезах и др. Можно соглашаться или нет с С.В. Мейеном, но он представил общее стратиграфическое мировоззрение солидно и всесторонне. Он напомнил, в частности, о 23 основных типах стратиграфических ошибок, среди которых можно найти и ошибки, сделанные Роговым (смешение аспектов естественности, смешение границ разных типов, искажение соотношений МСШ и региональных СШ, игнорирование стратотипа и потеря интервалов в нем, организмоцентризм в применении палеонтологического метода, смешение критериев практической целесообразности и теоретической возможности и т.п.).

В результате у М.А. Рогова получился, к сожалению, пафосный продукт чисто формалистического характера и с упрощенной процедурой предложенной «детализации». Все-таки неплохо всегда помнить о мудром совете: определяйте значения слов, и вы избавите свет от половины его сомнений. И зачем изобретать велосипед?

Еще одно замечание в конце раздела. Нельзя отнести к удачным появляющиеся иногда попытки придумать терминологические нововведения в связи с расчленением разрезов не только на *слои с фауной* (*флорой*), но и на «*интервалы* (?) *зон*» – без специального объяснения их необходимости и их существа (это, видимо, «пустые» слои в духе «принципа ненаблюдательности»?). Между тем знакомство с давно известными понятиями легко снимает эту проблему. Еще в середине 20-х годов прошлого века было предложено понятие «тейль-зона» – слои, отвечающие *реальному распространению таксонов в разрезе конкретного района* (Frebbold, 1924). Эти слои по объему часто *меньше* биозон (рис. 12). Представляется, что в стратиграфических исследованиях применение такой «рабочей» и «честной» единицы, как тейль-зона весьма полезно (в нашей практике многие ее используют, возможно, неосознанно).

# 11. БИОСФЕРА И ЭКОСИСТЕМЫ. ЭТАПНОСТЬ ИХ РАЗВИТИЯ И ЕЕ ОТРАЖЕНИЕ В СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ СХЕМАХ

**11.1.** Начать этот раздел уместно словами Б.С. Соколова (1980): «Вся геологическая история стратисферы заключает летопись былых биосфер, а следовательно, и былых экологических систем. В.И. Вернадский (1926) понял это ранее других».

Выше мы старались подчеркнуть, что 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 биотические, так и абиотические. И если последовательность этих событий можно выявить с определенной точностью, то их взаимосвязь, обусловленность и причинность часто остаются до конца не установленными. Это постоянно «терзает» душу стратиграфов. Нередко поэтому они вынуждены многое моделировать и в отношении восстановления 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, взять 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 не всегда. И приходится собирать прежде всего отдельные, пусть даже разрозненные факты, чтобы постепенно сложить из них правдоподобную картину строения и эволюции биосферы.

**11.2.** *Биосфера и экосистемы*. Наверное, справедливо будет вспомнить, что при анализе биосферных проблем принимаются во внимание особенности развития *стратисферы* как естественного стратона высшего порядка. С другой стороны, при рассмотрении особенностей биосферной эволюции приходится обращать внимание 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. Термин «биосфера» был введен в науку в 1875 г. австрийцем Э. Зюссом, хотя представление о биосфере было дано еще Ж.-Б. Ламарком (правда, он не пользовался этим термином). Особенно популярным термин стал после 20-х годов прошлого

века, когда В.И. Вернадский не только использовал его, но и фактически создал науку с аналогичным названием.

**Биосфера – это оболочка Земли, где существует или когда-либо существовала жизнь, т.е. где встречаются живые организмы или продукты их жизнедеятельности**. Она включает в себя верхнюю часть литосферы, гидросферу, тропосферу и нижнюю часть стратосферы (рис. 18). В.И. Вернадский (1926) показал первостепенную преобразующую роль живых организмов и обусловливаемых ими механизмов образования и разрушения геологических структур, круговорота веществ, изменения твердой, водной и воздушной оболочек Земли.

▲ **Рис. 18.** Геологические оболочки и геосферы Земли (по В.И. Вернадскому, 1926)

Ту часть биосферы, где живые организмы существуют в настоящее время, называют *современной* 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.*

**11.3.** 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 (2010), биосферный процесс можно рассматривать как нормальное естественноисторическое явление. Конечно, ему при этом была свойственна определенная *этапность* с преодолением отдельных критических эпох, т.е. этот процесс не имел плавного течения, сохраняя при этом определенную направленность и зависимость от общего хода элементарных биогеохимических циклов. Биосфера, в представлении В.И. Вернадского, – это не столько часть пространства, сколько его *состояние*. Отсюда важно выявлять смены таких состояний во времени. Предметом особого внимания стратиграфии являются также и смены состояний отдельных экосистем, так как именно на этой основе строится выделение стратиграфических единиц.

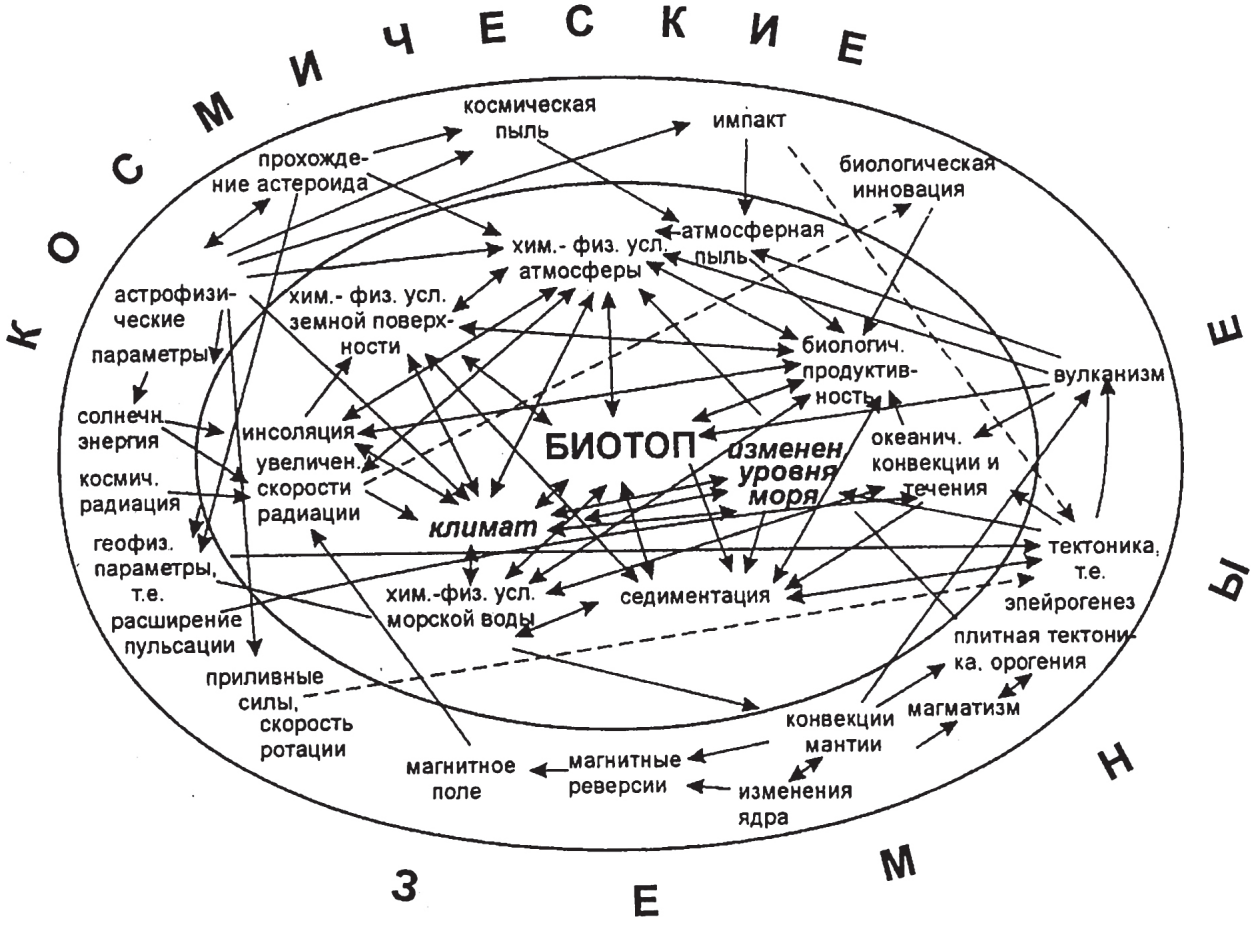
**11.4.** Биосфера (Б) является *сложной системой* со всеми вытекающими последствиями. Она характеризуется четырьмя важными свойствами:

– это централизованная система (с центральным звеном в виде живого вещества);

– это открытая система (отсюда поступление энергии извне);

– это самоорганизующаяся система (с характерным гомеостазом);

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




▲ **Рис. 19.** Возможные причины и взаимодействия процессов, протекающих в геосфере и биосфере и приводящих к глобальным событиям (по Walliser ed., 1996)

*Важное свойство Б* – это наличие в ней механизмов, обеспечивающих круговорот веществ и связанную с ним неисчерпаемость отдельных химических элементов и их соединений.

**11.5.** Предполагается, что развитие биосферы происходило под влиянием внешних и внутренних причин. На рис. 19 (Walliser, 1996) приведены возможные причины и взаимодействия процессов, протекающих в геосфере и биосфере и приводящих к глобальным событиям.

Имеются несколько основных гипотез, в которых раскрываются *внешние причины*:

– галактическая гипотеза (повышение уровня космической радиации, интенсивности магнитного и гравитационных полей и пр.);

– взрыв сверхновой звезды (усиление потока космических лучей);

– импактная гипотеза (изменение разных характеристик Земли под влиянием бомбардировки ее космическими телами);

– астрономическая гипотеза (попадание Солнечной системы в струйные потоки и др.).

Также имеются несколько *внутренних причин*, которые разделяются на абиотические и биотические. *Абиотические* причины включают в себя диастрофизм и вулканизм (прямо или косвенно с ними связаны ротация, изменение магнитного поля, климатические и эвстатические колебания); рифтогенез (проявление радиоактивности) и др. *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 устойчивое 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.

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.

**11.6.** Биосфера состоит из живого и неживого (косного) веществ. Живое вещество – это, по В.И. Вернадскому, чрезвычайно активизированная материя, которая обусловливает 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.

Ряд специалистов считают, что, возможно, одно из главных отличий жизни от абиотических явлений – целесообразность развития.

**11.7.** 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).

**11.8.** Основными звеньями (блоками) биосферы являются *экосистемы* (**ЭС**). Этот термин введен в употребление А. Тэнсли (Tansley, 1935).

**Экосистема – это естественная организация (система), представляющая собой совокупность живых и неживых элементов, в результате взаимодействия которых создается стабильная саморегулирующаяся система**. Другими словами, она объединяет в одно функциональное поле жи-

вое 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 (Сукачев, 1942). Это понятие особенно широко используется в России.

**11.9.** 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 в табл. 13 (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. В скобках приведены примеры экосистем позднего кайнозоя (Гладенков, 2004).

**11.10.** 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*, означающая, что свойства системы как целого не являются простой суммой свойств слагающих ее частей или элементов.

Важным свойством ЭС является их *продуктивность* (образование продукции в единицу времени на единицу их площади или объема). В.И. Вернадский (1924) 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. Повышенные концентрации живого вещества в биосфере обычно приурочены к условиям «краевого эффекта», или *экотонам*. Такой эффект возникает на стыках разных сред или экосистем.

**11.11.** Способность ЭС сохранять свою структуру и функциональные свойства под воздействием внешних факторов характеризует 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, характеризу-

*Таблица 13*

**Иерархия морских экосистем Северо-Западной Пацифики (по Гладенков, 2004)**

**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) (считается, что в биокомплексе моллюсков провинции эндемики составляют 25–50%)

**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 (литоральная, сублиторальная, батиальная, абиссальная зоны)

ющие 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.

**11.12.** Любая экосистема, находясь в процессе *саморазвития* и приспосабливаясь к изменениям внешней среды, находится в динамике. 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 является поступательной или направленной.

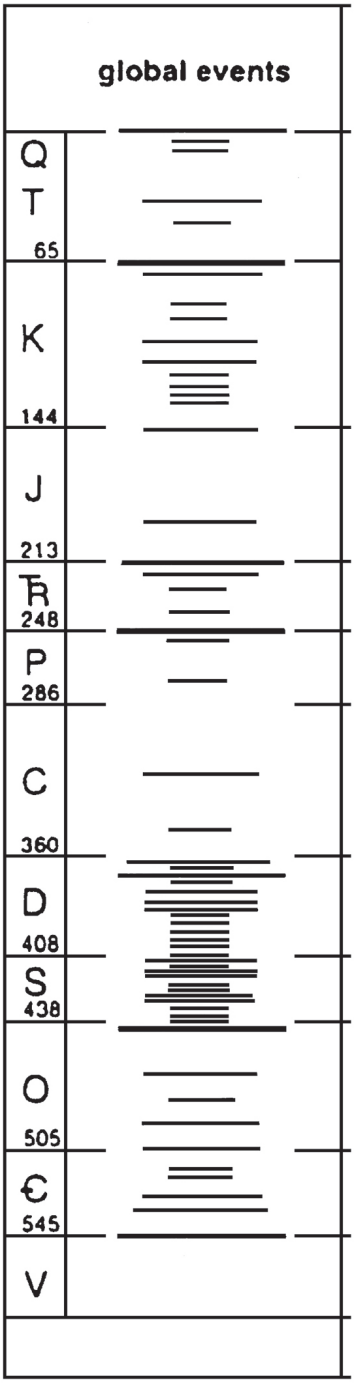
Последовательная смена во времени одних биоценозов и экосистем другими на определенном участке океана или суши называется *сукцессией.* Установлены определенные закономерности протекания сукцессионного процесса с выделением нескольких (до 5–7) стадий – от начальных, когда видовое разнообразие незначительно, до зрелых (климаксных). Высокое разнообразие обычно отражает повышенную устойчивость экосистем, наоборот, ее падение свидетельствует о том, что «что-то произошло».

**11.13.** Мы должны признаться, 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 (Давиташвили, 1969). 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 доминант и пр.). Сейчас делаются попытки специально обозначить факторы, определяющие направленность эволюционного процесса, – *селектогены* (Симаков, 1999). Одни из них отвечают за направленность филогенетических сдвигов (автогенетические), другие обеспечивают изменения вдоль оси (эктогенетические) – изменения плотности сообществ, их распределения и др.

**11.14.** Развитию биосферы свойственна *этапность*. Она проявляется в биосферных ритмах разного масштаба, отражающих направленность и периодичность эволюции биосферы (Шиманский, 1987). Частным выражением этапности развития биосферы могут считаться *массовые вымирания* (МВ), которые считаются проявлением глобальных катастрофических событий определенной периодичности (Sepkoski, 1982; Алексеев, 1989). Из них 4–5 считаются «великими» и около 15 – «малыми» МВ (рис. 20).

Интервалы между ними составляют 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 и сокращением разнообразия. Собственно вымирания занимают несколько тысяч лет и более и имеют ступенчатый характер. 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.

При этом постоянно встает вопрос – что обеспечивает этапность и периодичность смены биосообществ разнообразных биохорий прошлого? При всей неоднородности трактовок этапности в развитии биосферы в литературе все чаще делаются попытки выявить *биосферные ритмы* разного масштаба, отражающие направленность ее эволюции. В замечательной статье Шиманского (1987) намечены крупные этапы эволюции органического мира, на основе которых были выделены геологические системы и отделы. Но нас в практической работе часто интересуют более мелкомасштабные явления, которые вскрываются при изучении со-



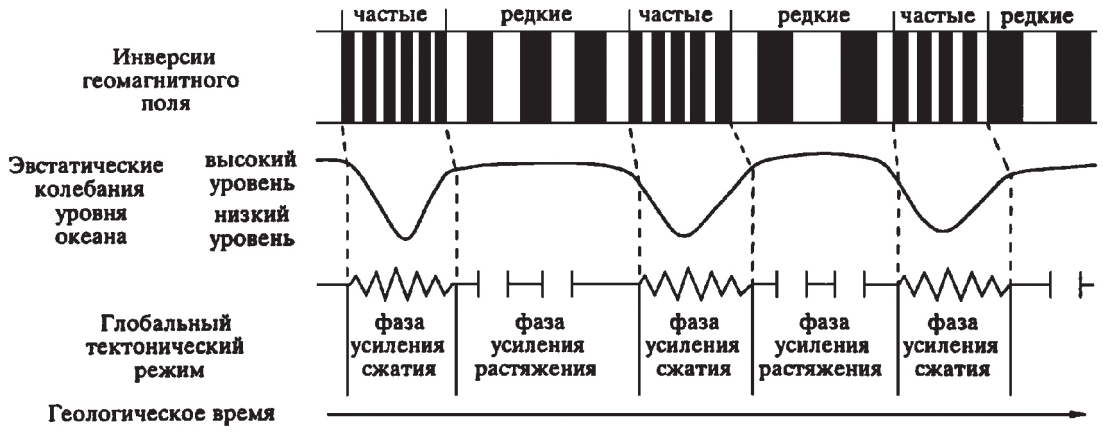

▲ **Рис. 20.** Массовые вымирания в фанерозое (по Morrow et al., 1996, с упрощениями).

Жирные линии – великие вымирания, длина линий показывает масштаб биотических событий

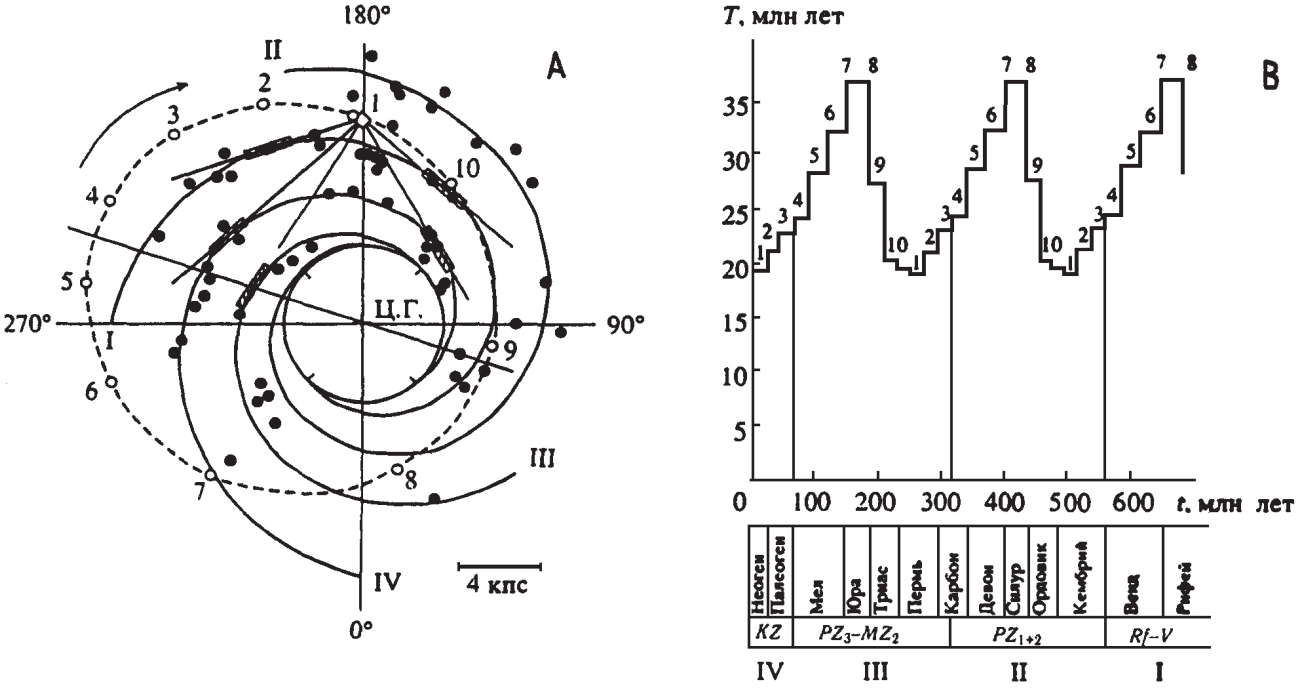
обществ отдельных палео-экосистем (например, шельфовых зон бореального пояса и др.). Именно поэтому обращение к выявлению более мелкой периодичности смены биотических сообществ в разрезах древних толщ представляется одним из перспективных направлений биостратиграфических исследований. Другими словами встает задача расшифровки особенностей этапности развития органического мира, которые проявляются на разных уровнях организации биосферы и в разных экосистемах (разных по географическому положению, размерам, степени изолированности и пр.). Практически это означает, что на фоне проявления крупных этапов (или волн) эволюции необходимо выявлять более мелкие фазы, которые часто читаются в разрезах древних образований отдельных регионов и их частей.

В последние годы появляются специальные работы, в которых делаются попытки объяснить определенную ритмичность или цикличность в развитии биосферы. Одна из таких попыток принадлежит Ю.М. Малиновскому (1982, 2012), который связал отмечающуюся периодизацию геологической истории биосферы с автоколебательным механизмом гомеостаза. Этот автор попробовал связать такую периодичность с таковой других геологических событий (тектонические движения, трансгрессии, климат, образование полезных ископаемых и др.), чтобы свести их в своеобразную *синфазную стратиграфию*, на основе которой можно построить «Периодическую систему геологических событий фанерозоя». Хотя здесь термин «стратиграфия» используется в непривычном смысле (ведь она здесь не «практическая»), он здесь, возможно, уместен, так как отражает идею последовательности событий и этапности развития древних биосфер и их состояний.

**11.15.** 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. 21).




▲ **Рис. 21.** Принципиальная схема соотношений во времени изменений частоты геомагнитных инверсий, тектоноэвстатических колебаний уровня океана и глобальных фаз усиления тектонических деформаций сжатия и расширения земной коры в мезозое и кайнозое (Милановский, 1996)




▲ **Рис. 22.** 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 (В) (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)

**11.16.** 20 лет назад А.А. Баренбаум с соавторами (Баренбаум и др., 2002) сделали попытку связать МВ с моментами прохождения Землей *струйных потоков космоса* (рис. 22).

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. Предполагается, что 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 не только отражает этапы внутренней эволюции Земли, но и служит индикатором ряда космических явлений, которые время от времени происходят в околосолнечном космическом пространстве и сильно влияют на многие процессы нашей планеты. Таким образом, предполагается, что причиной глобальных геологических циклов Земли являются мощные космические воздействия, обусловленные квазипериодическими взаимодействиями Солнца со звездами и бомбардировками Солнечной системы кометами струйных потоков Галактики.

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. Какие из этих предположений получат в будущем подтверждение, сказать трудно. Но работ по этой теме появляется все больше (см., например, Обридко и др., 2013).

**11.17.** Можно вспомнить и другие гипотезы по разбираемым вопросам. 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). Она базируется на предположении, что в отдельные эпохи прошлого (в частности, на границе мела и палеогена) на Землю падали и мелкие, и крупные небесные тела (метеориты). Это вызывало резкие изменения природных обстановок и как следствие перестройки в животном мире, вплоть до **вымирания** отдельных групп организмов (в конце мела, например, аммонитов, белемнитов и пр.). На этой основе были созданы *импакт-стратиграфические* шкалы (см., например, Keller, 2008. (рис. 7). Правда, обнаружилось, что «метеоритные» кратеры имеют, судя по всему, разную природу (в том числе вулканическую).

Обращает на себя внимание интерес, проявленный в последние годы к гипотезе влияния на биотическую эволюцию *геомагнитного поля* Земли. Некоторые связывают с его изменениями массовые вымирания фанерозоя (Бараш, 2015), предполагая, что во время инверсий геомагнитного поля происходит потеря кислорода земной атмосферой. А это могло сказываться на состоянии биотических сообществ и приводить к их изменениям.

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 (ее развивал, например, О. Шиндевольф (Schindewolf, 1970). Имеются и другие гипотезы, касающиеся причин не только вымирания, но и развития в целом биотических сообществ. Однако большинство из них не затрагивают всех аспектов взаимодействий разных факторов и их общего влияния на эволюцию биоты. И все же такие попытки делаются. Остановимся на двух-трех из них, которые возникли на границе последних веков и отразили относительно свежие и оригинальные гипотезы.

**11.18.** 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 уравновешивание 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 климаксные 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 О. Шиндевольфом, В.А. Красилов считает, что эволюционные импульсы распространяются от высших системных уровней к низшим, т.е. «сверху вниз».

**11.19.** Несколько другой подход к развитию биосферы наметил С.М. Шугрин (1999), явно находившийся под влиянием идей В.И. Вернадского. Он разработал свою гипотезу с охватом самых широких проблем, касающихся эволюционного процесса, и сделал, возможно, одно из самых интересных обобщений последних лет, использовав не только свои оригинальные воззрения, но и, естественно, пионерные данные других исследователей. По его мнению, имеет место длительный процесс совместной направленной эволюции *космической системы*, в которую включены Земля и ее биосфера. Поэтому некоторые важные тенденции развития биосферы обусловлены тенденциями космических изменений. Эволюцией движут потоки информации, энергии и вещества, направляемые и регулируемые всей системой организованности биосферы. Наиболее фундаментальный аспект эволюции – это эволюция биосферы *как целого*, ее глобальной организованности. 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.

**11.20.** Земля, по С.М. Шугрину, 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 вещества 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 планеты – на границе высо-

коподвижных внешних и внутренних геосфер, где космическое влияние переплетается с тектонической динамикой.

**11.21.** 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 организации 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.

**11.22.** 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.

**11.23.** Заканчивая изложение гипотезы С.М. Шугрина, 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.

На фоне сказанного обращает на себя внимание интерес, проявленный в последние годы к гипотезе влияния на биотическую эволюцию *геомагнитного поля* Земли. Некоторые связывают с его изменениями массовые вымирания фанерозоя (Бараш, 2015), предполагая, что во время инверсий геомагнитного поля происходит потеря кислорода земной атмосферой. А это могло сказываться на состоянии биотических сообществ и приводить их к изменениям.

**11.24.** 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 Ш. Бониэ в 1762 г., хотя эволюционные идеи высказывались, видимо, раньше. В начале XIX в. Ж.-Б. Ламарк одним из первых поставил вопрос о роли разных причин, приводящих к эволюции (влияние среды, упражнение и неупражнение органов и пр.). Но обычно победу эволюционизма справедливо связывают с Ч. Дарвином, который в книге «Происхождение видов…» 1859 г. развил свои идеи развития органического мира, сопроводив их представлениями о роли изменчивости и отбора в становлении новых форм. А уже в начале XX в. была создана *синтетическая теория эволюции*, в которой, как представлялось, были соединены идеи классического дарвинизма и генетики.

**10.25.** Хотя, по мнению некоторых биологов, ископаемые формы остаются за пределами био-

логической 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-Ресовский 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, не всегда.

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

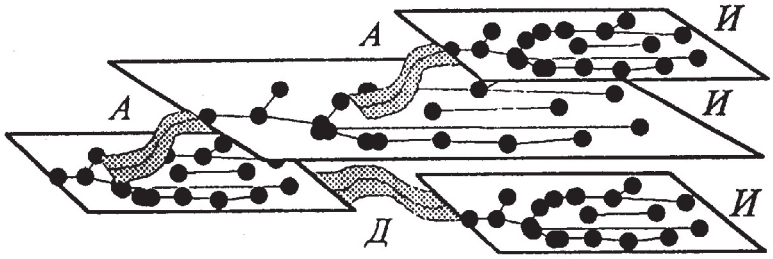
– Вид состоит из множества соподчиненных морфологически, физиологически и генетически отличных, но репродуктивно не изолированных единиц – подвидов, популяций.

– 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.

Наверное, современная биология уже пересматривает многие положения СТЭ, и было бы полезно палеонтологам знать об этом. Однако следует помнить, что рядом с СТЭ возникали и другие воззрения на эволюцию. Здесь уместно вспомнить, например, теорию *номогенеза* (или эволюцию на основе закономерностей) Л.С. Берга, который в 20-х годах прошлого века (Берг, 1920) подверг критике теорию классического дарвинизма как тихогенеза (эволюция на основе случайностей) и селектогенеза (эволюция на основе отбора). Хотя многое во взглядах Л.С. Берга, возможно, устарело или спорно, 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. Наверное, можно сказать, что в области теоретических основ палеонтологии сейчас идет соревнование синтетической теории эволюции с другими направлениями эволюционного учения. По мнению Берга, отбор не выбирает крайние отклонения, а отсекает их, поддерживая вид на приобретенной высоте, то есть «сохраняет норму». Новообразования в органических формах происходят не случайно, а *закономерно*, ибо образование новых признаков идет в определенном направлении на основе «причин автономических и хорономических». Они захватывают громадные массы особей. И тот процесс идет путем *массовой трансмутации*. Другими словами для образования новых форм необходимо, чтобы новые признаки появились на обширных территориях и сразу у громадной массы особей. Но при этом образование новых признаков совершается главным образом в процессе *географического обособления* (изоляции) организмов. Для возникновения новых форм при посредстве географической изоляции необходимо, чтобы видоизменению подвергалась сразу громадная масса особей с охватом большой площади. Среди разных и особых случаев географической изоляции Берг указывает озерную изоляцию, разделение смежных областей перешейками, изоляцию в горах, в пустынях и на островах. Отдельно изменение видов он связывает с влиянием изменения окружающей среды во времени и пр. Из этих построений следует, что рассматривать вопросы изменения палео-биосообществ нельзя без учета географического фактора.

Но встает другой вопрос – что обеспечивает этапность и периодичность смены биосообществ разнообразных биохорий прошлого? При всей неоднородности трактовок этапности в развитии биосферы в литературе все чаще делаются попытки выявить *биосферные ритмы* разного масштаба, отражающие направленность ее эволюции. Частным выражением этого процесса могут считаться массовые вымирания биоты, которые происходили, видимо, с определенной периодичностью (Алексеев, 1989). Из них 4–5 считаются «великими» и около 15 – «малыми». Интервалы между ними – порядка 30 млн лет (около 37 – в палеозое, 26 – в мезозое и кайнозое), хотя они не всегда выдерживаются в этих пределах [2]. Продолжительность глобальных биотических кризисов оценивается до 10–15 млн лет (они отражают упрощение струк-




◄ **Рис. 23.** 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

туры сообществ, сокращение биоразнообразия и проч.).

**11.26.** 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. адаптациогенез; эволюционный процесс проходит неравномерно и непрерывно; процесс адаптациогенеза идет при участии естественного отбора; элементарной эволюционирующей 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 распадом 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;

– *стасигенез* – процесс длительного сохранения таксона без прогрессивного изменения в какомлибо направлении – без анагенеза и кладогенеза.

Не останавливаясь специально на проблеме появления жизни на Земле, следует напомнить 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 Х. Гюйгенса, которую при Петре I переводили и издавали дважды. Там тоже отмечалось, что жизнь есть космическое явление.

**11.27.** Видимо, будет полезно для информации напомнить также об идеях А.Н. Северцова (1945) о биологическом и морфофизиологическом прогрессе. Биологический прогресс может быть достигнут за счет частных приспособлений (*идиогенез*), за счет морфофизиологического прогресса (арогенез, или *араморфоз*) или регресса (дегенерация, или *катагенез*) (рис. 23).

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–Северцова, который гласит, что за арогенезом следует идиогенез.

**11.28.** 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 эобионтных 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 / т от современного количества), появление около 400 млн лет назад озонного экрана (10% кислорода от современного уровня). Согласно современным представлениям, точка Пастера и появление озонного экрана должны быть «опущены» до уровня около 2 млрд лет (Семихатов и др., 1999). Совсем

недавно Б.С. Соколов (2010, 2012) сделал новое важное обобщение по этапности развития Земли и ее биосферы и отразил ход этой зволюции на приведенном выше рис. 1.

**11.29.** На практике при стратиграфических исследованиях мы имеем дело с анализом прежде всего отдельных палеоэкосистем (ПЭС). 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 экосистем (ЭС) касались прежде всего современных ЭС, т.е. фактически ЭС одного геологического мгновения, совпавшего с нынешнем временем. Если же обратиться к ЭС прошлого, то сразу 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 анализ, 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 ряда компонентов палеобиоты (производителей и разлагателей 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. 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.

**11.30.** 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 палеоэкологу приходится анализировать не «живую» ЭС с ее главными параметрами, а лишь сравнительно неполные следы ее существования, которые, строго говоря, почти не позволяют судить о сущности многих параметров и дают только относительную информацию об одной из важных сторон палеоэкосистемы – эволюции отдельных групп органического мира (и, если это возможно, об особенностях седиментации), причем эта информация часто 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 седиментации и на этом основании судить об изменениях чего-то более «общего» (что мы и называем, наверное, палеоэкосистемой), 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 уж «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 отдельными фазами тектогенеза.

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, видимо, 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 понятие «палеоэкологическая перестройка» выглядит часто 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 меняющихся условиях и в рамках геологического (т.е. относительно длительного) времени. Поэтому едва ли можно ставить «стадии» палеоэкосистемы, например, палеозоя в один ряд со стадиями сукцессии 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.

**11.31.** Призывая к корректному и осторожному использованию данных по палеоэкосистемам, можно сделать два вывода. Во-первых, попытки решить вопросы по ПЭС 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. Но, во-вторых, при всех допущениях и трудностях следует помнить о полезности палеоэкосистемного направления в стратиграфии, которое отражается в нескольких моментах: 1) оно сулит в будущем сделать стратиграфические схемы более детальными (с учетом расшифровки этапов, стадий и фаз развития ПЭС); 2) оно обещает более обоснованно, чем раньше, прослеживать стратиграфические подразделения в различных палеогеографических областях и в разных фациях; 3) международная стратиграфическая шкала и региональные схемы станут еще более реально, чем раньше, отражать 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 мно-

госторонние обобщения, страдает недостатками (например, узким, односторонним 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 (хронологическая) 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. И все же, принимая во внимание все трудности при расшифровке палеоэкосистем, закончить раздел хочется словами: «Эволюционный процесс при всей его непостижимой длительности можно представить как эволюцию экосистем» (Соколов, 1986б).

В связи со сказанным нельзя не отметить, что выявление общей периодизации истории Земли сталкивается в целом с двумя большими трудностями: 1) региональной неоднородностью Земли (наличие различных палеоэкосистем) и 2) определенной несогласованностью изменения во времени разных по природе геологических объектов (тех же палеоэкосистем).

# 12. ЭВОЛЮЦИЯ БИОТИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ. БИОСФЕРА И ГЕОМЕРИДА

**12.1.** В настоящее время при исследовании экосистем и их биотической составляющей значительное внимание стало уделяться изучению не только эволюции отдельных таксонов (видов, родов), к чему все привыкли, но и *сообществ биоты* (Гладенков, 2018). Так, было выявлено, что при выделении региональных горизонтов и зон учитывается смена прежде всего определенных биотических группировок (биоценозов или сообществ) в разрезах. **Сообщество – это комплекс организмов одного вида (популяция) или уникального множества разных видов, обусловленного экологическим сопряжением**. Стратиграф имеет дело с ископаемыми или палеосообществами. Приставка «палео» в этих случаях определяет отличие ископаемых сообществ от современных (в отношении разного масштаба времени их формирования, сохранности остатков, таксономической полноты и определенной усредненности). Может быть, более строго ***палеобиоценоз*** **можно определить как исторически сложившуюся в определенных условиях группировку организмов при наименьшей конкуренции друг с другом.** Для стратиграфов важным является факт смены сообществ в разрезах. В литературе часто используется термин «сукцессия», который означает изменение сообществ в относительно короткий период времени в течение геологического времени, но для нас более приемлемым является понятие «палеосукцессия», которое имеет иной смысл: проявление феномена изменения древних сообществ на фоне эволюционных процессов в геологическом времени. Под этим термином обычно понимается смена *орикто-* или *тафоценозов*. При этом причины, вызывающие временную смену ценозов, могут быть различны. Анализ биотических палеоассоциаций горизонтов и зон показывает, что их смена в осадочных разрезах всех систем фанерозоя отражает смену *определенных состояний* в развитии экосистем.

**12.2.** Сообщества в принципе могут рассматриваться в качестве живого элемента экосистем (по А. Тэнсли) или биогеоценозов (по В.Н. Сукачеву) (см. ранее). И если экосистемы в сумме составляют биосферу, то их «живые» компоненты тоже могут суммироваться в глобальном масштабе, а именно в понятие, которое получило название **Геомерида**. Этот термин был предложен К.Д. Старынкевичем (1931). Он впервые ввел в литературу термин «мерида», понимая под этим «органический целостный элемент», часть того, что мы называем экосистемами. Эти мериды и образуют ту целостность в масштабе биосферы и Земли, которую К.Д. Старынкевич назвал Геомеридой (от слова Гея – Земля).

**12.3.** Палеосообщества давно используются при выделении горизонтов и зон при построении стратиграфических схем. Например, с учетом смены комплексов моллюсков неогена в разрезах шельфового типа Камчатско-Сахалинской области были установлены семь региональных горизонтов (Гладенков, 2018). В пределах каждого из них биокомплексы в целом сохраняют свой состав, что, видимо, соответствует определенным периодам

*динамического равновесия* экосистемы. При анализе комплексов неогена можно отметить следующие их особенности.

**1.** Прежде всего в каждом из сменяющих друг друга горизонте происходит определенная смена руководящих и характерных видов, которая может сопровождаться также сменой доминантов (частично, видимо, из-за фациальных изменений в слоях). В них обычно отмечаются «свои» эндемики, достигающие 10–40% от общего состава. **2.** В последовательностях горизонтов отмечается обновление видового состава палеокомплексов до 30–50%, которые вмещают автохтонные и аллохтонные элементы. **3.** В течение неогенового времени происходит изменение процента ныне живущих форм в разрезе: от 10% в раннем миоцене до 40–50% в позднем миоцене, 60–65% в плиоцене и 96–98% в эоплейстоцене (естественно, процент вымерших видов меняется в обратном порядке – от 90% до 2%) [14]. **4.** Среднюю продолжительность времени формирования горизонтов можно оценить около 3–4 млн лет (в пределах 2–5 млн лет). **5.** Смена группировок видов моллюсков происходит при сохранении общей для кайнозоя трофической зональности. **6.** Изменение сообществ происходит без катастрофических вымираний даже при существенных сменах температуры в аркто-бореальных водах. Показательным примером являются, в частности, сообщества моллюсков квартера: за 2 млн лет при многочисленных оледенениях и относительных потеплениях на Земле их состав в аркто-бореальных бассейнах в принципе не изменился – за все это время отмечено появление лишь 1–2 видов (*Portlandia arctica* (Gray), *P. intermedia* (Sars)).

**12.4.** Про интересный опыт выделения горизонтов и 17 комплексных зон на основе последовательной сменяемости в верхнепалеозойском разрезе Северо-Востока ассоциаций брахиопод и двустворок сообщили недавно В.Г. Ганелин, А.С. Бяков с соавторами (Ганелин и др., 2001). Другой пример – в ордовике Сибири по смене комплексов брахиопод и трилобитов намечены до 14 биозон, которые использовались при характеристике горизонтов. Подобные примеры относятся к разрезам открытоокеанических и окраинных бассейнов. Но нельзя обойти и классические горизонты неогена Восточного Паратетиса, которые выделены в полузамкнутом бассейне еще в начале прошлого века Н.И. Андрусовым и Л.Ш. Давиташвили. Намеченные ими по смене комплексов моллюсков 14 горизонтов средней «продолжительностью» около 1–1.5 млн лет используются практикой уже более 120 лет (Невесская, 1999). Интересные данные по этой тематике приводит А. Буко (1979), который изучал ценозы брахиопод силура–девона. По его мнению, развитие сообществ объединяет последствия органической и биогеографической эволюции, что и может быть использовано при выделении определенных стратиграфических подразделений.

Периодическая сменяемость биотических ассоциаций в разрезах древних толщ относится не только к бентосу, но и к планктону, который сейчас служит основой обоснования комплексных зон. Ярким примером в этом отношении являются зоны кайнозоя, выделенные при глубоководном бурении дна океанов по фораминиферам, наннопланктону, радиоляриям и др. Эти зоны (субглобальные и региональные) уже стали неотъемлемой частью стратиграфических исследований. Например, выделенные во второй половине прошлого века фораминиферовые зоны тропической области (среди их авторов – Г. Болли, У. Блоу, У. Бергрен, Д. Кеннет и др.) – в палеогене 22, а в неогене около 20 – используются практически во всех современных схемах. Им была присвоена соответствующая нумерация, которая давно стала привычной для всех специалистов. В нашей стране по этой тематике особенно много сделал В.А. Крашенинников (1969, 1973, 1980), участвовавший во многих рейсах глубоководного бурения и написавший несколько известных книг.

**12.5.** Накопление материалов по биосообществам (современным и ископаемым) требует осмысления сущности их развития. В последнее время стали активно обсуждаться разные подходы к пониманию их роли в системе экосистем и биосфере. Об этом в течение нескольких десятилетий пишут биологи (особенно ботаники). Недавно И.А. Жирков (2010) разобрал две концепции, по-разному раскрывающие положение сообществ в природных системах. Первая концепция – ***континуализм*** возникла в 20-х годах прошлого столетия. Она основана на следующих базовых принципах: (а) виды эволюционируют независимо друг от друга на фоне локальных абиотических условий, (б) случайные сочетания видов плавно переходят одно в другое (континиумы), (в) фактически существуют два уровня организации жизни: организмы и биосфера. Авторами этой концепции были Л.Г. Раменский и Х. Глесон – советский и американский геоботаники (Раменский, 1971; Gleason, 1939). Вторая концепция – ***структурализм***, возникшая несколько позже, основывается на других представлениях: (а) биосфера обладает эндогенной структурой, дискретные структуры имеют границы, (б) структуры эволюционируют как **еди-**

**ное целое**, виды в процессе эволюции становятся элементами экосистемы, (в) ответ экосистемы на внешнее воздействие зависит от видового состава и стадии сукцессии. Эта парадигма была развита американскими геоботаниками Ф. Клементсом и В. Шелфордом (Clements, Shelford, 1939) и советским специалистом С.М. Разумовским (1981).

**12.6.** Если с позиций этих концепций анализировать морские ископаемые биокомплексы наших горизонтов, то следует прийти к выводу, что они являются элементами древних экосистем и развивались во времени как «единое целое». Другими словами, многие из нас осознанно или неосознанно являются сторонниками концепции структурализма. Приходится признать, что центральное место, ранее в реконструкциях занятое индивидуумом (видом), переходит к сообществам. Все больше осознается невозможность существования вида вне сообщества, и когда мы используем термин «устойчивое равновесие», то он характеризует эволюцию не индивидуума, а сообщества.

**12.7.** Как известно, В.И. Вернадский (1926, 1988) отвергал монофилетическую эволюцию с ее идеей о происхождении жизни от одного или немногих предков, ибо, по его мнению, жизнь с самого начала могла существовать только как «биосфера в комплексе физико-химических связей живого, косного и биокосного вещества в поле гигантского геологического процесса планетарного характера». Поэтому единство всего живого, которое отмечал Ч. Дарвин, явилось следствием не его родословной, а, по В.И. Вернадскому (1988), «общностью его пространственно-временной и материально-энергетической базы». Науке (прежде всего, биологии), видимо, придется много потрудиться, чтобы окончательно осветить эти вопросы. И палеонтология может оказать здесь определенную помощь.

**12.8.** Может быть, полезно еще раз напомнить об общих особенностях океанической биоты и биологической структуре океана, на которые давно указывали В.И. Вернадский, Л.А. Зенкевич (1977) и другие. Вернадский, наверно, первый указал на два «сгустка» жизни в морских бассейнах. Один из них приурочен к окраинным зонам океана (практически к шельфовой зоне), второй – к верхнему, поверхному слою водной массы (где обитает в основном планктон). Первый отличается громадной биомассой и богатством биоты. Здесь в настоящее время из 160 тыс. океанических видов обитает 157 тыс., причем на долю бентоса приходтся 98%. Но биота распространена в пространстве не равномерно. На ее распространении влияет, прежде всего (1) *климатическая зональность* (она вызывает смену комплексов по широте с максимумом видов в тропическом поясе). Она сопровождается (2) *вертикальной и трофической зональностями* (смена биоценозов по глубине с учетом изменения характера питания). Кроме того приходится считаться с (3) *провинциальностью* комплексов отдельных биохорий, что в частности, выражается в появлении определенного процента эндемичных таксонов. Все эти данные используются при анализе не только современных, но и ископаемых сообществ. Они же свидетельствуют, что вопреки мнению многих геологов таксонов–космополитов и убиквистов в древних океанах практически не было и представление о повсеместном распространении в океанических водах каких-то видов (например, знаменитой группы аммонитов) просто ошибочно.

# 13. ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ПАЛЕОБИОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**13.1.** 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 (замкнутый, эпиконтинентальный, шельфовый, океанический), и распространение тех или иных фаций в пространстве (прибрежные и глубоководные или платформенные и геосинклинальные), и развитие биоценозов на площади (бентос и планктон) 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 приобретают 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.

**13.2.** Вот почему в палеогеографических материалах хотелось бы видеть прежде всего отражение 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 типичной в этом отношении является, в частности, попытка «приспособить» палеонтологические материалы к некоторым построениям гипотезы тектоники плит (когда *на веру* принимается расположение континентальных масс в прошлом, которое намечено по не всегда корректным геофизическим данным) или к отдельным реконструкциям 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.

**13.3.** В связи со сказанным специально обратим внимание на некоторые особенности практического внедрения биогеографии (**Б**) и палеобиогеографии (**ПБ**), что представляется важным при определении, в частности, масштаба применения в них биостратиграфической компоненты.

*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, 1963; 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 мобилистскую Б (выявление распространения сообществ, обусловленного движениями в пространстве отдельных континентальных блоков).

*Палеобиогеография* 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.

**13.4.** В целом палеобиогеографические 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. И все эти 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 обычно в два последовательных этапа. Сначала изучаются *ареалы* таксонов и сообществ и проводится биогеографическое районирование земной поверхности для отдельных отрезков геологического 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) во времени; масштаба миграций биотических сообществ; формирования и сдвигания экотонных (промежуточных) зон в бассейнах; влияния, с одной стороны, физических и климатических преград, а с другой – гейт-вейтсов (проходов) и морских проливов на расселение сообществ и др.

**13.5.** *Палеобиогеография* 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. 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 П. Жакара и Ф. Престона, которые помогают определить сходство и отличия тех или иных сообществ.

Формула *Жакара*: $C/(D_1 + D_2 - C)\times100$, 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*: $D_1/D_{1+2} \times D_2/D_{1+2}$, 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 Жаккару 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*: К = 2c/a+b, где a, b – число видов в двух сравниваемых списках, c – число общих видов в этих списках.

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.

**13.6.** *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. Сейчас уже накоплен солидный материал по практическому использованию разного типа биохорий. Недавно были приведены интересные с методической точки зрения примеры 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 биохорий провинциального уровня нередко разнится. При обосновании ранга биохорий все группы фауны имеют одинаковый вес. Но при этом большое значение принадлежит эндемичному таксону высокого ранга любой группы. Синтез всех ареалогических материалов позволяет выявить общие закономерности географического распространения и истории развития биотических сообществ. Но практическое применение этой идеи не получило развития.

**13.7.** Среди работ по данной тематике обращают на себя внимание, в частности, специальные исследования *по морским проливам* (Барабошкин и др., 2007). Особенно по тем проливам, которые существенно влияли на обмен водными массами каких-либо крупных акваторий (например, Берингов пролив, который в самом конце миоцена соединил Северную Пацифику и Арктический бассейн; Панамский пролив, соединявший в неогене Атлантический и Тихий океаны; Гибралтарский пролив, который открылся после мессинского кризиса в плиоцене и обеспечил прорыв воды из Атлантики в чашу Средиземного моря и пр.). Образование таких проливов приводило к обмену бассейнов водными массами, возникновению морских течений, миграциям биотических сообществ. Наглядным примером является взаимный обмен комплексами моллюсков Тихого и Арктического океанов через возникший в конце миоцена – начале плиоцена (около 5.4 млн лет назад) Берингов пролив (А. Гладенков, Ю. Гладенков, 2004). Из Пацифики через пролив мигрировали сообщества моллюсков тихоокеанского происхождения (Serripes, Neptunea и др.), которые преодолели Арктический океан и дошли до Исландии и Англии. Они составили до 25% комплексов зоны Serripes Исландии – Красного Крага Англии). А из Арктики в Пацифику в это же время комплексы североатлантического и арктического происхождения (с Astarte, Cyrtodaria, Portlandia и др.) мигрировали в шельфовые зоны как Северной Америки (Аляска), так и Северной Азии (Камчатка, Сахалин, Япония) (см. далее).

Далее такие обмены происходили неоднократно. В периоды осушения Берингова моста (перерывы морской седиментации) проходил обмен континентальными фаунами Азиатского и Северо-Американского материков (в Северной Америке появились, в частности, многие азиатские виды мастодонтов, оленей, грызунов, медведей и пр.). Продолжительность этих периодов оценивается в 0.2–0.3 млн лет и более.

Среди ярких публикаций на эту же тему можно указать также статью (Duque-Caro, 1990), посвященную неогеновой истории Панамского пролива, который до раннего плиоцена соединял Атлантический и Тихий океаны. С помощью анализа комплексов микрофауны, собранных на разных уровнях неогеновых формаций этого региона, были установлены фазы обмена сообществ этих бассейнов в связи с изменением глубины пролива (от батиальных до прибрежных), влияние Карибского и Калифорнийского течений на характер миграций биоты и этапы постепенного обмеления пролива от раннего миоцена до середины плиоцена, когда Северная и Южная Америки соединились и начался «великий американский обмен» континентальной фауной.

**13.8.** Общей палебиогеографии посвящаются и другие полезные публикации, среди которых необходимо отметить, в частности, книгу (Кафанов, Кудряшов, 2000), осветившую многие вопросы с позиций гидробиологов. Но для геологов и страти-

графов чрезвычайно важны также исследования по палеогеографическим и – что очень важно – палинспастическим направлениям, которые позволяют в ряде случаев совершенно по-новому взглянуть как на методику проводимых реконструкций, так и на качество их обоснования. В этом отношении интересными представляются, в частности, идеи А.В. Каныгина с соавторами (2020) по палеогеографии ордовика Сибири и прилегающих регионов. Они постарались показать, насколько сложные природные обстановки были в то время и как трудно расшифровывать характер наложения и влияния разных геологических процессов друг на друга. Эти построения выгодно отличаются от прямолинейных интерпретаций палеогеографии, основанных на вере в непогрешимость мобилистских построений на геофизической основе.

**13.9.** 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.

# 14. ОСНОВНЫЕ ПАРАДИГМЫ СТРАТИГРАФИИ И ТРИ КЛАССА ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ

**14.1.** Изложенные выше сведения позволяют обратиться к рассмотрению некоторых геологических проблем общего плана. 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.

**14.2.** 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, если так можно сказать, «биостратиграфическая подпарадигма», выразившаяся в основах биостратиграфического расчленения древних толщ фанерозоя (смена неповторяющихся палеонтологических характеристик в разрезах). Как говорилось выше, эти основы были заложены У. Смитом, Ж. Кювье, А. Броньяром и другими в самом начале XIX в. Затем в первой половине того же столетия наступил «золотой век» стратиграфии, когда фактически за несколько десятилетий (точнее, за 35–40 лет) были выделены основные подразделения стратиграфической шкалы – от систем до ярусов. Как говорилось выше, 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 XIX 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 стратиграфических методов и пр.; второй отразил развитие зональной стратиграфии с активным использованием физических методов и т.п.; третий нацелен

на дальнейшую детализацию шкалы с широким внедрением палеогеографического, палеоэкологического и изотопного 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 прочее не могут привести к замене созданных ранее основ). Пока никто не предложил что-то принципиально новое, что может быть достойной альтернативой современной МСШ.

**14.3.** 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 нецелесообразно 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 (Фролов, 2004). 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).

**14.4.** Более полувека тому назад В.И. Вернадский (1988) выявил три класса систем, которые обычно рассматриваются практикой (*геологические, геобиоценотические* 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 геобиоценотическим 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.

**14.5.** 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, использующиеся 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.). Другое дело – подойти к этому очень не просто.

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 метахронности 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.

**14.6.** 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 самоорганизующихся 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.

Однако нельзя забывать, что, возможно, весьма часто так называемые кризисы в развитии отдельных палеонтологических групп являлись прежде всего результатом *саморазвития* системы. Это может сказываться, в частности, в упрощении структуры сообществ, приводящем к смене доминант, 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, но и как совокупность актов *самоорганизации*. В последние 15–30 лет этим проблемам были посвящены специальные работы многих известных исследователей (Л.П. Татаринов, Л.А. Невесская, В.А. Красилов, А.П. Расницын и др. (Невесская, Курочкин, 2000)).

**14.7.** 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. 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 эквивалентам. 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 15)! 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.

Подводя итог раздела, отметим, что в современной стратиграфии наметились два переплетающихся и взаимодополняющих направления. Одно из них – это традиционная (классическая) стратиграфия, направленная на дальнейшую детализацию стратиграфических схем на базе комплексного использования разных методов при главенстве 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 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. Поскольку стратиграфические исследования связаны с историко-геологическим направлением геологии, они активно участвуют в решении общих проблем эволюции Земли, что теперь все активнее ставит во главу вопросы **эволюции *процессов и обстановок*, а следовательно, и *причин*** (Яншин, 1988).

# 15. ПОНЯТИЕ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ВРЕМЕНИ. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ И АБСОЛЮТНАЯ ГЕОХРОНОЛОГИЯ

**15.1.** 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.

**15.2.** 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; Жамойда, 2004 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. Остаются неизвестными точная продолжительность эпох формирования регионально-стратиграфических единиц и степень их различия в этом отношении. Также неизвестна 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), согласно которой может осуществляться их хронологическая датировка.

**15.3.** 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 эталонами соответствующих подразделений международной шкалы. Эта корреляция в фанерозое осуществляется прежде всего палеонтологическим методом (докембрий, за исключением эдиакария или венда, пока не охватывается такой геологической геохронологией).

**15.4.** ***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. позволили 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.

**15.5.** 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, 2001). 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, Ж.-Л. 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 знаменитый физик 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). А сейчас, т.е. в начале XXI в., возраст Земли с помощью радиологического метода определяется в 4.4–4.5 млрд лет. Большая разница.

**15.6.** 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 время представлялось не зависимым от чего бы то ни было, равномерно протекающей субстанцией, которая является как бы вместилищем 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 бренностей 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).

**15.7.** 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 считал, что реальное время обладает свойством анизотропности и циклически необратимой структурой. Сейчас становится все более ясно, что необратимость времени 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 дополняющих 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.

**15.8.** 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 различались воззрения на время Н. Стенона и И. Ньютона.

**15.9.** Течение палеобиосферного времени запротоколировано в геологической летописи тремя видами *хроноиндикаторов* (Симаков, 1999). Во-первых, *хронофантонами* (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).

**15.10.** 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 не зависимых друг друга разнородных систем. Отношения рядоположенности фиксируют точное соотношение между возрастом и бренностью феноменов.

**15.11.** Как отметил К.В. 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 метахронно 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, палеоген 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).

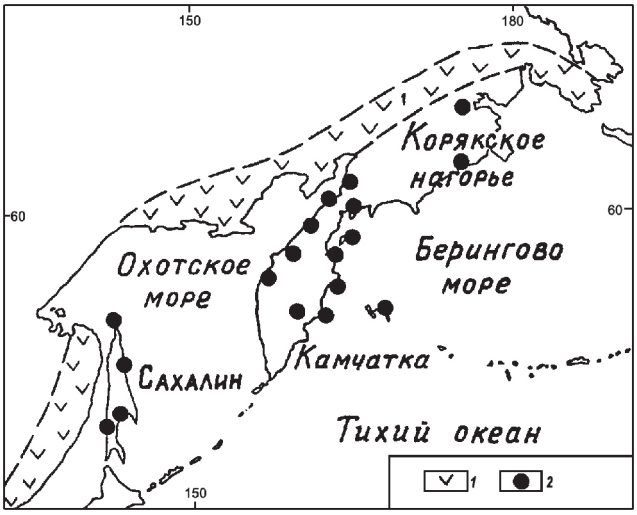
**15.12.** Конечно, следует синтезировать оценки возраста какого-либо геологического объекта, основанные на палеобиосферных и изотопных «часах». Эти оценки взаимно дополняют друг друга. Но обратим внимание на то, что по палеобиологическим часам отложения разных районов на уровне систем, отделов и ярусов могут оказаться в некоторых случаях 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 бренности палеобиосферных перестроек и оценить скорость распространения «сигналов» конкретных глобальных событий.

**15.13.** 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 Н. 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. Вместе с тем 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 бренности и возрасте. И наконец, следует напомнить, что Ч. Лайель и Ч. Дарвин еще в XIX в. говорили о принципиальной несводимости геологического времени к физическому.

# 16. ОСОБЕННОСТИ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ И ПАЛЕОЭКОСИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АКТИВНЫХ ЗОНАХ ПЕРЕХОДА ОТ ОКЕАНОВ К КОНТИНЕНТАМ

**16.1.** Еще в прошлом веке В.В. Меннер (1962) заметил: «Стратиграфия есть по существу зеркальное отражение геологической истории конкретного района или бассейна». С учетом сказанного в предыдущих разделах, ниже в качестве иллюстрации применения стратиграфических данных и различных методов в расшифровке особенностей развития морских палеоэкосистем приводятся некоторые материалы по изучению активных зон перехода от океанов к континентам. Специфика геологического строения этих зон в значительной мере определила их как особый объект геологического изучения (в свое время Л.И. Красный (1977), выделяя переходную зону как один из типов глобальных структур Земли, дал ей название **«транзенталь»**). Именно здесь ярко проявились многие процессы, которые существенно меняли лик нашей планеты (тектоническая активность, вулканическая деятельность, седиментация геосинклинального типа с образованием формаций большой мощности и пестрыми фациальными неоднородностями, палеогеографические перестройки и пр.), чем эти зоны резко отличаются от бассейнов платформенного и эпиконтинентального типа. И в то же время именно эти районы стали привлекать особое 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 десятилетия геологи 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 здесь древних толщ определяет корректность любых геологических построений. В данном разделе ставится задача в какой-то степени восполнить этот пробел и показать, какие сложные проблемы встают перед стратиграфами при изучении переходных зон, как они могут практически 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 (Сахалина, Камчатки и Чукотки-Корякского нагорья), т.е. зоны перехода северо-западной части Тихого океана и Северо-Восточной Азии, где автор проработал около 60 лет, с привлечением сравнительных данных по Японии и Северной Америке (Гладенков, 1992).

**16.2.** 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. 24).




▲ **Рис. 24.** Зона перехода от Северо-Восточной Азии к северо-западной части Тихого океана (Гладенков, 1992).

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

В тектоническом отношении зона имеет сложное, гетерогенное строение. Южная ее часть (Курильские острова и Камчатка) относится 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 надвиговый 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 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 междуговые 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 считают, 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 активных геологических процессов, имевших место в упомянутой зоне, Отмечаемые в этих формациях ископаемые комплексы свидетельствуют об относительно мелководных – шельфовых (литораль – сублитораль – верхняя батиаль) условиях накопления многих из них, хотя отмечаются в ряде случаев и сравнительно глубоководные отложения (батиаль). 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, относительно *большой мощностью* (до 5–10 и более тысяч метров), *фациальной невыдержанностью* по латерали и разрезу, а также *перерывами* и *несогласиями в последовательностях слоев.* Порой отмечаются «немые» (в палеонтологическом отношении) интервалы. В связи с сильной *дислоцированностью* развитых здесь осадочных образований кайнозоя (здесь типичны складчатые и разрывные струк-

туры) стратиграфы встречают много трудностей при выявлении последовательностей формаций, свит и их частей. Однако в отдельных тектонических структурах и блоках в ряде случаев сохраняются прекрасные разрезы древних толщ, которые и служат предметом первоочередного внимания стратиграфов.

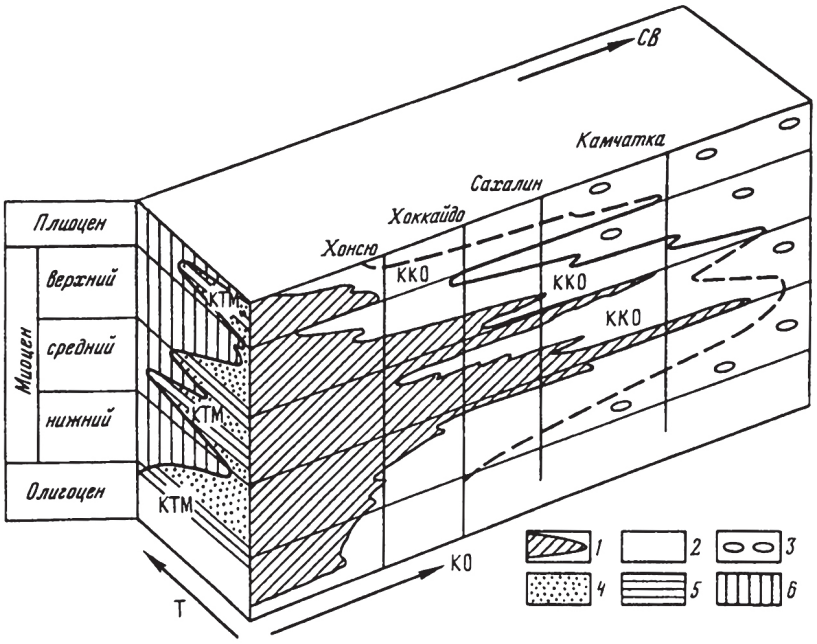
**16.3.** В последнее время переходные зоны привлекают внимание геологов-стратиграфов как объекты изучения своеобразных блоков палеобиосферы. Можно указать, пожалуй, на два аспекта такого внимания. С одной стороны, зона перехода с точки зрения изучения палеобиоты и литологических формаций, формировавшихся 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; глобальные климатические флуктуации с изменением температуры поверхностных и придонных вод, гидродинамические изменения в водных массах морей, как и воздымания горных сооружений на континентах; вулканическая деятельность; активизация сноса терригенного материала с суши в морские бассейны; тектонические движения разного типа, фазовость тектогенеза и прочее – все это в той или иной степени находит отражение в зоне перехода, фиксируясь в литологических формациях и палеобиотических комплексах.

Кстати, в этой связи вспоминаются две особенности мелководных зон современного океана. Во-первых, именно им свойственны исключительное разнообразие и богатство органического мира. К ним приурочен своеобразный «склад готовой продукции» морской биоты: здесь из 160 тыс. морских видов отмечаются до 157 тыс., причем до 98% они представлены бентосом. Это делает данную палеоэкосистему очень чуткой 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 (1982)), что причинно связано с целой серией геологических изменений.

**16.4.** 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 несколько типов шельфов, определяющихся преимущественно волновым, приливно-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 косы 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.

**16.5.** *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 в себя осадочные бассейны различного типа (впадины, окраинные и эпиконтинентальные 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 (рис. 25).

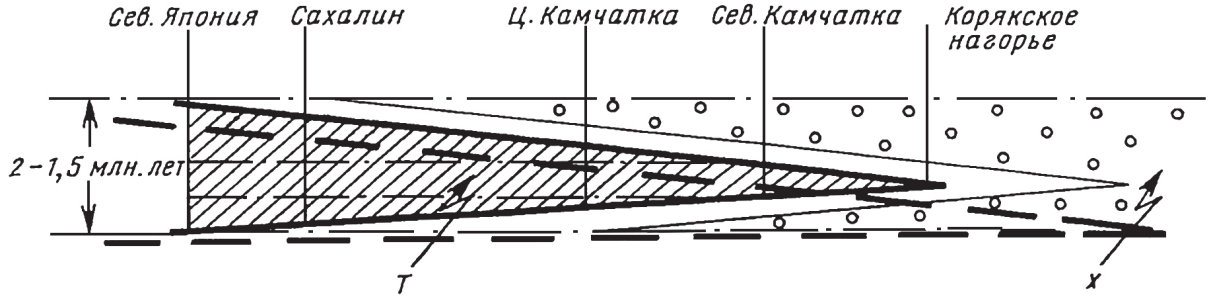
При трансгрессиях (чем бы они ни были вызваны – эвстатическим поднятием вод Мирового




◄ **Рис. 25.** 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 тепловодных комплексов от южных широт к бореальным во время климатических оптимумов

океана или опусканием краевых частей континентальных блоков) на край континента «наползали» относительно глубоководные фации (диатомиты, аргиллиты, алевролиты). При регрессиях они сменялись более мелководными образованиями (песчаники, конгломераты). 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 (рис. 26). При этом приходится учитывать, что в



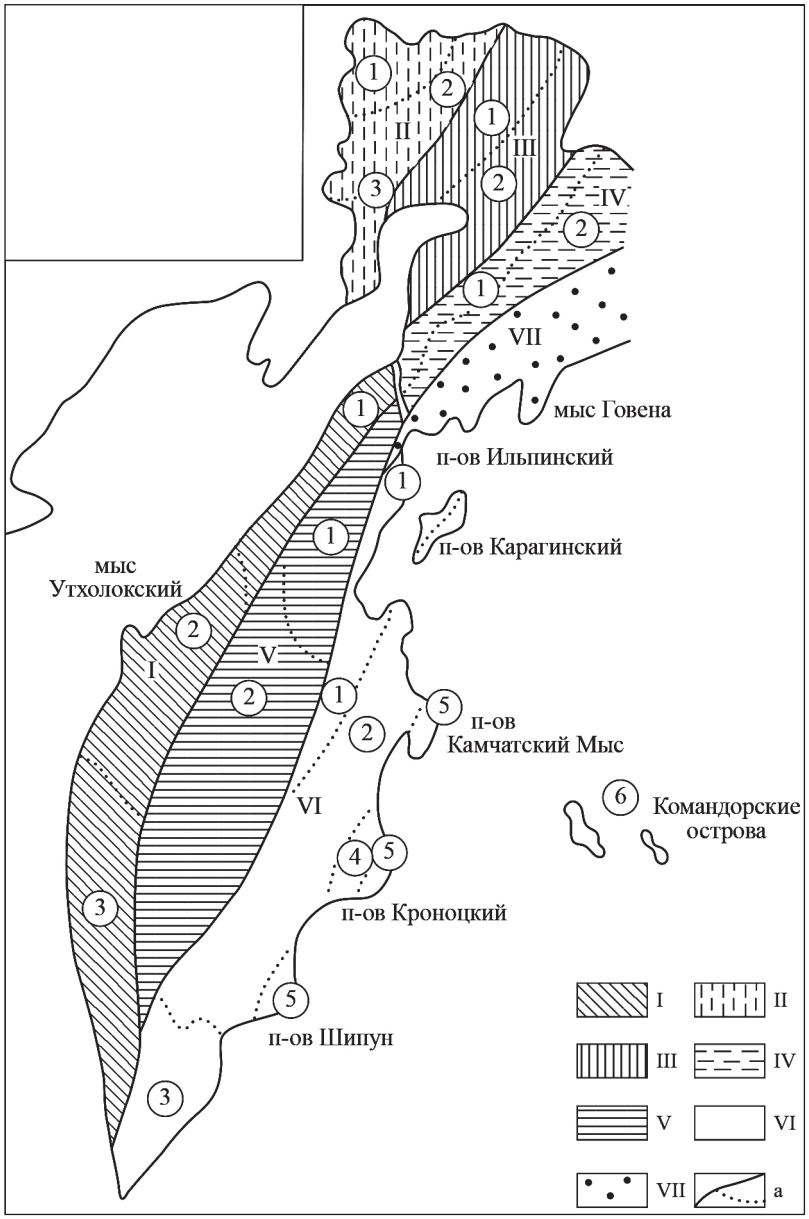

▲ **Рис. 26.** Схема распространения тепловодных комплексов во время первого климатического оптимума (по Гладенков, 2004).

Комплексы: Т – тепловодный, Х – холодноводный. Пунктиром и сплошной линией показаны два возможных варианта положения термоклина

северном направлении в «теплом» клине происходит постепенное обеднение биокомплексов тепловодными представителями, а в «холодном» – наоборот.

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, обычно выделяемых в серии. Их нижние части отвечают трансгрессиям, 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 радиальные 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, сменяя друг друга, были связаны соответствующими фациальными переходами.

Вместе с тем мы вынуждены считаться с тем, что изучаемые отдельные регионы могут относиться к разным структурно-формационным зонам, отличающимся индивидуальным характером



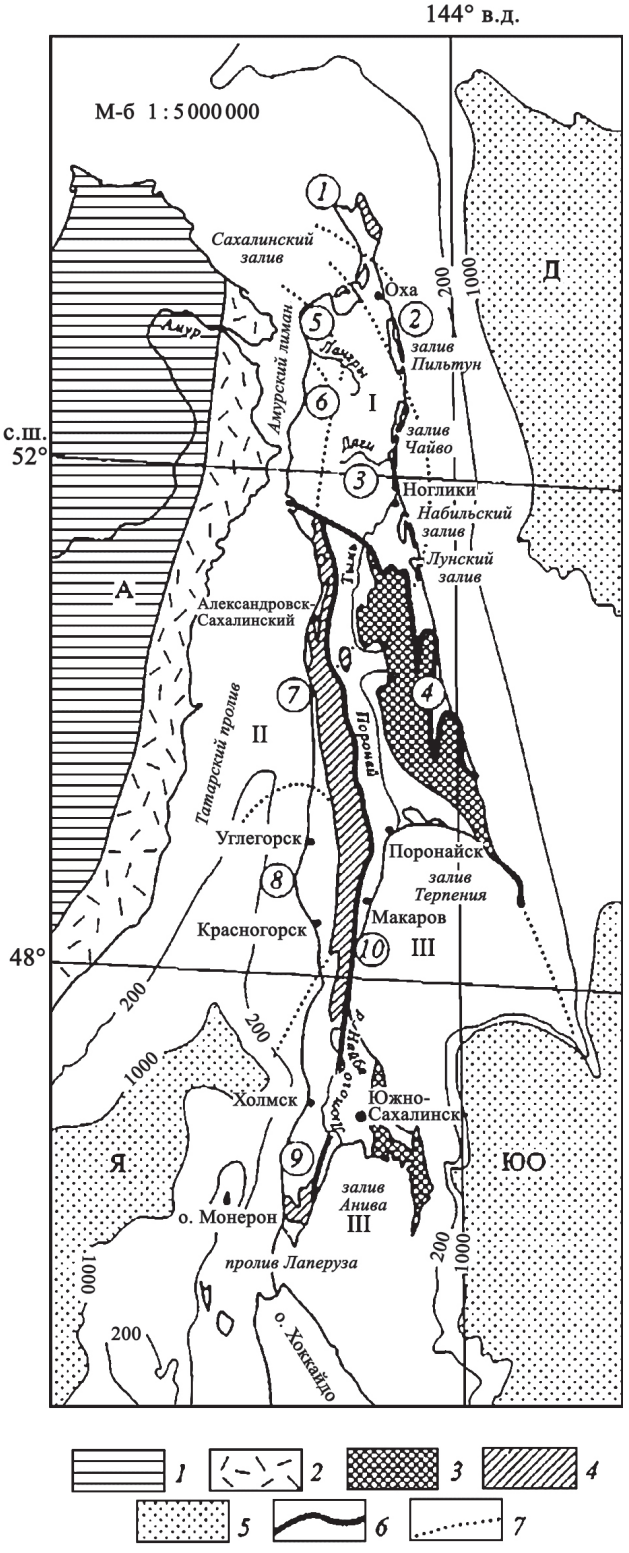

▶ **Рис. 27.** Схема структурно-формационного и структурно-фациального районирования Камчатки (по Решения…, 1998).

I–VII – структурно-формационные зоны: I – Западно-Камчатская, структурно-фациальные зоны: 1 – Тевинская (Паланская), 2 – Тигильская (Омгонская), 3 – Соболевская; II – Гижигинская, структурно-фациальные зоны: 1 – Омолонская, 2 – Кегалинская, 3 – Тайгоносская; III – Пенжинская, структурно-фациальные зоны: 1 – Мургальская, 2 – Таловская; IV – Центрально-Корякская, структурно-фациальные зоны: 1 – Парапольская, 2 – Пемланская; V – Центрально-Камчатская, структурно-фациальные зоны: 1 – Тымлатско-Озерновская, 2 – Еловско-Кимитинская; VI – Восточно-Камчатская, структурно-фациальные зоны: 1 – Литкинская, 2 – Восточного хребта, 3 – Южно-Камчатская, 4 – Тюшевская, 5 – Восточных полуостровов, 6 – Командорских островов; VII – Ильпинская, структурно-фациальные зоны: Олюторская; а – границы структурно-формационных и фациальных зон

своего строения, осадконакопления и развития. Это вынуждает строить соответствующие «свои» региональные и местные стратиграфические схемы. Так, в пределах Камчатки намечены три основные структурно-фациальные зоны: Западная, Центральная и Восточная (рис. 27). И это обстоятельство отражается при практическом составлении корреляционных схем.

Подобное структурное районирование седиментационных бассейнов кайнозоя проведено и на Сахалине, где выделено три седиментационные бассейна – северный, юго-западный и юго-восточный, и в каждом из них составляются свои схемы кайнозойских толщ (рис. 28).

**16.6.** До последнего времени многие вопросы стратиграфического расчленения развитых в зоне перехода кайнозойских толщ наталкиваются на значительные трудности, что часто мешает составлять стратиграфические схемы унифицированного типа. Уже говорилось о сложности строения развитых здесь формаций, накапливающихся порой 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 бореального и 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*, *шельфовая* (мелководная) и *океаническая* (с подсистемами, провинциями и пр.) *экосистемы*, которые характеризуются соответствующими




◄ **Рис. 28.** Схема основных структурных элементов и седиментационных бассейнов кайнозоя Сахалина и расположения опорных разрезов (по Гладенков, 2001).

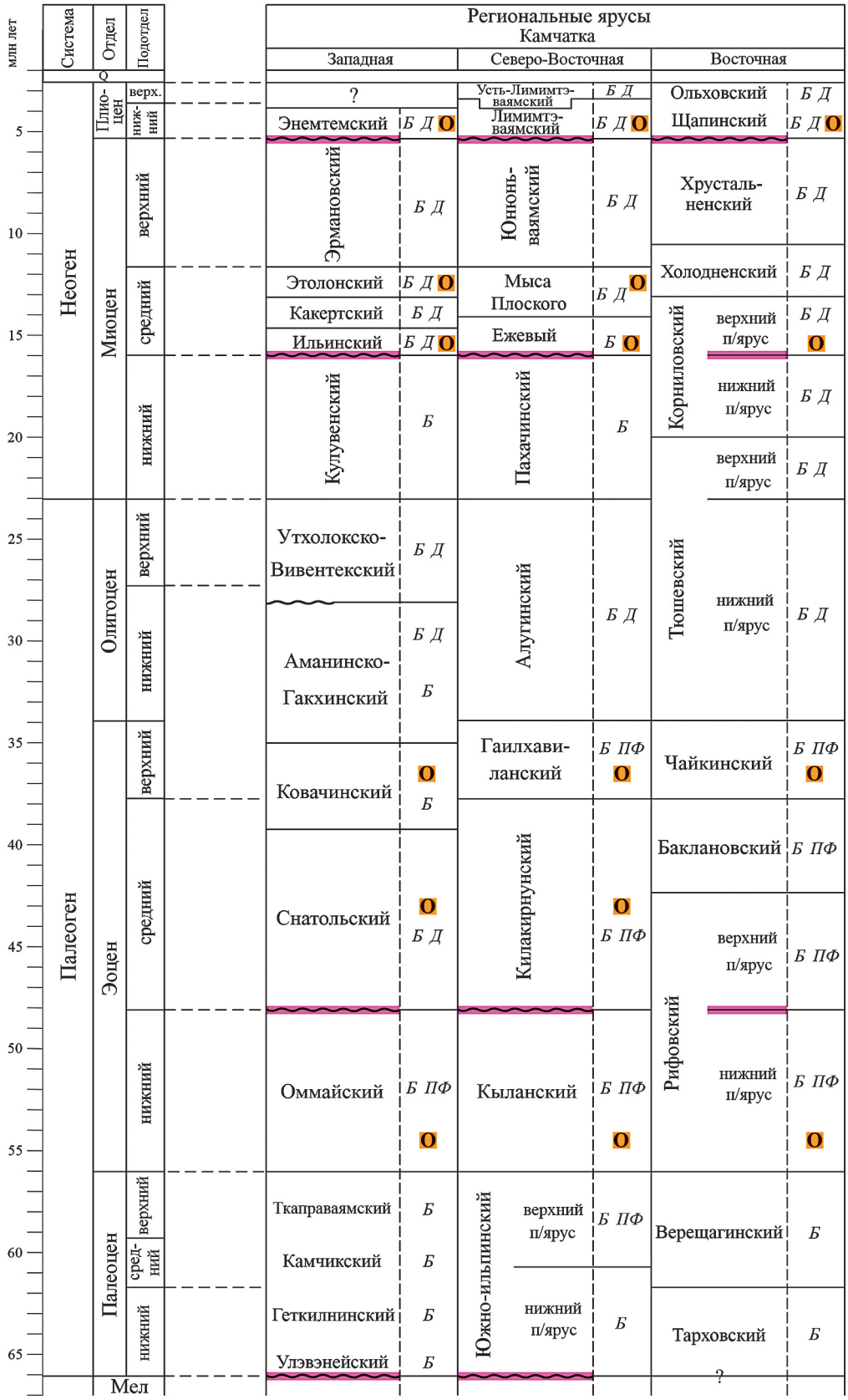
1 – Сихоте-Алиньская складчатая область; (А) 2 – Восточно-Сихоте-Алиньский вулканический пояс; 3–4 – выходы докайнозойского фундамента Хоккайдо-Сахалинской складчатой области: 3 – палеозой–мезозой, 4 – верхний мел; 5 – глубоководные впадины (Д – Дерюгинская, ЮО – Южно-Якутская, Я – Япономорская); 6 – границы седиментационных бассейнов Сахалина (структурно-формационных зон) кайнозоя; 7 – границы структурно-фациальных зон (районов); I–III – седиментационные бассейны: I – Северо-Сахалинский, II – Западно-Сахалинский, III – Южно-Сахалинский; цифры в кружках 1–10 – опорные разрезы: 1 – п-ов Шмидта, 2 – Охинский, 3 – Дагинский, 4 – Пограничный, 5 – Лангрыйский, 6 – Энгизпальский, 7 – Александровский, 8 – Углегорско-Чеховский, 9 – Холмско-Невельский, 10 – Макаровский

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 удается 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 инструментов» (скажем, бентосных групп и спорово-пыльцевых спектров).

**16.7.** В 1950–1970-е годы изучение бентосных комплексов (прежде всего, моллюсков) позволило выделить в палеогене и неогене Сахалино-Камчатского региона ряд ***горизонтов*** или региоярусов (всего в кайнозое каждой крупной структурно-формационной зоны было намечено до 15 горизонтов), которые с успехом использовались при среднемасштабном картировании. В 1970–1990-е годы помимо моллюсков и бентосных фораминифер, геологическая практика стала широко использовать планктон, прежде всего фораминиферы, диатомовые и в меньшей степени радиолярии и наннопланктон, и это сыграло большую роль в уточнении корреляции региоярусов с Международной шкалой.

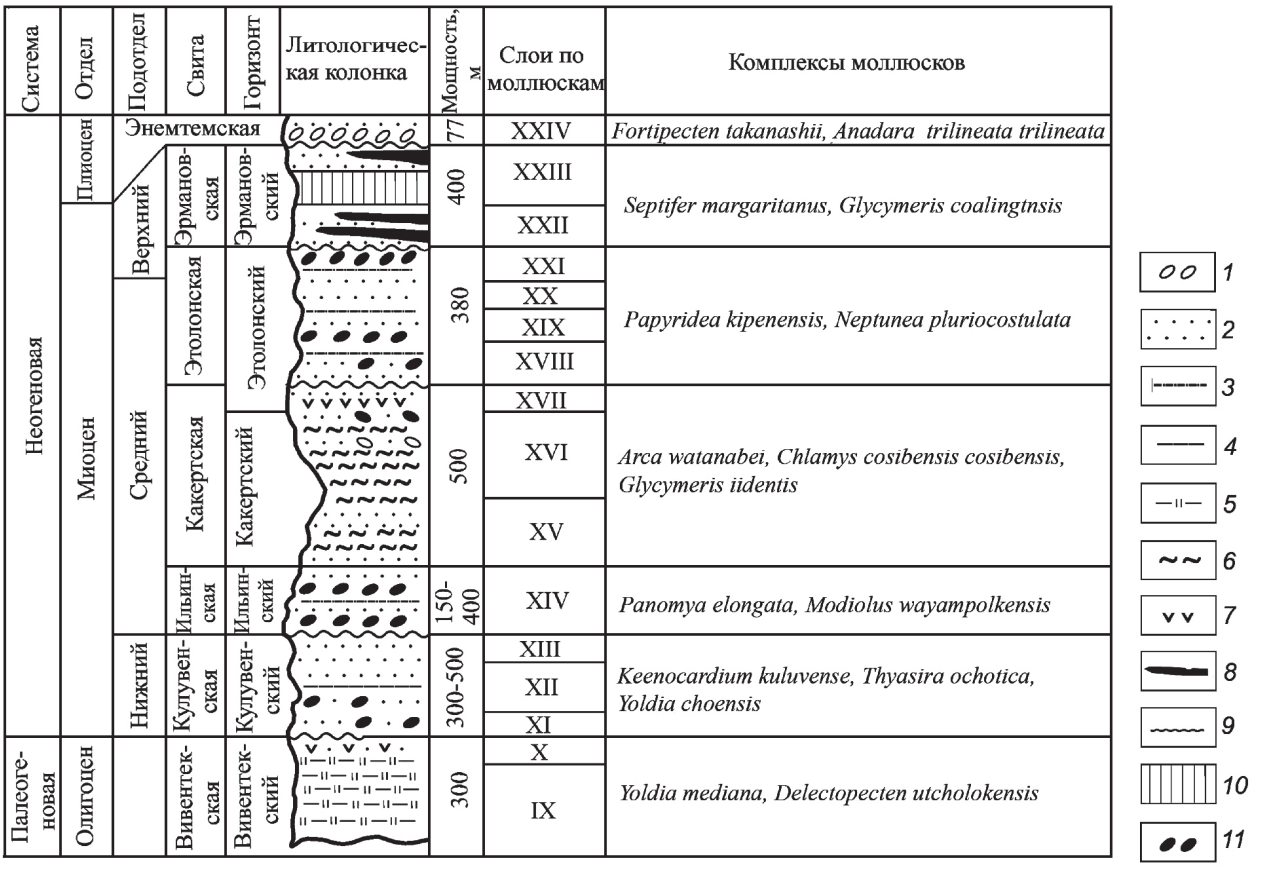
Важным также представилось изучение (и переизучение) многих опорных разрезов, предпринятое рядом научных организаций в последние годы. К таким разрезам предъявлялись жесткие требования и прежде всего в отношении достоверности стратиграфической последовательности слагающих их толщ, их границ и четкой 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. Были описаны и изображены сотни видов разных ископаемых. Если в 1950–60-е годы палеонтологические работы создавались прежде всего в ВНИГРИ (Л.В. Криштофович, А.П. Ильина, Л.С. Жидкова, Н.С. Волошинова и др.), то с 1970-х годов доныне многочисленные книги с монографическими описаниями фауны и флоры публикуются сотрудниками ГИН РАН М.Я. Серовой, В.Н. Синельниковой, Ю.Б. Гладенковым, А.И. Челебаевой, Г.М. Братцевой, К.Б. Бариновым, Д.И. Витухиным, Т.В. Орешкиной и другими (таких крупных монографий насчитывается до 20). Важное значение эти книги имели, в частности, в связи с тем, что ископаемые комплексы были точно привязаны к слоям стратотипических и опорных (стандартных) разрезов – Точилинского, Кавранского, Чемурнаутского и других на Западной Камчатке, Ильпинского и Карагинского на Восточной Камчатке, Шмидтовского, Макаровского и Углегорско-Холмского на Сахалине. Это позволило ввести в науку и практику многие разновозрастные ископаемые биокомплексы с характерными для Северной Пацифики таксонами (в частности, сейчас «банк» видов бентосных ассоциаций, отраженных в литературе, содержит не менее 4500 форм) и снять ряд противоречий по корреляции разрезов разных районов (Японии, Камчатки и Северной Америки).

**16.8.** В результате к настоящему времени удалось, с одной стороны, предложить более реальное и более дробное, 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 **региоярусы** (горизонты) в интервале от палеоцена до плиоцена: улэвенейский, геткилнинский, камчикский, ткапроваямский, оммайский, снатольский, ковачинский, аманинско-гакхинский, утхолокскививентекский, кулувенский, ильинский, какертский, этолонский, эрмановский, энемтенский. На Восточной Камчатке в этом же диапазоне – южноильпинский, кыланский, килакирнунский, гаилхавиланский, алугинский, пахачинский, ежовый, мыса Плоского, юнюньваямский, лимимтеваямский, усть-лимимтеваямский, тусатуваямский. К сожалению, зоны по карбонатному планктону выделяются пока лишь в специфических (прежде всего, относительно глубоководных) фациях палеогена и часто в разрезах не смыкаются, захватывая шельфовые толщи, как правило, в виде клиньев. Но намеченные зоны по планктонным фораминиферам палеогена Северной Камчатки (Ильпинского разреза) четко привязаны к ярусным подразделениям МСШ, а зоны по диатомовым олигоцена-неогена Камчатки и Сахалина сопоставлены с таковыми океанических разрезов. Зоны по диатомовым водорослям стали использоваться особенно широко в последнее время. Расчеты показали, что временная «продолжительность» региональных горизонтов – около 3–6 млн лет, а зон – 1–3 млн лет. На рис. 29 показано сопоставление региоярусов Западной, Северо-Восточной и Восточной Камчатки с учетом данных как биостратиграфических, так и кли-




▲ **Рис. 29.** Горизонты палеогена и неогена Камчатки (по Гладенков, 1988, с дополнениями).

Комплексы: Б – бентосные; ПФ – планктонные фораминиферы; Д – диатомеи; О – крупные климатические оптимумы. Волнистыми линиями показаны несогласия и размывы




▲ **Рис. 30.** Разрез неогена Западной Камчатки (горизонты и комплексы моллюсков) (Гладенков, Синельникова, 1990).

1 – конгломераты, 2 – песчаники, 3 – алевролиты, 4 – глины и аргиллиты, 5 – кремнистые аргиллиты и алевролиты, 6 – диатомиты, 7 – туфы, 8 – угли, лигниты, 9 – трансгрессивные границы, 10 – перерывы, 11 – конкреции

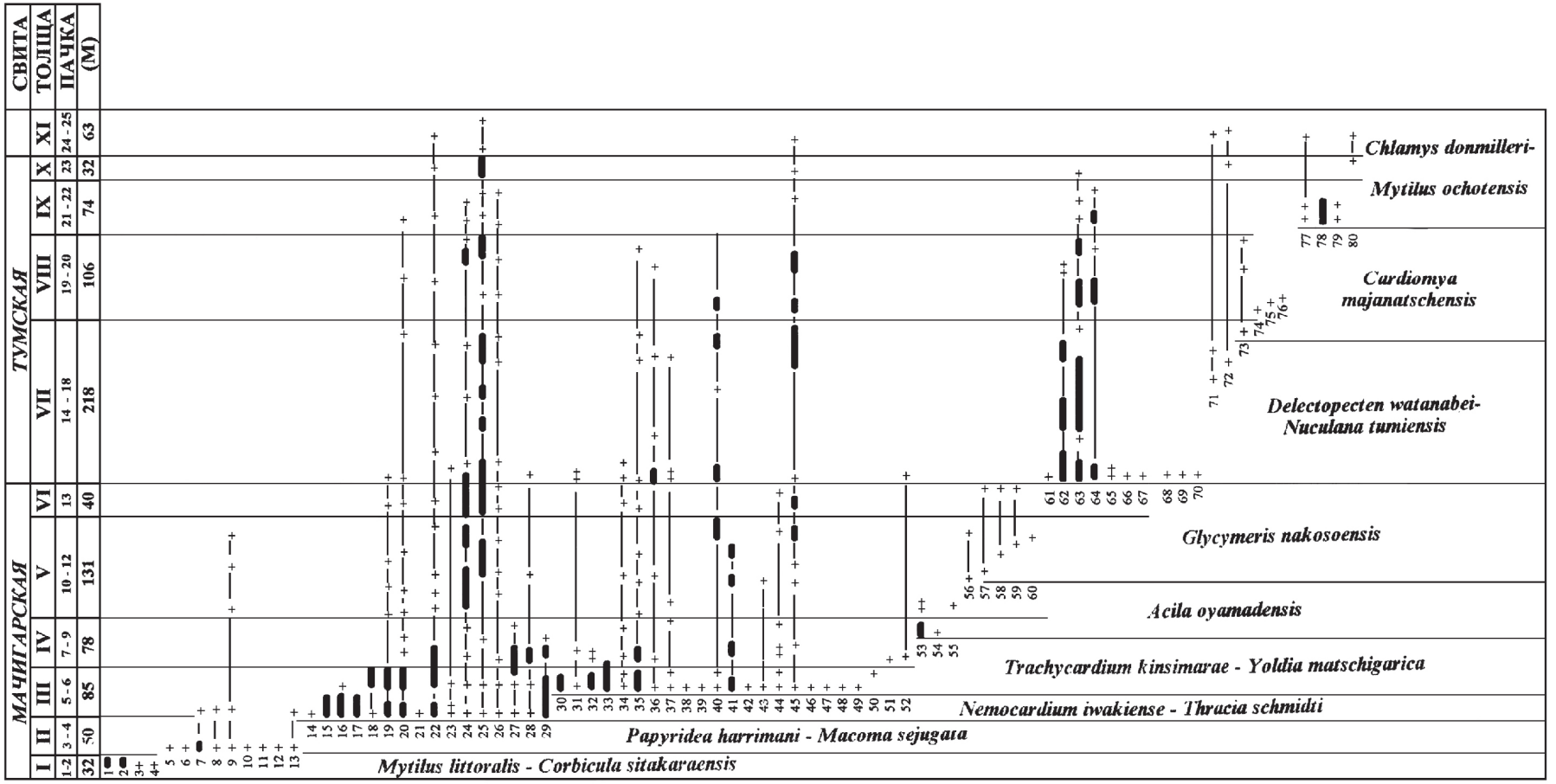
матических. Приведенная корреляция наглядно показывает, что объемы стратонов и их границы этих трех регионов часто не совпадают по времени, и это свидетельствует о различии характера и темпа седиментационных процессов, проходивших в различных структурно-формационных и фационных зонах Камчатки.

Послойный анализ ископаемых комплексов с широким использованием палеоэкологических данных позволил в последнее двадцатилетие сделать важные шаги к дальнейшей детализации стратиграфических схем. Установленная детальная смена органических остатков в разрезах, обусловленная не только эволюционными процессами, но и изменением палеогеографических обстановок, которые связаны с этапностью развития древних бассейнов, позволила вычленить в горизонтах (региоярусах) и даже зонах многих районов дробные местные подразделения типа *пачек* и *слоев с фауной*. Такие пачки и слои по моллюскам выделены, например, на Западной и Восточной Камчатке (в неогене до 15–25 слоев в разных разрезах) (см. рис. 16 и 30).

Подобные слои намечены и на Сахалине – на рис. 31 приведен пример выделения десяти конкретных слоев в палеогеновом разрезе п-ова Шмидта по моллюскам (с приведением конкретных сменяющихся палеосообществ).

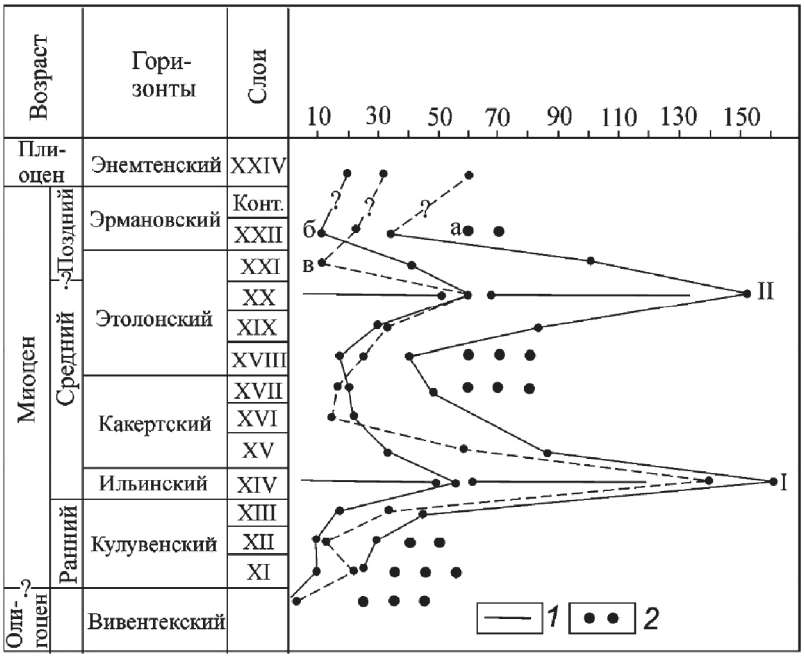
Анализ таких слоев или пачек с моллюсками миоцена Западной Камчатки с учетом таксономического состава, общего числа видов, а также числа относительно тепловодных (субтропических) и относительно холодноводных (бореальных) форм в каждом слое позволяет получить важные характеристики слоев для их обособления (рис. 32). В частности, на рисунке хорошо видно, что слои XIV и XX, среди которых много тепловодных форм, резко отличаются значительным количеством видов (их насчитывается до 100–150), в то время как в других слоях их в два раза меньше (40–50).

С помощью прослеживания слоев с фауной разной термотропности на площади (например, в



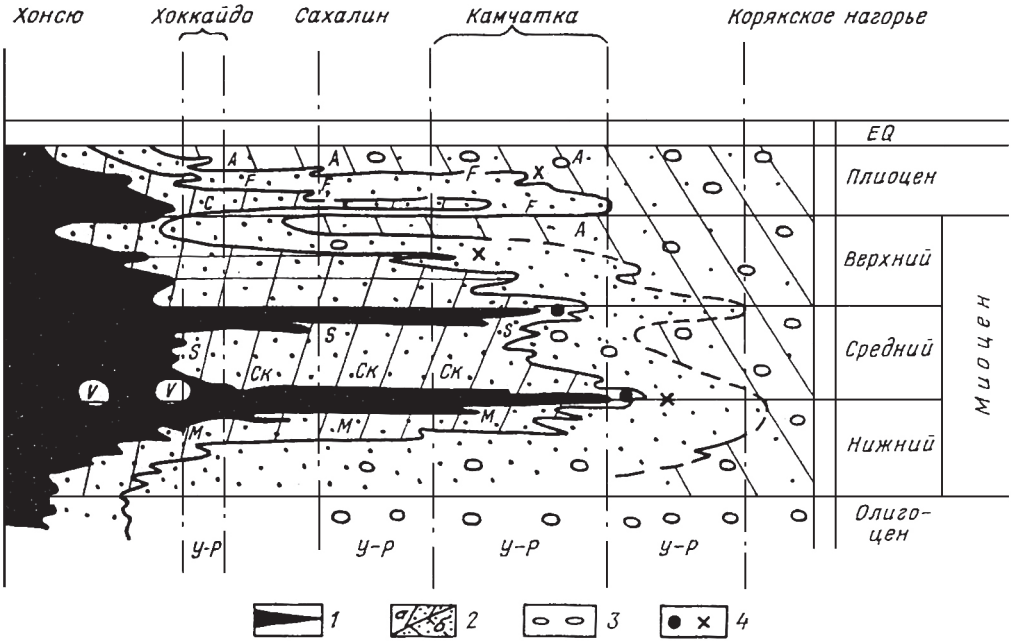

▲ **Рис. 31.** Распределение моллюсков в мачигарской и тумской свитах Мачигарского разреза п-ова Шмидта Северного Сахалина (Гладенков и др., 1999).

1 – Mytilus littoralis Slodkewisch, 2 – Corbicula sitakaraensis Suzuki, 3 – Corbicula sp., 4 – Cerithidea quadrimonilicostata (Khomenko), 5 – Acanthocardia cf. snatolensis L. Krishtofovich, 6 – Musculus cf. snatolensis Sinelnikova, 7 – Papyridea harrimani Dall, 8 – Portlandella watasei (Kanehara), 9 – Macoma sejugata (Yokoyama), 10 – Turritella cf. importuna Yokoyama, 11 – Gari sp., 12 – Natica sp., 13 – Hiatella sakhalinensis (Takeda), 14 – Clinocardium taracaicum (Yokoyama), 15 – Nemocardium iwakiense (Makiyama), 16 – Nemocardium – sp., 17 – Thracis schmidti L. Krishtofovich., 18 – Liocymafurtiva (Yokoyama), 19 – Yoldia caucata Khomenko, 20 – Ciliatocardium matchgarense (Makiyama), 21 – Nuculana sp., 22 – Modiolus matchigarensis (Makiyama), 23 – Macoma asagaiensis Makiyama, 24 – Periploma besshoensis (Yokoyama), 25 – Macoma simizuensis L. Krishtofovich, 26 – Portlandella nitida (Slodkewisch), 27 – Chlamys matschigarensis Makiyama, 28 – Megacardita matschigarica (Khomenko), 29 – Papyridea matschigarica Khomenko, 30 – Arcasakamizuensis Hatai et Nisiyama, 31 – Abcistrolepsis modestoideus (Takeda), 32 – Yoldia matschigarica L. Krishtofovich, 33 – Trachycardiumkinsimarae (Makiyama), 34 – Turritella importuna Yokoyama, 35 – Pododesmus schmidti L. Krishtofovich, 36 – Clinocardium asagaiense makiyamae (Kamada), 37 – Neverita asagaiensis Makiyama, 38 – Colus asagaiensis Makiyama, 39 – Buccinum matshigarense Makiyama, 40 – Yoldia laudabilis Yokoyama, 41 – Ciliatocardium asagaiense (Makiyama), 42 – Nucula matschigarica L. Krishtofovich, 43 – Ciliatocardium Yamasaki (Makiyama), 44 – Mya cuneiformis (Bohm), 45 – Conchocele smekhovi (Kogan), 46 – Mytilus miocenum L. Krishtofovich, 47 – Lithophagatumiensis (Lautenschlager), 48 – Malletia sp., 49 – Ancistrolepis sp., 50 – Ostrea sp., 51 – Cyclocardia sp., 52 – Crepidula cf. matajiroi Makiyama, 53 – Acila oyamadensis Kirayama, 54 – Nuttalia cf. uchugorensis Kamada, 55 – Keenocardium sp., 56 – Glycymeris nakosoensis Hatai et Nisiyama, 57 – Musculus sp., 58 – Lucinoma acutilineata (Conrad), 59 – Peronidia sp., 60 – Yoldia sp., 61 – Opalia sp., 62 – Delectopecten watanabei (Yokoyama), 63 – Nuculana tumiensis (Lautenschlager), 64 – Nucula tumiensis L. Krishtofovich, 65 – Nuculana praerobau L. Krishtofovich, 66 – Plicifusus cf. iljinensis Sinelnikova, 67 – Fulgararia sp., 68 – Pseudoliomesus praenassula Titova, 69 – Cerithidea ? sp., 70 – Buccinum tigilensis Sinelnikova, 71 – Acoma cf. optiva Yokoyama, 72 – Glycymeris wishkahensis Clark, 73 – Cardiomya majanathensis (Iljina), 74 – Yoldia (Yoldia?) sp., 75 – Yoldia cf. kovatschensis Slodkewisch, 76 – Nuculana (Sacella) praefurlongi L. Krishtofovich, 77 – Chlamys rikinensis Sinelnikova, 78 – Chlamys donmilleri MacNeil, 79 – Chlamys ex. gr. cosibensis Yokoyama, 80 – Mytilus ochotensis Slodkewisch




▶ **Рис. 32.** Распределение комплексов моллюсков по горизонтам и слоям неогена Западной Камчатки и их количественные характеристики (по Гладенков, Синельникова, 1990).

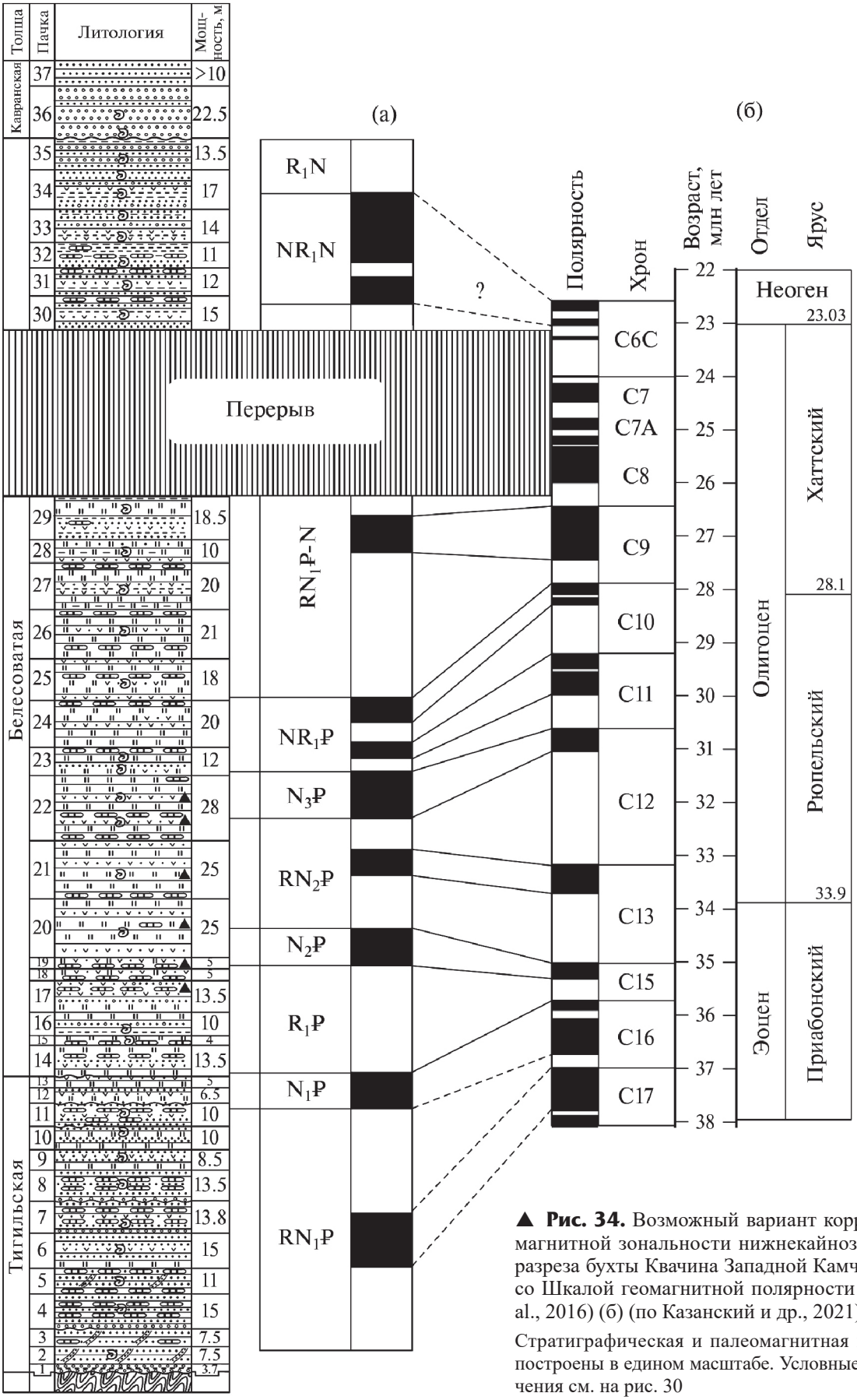
1 – миграция субтропических и южнобореальных комплексов с юга на север; 2 – плавающая галька в породах. I–II – климатические оптимумы первого порядка. Число видов: а – общее, б – субтропических и южно-бореальных, в – появившихся в разрезе




▲ **Рис. 33.** Схема распространения комплексов моллюсков неогена в пределах Японии, Сахалина и Камчатки (по Гладенков, 1988).

Комплексы: 1 – тропические и субтропические, 2 – бореальные (а – с южнобореальными элементами, б – с североборе-альными элементами), 3 – галька ледового разноса, 4 – термофильные комплексы споры и пыльцы и диатомей.
A – Astarte, F – Fortipecten takahashii, C – Chlamys cosibensis heteroglipta, S – Securella ensifera chehalisensis-Chlamys cosibensis cosibensis, Ck – Chlamys kaneharai, M – Mytilus tichanovitchi-Spisula onnechiuria, Y–P – Yoldia longissimi-Papyridea harrimani, V – Vicaria-Vicariella

разрезах от Японии на юге до Корякского нагорья на севере) можно выявить, с одной стороны, масштаб их распространения, а с другой – периоды потеплений и похолоданий, отразившихся в миграциях биотических комплексов (бентосных – моллюсков и планктонных – фораминифер и диатомовых). На рис. 33 показано распространение сообществ моллюсков в пределах западной зоны




▲ **Рис. 34.** Возможный вариант корреляции магнитной зональности нижнекайнозойского разреза бухты Квачина Западной Камчатки (а) со Шкалой геомагнитной полярности (Ogg et al., 2016) (б) (по Казанский и др., 2021).

Стратиграфическая и палеомагнитная колонки построены в едином масштабе. Условные обозначения см. на рис. 30

Северотихоокеанской области в отдельные периоды неогена: тропических-субтропических (черным) и бореальных (крапом).

Реальность слоев доказывается их протяженностью на значительной площади (с сохранением определенной последовательности, что очень важно). Так, некоторые неогеновые слои с моллюсками прослеживаются, например, на Западной Камчатке с севера на юг на 700–800 км. При этом проверка одновозрастных слоев в разных разрезах показала, что коэффициент сходства комплексов в них чрезвычайно высок, он достигает 65–90%. Можно думать, что часть таких подразделений в будущем 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. 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. Сейчас все больше внимания обращается и на практическое использование *климатостратиграфии* с выявлением в разрезах следов и «пиков», соответствующих потеплениям или похолоданиям (в палеогене и неогене насчитывается по три крупных оптимума с вычленением в них более мелких эпизодов), которые помогают вычленять из горизонтов более дробные единицы.

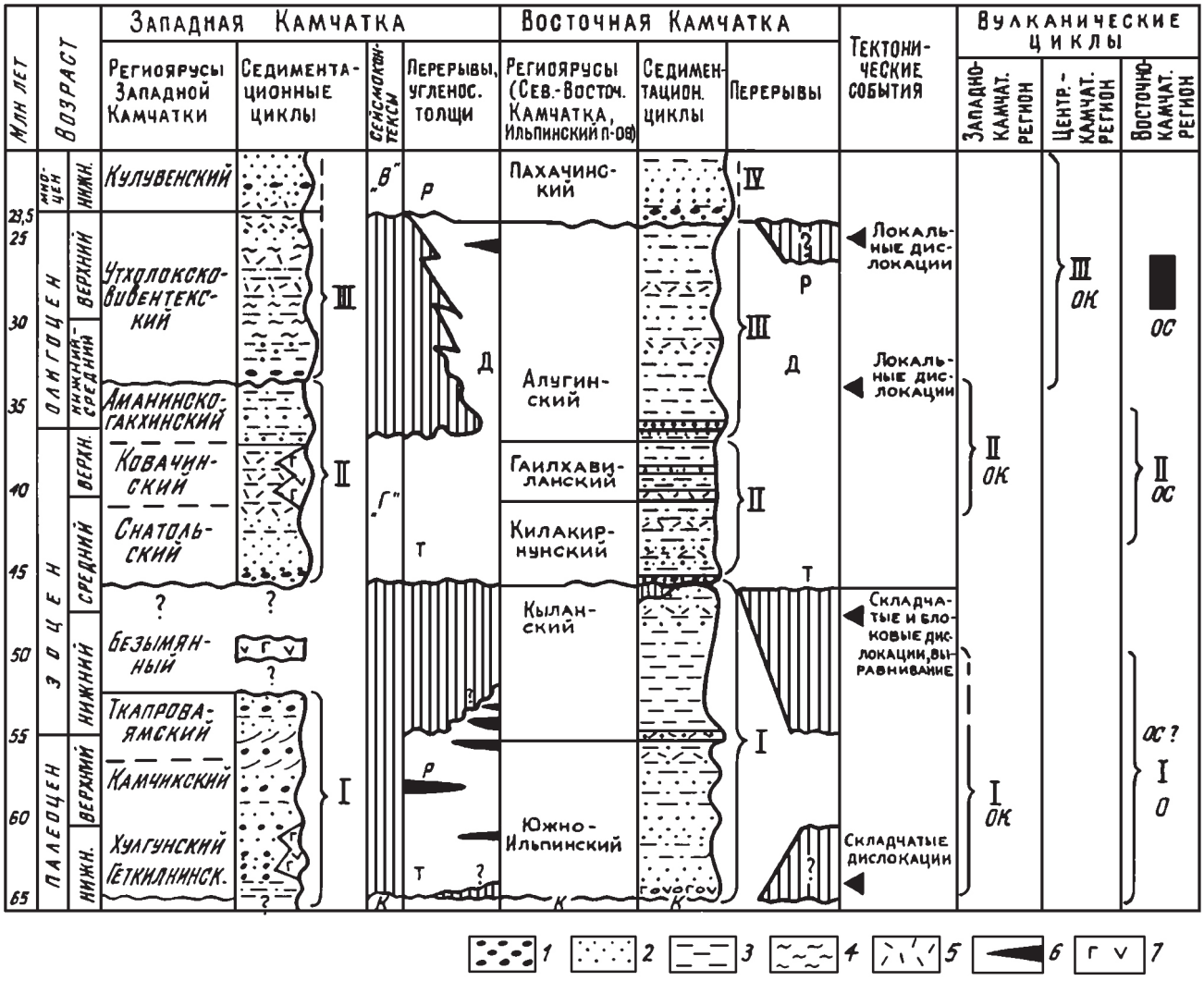
**16.9.** Во многих случаях при анализе разрезов удается выявить также *циклостратиграфические* подразделения (ритмы или циклы разных порядков, отражающие циклический характер седиментационных процессов прошлого). К важным местным реперам внутри зон можно отнести и отдельные *литологические маркеры* (глауконитовые пласты), горизонты вулканогенных образований (например, маркирующие пачки туфов). В последние годы при расчленении осадочного кайнозоя на шельфах все больше используются и *сейсмо-* и *секвенс-стратиграфические* материалы (с выделением сейсмогоризонтов, сейсмослоев, секвенсов разного масштаба и пр.). Они часто помогают выявлять перерывы и несогласия в разрезах, определяя их природу и масштаб. Наконец, первые, хотя пока и робкие шаги в дальневосточной стратиграфии начинают делать и количественные методы.

Но отдельно следует отметить перспективность использования *магнитостратиграфии*, которая позволяет выделять в разрезах *палеомагнитные ортозоны* и иногда *инверсии.* В ряде случаев их выделение позволяет контролировать биостратиграфические корреляции. Например, на рис. 34 отражена корреляция тигильской и белесоватой толщ палеогена бухты Квачина Западной Камчатки с Общей шкалой магнитной полярности (в пределах хронов C17-C6) (Казанский и др., 2021). Она достаточно точно совпадает с корреляцией, построенной с помощью зон, выделенных по диатомовым. При этом в верхней части разреза намечен возможный перерыв в разрезе.

**16.10.** В публикациях последних лет приведены не только материалы по отдельным разрезам (прежде всего, опорным) Сахалина, Камчатки и Корякского нагорья, но и *межрегиональные корреляционные схемы*. На этой базе в 1990-е годы были созданы региональные стратиграфические схемы нового поколения (Решения..., 1998), которые успешно используются геологической практикой более 25 лет. Все сказанное позволяет утверждать, что в данном регионе создана достаточно солидная стратиграфическая основа (ярусная, зональная и в ряде случаев инфразональная), чтобы с реальных позиций подходить к интерпретации геологических событий и расшифровке развития палеоэкосистем бореального пояса Пацифики. Хотя это, конечно, не означает, что все вопросы стратиграфии здесь решены окончательно.

Когда на стратиграфической основе нового поколения, т.е. с учетом дробного расчленения, достигнутого в последние годы, проводится анализ палеонтологических и литологических данных, появляется возможность создать *календари геологических событий* и перейти к их реконструкции с достаточной надежностью. При таком анализе встают по крайне 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. Около 25 лет назад А.Е. Шанцером и автором (Гладенков, Шанцер, 1989, 1993) для палеогена и неогена камчатского региона был построен макет сопоставления различных геологических событий (рис. 35 и 36).

Не останавливаясь подробно на всех событиях палеогенового времени, отметим лишь некоторые из них, выявленные в последние годы (рис. 35). Во-первых, в это время сменилось до 10 типов морских бентосных комплексов (три в палеоцене, три-четыре в эоцене, три-четыре в олигоцене) и



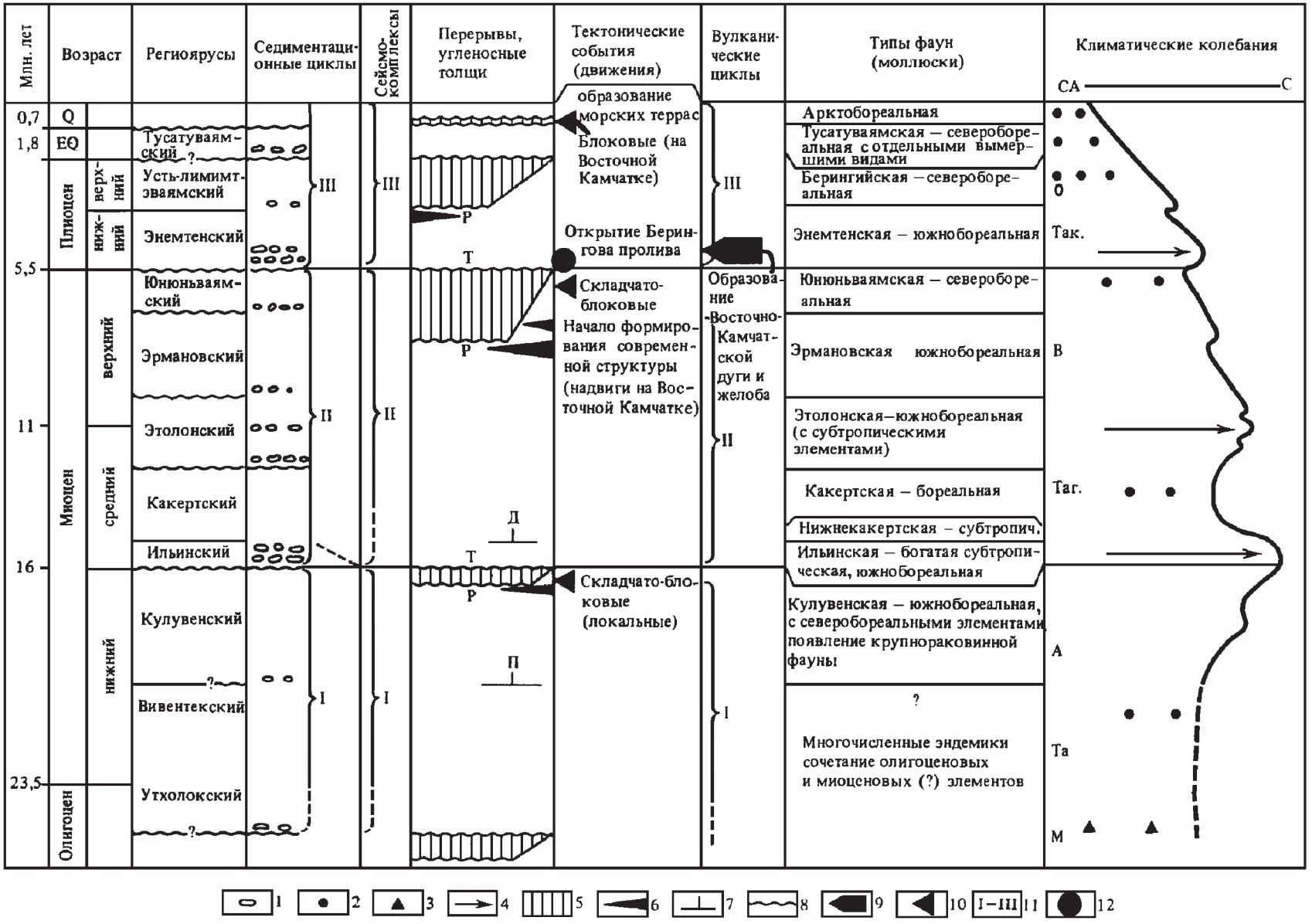

▲ **Рис. 35.** Корреляция геологических событий палеогена Камчатки (Гладенков, Шанцер, 1993).

1 – конгломераты; 2 – песчаники; 3 – алевролиты и аргиллиты; 4 – кремнистые породы; 5 – прослои туфов в осадочном разрезе; 6 – угли; 7 – базальты, андезиты, андезито-базальты; вулканиты: ОК – окраинно-континентальные, ОС – островодужные, О – океанические; вертикальные линии отражают перерывы; Д – массовое появление диатомовых; Т – трансгрессии; Р – регрессии

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 Западной Камчатки, видимо, и палеоцен) падает значительный перерыв в морском осадконакоплении, что связано, видимо, с имевшим место в палеогене тектоногенезом и, возможно, 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, видимо, образовалась основная часть Охотоморского бассейна и началось накопление осадочных толщ на его дне (Гладенков и др., 2018).

На рис. 36 на шкалу геологического времени неогена было вынесено: сменяющиеся в разрезе комплексы биоты – десять типов фаун (моллюсков); три крупных климатических потепления (два в миоцене, одно в плиоцене) и разделяющие их относительные похолодания; три большие миграции (две в миоцене, одна в плиоцене) тепловодных ассоциаций с юга на север и три миграции холодноводных элементов биоты с севера на юг (две в миоцене и одна в позднем плиоцене).

Одновременно были выявлены три крупных седиментационных цикла и три сейсмо-комплекса; три цикла вулканической деятельности; три




▲ **Рис. 36.** Корреляция геологических событий неогена Камчатки (Гладенков, Шанцер, 1989).

1 – конгломераты; 2 – галька ледового разноса; 3 – валуны и глыбы; 4 – миграция тепловодных 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

эпохи перерывов в осадконакоплении, размывов и угленакопления; четыре важных тектонических события (эпохи основных тектонических движений: позднеэоцен-предолигоценовое, предсреднемиоценовое, позднемиоценовое и плейстоценовое время). Также был определен момент открытия Берингова пролива (конец миоцена – начало плиоцена) и зарождения Восточно-Камчатской вулканической дуги и сопровождающего ее желоба (в раннем плиоцене). На макете 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.

**16.11.** 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.

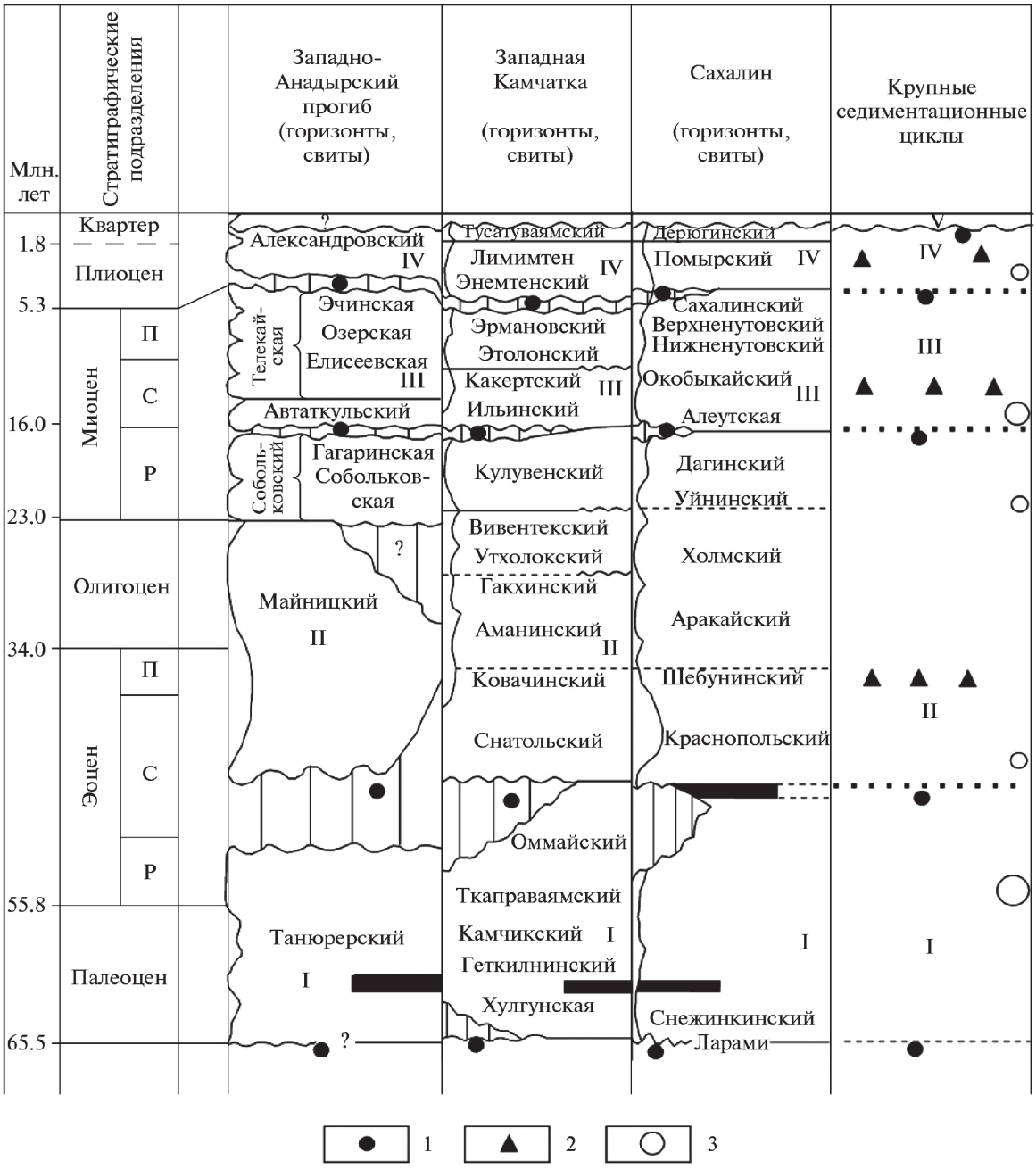
Синхронность отдельных событий может в ряде случаев трактоваться как прямое отражение их взаимосвязи. Так, логическим выглядит «положение» тектонических процессов на временной шкале. Складчатые и блоковые движения, происходившие в палеогене и неогене, приурочены к тем моментам, с которыми коррелировались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

Проведенный анализ угловых несогласий в разрезах палеогена и неогена Японии и Сахалино-Камчатской области наглядно показал, что они маркируют по крайней мере пять-шесть периодов (фаз) тектогенеза, которые проявились в прошлом в той или иной форме (рис. 37). Одно из ярко проявившихся несогласий и сопровождающие его перерывы и размывы в разрезах середины среднего эоцена отмечены на широкой площади – от Северной Японии (рис. 38) до многих районов Сахалина и Камчатки (рис. 39). На рис. 38 в качестве примера показано несогласное залегание морской формации Поронай (местами в основании с угленосными пачками формациями Исикари) среднего эоцена на разновозрастные слои. Там же отражен несогласный контакт миоценовой формации Такиноуе с палеогеновыми толщами (Ohara, 1966).

В ином графическом виде на рис. 39 изображен контакт (с угловым несогласием) среднеэоценового снатольского горизонта Западной Камчатки с подстилающими толщами палеогена.

**16.12.** Стратиграфические данные позволяют расшифровать 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 относительное похолодание плиоцена в Северной Пацифике в определенной мере обязано проникновению арктических вод через Пра-Берингов пролив. Совпадение климатических оптимумов с периодами формирования трансгрессивных серий наводит на мысль о взаимообусловленности этих явлений. Смена типов ассоциаций палеобиоты в переходной зоне и в других случаях часто была связана с изменением палеогеографических обстановок (см. далее).

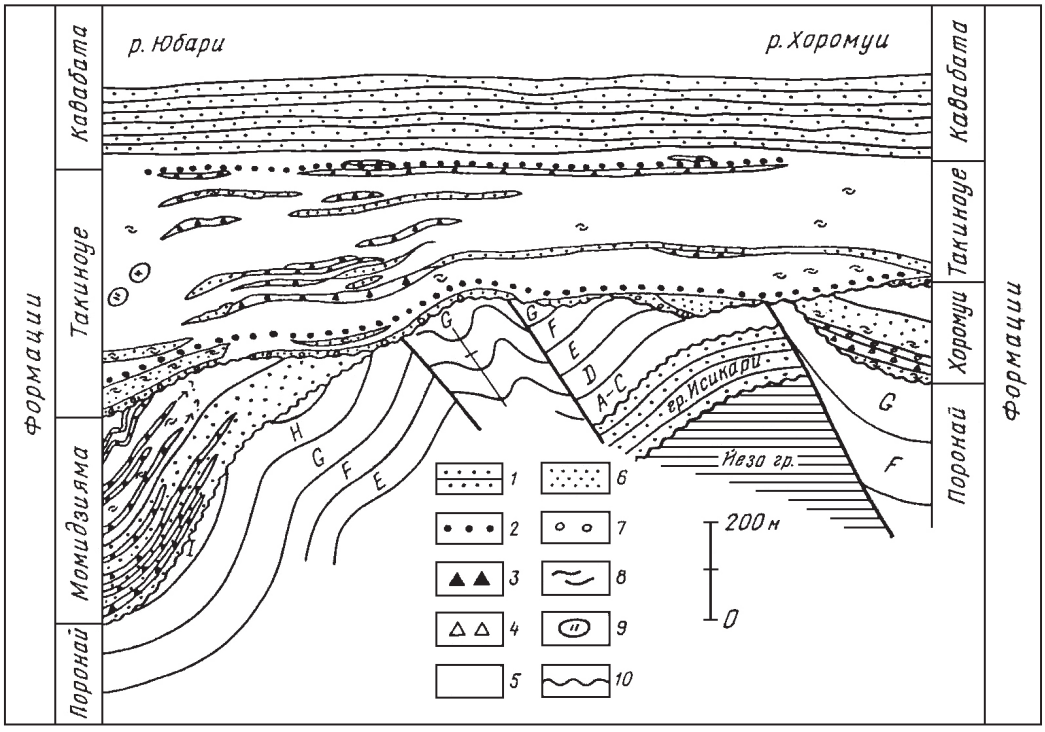
При анализе синхронности и взаимосвязи геологических событий всегда встает вопрос об относительной роли локальных и глобальных факторов. И задача состоит в том, чтобы, с одной стороны, выявить события и процессы, которые имели место в региональном масштабе, а с другой – вычленить те явления, которые были свойственны крупным секторам Земли и, может быть, имели субглобальное или даже глобальное значение. При этом представляется необходимым проводить анализ палеонтологических данных с учетом («на фоне») всех геологических процессов, имевших место в зоне перехода. Обращают на себя внимание и заметные изменения палеоклимата в регионе, связанные с его глобальными флуктуациями (рис. 40). Наибольшее потепление было приурочено, видимо, к раннему эоцену; пики относительных потеплений проявились также в средне-позднеэоценовое время, а в неогене – два раза в среднем миоцене. Крупное похолодание отмечалось прежде всего в олигоцене, но отдельные относительные пессимумы были зафиксированы в среднем миоцене и позднем плиоцене. На кривых рис. 40 хорошо видна сходная тенденция изменения климата в низ-




▲ **Рис. 37.** Корреляция кайнозойских толщ Сахалина, Камчатки и Корякского нагорья и основные фазы тектогенеза (по Гладенков, 2013а).

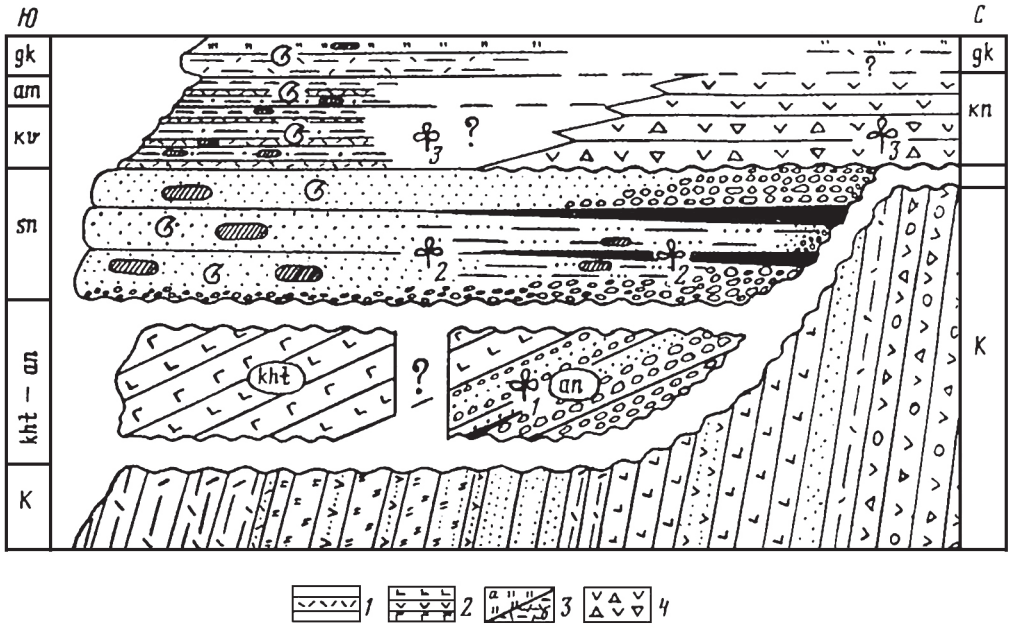
1 – фазы тектогенеза; 2 – трансгрессия; 3 – климатический оптимум

ких и высоких широтах (материалы соответственно по бентосным фораминиферам и моллюскам) при определенных непринципиальных несовпадениях. Но каждое существенное изменение климата сопровождалось смещением водных масс и, следовательно, миграциями биотических сообществ. Изменение палеогеографических обстановок в рамках разных природных факторов привело, в частности, в олигоцене к образованию полузамкнутой системы Северной Пацифики. В результате тектогенеза был закрыт океан Тетис, что привело к затруднению связей морской фауны Атлантики и Пацифики. В результате субглобального похолодания тепловодная биота, ранее относительно широко распространенная в Северной Пацифике, фактически отошла к югу, до средней части Японии. И в бореальном поясе стал формироваться «бореальный тип» биоты – относительно



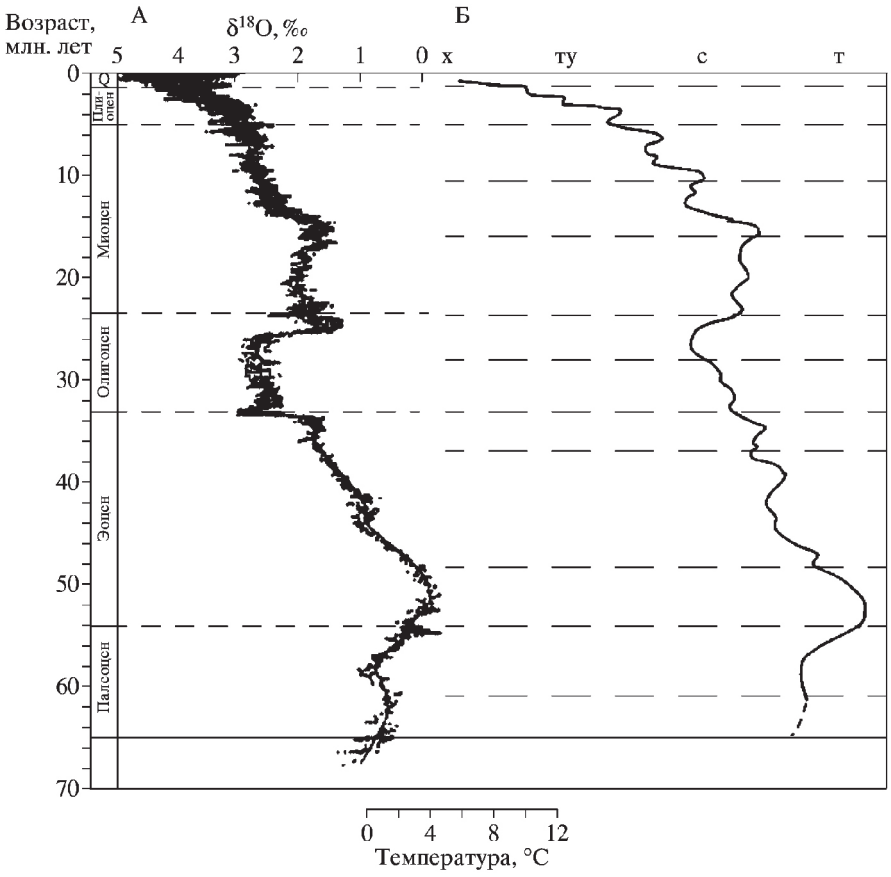

▲ **Рис. 38.** Формация палеогена и неогена района Юбари, о. Хоккайдо, Япония (по Ohara, Kanno, 1966).

1 – чередование песчаников и алевролитов; 2 – глауконитовые песчаники; 3 – андезитовые туфы; 4 – динаритовые туфы; 5 – алевролиты и аргиллиты; 6 – песчаники; 7 – конгломераты; 8 – остатки моллюсков; 9 – глыбы; 10 – несогласия. A–I – зоны формации Поронай




▲ **Рис. 39.** Схема соотношений снатольско-ковачинских отложений среднего–верхнего эоцена с подстилающими и перекрывающими образованиями в Паланском районе Западной Камчатки (по Гладенков и др., 1991).

1 – туфы, туффиты; 2 – лавы; 3 – мезозойский фундамент: а – осадочный, б – эффузивный; 4 – туфобрекчии. К – мел. Горизонты: kht – кахтанинский, an – анадыркский, sn – снатольский, kv – ковачинский, am – аманинский, gh – гакхинский. Остальные условные обозначения см. на рис. 30



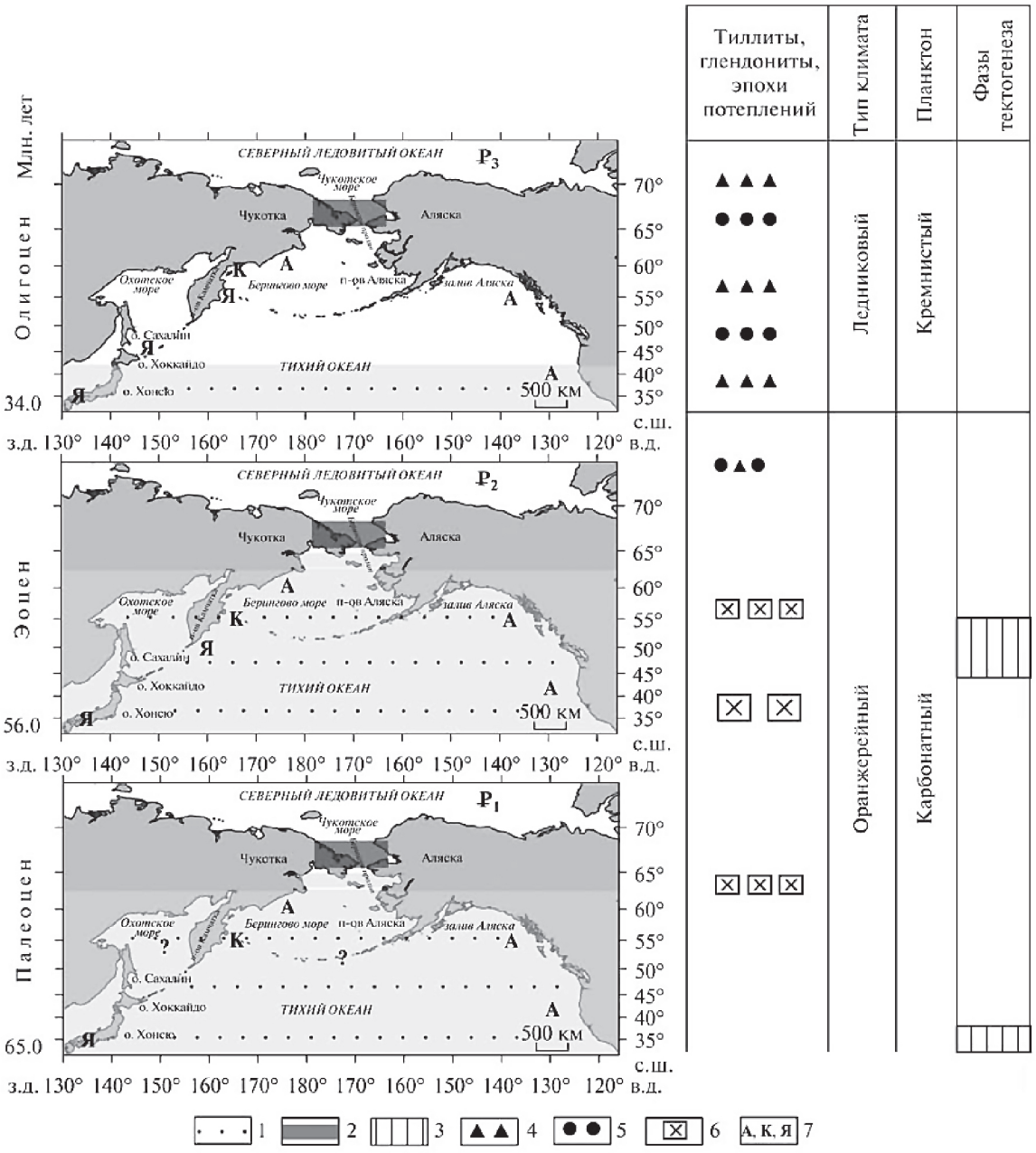

▶ **Рис. 40.** Тенденции изменения температур морских вод кайнозоя.

А – изменение температуры глубинных вод океана по изотопным данным (по Zachos et al., 2001); Б – относительное изменение температурного режима в шельфовых зонах Северной Пацифики по моллюскам и фораминиферам (по Гладенков, 2004); тип климата: х – холодный, ту – теплоумеренный, с – субтропический, т – тропический

холодноводный. На рис. 41 схематично отображены эти события и сложившаяся обстановка.

**16.13.** В.В. Меннер как-то заметил, что несмотря на то что геосинклинали были колыбелью геологии и стратиграфии, закономерности эволюции свойственной им биоты остаются не до конца выявленными. Анализ палеонтологического материала, полученного при стратиграфических исследованиях кайнозоя в переходной зоне, позволяет осветить определенные особенности развития палеобиоты данного региона. Эту проблему можно решить с учетом этапности эволюции всей северотихоокеанской палеоэкосистемы. Вот почему в последние годы при разборе тех или иных разрезов древних бассейнов все чаще используют экосистемный подход. Напомним, что под экосистемой понимается совокупность живых (биотические сообщества) и неживых (косных, по Вернадскому) составляющих элементов, в результате взаимодействия которых создается стабильная саморегулирующаяся 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, но и точно определить положение на нем биологических явлений с их последующей корреляцией в более широком плане. И конечно, особое внимание обращается на выявление состава и структуры биотических сообществ в каждый интервал времени, как и особенностей развития палеоэкосистем (ПЭС) в различных (стабильных и стрессовых) условиях. При этом важно понять сущность перестроек ПЭС, выявить моменты перестроек, характер изменения биотической компоненты, смену палеогеографических (как и палеоклиматических) обстановок, корреляцию различных абиотических событий с биотическими. В итоге после анализа собранных данных появляется возможность выявить некоторые общие тенденции и закономерности эволюции ПЭС.

**16.14.** Как известно, 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.




▲ **Рис. 41.** Палеоклиматические обстановки в палеогене Северной Пацифики (по Гладенков, Синельникова, 2014).

1 – зона паратропического климата; 2 – Берингова суша; 3 – фазы тектогенеза; 4 – тиллиты; 5 – глендониты; 6 – эпохи потеплений; 7 – типы сообществ моллюсков: А – североамериканские, К – камчатские, Я – японские

Шельфовая зона бореального пояса занимает определенное положение в иерархии экосистем. Рассмотрение дальневосточных толщ показывает, что они формировались в трех крупных экосистемах – континентальной (краевой части), мелководной (практически шельфовой) и океанической, что и нашло отражение как в характере древних осадков, так и в специфике ископаемых комплексов. Обстановки, которые соответствовали этим экосистемам в кайнозое, отмечались вдоль северо-восточного Азиатского материка на несколько тысяч километров. Выше, в табл. 13, приведена конкретная иерархия экосистемы (от области до провинции и округа), которая сейчас широко используется в дальневосточных районах.

**16.15.** Ниже характеризуются некоторые особенности шельфовой экосистемы кайнозоя и роль в ней *моллюсков*, которые являются типичной

группой бентосных биосообществ. 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 65 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, отраженной в породах и палеонтологических остатках, выделить явления действительно широкого, межрегионального и субглобального масштаба. И тем не менее направленное изучение зоны перехода на значительной площади (как по ее простиранию, так и поперек) и сравнение выявленных в ней следов геологических событий, отмеченных как в океанах, так и на континентах, позволяют восстанавливать геологическую историю ее развития достаточно объективно.

До последнего времени попыток осветить общие особенности развития палеокомплексов зоны перехода было очень мало. Обычно дело ограничивалось констатацией смены фауны и флоры в свитах. Между тем выявление определенных тенденций и закономерностей в этом развитии имеет большое значение для понимания биотических событий кайнозоя всей Тихоокеанской области. Анализ различных групп палеозоя и неогена переходной зоны Дальнего Востока уже сейчас делает возможным 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 60–65 млн лет. Некоторые из них излагаются ниже с использованием в качестве иллюстраций данных по моллюскам, которые непосредственно изучались автором в течение многих лет.

**16.16.** Моллюски являются одной из самых доминирующих групп кайнозоя (по Г. Торсону (Thorson, 1957), 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 (1963), в современных морях нетропической зоны Северного полушария от 20 до 100% донных биоценозов характеризуются 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.

**16.17.** В палеогене и 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 возможность в деталях осветить это явление, так как палеоценовая фауна региона пока описана 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 и, в частности, к сводке Л.А. Невесской (1999).

В истории развития морских двустворок в датско-ипрское время выявились две фазы (Развитие и смена моллюсков..., 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 вымиранием двустворчатых моллюсков в маастрихте на уровне видов (до 450), родов (193), семейств (16), надсемейств (4) и отрядов (1). Одновременно на этой границе увеличилась роль современных (от 29 до 69%) и космополитных (от 18 до 28%) родов. 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 родового и семейственного разнообразия понадобился значительный период времени. Данные по гастроподам выявляют в целом сходную картину (Развитие и смена моллюсков..., 1981). Второй рубеж относительно менее значителен. В начале эоцена (ипрском веке) 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.

**16.18.** 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 корреспондируются 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 между мелом и палеогеном 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 35 лет (Гладенков и др., 1997, 2013), позволило выделить снизу вверх четыре горизонта с соответствующими комплексами моллюсков: геткилнинский, камчикский, ткаправаямский и оммайский. Всего в них отмечено до 300 видов. Нижний горизонт (даний) включает до 90 видов. Второй и третий горизонты (танет) – соответственно около 90 и 70 форм. Четвертый (ипр), пока недостаточно исследованный, включает около 100 видов, с заметным числом тепловодных форм, отмечающихся даже в камчатско-чукотском регионе. Для этих комплексов типично наличие до 25–45% эндемиков 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 самый нижний комплекс включает в себя остатки фауны с отдельными представителями специфических родов, которые переходят в палеоцен из меловых слоев (камптохлямисы и др.). С другой стороны, сообщества моллюсков раннего палеогена Северной Пацифики обнаруживают связь и определенное сходство с таковыми более южных (тетических) широт, которое впоследствии уменьшается в связи с наступлением похолодания конца эоцена – олигоцена (и появления резкой климатической дифференциации океана), а также замыкания Тетиса в это время.

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-гакхинский, 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 (до 150 видов!). Этот момент совпадает с самым крупным климатическим оптимумом неогена – *среднего миоцена* (рис. 39) и значительной миграцией тепловодных сообществ от южных широт (Японии) к северным (Камчатке и Чукотке).

**16.19.** В своем распространении моллюски, как и другие бентосные организмы, подчиняются прежде всего ***климатической зональности***. 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 не совсем однородная 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, Беринговоморская 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.

**16.20.** На характер распространения моллюсков на морском дне важное влияние, помимо климатической, оказывает ***вертикальная и связанная с ней трофическая зональности*** моря. В зависимости от глубины выделяются литоральные, верхне- и нижнесублиторальные, батиальные сообщества (это практически глубины до 300–500 м). Их расположение по глубине определяется температурой и динамикой воды, характером взвеси и грунта, трофическими связями и пр. *Трофическая зональность* напрямую является важной причиной формирования и обособления биосообществ. В верхних горизонтах дна моря преобладают фильтраторы (неподвижные, малоподвижные и подвижные сестенофаги), в более нижних – собирающие детритофаги и грунтоеды. При этом во всех случаях от-мечается 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, даже субглобальные.

Три фактора – климатическая и вертикальная (с трофической) зональности и часто проявляющийся провинционализм – и определяют облик и структуру каждого биоценоза. С учетом широтной и вертикальной зональности на дне шельфов возникают биоценозы, которые замещают друг друга вдоль береговой линии и, кроме того, вкрест ее простирания (по глубине). Примечательно, что на крутых шельфах они имеют обычно полосчатое распространение со сменой определенных сообществ по глубине, 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.

**16.21.** Детальное изучение моллюсков кайнозоя в разрезах Камчатки и Сахалина позволяет говорить о том, что темпы их развития не намного ниже, чем многих других групп. Например, неогеновые горизонты Камчатки, выделенные по смене комплексов моллюсков в разрезах, обычно в среднем соответствуют 2.5–3.0 млн лет. Послойное же их изучение позволяет достигать весьма дробной зонации (лоны, слои с фауной продолжительностью от сотен тысяч до 0.5–1.0 млн лет). Примером может являться расчленение неогена Западной и Восточной (о. Карагинский) Камчатки, где выявлены пачки и слои с фауной, более детальные, чем, например, комплексные 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.

**16.22.** Обобщая полученные данные, можно наметить несколько крупных *этапов развития* моллюсков кайнозоя Северо-Тихоокеанской области. Первый соответствует палеоцену (и видимо, части раннего эоцена), когда было сформировано ядро палеогеновой фауны (это наименее изученная фауна, в основном она отвечает комплексам чемурнаутского и оммайского типов Западной Камчатки). Второй – в основном среднему–позднему эоцену (снатольско-ковачинский тип, частично с аманинской фауной), третий – олигоцену и раннему миоцену (аманинская, гакхинская, утхолокская, вивентекская, кулувенская фауны). Олигоценовый период был переломным, ибо в это время формировался *бореальный тип фауны*, который получил развитие в миоцене и плиоцене. В олигоцене случилось фактически обособление высокоширотных биосообществ в связи с ограничением Северной Пацифики с запада, севера и востока сушей, а с юга – климатическим барьером (тропической зоной). Эта часть бассейна оказалась в своеобразной замкнутости, что привело к специфике эволюции бентосной биоты. С этих пор бореальные комплексы, в частности моллюсков, развивались в североатлантической и северотихоокеанской областях по-разному, что привело к различию, например, видовых таксонов одних и тех же родов, которое сохранялась до плиоцена, когда открылся Берингов пролив, обеспечивший обмен атланто-арктических сообществ с северотихоокеанскими. Судя по смене в разрезах биотических сообществ Северной Пацифики, в неогеновом этапе выделяются отдельные подэтапы. Четко различается фауна раннего миоцена (кулувенская), среднего миоцена (ильинская, какертская, этолонская) и позднего миоцена (эрмановская и юнюньваямская фауна). В качестве, видимо, подэтапа может рассматриваться раннеплиоценовый уровень (раннелимимтенская и энемтенская фауна). И наконец, поздний этап отвечает позднему плиоцену (позднелимимтенская-тусатуваямская фауна). В конце плиоцена сформировались ядро и структура современной бореальной фауны. Каждый крупный этап продолжался около 15 млн лет (палеоцен-раннеэоценовый, средне-позднеэоценовый, олигоценовый, 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 временами обусловлены не только особенностями их эволюции (какими-либо крупными периодами араморфоза), но и внедрением иммигрантов или сменой комплексов под влиянием палеогеографических событий, что порой 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 пектнид, для Северной Америки – пектинид и пр. Но вместе с тем в регионе отмечается четкая последовательная смена видов в пределах тех или иных родов, что собственно и дает возможность выделять отдельные горизонты. Одновременно при детальных работах в развитии родов удается выделить определенные этапы становления, расцвета, угасания, которые, однако, могут совпадать или не совпадать при сравнении различных родов.

**16.23.** Из анализа кайнозойской фауны всего Сахалинско-Камчатского региона 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 формообразование имело место, видимо, и в полузамкнутых палеобассейнах, например в 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, энемтенский – 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 1960–1970-е годы и что нашло отражение в предложенной новой схеме иолдий и нукулан (Гладенков, 1972). Возникновение гомеоморфных таксонов и проявление направленной изменчивости форм в определенной мере могут 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 иолдевых сообществ аманинского уровня или фортипектинидовых ассоциаций плиоцена, которые прослеживаются от Японии до Чукотки и даже Северной Америки).

**16.24.** 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 3.5–4.0 млн лет) и последующего похолодания. Именно в это время в биоценозах определилась группа видов, которые в значительном большинстве (85–93%) дожили до нынешнего времени (усть-лимимтеваямская толща и тусатуваямские 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, наметился разрыв единых ареалов восточноазиатского и западноамериканского шельфов с формированием амфипацифических 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 двустворок.

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) моментов, когда перестройки биоценозов были относительно значительными. Это прежде всего начало раннего палеоцена, возможно, средний эоцен (появление фаун снатольского типа) и граница эоцена и олигоцена (появление аманинско-гакхинских 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).

**16.25.** 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 моллюсков с течением времени уменьшается; соответственно в более молодых слоях процент ныне живущих форм увеличивается. Подсчеты, которые проводились по неогену Камчатки, дали следующие результаты: в миоцене этот процент (ныне живущих 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 Америки. В плиоцене бореальных районов Северной Атлантики – Англии и Исландии тот же процент меняется от 60 до 96–98% (Гладенков, 1978, 1980). Тенденция изменения соотношения вымерших и ныне живущих 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). Однако следует иметь в виду, что эти расчеты служат только дополнительным ориентиром в анализе состава биосообществ, хотя и достаточно показательным. Надо помнить, что в других климатических поясах эти процессы проходили по-другому и характеризуются другими показателями.

**16.26.** Собранные данные позволяют еще раз сделать некоторые заключения об особенностях *палеоклиматических обстановок*. Эволюция моллюсков в кайнозое Северной Пацифики проходила на фоне различных субглобальных геологических явлений, в частности климатических колебаний и флуктуации уровня Мирового океана. На рис. 40 и 41 наглядно показана сменяемость климатических обстановок в течение палеогена и неогена. В палеоцене и эоцене в данном регионе в целом господствовали паратропические (или близкие к ним) обстановки. Поэтому почти во всей Северной Пацифике были развиты тепловодные биокомплексы (бентосные и планктонные), а теплолюбивая флора (с пальмами и фагусовыми) распространялась временами до широт Чукотки. В это время морская фауна обнаруживает сходные элементы с биотой тропического пояса Мирового океана (включая Индийский и Атлантический океаны). Но в конце эоцена-олигоцене произошла смена «оранжерейного» климата на «ледниковый» в связи с общим похолоданием и широким развитием оледенения в ряде регионов Земли (прежде всего, в Антарктиде и Арктике). Это привело к отступлению морских тепловодных сообществ Северной Пацифики к южным широтам (до средней части Японии) и началу формирования в значительной ее части бореального типа биоты. Именно этот тип завоевал в неогене широкие просторы этой акватории и существует поныне. На общем фоне можно наметить более мелкие климатические флуктуации. Так, в палеогене отмечены потепления в начале раннего эоцена и, видимо, два-три в среднем и позднем эоцене. Раннеэоценовый оптимум был, видимо, наиболее значительным в кайнозое вообще (появление многих субтропических родов моллюсков и паратропических флор на Камчатке и Чукотке). В неогене выявлены три крупных потепления (оптимума): ранне- и поздне-среднемиоценовые и раннеплиоценовое. Миоценовые потепления на Камчатке, в частности, четко маркируются двумя показателями – ростом общего числа видов и появлением значительного числа субтропических и южнобореальных форм, мигрирующих с юга (субтропические виды моллюсков, фораминифер, диатомей, флоры и палинокомплексов с 35% фагусовых). Выше говорилось, что в начале среднего миоцена состав комплексов включал 150–160 видов (около 60–65 видов относятся к тепловодным мигрантам). В относительно «холодной» середине среднего миоцена отмечается гораздо меньше форм – 39–47 (около 20 видов-мигрантов). 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). И еще раз напомним, что климатическая кривая, построенная для кайнозоя Сахалино-Камчатской области, в целом отражает те же тенденции, что и кривые, полученные по флуктуациям палеотемператур океанических вод (рис. 40).

С перепада температур в водных массах вблизи границы эоцена и олигоцена, к которому приурочены образование ***психросферы*** в океане и появление ***криосферы*** в высоких широтах, наступила эра чередования относительных похолоданий, достигавших порой в полярных областях уровня оледенений, и потеплений, которые в целом постепенно уменьшались по масштабу (по сравнению, например, с первым в кайнозое раннеэоценовым оптимумом – потеплением). На рис. 41 отражено изменение положения водных масс в Северной Пацифике в палеогене. Водные массы палеоцена и эоцена паратропического типа в связи с глобальным похолоданием сдвинулись к югу, и на их месте возникли бореальные массы.

Вместе с тем следует отметить, что в бореальных бассейнах переход от «оранжерейного» климата к «ледниковому» был, судя по всему, относительно не резким. Не случайно в олигоцене Камчатки комплексы моллюсков содержат вместе сравнительно тепловодные и холодноводные элементы. В дальнейшем климат стал в целом меняться в сторону похолодания и завершился в четвертичный период многофазными оледенениями. Но уже позднемиоценовый и позднеплиоценовый пессимумы были достаточно заметными в летописи климатических изменений кайнозоя.

**16.27.** 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 П. 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) и последние (плиоценовые) трансгрессии уже достаточно достоверно удается привязать к хронологической шкале. Но, во-вторых, надо помнить, что в подвижных областях (в том числе Камчатско-Сахалинском регионе) относительное изменение уровня моря часто связано с тектоническими факторами, а эвстатические и тектонические фазы, естественно, не всегда совпадают.

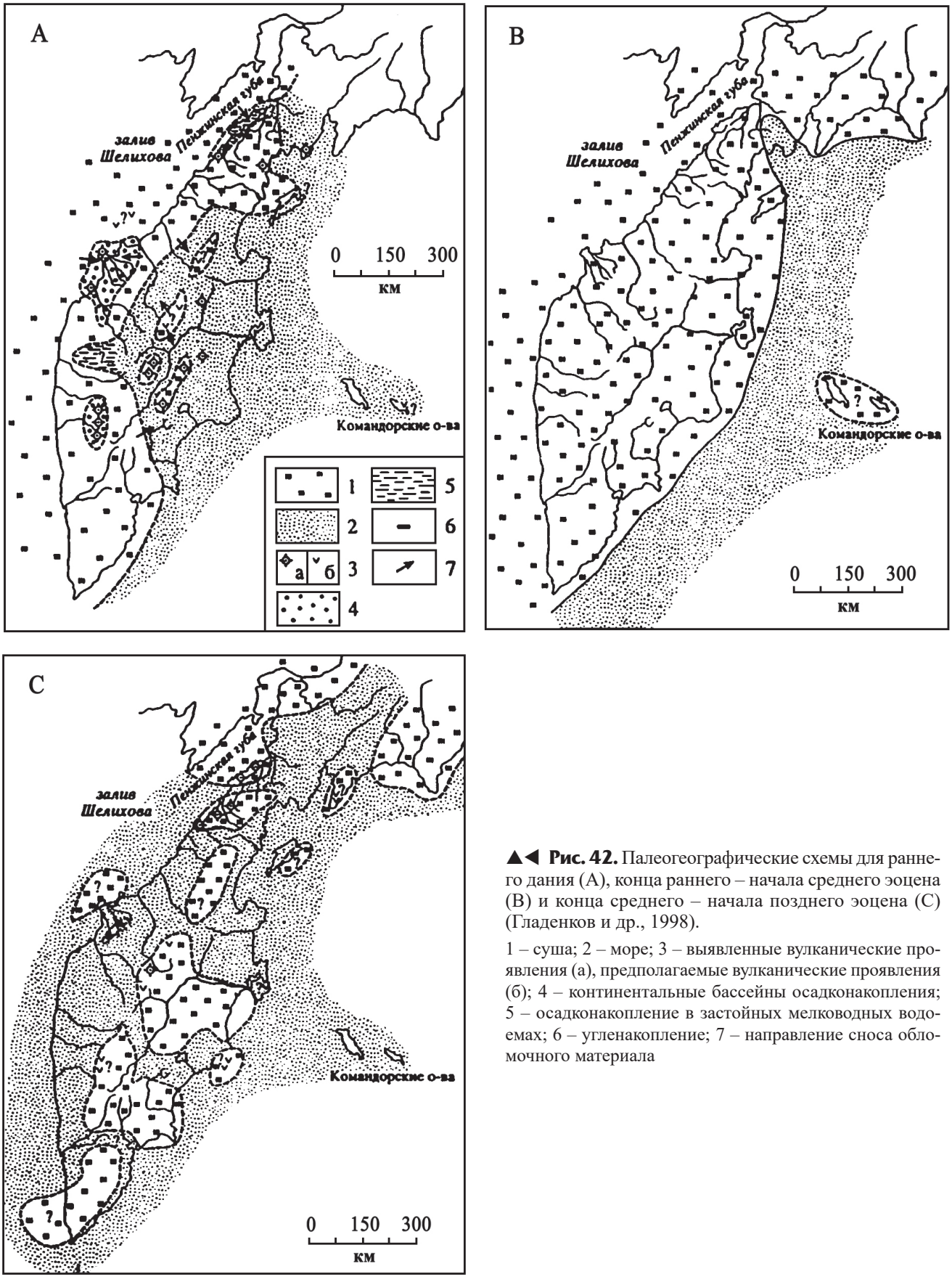
Если к климатическим и эвстатическим колебаниям добавить смену циркуляции водных масс и изменение направления *морских течений*, вызванных, в частности, разрушением в конце миоцена – начале плиоцена Беринговой суши, до этого почти 100 млн лет соединявшей два континента – Северную Азию и Северную Америку; предполагаемым тектонистами «отодвиганием» Японии от Азиатского материка в олигоцене-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 морских проливов в распределении биоценозов в морских бассейнах Северной Пацифики. Яркой иллюстрацией сказанного является и пример с Пра-Беринговым проливом, о чем уже говорилось выше (см. табл. 13). Он открылся, видимо, около 5.4 млн лет назад и привел к миграциям биотических сообществ из Северной Пацифики в Арктический бассейн и наоборот.

**16.28.** 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 фациальных изменений пород в местных и региональных стратиграфических подразделениях (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 рис. 42, чтобы лишний раз отметить, какая богатая геологическая и стратиграфическая информация следует из палеогеографических схем, составленных для палеогена Камчатки. Здесь показано, как менялась палеогеографическая обстановка (с изменением расположения морских бассейнов и суши на трех временных уровнях). Если в палеоцене (А) морские условия существовали в основном в восточнокамчатских районах, в конце палеоцена – начале эоцена (Б) Камчатка представляла собой сушу, то в среднем эоцене (В) в регионе произошла знаменитая снатольская трансгрессия, в связи с чем значительная его часть была занята морем. При этом открылись несколько (по крайней мере три) поперечных проливов, которые обеспечили связь биот между западно- и восточно-камчатскими бассейнами.

Отдельно следует сказать о большой информации, которую можно считывать с *палеобиогеографических* построений. Так, анализ ареалов кайнозойских сообществ дает возможность получать весьма важные сведения об их особенностях в разных провинциях. Сравнение состава комплексов моллюсков из 28 разрезов позднего эоцена и олигоцена североазиатской и североамериканской окраин показало не только их сходство, но и различие (Гладенков и др., 2005) (рис. 43, 44). На рис. 43 отмечено распространение, например, характерных для Камчатки видов в позднем эоцене – раннем олигоцене. Из него следует, что большая их часть тяготеет к азиатскому побережью и только несколько форм отмечаются на американском. На рис. 44 для этой же области намечены ареалы сообществ позднего эоцена и раннего олигоцена разной термотропности. Весьма содержательными выглядят также *палеобиогеографические схемы*, которые сопровождают ряд стратиграфических работ по Сахалину (Жидкова и др., 1974; Гладенков и др., 2002).

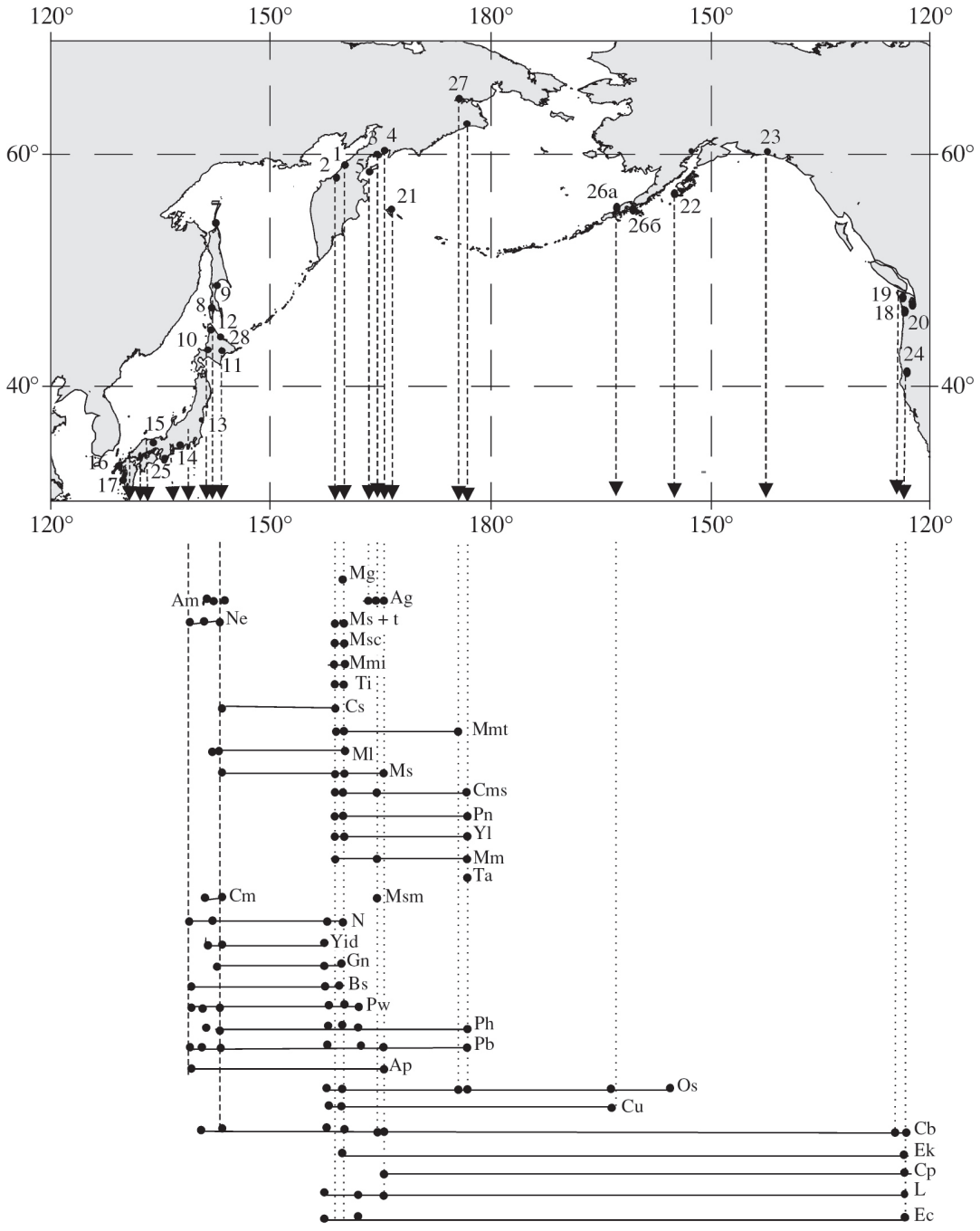
Если суммировать данные по ареалогическим схемам родов и видов моллюсков, то приходится прийти к заключению, что в целом для японо-сахалинско-камчатского региона в среднем эоцене – неогене были характерны сгущения ареалов и максимумы видового богатства (их называют *синператорами*). Подобным образом составлены 55 схем ареалов для 75 видов моллюсков позднего эоцена-олигоцена Северной Пацифики (Гладенков и др., 2005). Из этого материала можно сделать важные выводы о возможных центрах возникновения новых таксонов (в том числе эндемиков) 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. Анализ ареалов моллюсков олигоцена помог выявить, к примеру, важную особенность: в это время в Северной Пацифике сосуществовали представители как относительно тепловодных, так и бореальных родов, что свидетельствует о смене постепенным путем паратропических сообществ бореальными в связи с глобальным похолоданием (рис. 45).

При этом часто удается установить миграционные пути распространения таксонов в течение геологического времени. В качестве примера может быть приведено построение Л.В. Титовой для ареалов одного из самых распространенных родов гастропод – *Buccinum* (оно очень близко аналогичной схеме рода *Neptunea*) (Гладенков и др., 1988). По ее данным, 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



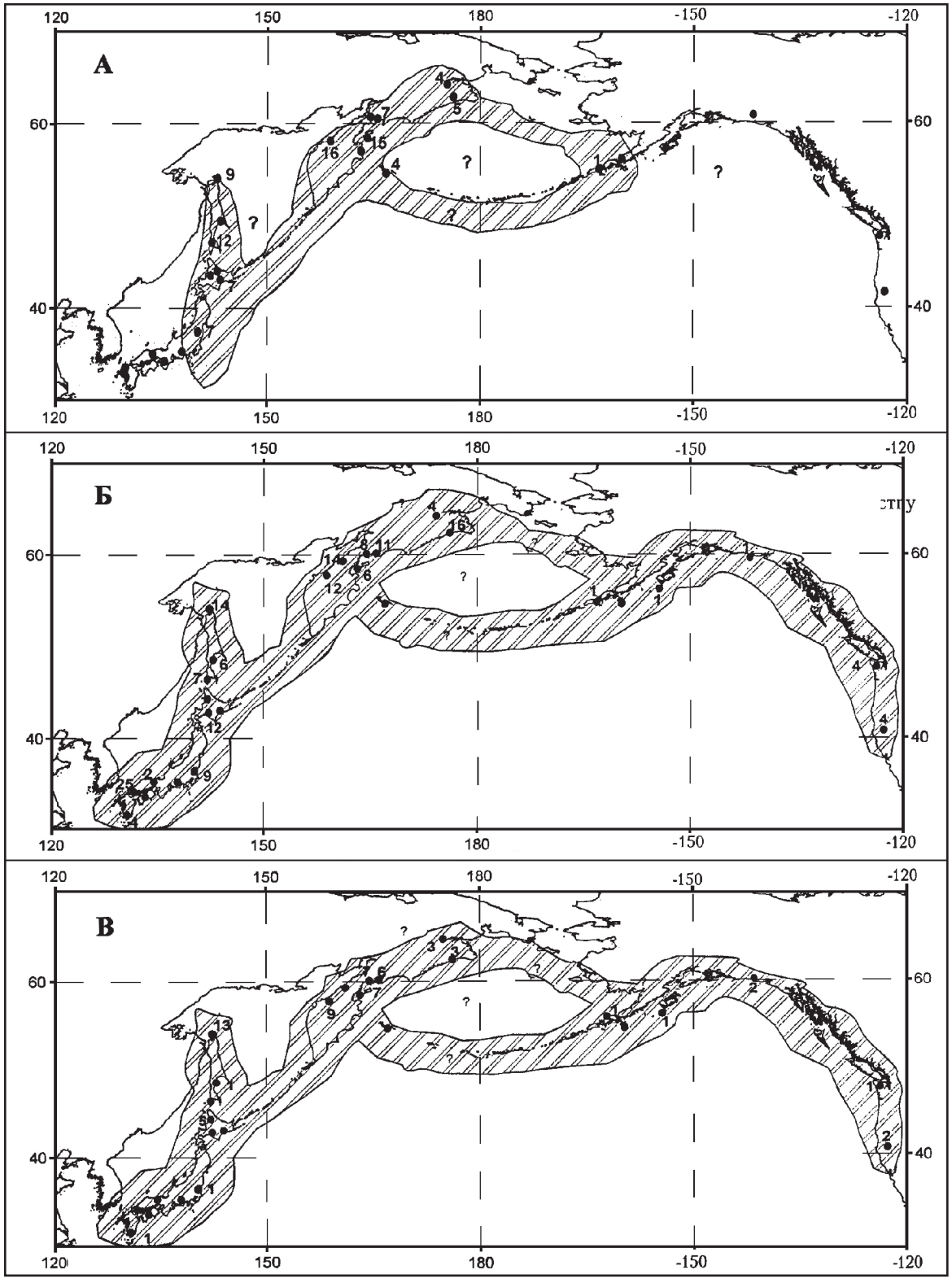

**▲◄ Рис. 42.** Палеогеографические схемы для раннего дания (A), конца раннего – начала среднего эоцена (B) и конца среднего – начала позднего эоцена (C) (Гладенков и др., 1998).

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



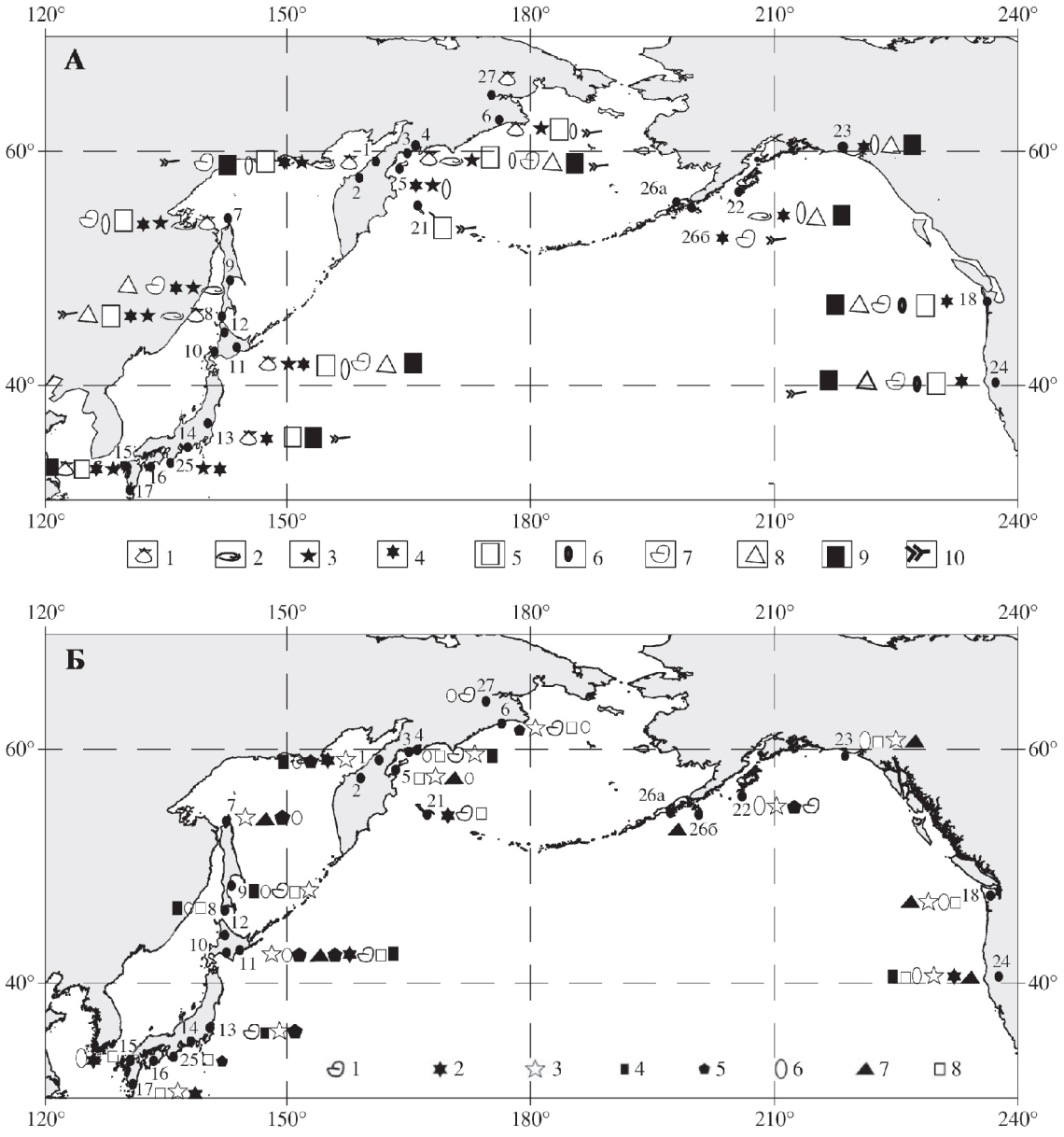

▲ **Рис. 43.** Распространение в Северной Пацифике мачигарских и ратэгинских видов моллюсков в позднем эоцене (аманинская и гакхинская свиты, стратотип ратэгинской свиты Западной Камчатки) (по Гладенков, Синельникова, 2009).

Виды: Ag – Acila gettisburgensis; Af – Aforia clallamensis; Am – Ancistrolepsis modestoideus; Ao – Acila osugii; Aoy – Acila oyamadaensis; Ap – Acila praedivaricata; Bs – Batissa sitakaraensis; Bt – Botula tumiensis; Cas – Ciliatocardium asagaiense; Cb – Conchocele bisecta; Cd – Calyptraea diegoana; Ca – Colus asagaiense; Cf – Colus fujimotoi; Cg – Chlamys gackhense; Cm – Crepidula matajiroi; Cms – Chlamys machgarensis; Cp – Crepidula porterensis; Cs – Conchocele smekhovi; Cu – Crepidula ungana; Dp – Diplodonta parilis; Ec – Epitonium condone; Ek – Epitonium keaseyensis; Gn – Glycymeris nakosoensis; Hp – Hataiella poronaiensis; La – Lucinoma acutilineata; L – Lima twinensis + L. oregonensis + L. kovatschensis; Mg – Mya grewinkgi; Mm – Multidentata multidentata; Mmi – Mytilus mabuchii; Mmt – Megacardita matschigarica; Ml – Mytilus littoralis; Ms – Macoma sejugata; Ms+t – Modiolus solea + M. tetragonalis; Msc – Monia schmidti + M. asagaiense; Msm – Macoma izurensis; N – Nemocardium yokoyamai + N. lorenzanum; Ne – Neptunea ezoana; Os – Crassostrea tigiliana; Pa – Periploma altarata, Ph – Papyridea harrimani + P. utcholokensis; Pb – Periploma besshoense; Pn – Portlandella nitida; Pw – Portlandella watasei; Sc – Solen sicarius; Ss – Siphonalia supragranulata; Ta – Trominina angasiana; Ti – Turritella importuna; Yl – Yoldia longissima; Yld – Yoldia laudabilis. Номера на карте (1–28) отвечают разрезам, материалы по которым привлечены для сравнения




▲ **Рис. 44.** Ареал характерных («мачигарских») видов моллюсков в раннем олигоцене Камчатско-Сахалинского региона и прилегающих бассейнов (цифры отражают количество видов стратотипа ратэгинской свиты) (по Гладенков и др., 2005).

А – ареал мачигарских видов в конце позднего эоцена (цифры соответствуют количеству видов стратотипа ратэгинской свиты) (аманинская и гакхинская свиты, стратотип ратэгинской свиты); Б – ареал мачигарских видов в раннем олигоцене (цифры соответствуют количеству видов стратотипа ратэгинской свиты; В – ареал мачигарских видов в позднем олигоцене (цифры соответствуют количеству видов стратотипа ратэгинской свиты)




▲ **Рис. 45.** Распространение в Северной Пацифике относительно теплолюбивых (А) и бореальных (Б) родов моллюсков в раннеолигоценовое (ратэгинско-мачигарское) время (по Гладенков, Синельникова, 2009).

А – теплолюбивые роды: 1 – Chlamys; 2 – Mya; 3 – Trominina; 4 – Turritella; 5 – Glycymeris; 6 – Fulgoraria;7 – Crepidula; 8 – Crenella; 9 – Calyptraea; 10 – Ostrea. Б – бореальные роды: 1 – Neptunea; 2 – Siphonalia; 3 – Macoma; 4 – Peronidia; 5 – Buccinum; 6 – Periploma; 7 – Nuculana (Nuculana); 8 – Acila (Acila)

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.

**16.29.** Анализ палеоцен-нижнеэоценовых *сообществ* моллюсков Западной Камчатки показал, что в них имеются много *видов-эндемиков*. В палеоцен-нижнеэоценовых толщах региона их содержится иногда более 50–55% всех видов. Для сравнения, процент эндемиков в одновозрастных слоях Восточной Камчатки (п-ов Ильпинский) и северо-тихоокеанского побережья Америки (штаты Вашингтон, Орегон, Калифорния) гораздо ниже (он составляет около 20–23%). Возможно, это объясняется определенной замкнутостью Охотоморского бассейна по сравнению с открытыми шельфовыми бассейнами Северной Пацифики. В камчатских отложениях (даже в северных разрезах Чукотско-

го района) отмечаются тепловодные виды, распространенные как в Японии, так и в Северной Америке. Сравнение комплексов моллюсков более позднего времени – среднего эоцена и олигоцена – из четырех горизонтов Камчатки: снатольского, ковачинского, аманинско-гакхинского и утхолокско-вивентекского – показало, что вверх по разрезу процент эндемиков несколько меняется от 78–80 до 66–70%. При этом процент видов, сходных с формами шельфов Северной Америки и Японии, достигает соответственно 17–21 и 13–14%. Хотя эти расчеты достаточно провизорны, они все же отражают общие черты характеристик древних комплексов.

**16.30.** Выше уже говорилось, что одной из главных причин *миграций* морских моллюсков являются климатические колебания. Вряд ли нужно объяснять, что потепления вызывают миграции тепловодных комплексов в северном направлении, а похолодания – холоднолюбивых 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 (ильинский горизонт) 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 дрейфа и причленения террейнов.

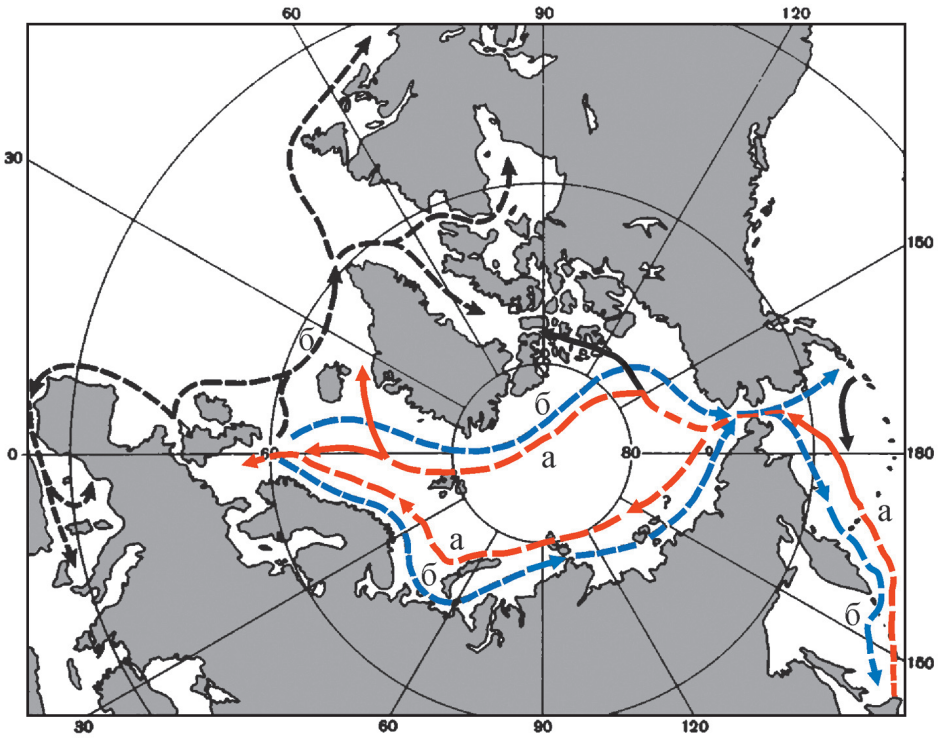
Среди других причин миграций можно указать также на *морские течения*. Их изменение в геологическом прошлом тоже, видимо, влияло на распределение не только планктонных, но и шельфовых сообществ, вне зависимости от того, чем были вызваны перестройки системы течений (тектоническими, геоморфологическими, климатическими или иными причинами). Яркой иллюстрацией может служить изменение и смещение в пространстве по широте течений Пра-Ойя-Сиво и Пра-Куро-Сиво (до 400 км) около Японских островов, в неогене.

Кроме того, нельзя не учитывать также еще одно обстоятельство, которое пока недооценивается, но которое могло иметь прямое отношение к расселению бентосных ассоциаций. Из анализа рассмотренных материалов следует, что экспансия донных организмов в новые районы во многих случаях, видимо, в определенной 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 именно биотическими факторами. Иллюстрацией может служить пример с современной биотой Арктического океана, в которой северотихоокеанские роды двустворок составляют сейчас до 70%, что связывается с миграцией моллюсков и захватом ими экологических ниш в шельфовых зонах Арктики, что обусловлено в первую очередь именно биотическими причинами.

**16.31.** Однако при изучении северотихоокеанской экосистемы кайнозоя совершенно отдельно встает проблема роли морских проливов в распространении и миграциях биоты в морских палеобассейнах. В пределах региона можно наметить разные типы проливов: проходы (узкие, длинные), ворота (широкие, короткие), островные, море-проливы. По глубине среди них отмечаются мелководные (глубиной обычно до 200 м) и глубоководные (глубиной более 200 м). Открытие относительно глубоководных проливов определялось тектоническими факторами, в частности в районе Алеутской и Курильской островных дуг (между Охотским морем или Беринговоморским бассейном и собственно Тихим океаном, проливы имеют глубины до 2 км и более). Открытие мелководных проливов связано не только с тектоникой, но и с относительными колебаниями уровня моря. В рассматриваемом регионе обращает на себя внимание в первую очередь Берингов пролив, который с плиоцена является важнейшей морской артерией, соединяющей два океана – Тихий и Арктический. Подробно о геологической истории пролива уже написано (А. Гладенков, Ю. Гладенков 2004), поэтому ниже дополнительно достаточно напомнить только о некоторые событиях.

Берингов пролив открылся около 5.4 млн лет назад (в силу, видимо, прежде всего тектонических движений), и это привело, в частности, к миграциям морских моллюсков из Тихого океана в Арктику (и далее в Северную Атлантику) и, наоборот, из Арктики в Тихий океан (см. рис. 46). Виды тихоокеанского происхождения «прошли» в арктический бассейн и достигли Исландии, Голландии и Англии (они отмечены в зоне *Serripes groenlandicus* Исландии). Среди них *Mytilus edulis*, *Modiolus modiolus*, *Macoma calcarea*, *Mya pseudoarenaria*, *Buccinum undatum*, *Neptunea decemcostata* и др. А из Арктики в Пацифику мигрировали представители рода *Astarte* (*A. alaskensis*, *A. borealis*, *A. montaque*), которые появились не только на Аляске и в Чукотско-Камчатском районе, но и на Сахалине и в Японии.

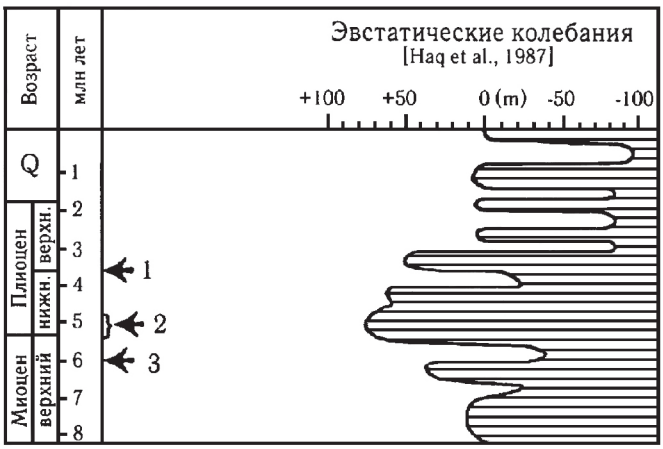
В течение плиоцена и квартера пролив неоднократно кратковременно осушался (это способст-




▲ **Рис. 46.** Миграционные пути бентосных комплексов плиоцена и квартера: (а) из северотихоокеанского бассейна в арктический и (б) из северо-атлантического-арктического бассейна в тихоокеанский

вовало миграциям континентальных фаун между северной Азией и северной Америкой). Отмечающиеся последующие трансгрессии были связаны, по мнению отдельных геологов, не только с тектоническим фактором, но, видимо, и с эвстатическими колебаниями уровня моря (рис. 47), хотя этот вопрос и не решен окончательно.

Можно, наверное, предположить, что именно этим объясняется появление арктических элементов в тихоокеанских комплексах на определенных уровнях (*Astarte borealis* на уровне 5.4 млн лет, *A. elliptica* – 4.0 млн лет, *Tridonta*, *Cyrtodaria* – 3.6–3.25 млн лет, *Astarte montaque* – 2.2±0.3 млн лет и др.). Нынешний вид пролив принял около 13 тыс. лет назад. Его глубина порядка 50 км, ширина – около 86 км, протяженность – 96 км. Через пролив происходит своеобразная перекачка тихоокеанских вод в Арктический бассейн при небольшом встречном течении. Поразительно, что ежегодно из Тихого океана в Чукотское море в виде взвеси выносится около 50 млн т терригенного вещества и 60 млн биогенного. Эти данные весьма интересны для сравнения обстановок прошлого (А. Гладенков, Ю. Гладенков, 2004).




▶ **Рис. 47.** Геологические события и эвстатические колебания в миоцене и плиоцене в Северной Пацифике (по 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

При разборе этих миграций встает вопрос об определении их *скорости*. Между тем прохорезы видов в одних случаях (например, миграции арктических астарт до Японии) в целом отличались относительно большой скоростью, т.е. были геологически почти мгновенными. С другой стороны, виды тихоокеанского происхождения преодолели путь от пролива до Исландии (по протяженности почти равный расстоянию от пролива до Японии) только за 0.7–1.0 млн лет. Об этом говорят имеющиеся сейчас новые данные по датированию. В чем тут дело: в наличии физических барьеров в Арктическом бассейне прошлого (типа Новосибирских островов и мелководий в районе хребта Ломоносова) или морских противотечений, тормозящих распространение биоты, остается пока не ясным. Но вместе с тем выявилась другая интересная особенность – эти миграции отличались *асимметрией*: так, миграция из северотихоокеанской области в арктическую по числу видов в 8 с лишним раз превышала шедшую в обратном направлении.

Сейчас существует 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. 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 корреспондируется с определенными 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 относительно тесной (на Камчатке количество общих с Калифорнией форм иногда достигает 50%). В среднеэоценовое время на Камчатке число видов американского происхождения было больше, чем японских форм, что может тоже говорить о тесных связях биоты североамериканского и североазиатского шельфов. В то же время в более поздний период (поздний эоцен и олигоцен) камчатский бассейн имел преимущественные связи, видимо, с сахалинско-японским бассейном, так как число форм японского происхождения отмечается здесь в относительно большом количестве.

**16.32.** При анализе комплексов моллюсков выявились некоторые особенности *инфауны.* Как указывалось выше, при климатических потеплениях, которые вызывали существенные миграции тепловодных сообществ к северу, отмечалось и смещение автохтонных представителей в целом в северном направлении. Однако некоторая их часть оставалась в значительной мере на прежнем месте. Это относится прежде всего к инфауне батиальных 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-сублиторальный, наиболее сильно реагирующий на смену температуры морских вод (а потому подвижный в отношении смещения ценозов в широтных зонах), и нижнесублиторально-батиальный (с инфауной), менее подвижный, который в силу относительно незначительных колебаний температур на глубинах 200–500 м обычно перемещается слабо (Голиков, Скарлато, 1967). Примеры из практики показывают, что некоторые детритоядные формы (например, олигоценовые иолдии) прослеживаются в нижнесублиторальной зоне от Японии и Сахалина до Северной Камчатки и Корякского нагорья, т.е. на несколько тысяч километров. Конечно, нижнесублиторальные-батиальные 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 эволюционируют 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.

**16.33.** Рассмотренные данные показывают, что зона перехода от океана к континенту на Дальнем Востоке в кайнозое 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 проходило 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 кайнозое развивалась в обстановке меняющихся палеоклиматических и палеогеографических явлений. Но 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 кайнозое могут стать серьезной основой для прогнозирования развития и существования шельфовых экосистем в грядущих десятилетиях и столетиях.

В конце раздела хотелось бы сделать одно замечание. Автор при изложении материалов по стратиграфическим схемам, палеогеографии, палеоклиматологии и геологическим событиям кайнозоя одной конкретной области – переходной зоны Северной Пацифики специально пытался показать то *многообразие проблем*, которые обычно встают перед стратиграфами в каких-либо регионах. И если стратиграфы имеют грамотные представления о методических и теоретических основах этой достаточно непростой науки, если они правильно представляют ее главные цели, а не подменяют упрощенными их разновидностями, то они в любой ситуации и при изучении любых объектов способны создавать высококачественные «стратиграфические здания». При этом автор старался не избегать спорных вопросов и в ряде случаях специально хотел привлечь внимание к слабо освещенным проблемам, обращая внимание на те «изюминки», которые прежде всего и являются интересными при практической работе.

Специфика развития палеоген-неогеновой экосистемы переходной зоны Северной Пацифики особенно выпукло выявляется при сравнении ее с экосистемами другого типа – платформенными, эпиконтинентальными и полузамкнутыми-замкнутыми. Недавно об особенностях эволюцинных преобразований малакофауны в неогеновых бассейнах Паратетиса было сообщено Л.А. Невесской и другими (2009). Авторы рассмотрели эти бассейны как пример развития экосистем *островного типа*. Эволюция здесь происходит в условиях ограниченного пространства вследствие изоляции биохории, которая обусловливает неполноту экосистем и ослабление конкуренции. Это создает предпосылки для усиления изменчивости существующих там видов и их быстрых эволюционных преобразований. Такие условия обычно реализуются при формировании биот островов, удаленных от континентов, а также в замкнутых водоемах, в которых существовали аномальные гидрогеологические обстановки. Для малакофаун водоемов Паратетиса, согласно упомянутым исследователям, были характерны черты, близкие островным фаунам, в частности: обедненный семейственный и родовой состав при значительной численности и разнообразии эндемичных видов, которые возникали в условиях изоляции, вызывавшей пониженную конкуренцию. Развитие малакофаун характеризовалось проявлением широкой индивидуальной и групповой изменчивости, высокой скоростью формирования новых видов и таксонов более высокого ранга, распространением явлений *гомеоморфии* и запредельной специализации. Эволюция протекала ускоренными темпами, но эволюционные преобразования оказывались тупиковыми, так как возникшие эндемичные виды вымирали при нарушении изоляции бассейна.

# 17. ОБСУЖДЕНИЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ НА МЕЖДУНАРОДНЫХ КОНГРЕССАХ ПО СТРАТИГРАФИИ ПОСЛЕДНЕГО ДЕСЯТИЛЕТИЯ

**17.1.** Чтобы внести в данный текст дыхание времени, в которое он писался, автор хотел бы обратиться к освещению некоторых материалов по стратиграфии, обсуждавшихся международными организациями в последние годы. Это в какой-то мере должно служить фоном и иллюстрацией к вышесказанному, как и поводом обозначить конкретные, как стратегические, так и тактические, задачи мировой стратиграфии начала нашего столетия. Следует напомнить, что в течение более 100 лет стратиграфические проблемы обсуждались мировой общественностью на международных геологических конгрессах (с первого конгресса 1878 г.). Но в последнее десятилетие с целью более широких, чем раньше, обсуждений стратиграфических проблем и привлечения к их решению молодых кадров из разных стран было решено проводить отдельно специализированные *Международные конгрессы по стратиграфии* (STRATI) под эгидой Международной комиссии по стратиграфии (МКС). Первый такой конгресс прошел в Португалии (г. Лиссабон) в 2013 г. (STRATI-2013). Второй конгресс STRATI-2015 состоялся в 2015 г. в Австрии (г. Грац). Третий конгресс STRATI-2019 проходил в 2019 г. в Италии (г. Милан). Эти мероприятия оказались чрезвычайно полезными. Геологи многих стран получили реальную возможность предметно и широко обсуждать новые идеи и новые методы стратиграфии, обмениваться опытом и намечать стратегию будущих работ. Чрезвычайно важно, что такие форумы способствуют как широкому обмену геологической информацией, так и установлению профессиональных связей специалистов разных стран. Проведенные сессии этих конгрессов отразили основные тенденции развития стратиграфии. Обычно на таких конгрессах представляется более 400 докладов, что свидетельствует о широте обсуждаемых проблем.

**17.2.** Среди актуальных проблем в последние годы были рассмотрены, в частности, следующие вопросы: совершенствование *Международной стратиграфической шкалы*; состояние с подготовкой новой версии *Международного стратиграфического руководства*; вопросы, связанные с разными аспектами стратиграфической практики, среди которых важными были вопросы *комплексного использования* различных (в том числе новых) стратиграфических методов, состояния изучения *ярусных границ* разных геологических систем, опыта палеогеографических реконструкций и пр.

«Международная хроностратиграфическая шкала» (МСШ), так шкала сейчас называется, подновляется постоянно прежде всего потому, что число «золотых гвоздей», т.е. утвержденных границ ярусов, из года в год увеличивается, а их точное датирование все время совершенствуется. Все изменения в шкале проводятся под эгидой Международной комиссии по стратиграфии. Напомним, что в 1970-е годы, когда В.В. Меннер был ее председателем, оформилась ее новая структура, которая фактически дожила до наших дней. Комиссия включает 18–19 подразделений – подкомиссий и комитетов (прежде всего, по отдельным системам МСШ, стратиграфической классификации, геохро-

нологии и пр.), в которых работают около 400 голосующих членов подкомиссий и до 2000 специалистов-участников из более чем 100 стран.

**17.3.** В 1970-е годы эта комиссия приняла решение о включении в качестве наименьшего подразделения МСШ категорию «ярус». И тогда встал вопрос о ярусных границах, которые оказались не всегда точно обозначенными. Именно над этой проблемой Международная комиссия и работает уже более 30 лет. В 1986 г. она приняла за основу при проведении границ стратонов концепцию «золотых гвоздей» (или точки глобального стратотипа границы (GSSP), которую надо выделять в основании каждой ярусной единицы). 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. Заметим, что границы подразделений официально принимаются 60% голосов последовательно членов рабочих групп (по определению ярусных границ какой-либо системы), затем членов той или иной подкомиссии и, наконец, членов Международной комиссии по стратиграфии (с соответствующей публикацией). К сожалению, по мнению многих специалистов, голосование в ряде случаев ведется формально, в непонятной спешке, без всесторонней научной проработки, с преследованием узконациональных или «патриотических» целей и т.п.

**17.4.** В связи со сказанным не кажется удивительным, что в работе МКС последних лет сохраняется постоянное внимание именно к теме ярусных границ и совершенствованию МСШ. В 1998 г. президент МКС Ю. Ремане разослал во все страны свой новый вариант МСШ для обсуждения его в национальных стратиграфических организациях (Remane, 2000). Мы оставим без обсуждения предложения по расчленению докембрия (предлагалась нумеричная система подразделений, в качестве эонотем рассматривались архей (с 4 эратемами) и протерозой (с 3 эратемами и 10 системами) и др., а также некоторые нововведения в структуру фанерозойских систем (например, выделение палеогена и неогена в качестве самостоятельных систем, выделение новых подсистем и отделов: в карбоне (миссисипий и пенсильваний), в перми (цизуральский, гваделупский и лопингский) и пр.; подробно см. Гладенков, 2004). Обратим внимание на то, что тогда были определены только 35 (из 100) ярусных границ. В настоящее время можно отметить значительный прогресс в их изучении, ибо на схеме-шкале 2019 г. их уже 78 и в стадии подготовки находятся еще несколько рубежей. К сожалению, дело движется медленнее, чем предполагалось. И при этом почему-то ослаблено внимание к изучению самих ярусов, что фактически уводит от исследований характерных особенностей ярусных стратотипов и принижает роль региональной стратиграфии в процессе совершенствования МСШ.

Сейчас проходит подготовительная (и надо сказать, затянувшаяся) работа по переработке Международного стратиграфического справочника (МСС). Хотя он не является кодексом, а рассматривается как рекомендуемый подход к стратиграфическому изучению, он получил широкое распространение во многих странах. При спорной идеологии Справочника с его множественной стратиграфией в нем есть многие полезные положения и советы и, в частности, важное указание, что стратиграфия должна строиться на комплексном использовании всей полезной информации, доставляемой разными методами.

**17.5.** На заседаниях МКС поднимались многие вопросы, которые касались разных проблем практической стратиграфии. Подчеркивалось, в частности, что с течением времени практическая *комплексация* различных методов в стратиграфических исследованиях расширяется и становится нормой. Именно она дает возможность осуществлять контроль над выводами, получаемыми отдельными методами, и проводить соответствующие коррекции. В последние годы к традиционным методам (био-, лито-, магнитостратиграфическим и др.) в геологической практике постоянно добавляются новые. Среди них астро-, секвенс-, хемостратиграфические 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 отражают необратимые однонаправленные геологические процессы. Не случайно, что при обсуждении на последнем конгрессе материалов очень модной сейчас секвенс-стратиграфии указывалось, что, несмотря на неоспоримую ценность этого направления исследования, оно имеет определенную ограниченность в интерпретации стратиграфических данных, обнаруживая и неразработанность ряда аспектов ее методической сущности.

**17.6.** На самых последних конгрессах некоторые специалисты стали высказывать мнение, что концентрация усилий МКС на «точках» (или «золотых гвоздях») привела к определенному смещению задач стратиграфии. Вместо того чтобы детально изучать сами ярусные подразделения –

стратоны (конечно, с их границами), подкомиссии МКС в последние годы основное внимание стали уделять именно «гвоздям», или нижним границам стратонов (так уж получилось на практике), возводя эту процедуру в разряд концепции. Однако, по мнению других стратиграфов, подобная процедура в рамках действительно существующих стратиграфических концепций (это хроностратиграфическая, множественная 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.

Кроме того, ряд специалистов, отмечая большую роль зональной стратиграфии, которая лежит сейчас в основе стратиграфического расчленения всех ярусов, обращают внимание на имеющиеся случаи формального подхода к выделению зон, когда не принимается во внимание их принадлежность к разным типам.

**17.7.** Особо следует сказать о *палеогеографических материалах*, которые демонстрировались на последних конгрессах. 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, например, 24 палеогеографические карты атласа по Восточному Паратетису, составленного по программе «Пери-Тетис» (Popov et al., 2004). Они содержат богатую и полезную информацию. В подобных работах восстанавливалось не только расположение суши и моря, но и тип древнего бассейна (замкнутого, эпиконтинентального, окраинно-морского, океанического), распространение биосообществ в зависимости от климатической и вертикальной зональности, морские течения и морские проливы и пр. Морским проливам, в частности, было уделено значительное внимание. Особенно тем проливам, которые существенно влияли на обмен водными массами каких-либо крупных акваторий, Выше уже говорилось о Беринговом проливе, который в самом конце миоцена соединил Северную Пацифику и Арктический бассейн; Гибралтарском проливе, который открылся после мессинского кризиса в плиоцене и обеспечил прорыв воды из Атлантики в чашу Средиземного моря и др. Среди публикаций на эту тему нельзя не вспомнить статью (Duque-Caro, 1990), посвященную неогеновой истории Панамского пролива, внесшую много нового в методику реконструкции обстановок прошлого. Этот пролив до раннего плиоцена соединял Атлантический и Тихий океаны. С помощью детального анализа микрофауны, собранной на разных уровнях неогеновых формаций этого региона, были выявлены основные этапы постепенного обмеления пролива в интервале от раннего миоцена (когда дно пролива опускалось до глубины батиали) до середины плиоцена (когда начал формироваться сухопутный мост между Северной и Южной Америками и произошел «великий американский континентальный обмен» наземной биотой).

**17.8.** В последние десятилетия геология во всем мире переживает не лучшие времена: во многих странах уменьшается финансирование на геологические исследования (в том числе стратиграфические), сокращаются геологические службы, закрываются научные программы и пр. Это касается и положения стратиграфии, которая, кажется, с одной стороны, во многом обогнала запросы практики (достаточно вспомнить о большом количестве накопленных, но пока невостребованных палеонтологических материалов, или новых подходов к детализации стратиграфических схем), а с другой – в региональных и поисковых работах стала часто замещаться геофизическими, изотопными и прочими материалами. Российская стратиграфия на этом фоне выглядит внешне достаточно достойно. У нас наработаны большие стратиграфические «запасы» – в разных регионах изучены разнообразные разрезы, собраны громадные коллекции ископаемых остатков и пр. Мы публикуем много статей и солидных монографий, создаем стратиграфические схемы нового поколения. Вместе с тем в нашей деятельности заметны и серьезные минусы. Так, в последние годы российские специалисты не участвуют в международной программе глубоководного бурения и поэтому лишаются многих важных данных. Мы отстаем по ряду позиций технического и приборного обеспечения, что приводит к отставанию аналитической обработки геологических образцов. У нас, к сожалению, ослаб приток молодежи в стратиграфические организации и ячейки. Также, к сожалению, в организационном отношении в последние годы мы обнаруживаем определенные слабости и пассивность. А в результате мы стали не так активно, как раньше, влиять на формирование идей и не всегда вовремя готовить те или иные предложения для МКС. К сожалению, Национальный комитет геологов Рос-

сии, Российская Академия наук и Минприроды во многих аспектах вообще ослабили свое внимание к стратиграфическим исследованиям. Между тем именно стратиграфия с ее *практической* направленностью (составление стратиграфических схем, геокартирование, поиски местонахождений полезных ископаемых и пр.), на что в первую очередь обычно обращается внимание, имеет и большое *фундаментальное* значение мировоззренческого ранга, что отражается в расшифровке естественной этапности геологического развития Земли за 4 млрд с лишним лет с выявлением тренда и последовательности геологических событий разного масштаба.

**17.9.** Одна из подкомиссий МКС специально занимается вопросами *стратиграфической классификации.* Именно она дает оценку тем или иным методам и приемам совершенствования глобальной и региональных стратиграфических схем, занимается подготовкой новой версии Международного стратиграфического справочника и пр. Чтобы дать представление о направленности ее деятельности в последние годы, наверное, будет полезно напомнить хотя бы некоторые «рабочие» проблемы, которые были поставлены перед подкомиссией на Конгрессе Strati-2019 российскими специалистами:

– Целесообразно или нет выделить во всех геологических системах МСШ *подотделы* (сейчас они выделены лишь в карбоне и недавно в кайнозое). Этот вопрос был поднят специалистами по кайнозою.

– Следует ли выделять в МСШ подразделения *ниже яруса* (типа хронозон).

– Различаются ли *по методам выделения* местные, региональные и глобальные подразделения.

– Можно ли принимать некоторые подразделения *четвертичной системы*, если они выделяются фактически по изотопным данным без должного биостратиграфического обеспечения. Следует ли называть «ярусами» три подразделения, выделенные в голоцене (в интервале 11 000 тыс. лет).

– Не следует ли возвратиться к *изучению разрезов самих ярусов*, не ограничиваясь только золотыми гвоздями, как это часто делается. Ведь стратиграфические работы проводятся не только для решения частного вопроса – определения границ подразделений, но в широком смысле для нужд геологического картирования и расшифровки этапности эволюции Земли.

– Не следует ли выделять подотделы во всех системах кайнозоя (Aubry et al., 2020)

– Признавая важность разных стратиграфических (физических, изотопных и др.) методов, нельзя преувеличивать (или недооценивать) их значения, как нельзя и забывать, что *биостратиграфия пока остается главнейшим* из них.

# 18. ЗАДАЧИ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СЕРЕДИНЕ XXI ВЕКА

**18.1.** Учитывая перечисленные итоги, с которыми стратиграфия подошла к началу XXI столетия, можно попытаться определить некоторые приоритетные задачи на будущее, отражающие тенденции ее развития. Пожалуй, среди них четыре-пять задач являются базовыми. Кратко они заключаются в следующем.

**Первая основная задача** – *создание стратиграфических шкал нового поколения*, более детальных и обоснованных (*для фанерозоя* не только ярусных, но и зональных и, возможно, при решении отдельных задач – 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 направлено на создание базы дробного расчленения и сопоставления разнофациальных толщ разных областей, различных широтных поясов и палеопровинций океанов, континентов и переходных зон – с выявлением реперов регионального и субглобального масштабов (событийная стратиграфия) и построением системы стратиграфически сменяющихся маркеров (**СССМ**) (Гладенков, 1995). Детализация стратиграфических шкал не является при этом формальным актом выделения более дробных, чем было раньше, стратонов при изучении отдельных разрезов. Она отражает новый качественный уровень стратиграфии и *повышения общей геологической культуры* проведения стратиграфических работ, которые предусматривают в качестве обязательного требования грамотное и осознанное использование всего комплекса различных методов и приемов, знание их достоинств и недостатков.

*Для докембрия* остается задача построения шкалы, которая, базируясь на тектоно-магматической основе, вобрав в себя новые материалы по формационным особенностям древних блоков и ассимилировав региональные схемы, могла бы стать общепринятой. Но это, видимо, потребует использования каких-то новых методов и подходов. Пока они, к сожалению, остаются в стадии разработки и даже не всегда обозначены. Возможно, вместе с изотопным, хемостратиграфическим и другими методами проявит себя и биостратиграфия, которая пока затронула лишь верхнюю часть докембрия в пределах 635–541 млн лет (эдиакарий или венд, в изучении которого у нас сыграли большую роль работы М.А. Федонкина). Полученные новые данные (с учетом биостратиграфических материалов) по расчленению венда позволили наметить три яруса – вычегодский, эдиакарский (редкинский) и немакит-далдынский. Это заставляет вслед за Б.С. Соколовым (2012), который оставил блок блестящих работ по вендским проблемам, с полным правом считать венд системой, сходной с системами фанерозоя.

В направлении использования биостратиграфии уже делаются определенные шаги и при расчленении более древних толщ (см. например, рис. 48, составленный В.Н. Сергеевым и др. (2002), на котором отражены палеонтологически задокументированные геологические события докембрия на основе анализа бактериальных и других организмов). По В.Н. Сергееву и др., для позднего протерозоя (от 2 млрд лет) можно установить семь

последовательностей комплексов микрофоссилий, отражающих основные этапы развития органического мира. Они названы «биогоризонтами» (наверное, неудачно), которые ограничены лишь хронометрическими изотопными данными, т.е. фактически не имеют типизированных стратиграфических границ. Однако выделение этих горизонтов является значительным шагом в биохронологии докембрия. Снизу вверх это следующие «биогоризонты»: 1 – Лабрадорский (2.0–1.65 млрд лет), 2 – Анабарский (1.65–1.2 млрд лет), 3 – Туруханский (1.2–1.03 млрд лет), 4 – Учуро-Майский (1.03–0.85 млрд лет), 5 – Уральский (0.85–0.635 млрд лет), 6 – Амадеусский (0.635–0.560 млрд лет), 7 – Беломорский (0.560–0.535 млрд лет). Два последних горизонта соответствуют нижнему и верхнему венду. В последнее время в России по проблеме самых древних микрофоссилий докембрия успешно работает коллектив под руководством А.Ю. Розанова.

Для *фанерозоя* в целом первостепенной задачей может быть определена разработка глобальной хроностратиграфической шкалы с подразделениями на уровне ярусов и, возможно, хронозон, которые должны маркироваться четкими границами (историко-геологическими и биостратиграфическими). Предполагается, что эта шкала будет также использоваться для уточненной корреляции региональных ярусов и расшифровки природной периодичности эволюции Земли и ее блоков на новом уровне.

Задачей *для квартера* остается окончательное оформление международного варианта общей шкалы с разработанной иерархией и номенклатурой, которая пока остается дискуссионной. Формально эта шкала недавно (в 2021 г.) была принята МКС, но во многих странах она вызывает скептическое отношение. Возможно, будет решена проблема более точного сопоставления российской схемы квартера, которая успешно использовалась несколько десятилетий, с международной и будут сняты спорные вопросы номенклатурного плана. В табл. 14 приведены макеты сопоставления **подразделений квартера** последних десятилетий, с одной стороны, использующиеся в России, а с другой – рекомендованные в конце 1980-х годов Международной комиссией по стратиграфии. В разделе 19 даны разъяснения по создавшейся ситуации после утверждения новой международной стратиграфической схемы квартера 20-х годов XXI века.

Следует напомнить, что до 1985 г. российские геологи проводили нижнюю границу квартера на уровне 0.7 млн лет. Но в 1984 г. Международная комиссия по стратиграфии (МКС) опустила ее до отметки 1.8 млн лет. Затем, совсем недавно, в 2009 г. решением той же комиссии границу «удревнили» и переместили к уровню 2.6 млн лет (Гладенков, 2009). Эти преобразования нашли определенное отражение в Стратиграфических кодексах СССР и России прошлых лет. Последний вариант структуры квартера в Общей стратиграфической шкале России отражен в версиях кодекса 2006 и 2019 гг. (Стратиграфический..., 2019). Именно эта структура достаточно успешно использовалась в нашей стране при проведении геологического картирования. Две особенности отличают ее от структур других геологических систем: в ее основу положены материалы по разрезам *континентальных* образований и она базируется в целом на *климатостратиграфии.* Именно это привело к выделению специфических подразделений, которые соответствуют периодам и фазам климатических циклов разного масштаба (в нисходящем порядке это *раздел*, *звено*, *ступень*) (Алексеев и др., 1997). В приведенной таблице хорошо видно, что номен-

▲ **Рис. 48.** Геохронологическое распределение в докембрии важнейших палеонтологически документированных эволюционных событий (Сергеев и др., 2002)

*Таблица 14*

**Сопоставление номенклатурных подразделений четвертичной системы, принятых Межведомственным стратиграфическим комитетом России, и подразделений, рекомендованных Комиссией по стратиграфии Международного союза геологических наук (Алексеев и др., 1997), Схема МСК России, 1995, Схема МСГН (Cowie, Bassett, 1989)**

| Схема МСК России, 1995 | | | | | | Схема МСГН (Cowie, Bassett, 1989) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Система | Отдел | Подотдел | Звено | Ступень | Основные хронологич. рубежи, млн лет | Система | Отдел | Ярус | Млн лет | Магнито-стратиграфия |
| Четвертичная | Голоцен | | | | 0.01 | Четвертичная | Голоцен | | 0.01 | Брюнес (магнитохрон 1) |
| | Плейстоцен | Неоплейстоцен | Верхний | четвертая | | | Плейстоцен | Верхний | | |
| | | | | третья | | | | | | |
| | | | | вторая | | | | | | |
| | | | | первая | | | | | | |
| | | | Средний | | | | | Средний | | |
| | | | Нижний | | 0.8 | | | | | |
| | | Эоплейстоцен | Верхний | | | | | Нижний | | Матуяма (магнитохрон 2) |
| | | | Нижний | | 1.6 | | | | 1.6 | |
| Неоген | Плиоцен | Верхний | | | | Неоген | Плиоцен | Верхний | | |
| | | | | | | | | | | Гаусс (3) |

клатура стратиграфических подразделений отечественной схемы и схемы МСГН к началу нашего века была различна, как были различны позиция и объемы некоторых одноименных единиц этих схем (например, «нижний плейстоцен» понимается в этих схемах совершенно по-разному и помещается на различных возрастных уровнях, термины «эоплейстоцен» и «неоплейстоцен» нашей схемы не используются в проекте схемы МСГН и пр.).

Долгие годы Международная шкала четвертичной системы в утвержденном виде фактически отсутствовала, хотя ее проект использовался во многих странах (в частности, при глубоководном бурении последних десятков лет). Хотя у нас делались попытки сопоставить этот проект с российской схемой (например, Борисов, 2007; Тесаков и др., 2015), они не получили какого-либо практического завершения.

**18.2. Вторая задача** – это дальнейшая разработка *теоретических и методических* 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, сейсмостратиграфический, количественный, изотопный

и другие методы). Пока не всегда осознается, что стратиграфы работают в рамках геолого-исторической концепции, которая является основополагающей среди других концепций, в том числе и хроностратиграфической.

Отдельно следует сказать о состоянии дел 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-, сейсмостратиграфические). 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. Наверное, еще не всегда осознается, что МСШ, по существу, представляет (или отражает) собой гетерогенную в различных ее частях модель геологической истории (= биографии) Земли и 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 схемы и 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 корреспондируется с использованием системного анализа. Например, проблема стратиграфических корреляций в значительной мере зависит от того, сумеем ли мы точно определять в разных экосистемах следы одних и тех же геологических событий.

**18.3.** Возвращаясь к *методам* стратиграфии, следует еще раз сказать, что до сего времени остаются нерешенными ряд задач, касающихся теоретического обоснования значения многих методов и приемов. Это относится, например, к модной сейчас *секвентной* стратиграфии (не случайно созданы рабочие группы по этим проблемам в рамках международных программ). В этой же связке 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 для корреляции «катастрофических» или 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 сообщалось выше, было предложено, чтобы продолжительность самого события рассматривалась как *одна сотая* продолжительности рассматриваемого промежутка времени. Помимо временного 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.

В последнее время многие геологи применяют понятие «*тектоно-стратиграфия*», но они обычно не особенно заботятся над объяснением, что это такое, и прячут свое непонимание особенностей геологического строения какого-либо района. Конечно, в отдельных случаях этот термин вполне уместен, но необходимость его применения должна быть обоснована (например, для общей иллюстрации относительного возраста отдельных тектонических блоков), а не превращаться в модное сопровождение незнания. Под этим термином в литературе понимается порой выделение *мегасеквенций* с интерпретацией их в тектонике. В других случаях ее связывают с обособлением крупных последовательностей секвенций в покровных структурах или выявлением *акреционных призм* с

выделением тектоностратиграфических последовательностей осадочных пород.

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.).

**18.4. Третья из основных задач** 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.

**18.5.** 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 стратиграфических шкал: на них можно найти точное место того или иного события (конкретного потепления, понижения уровня моря и т.п.) и таким образом выявить определенный хроностратиграфический уровень. Правда, следует помнить, что эти шкалы являются как бы «второго уровня»: они создаются на уже разработанной основе хроностратиграфической шкалы и должны постоянно поправляться и сверяться с ней. 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 четкой привязкой к стратиграфической шкале, однако результаты таких модельных корреляций био-, лито-, магнито-, климато- эветатоко-, астрономических и прочих событий нуждаются еще в глубоком осмыслении и проверке. Экстраполяция этих данных может сыграть важную роль в прогнозировании природных *обстановок будущих столетий*. Большое значение в выявлении естественной периодизации Земли принадлежит, естественно, и 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.

**18.6. Четвертая основная задача** будущих исследований – использование стратиграфических данных для выявления определенных временных уровней скопления полезных ископаемых (в частности, нефти, газа, угля, фосфоритов и др.). Решение этой задачи представляется для последующих поколений чрезвычайно важным, ибо от него в значительной мере зависит будущее многих стран.

Наверное, надо добавить следующее. Осознание людьми того, что стратисфера Земли является своеобразным *каменным хранилищем биосферной эволюции* от зарождения органического мира на древней Земле до его грандиозного биоразнообра-

зия современности, что в стратисфере заключена энциклопедия всей земной жизни, представляется чрезвычайно важным в деле *образования людей будущих поколений*, прежде всего молодежи. Поэтому этот просветительный аспект стратиграфии как особой части геологии, раскрывающей историю Земли, тоже может быть зачислен в число важных задач.

**18.7.** 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. Но исключительные размеры территории России, охватывающей большие части Евроазиатского континента и периферические сегменты Северного Ледовитого и Тихого океанов, позволяют решать и 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 международных исследованиях.

# 19. БИОСФЕРНАЯ СТРАТИГРАФИЯ ИЛИ СТРАТИГРАФИЯ «БЫЛЫХ БИОСФЕР»

**19.1.** 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 геоисторизма. 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 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 какая-то часть стратиграфов ограничивают свою деятельность сугубо практической стратиграфией (например, расчленением конкретных разрезов на основе изучения отдельных таксонов или выявления маркеров разной природы и др.), мало задумываясь над общими проблемами стратиграфии. А с другой стороны, наоборот, некоторые специалисты, оторванные от геокартирования и составления местных и региональных стратиграфических схем, приходят к упрощенным вариантам методических приемов с целью «определения возраста» отдельных слоев. Справедливости ради следует признать, что в последние годы положение стало постепенно меняться. В частности, интенсивное развитие получили исследования, которые объединены понятием «экостратиграфия». И хотя оно трактуется далеко неоднозначно, процесс нарастания экосистемного направления всех наук о Земле стал уже достаточно заметным, а в стратиграфии серьезному анализу палеоэкосистем в их историческом развитии посвящается большой блок значительных работ. Выше уже говорилось, что мы осознанно или интуитивно все чаще обращаемся к *стратиграфии экосистем.*

**19.2.** В России это направление встретило особенное понимание в связи с распространением среди российских геологов давних идей В.И. Вернадского о биосфере и «былых биосферах». Представление В.И. Вернадского о непрерывности биосферного процесса на Земле в течение всего геологического времени ее развития уже стало основой широкомасштабного экосистемного анализа стратисферы и биосферы, включая этапность их формирования и критические рубежи в их истории. Важно подчеркнуть, что этот анализ охватывает различные по масштабу объекты – от элементарных бассейнов прошлого (бассейновая стратиграфия) до былых биосфер в целом. Другими словами, это направление исследований имеет не только какой-то умозрительный характер, но 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 о биосфере известны за рубежом меньше, чем в России (правда, переводы его «Биосферы» уже осуществлены во Франции, США и других странах и многие ученые давно цитируют его труды), эти

идеи распространяются все шире, во многих случаях определяя общий ход развития наук о Земле. Вот почему сейчас уже значительная часть стратиграфов, по крайней мере в России, при проведении своих работ понимают необходимость пристального изучения истории сменявшихся во времени процессов и явлений, отразившихся в стратиграфических схемах и шкалах. И участвуя в исследования такого рода, стратиграфы будут вынуждены не ограничиваться только фиксацией следов тех или иных событий в конкретных разрезах, а обращаться к их объяснению и к поискам закономерностей их проявления. В свою очередь, это заставит геологов глубже задуматься как о внутренней, так и о космической организованности биосферы и особенностях ее развития во времени.

**19.3.** 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 стратиграфия 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 XXI 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*.

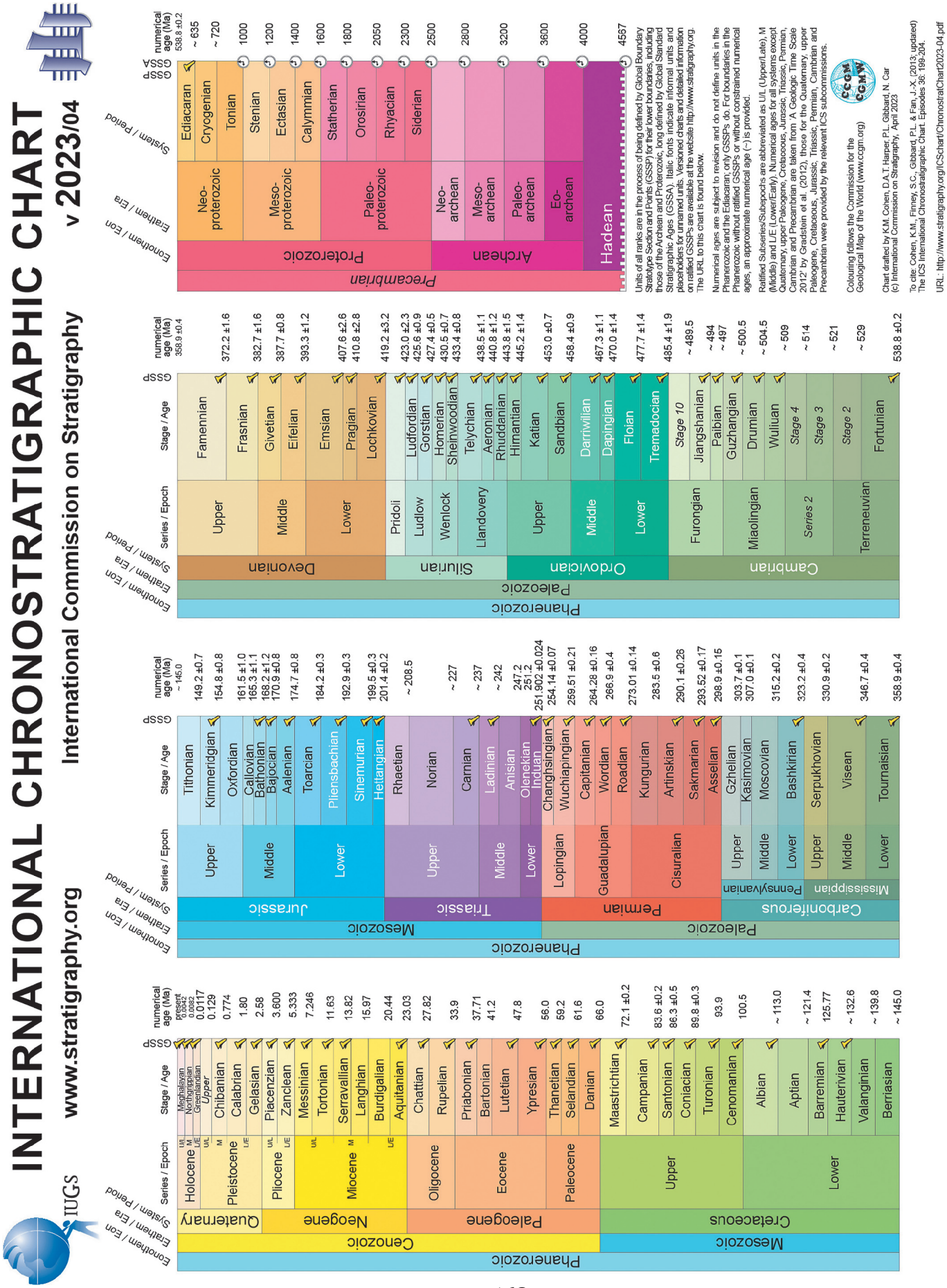
В течение 4 млрд с лишним лет биосфера Земли поступательно развивалась. Ее эволюцией движут потоки энергии, вещества и информации, которые направляются и регулируются всей системой организованности биосферы. Наиболее фундаментальный аспект эволюции – это эволюция биосферы как целого, ее глобальной организованности. 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 этапы и фазы эволюции биосферы отражают в прямом или косвенном виде стадийность развития живого вещества и различных геосфер Земли с возможным 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.

**19.4.** В конце хочется еще раз подчеркнуть, что в круг задач стратиграфии входят самые крупные проблемы общей геологии. Во-первых, это естественная периодизация геологической истории Земли (без стратиграфии эта задача в принципе нерешаема). А во-вторых, это геологическое картирование, которое, как бы ни 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 собираемые 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. 49 приведена Международная хроностратиграфическая шкала (состояние на 2023 г.). Она отражает утвержденное ярусное расчленение фанерозоя, которое сопровождается самыми последними возрастными датами границ ярусов.

Но сейчас, как говорилось выше, делаются попытки нащупать новые реальные пути расчлене-




▲ **Рис. 49.** Международная хроностратиграфическая шкала 2023 г. (сайт МКС – https://stratigraphy.org)

ния и докембрия, в частности, с учетом биотических событий прошлого. Большинство из них выявлено и датировано в последние 20–25 лет.

Что касается верхней части МСШ – четвертичной системы, то общепринятая шкала здесь до последнего времени находилась в рамках обсуждения. Но недавно МКС фактически утвердила предложения международной четвертичной подкомиссии по ее структуре (Head et al., 2019, 2021). На последнем Международном конгрессе по стратиграфии 2019 г. был представлен практически итоговый вариант четвертичной шкалы (табл. 15).

Но как же бросается в глаза странное и пугающее расхождение в длительности четвертичных «ярусов»: длительность верхних, голоценовых «ярусов» приблизительно в 500 раз (!) меньше таковой нижних ярусов (гелазия и калабрия). На наш взгляд, это является следствием какой-то формалистики и нарушения здравого смысла. В противоположность морским ярусам, «ярусы» голоцена выделены на основе изотопных данных, полученных при изучении кернов льдов Гренландии и пещерных сталактитов Индии. Эти «ярусы», не имеющие палеонтологическиой характеристики, и по «длительности», как говорилось выше, резко отличаются от таковых других систем фанерозоя. Конечно, надо отделить по рангу три нижних яруса от верхних подразделений, поскольку они отличаются по своей основе выделения. Вот почему многие специалисты до сих пор скептически относятся к этому далеко не совершенному варианту.

Однако российским геологам в этой ситуации придется все-таки определенно решать: какой шкалой пользоваться в будущем – старой (российской), пригодной практически только для северных районов страны, или новой, международной. В зависимости от этого решения будут строиться легенды геологических карт и стратиграфические региональные схемы. По нашему мнению, наиболее целесообразным будет принятие утвержденного варианта структуры международной шкалы, чтобы, как и другие страны, использовать апробированные мировой стратиграфической практикой унифицированные подходы к расчленению четвертичных образований, прежде всего морского происхождения (о статусе ярусов голоцена можно сделать оговорку). В связи с этим в Общей шкале четвертичной системы следует заменить старую схему новой международной схемой. Но прежняя схема, основанная в основном на климатических критериях, может остаться весьма полезной в качестве *региональной* для расчленения континентальных – прежде всего ледниковых и межледниковых образований северных районов. Область, где возможно непосредственно картировать морские ярусы плейстоцена, не охватывает всю территорию нашей страны. Эта область включает, с одной стороны, относительно узкую, хотя и весьма протяженную (около 15 000 км), зону морских побережий и островов Арктических районов, а с другой – значительные по площади районы восточной части страны (Камчатка, Сахалин, Приморье). В то же время большая часть нашей суши покрыта континентальными отложениями, расчленение которых базируется на континентальной биоте и климатостратиграфии, что резко отличает их стратоны от таковых морского генезиса. В табл. 16 отражен возможный вариант корреляции четвертичных подразделений международной шкалы и российской схемы, предложенный автором и А.С. Тесаковым.

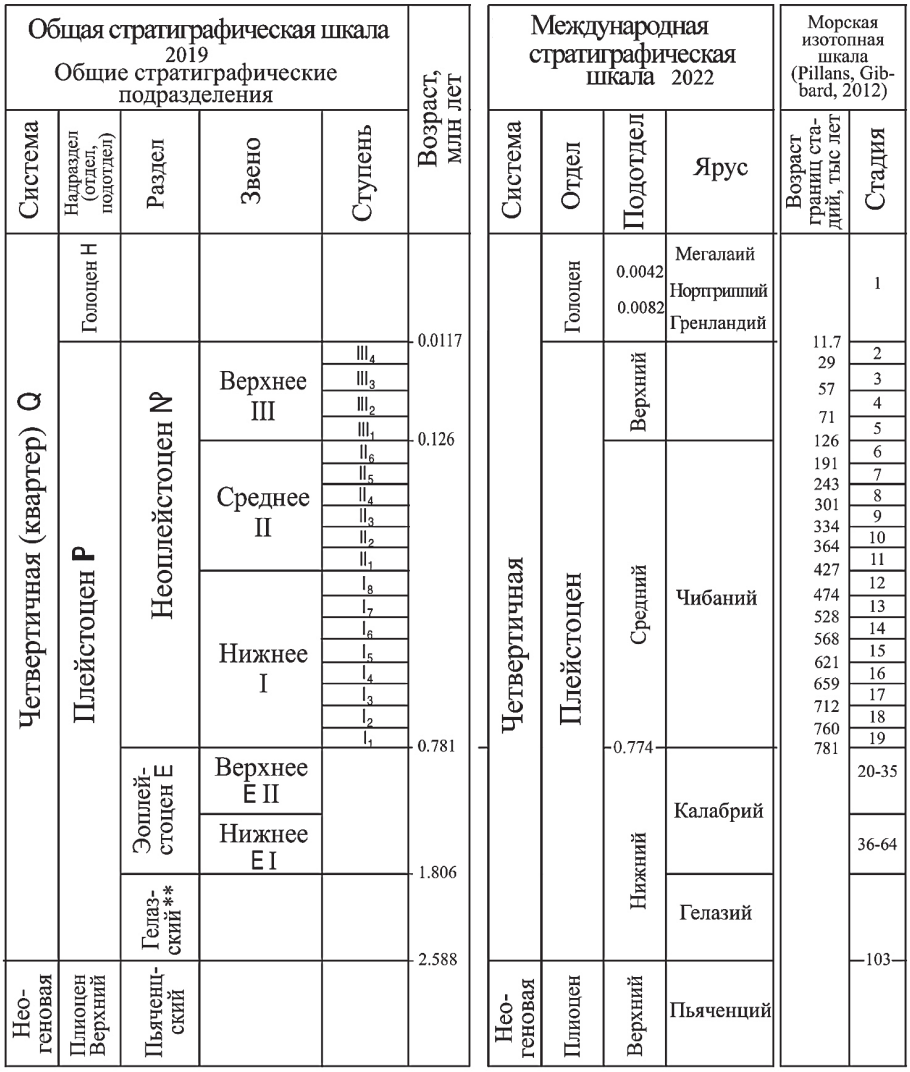
*Таблица 15*

**Стратиграфические подразделения четвертичной системы (Walker et al., 2018; Head at al., 2021)**

| Эонотема | Эратема | Система | Отдел | Подотдел | Ярус | Возраст нижней границы, лет |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Фанерозой | Кайнозой | Четвертичная | Голоцен | Верхний | Мегхалай | 4.250 тыс. |
| | | | | Средний | Нортгриппий | 8.236 тыс. |
| | | | | Нижний | Гренландий | 11.700 тыс. |
| | | | Плейстоцен | Верхний | Без названия | 129 тыс. |
| | | | | Средний | Чибаний | 0.774 млн |
| | | | | Нижний | **Калабрий** | 1.80 млн |
| | | | | | **Гелазий** | 2.56 млн |

*Таблица 16*

**Схема сопоставления подразделений четвертичной системы, принятых Межведомственным стратиграфическим комитетом России (МСК), и подразделений, утвержденных Комиссией по стратиграфии Международного союза геологических наук (МСГН) (по Гладенков, Тесаков, 2023)**




Если говорить о российской **Общей стратиграфической шкале** в целом, то она тоже нуждается в постоянном совершенствовании. По мнению А.И. Жамойды (2013), на этом направлении можно выделить шесть конкретных основных (не до конца решенных) стратиграфических проблем: первая – это архей и протерозой (до эдиакария–венда), вторая – стратиграфия венда, третья – кембрий, четвертая – карбон и пермь, пятая – четвертичная система, шестая проблема относится к выбору и описанию стратиграфических разрезов и их границ с увязкой их с таковыми МСШ. Часть из них постепенно решается.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В течение многих лет стратиграфия относилась к одному из самых «аристократических» разделов геологии. Но следует подчеркнуть, что ее значение для общей геологии вообще принципиально архиважное. **Именно стратиграфия с ее геоисторической концепцией сделала геологию наукой.** Хочется думать, что стратиграфия не потеряет своего значения и в будущем. Тем более, если она сможет заниматься не только расчленением отдельных разрезов, установлением возраста комплексов слоев и в конце концов 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.), то за ее будущее можно не беспокоиться.

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.

Еще раз отметим, что стратисфера Земли является каменным хранилищем последовательно записанной биосферной эволюции («былые биосферы») от зарождения Геомериды на древней Земле до фантастического разнообразия биотических сообществ в фанерозойских формациях. При этом таксономическое биоразнообразие жизни передавалось как *биоценотическая целостность* в геологической истории. Понимание этого открыло новый подход к представлению об этапности развития органического мира, в чем большая заслуга палеонтологии и исторической геологии. Выше говорилось о роли В.И. Вернадского в изучении путей формирования современной биосферы, которая прошла через сложную многоэтапную историю. Эти этапы находят отражение в *стратиграфических схемах* разного масштаба с учетом их особенностей, возникающих в связи со своеобразием разных составляющих биосферу экосистем. Поэтому еще раз повторим: современная стратиграфия с ее направленностью изучать стратоны как протоколы этапных исторически обусловленных изменений состояний биосферы представляется с позиций геологического анализа «биосферной». И именно здесь, наверное, уместно вспомнить рисунок 1, на котором Б.С. Соколов (2010) в обобщенном виде наглядно обозначил крупные этапы развития нашей планеты и важные абиотические и биотические события на фоне геологического и палеобиосферного времени. Замечательное стратиграфическое и геологическое обобщение!

Еще раз напомним, что стратиграфия, безусловно, сохранит также свое важное значение и для *геологического картирования.* У нас нет более совершенной основы для расшифровки реального хода эволюции природных процессов, чем выработанная геологией иерархическая система стратиграфических подразделений литосферы. Именно она показывает и неравномерность темпов их развития, и время эндогенных «ударов» по биосфере, и периодичность климатических флуктуаций, и меняющееся соотношение суши и океана, и особенности глобальных и региональных кризисов и пр. Вот почему стратиграфия начинается с исследований конкретных «целостных комплексов горных пород» в разрезах и их пространственно-временных отношений. Системный анализ показывает, что в основе их выделения должен лежать *историко-геологический* принцип, на что давно указывали Г.П. Леонов (1973, 1974) и В.В. Меннер (1962). Как справедливо писал В.В. Меннер в последние годы своей жизни: **«Стратиграфия действительно переходит из классической описательной в**

**событийную… Мы живем в момент быстрого становления этого направления»** (Меннер, 1991, с. 200). Тот, кто не учитывает этого обстоятельства, может прийти к прямолинейному и примитивному пониманию стратиграфии. К таким обычно относятся узкие специалисты, обычно не занимавшиеся геологическим картированием и не понимающие его значения, а также останавливающиеся на «определительском» этапе исследований (например, только палеонтологических или изотопных) и не затрагивающие сущность событий прошлого.

В заключение автор хотел бы еще раз напомнить одну из полных формулировок стратиграфии, которая дана в разделе 1: **«Стратиграфия представляет собой раздел геологии, изучающий слоистую структуру земной коры (стратисферу) для выявления целостных естественно-исторических *комплексов горных пород*, установления их пространственно-временных отношений и построения на этой основе стратиграфических *шкал*: местной, региональной, общей, являющихся вещественным базисом реконструкции *относительного времени*».**

Поскольку стратиграфические исследования связаны с историко-геологическим направлением геологии, они активно участвуют в решении *общих* проблем эволюции (прежде всего, характера ее этапности) Земли, что, в свою очередь, все активнее ставит важнейшие мировоззренческие вопросы **эволюции *природных процессов и обстановок*, а следовательно, и причин,** на что специально обратил внимание А.Л. Яншин (1988). Изучение «эволюции причин» может стать одним из интересных направлений исследований исторической геологии. В целом стратиграфия, как и другие науки, проходит через определенные *стадии исследований*: от добывания знаний, обработки данных и их систематизации к раскрытию внутренних взаимосвязей явлений и построению научной картины мира.

Из сказанного выше следует, что стратиграфии как важной части геологии в будущем придется решать еще много общих и частных вопросов. Наличие проблем у каждого научного направления является показателем его стремлением к совершенству. Недаром Н. Бор когда-то справедливо заметил, что **«Проблемы важнее решения. Решения могут устареть, а проблемы остаются»**. Новому поколению надо определить наиболее важные стратиграфические проблемы сегодняшнего дня и достойно решать их.

# 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., Гладенков Ю.Б., Лаврушин Ю.А., Шик С.М.* 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.

*Барабошкин Е.Ю., Найдин Д.П., Беньямовский В.Н., Герман А.Б., Ахметьев М.А.* Проливы Северного полушария в мелу и палеогене. М.: Изд-во Геологического факультета МГУ, 2007. 182 с.

*Бараш М.С.* Причины катастрофических массовых вымираний в фанерозое: условия среды. Saarbrüken: Lambert Academic Publishing, 2015. 143 с.

*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. Петербург: Государственное издательство, 1922. 306 с. (Труды географического института. Т. 1).

*Будыко М.М.* Эволюция биосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1981. 487 с.

*Валлизер О.* Глобальные события и эволюция // Труды XXVII Междунар. Геол. конгресса. Палеонтология. Т. 2. Секция С.02. Доклады. М.: Наука, 1984. С. 67–71.

*Вассоевич Н.Б.* Флиш и методика его изучения. Л.: Гостоптехиздат, 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.

*Воронцов Н.Н.* Развитие эволюционных идей в биологии. М.: Издат. отдел УНЦ ДО МГУ: Прогресс-Традиция: АБФ, 1999. 640 с.

*Ганелин В.Г., Бяков А.С., Караваева Н.И.* Некоторые вопросы теории стратиграфии и стратиграфическая шкала перми Северо-Востока Азии // Пути детализации стратиграфических схем и палеогеографических реконструкций. М.: ГЕОС, 2001. С. 194–209.

*Ганелин В.Г., Гладенков Ю.Б.* Геоисторическая стратиграфия и стратиграфические руководства // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2018. Т. 26. № 2. С. 115–123.

*Геккер Р.Ф.* Введение в палеоэкологию. М.: Госгеолтехиздат, 1957. 126 с.

*Гладенков А.Ю.* Детальная стратиграфия и морские экосистемы позднего кайнозоя севера Тихоокеанского региона (по диатомеям). М.: ГЕОС, 2007. 296 с. (Труды ГИН РАН. Вып. 571).

*Гладенков А.Ю., Гладенков Ю.Б.* Начало формирования межокеанических связей Пацифики и Арктики через Берингов пролив в неогене // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2004. Т. 12. № 2. С. 72–89.

*Гладенков А.Ю., Гладенков Ю.Б.* Опыт глубоководного бурения в Мировом океане: методическое и

практическое значение // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2021. Т. 29. № 5. С. 59–84.

*Гладенков Ю.Б.* Неоген Камчатки (вопросы биостратиграфии и палеоэкологии). М.: Наука, 1972. 252 с. (Труды ГИН АН СССР. Вып. 214).

*Гладенков Ю.Б.* Морской верхний кайнозой северных районов. М.: Наука, 1978. 194 с. (Труды ГИН АН СССР. Вып. 313).

*Гладенков Ю.Б.* Стратиграфия морского неогена северной части Тихоокеанского пояса (анализ стратиграфических схем дальневосточных районов СССР, Северной Америки и Японии). М.: Наука, 1988. 212 с. (Труды ГИН АН СССР. Вып. 428).

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

*Гладенков Ю.Б.* Проявление фаз тектоногенеза в кайнозое северо-западного обрамления Пацифики // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2013а. Т. 21. № 4. С. 117–123.

*Гладенков Ю.Б.* Поиски решения проблем современной стратиграфии – два направления // Стратиграфия в начале XXI века – тенденции и новые идеи. М.: Геокарт, ГЕОС, 2013б. С. 9–20.

*Гладенков Ю.Б.* Стратиграфические горизонты и проблеты эволюции биотических сообществ морских экосистем в рамках Геомериды и биосферы // Тихоокеанская геология. 2018. Т. 37. № 5. С. 16–30.

*Гладенков Ю.Б., Баженова О.К., Гречин В.И., Маргулис Л.С., Сальников Б.А.* Кайнозой Сахалина и его нефтегазоносность. М.: ГЕОС, 2002. 225 с.

*Гладенков Ю.Б., Жамойда А.И., Барсков И.С., Раузер-Черноусова Д.М., Ахметьев М.А., Никифорова К.В., Кузнецова К.И., Грамберг И.С., Наливкин В.Д., Поярков Б.В., Волков Р.И., Сартенер П.* Владимир Васильевич Меннер: ученый и человек. М., 1995. 62 с.

*Гладенков Ю.Б., Баринов К.Б., Басилян А.Э., Бордунов С.И., Братцева Г.М., Зырянов Е.В., Кураленко Н.П., Витухин Д.И., Орешкина Т.В., Ганзей С.С., Кияшко С.И., Трубихин В.М.* Детальное расчленение неогена Камчатки. М.: Наука, 1992. 208 с. (Труды ГИН РАН. Вып. 478).

*Гладенков Ю.Б., Сальников Б.А., Баринов К.Б., Брутман Н.Я., Витухин Д.И., Гречин В.И., Иваньшина Л.П., Маргулис Л.С., Орешкина Т.В., Радченко В.Г., Ступин С.И.* Экосистемы кайнозоя Охотоморского региона. Опорный разрез палеогена и неогена Сахалина (п-ов Шмидта): стратиграфия, палеогеография и геологические события. М.: ГЕОС, 1999. 132 с.

*Гладенков Ю.Б., Гладенков А.Ю., Бордунов С.И., Чехович В.Д., Александрова Г.Н., Водовозов В.Ю., Гептнер А.Р., Дмитриева Т.В., Покровский Б.Г., Трубихин В.М., Фрегатова Н.А.* Опорный разрез кайнозоя Западно-Камчатской структурно-формационной зоны. М.: Геокарт, ГЕОС, 2018. 202 с.

*Гладенков Ю.Б., Кунин Н.Я., Шлезингер А.Е.* Сейсмостратиграфия и ее развитие в Советском Союзе // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1984. № 4. С. 3–20.

*Гладенков Ю.Б., Нортон П., Спайнк Г.* Верхний кайнозой Исландии (биостратиграфия плиоцена – плейстоцена и палеонтологические комплексы). М.: Наука, 1980. 116 с. (Труды ГИН АН СССР. Вып. 345).

*Гладенков Ю.Б., Синельникова В.Н.* Биогеографические реконструкции Северной Пацифики в олигоцене (по моллюскам) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2009. Т. 17. № 1. С. 109–123.

*Гладенков Ю.Б., Синельникова В.Н.* Стратиграфия и моллюски нижнего палеогена Камчатки и особенности климатических обстановок // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2014. Т. 22. № 1. С. 47–64.

*Гладенков Ю.Б., Синельникова В.Н., Беньямовский В.Н., Фрегатова Н.А.* Стратиграфия морского палеоцена и нижнего эоцена Западной Камчатки (палеонтологическая характеристика, палеогеографические обстановки). М.: Геокарт, ГЕОС, 2013. 160 с.

*Гладенков Ю.Б., Синельникова В.Н., Челебаева А.И., Шанцер А.Е.* Биосфера-экосистема-биота в прошлом Земли. Экосистемы кайнозоя Северной Пацифики. Эоцен-олигоцен Западной Камчатки и сопредельных районов (К 100-летию со дня рождения академика В.В. Меннера). М.: ГЕОС, 2005. 480 с. (Труды ГИН РАН. Вып. 540).

*Гладенков Ю.Б., Синельникова В.Н., Шанцер А.Е., Челебаева А.И., Олейник А.Э., Титова Л.В., Братцева Г.М., Фрегатова Н.А., Зырянов Е.В., Каза-*

*ков К.Г.* Эоцен Западной Камчатки. М.: Наука, 1991. 184 с. (Труды ГИН АН СССР. Вып. 467).

*Гладенков Ю.Б., Тесаков А.С.* О современной структуре четвертичной геологической системы // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2023. Т. 31. № 5. С. 140–144.

*Гладенков Ю.Б., Шанцер А.Е.* Стратиграфия и палеогеографическая основа корреляции геологических событий неогена Камчатского региона // Осадочная оболочка Земли в пространстве и времени. Стратиграфия и палеонтология. Докл. сов. геологов на XXVIII сес. Междунар. геол. конгр. (Вашингтон, июль 1989). М.: Наука, 1989. С. 127–134.

*Гладенков Ю.Б., Шанцер А.Е.* Геологические события палеогена Камчатки // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1993. Т. 1. № 1. С. 97–108.

*Гладенков Ю.Б., Шанцер А.Е., Челебаева А.И., Синельникова В.Н., Антипов М.П., Беньямовский В.Н., Братцева Г.М., Полянский Б.В., Ступин С.И., Федоров П.И.* Нижний палеоген Западной Камчатки (стратиграфия, палеогеография, геологические события). М.: Наука, 1997. 367 с. (Труды ГИН РАН. Вып. 488).

*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 (Труды Зоол. ин-та АН СССР. Т. 42).

*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: Труды I сессии Всесоюз. палеонтол. общества. 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.

*Додонов А.Е.* Антропоген южного Таджикистана. М.: Наука, 1986. 168 с. (Труды ГИН АН СССР. Вып. 409).

Дополнения к Стратиграфическому кодексу России / Ред. А.И. Жамойда. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 111 с.

*Жамойда А.И.* Сущность и соотношение основных стратиграфических подразделений // Стратиграфическая классификация. Материалы к проблеме. Л.: Наука, 1980. С. 32–63.

*Жамойда А.И.* Эскиз структуры и содержания теоретической стратиграфии. СПб.: ВСЕГЕИ, 2011. 196 с. (Труды ВСЕГЕИ. Нов. серия. Т. 352).

*Жамойда А.И.* Проблемы Международной (Общей) стратиграфической шкалы и ее совершенствование // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2004. Т. 12. № 4. С. 3–13.

*Жамойда А.И.* Общая стратиграфическая шкала, принятая в СССР–России. Ее значение, назначение и совершенствование. СПб.: ВСЕГЕИ, 2013. 24 с.

*Жамойда А.И., Ковалевский О.П., Моисеева А.И.* Стратиграфические кодексы. Теория и практическое использование. СПб.: ВСЕГЕИ, 1996. 144 с.

*Жемчужников Ю.А.* Курс палеофаунистики. Л.; М.; Грозный; Новосибирск: Гос. научно-техническое горно-геолого-нефтяное изд-во, 1934. 292 с.

*Жижченко Б.П.* Принципы стратиграфии и унифицированная схема деления кайнозойских отложений. М.: Гостоптехиздат, 1948. 312 с.

*Жидкова Л.С., Мишаков Г.С., Неверова Т.И., Сальников Б.А., Сальникова Н.Б., Шереметьева Г.Н.* Биофациальные особенности мезокайнозойских бассейнов Сахалина и Курильских островов. Новосибирск: Наука, 252 с.

*Жирков И.А.* Жизнь на дне. Биогеография и биоэкология бентоса. М.: Тов-во науч. изданий КМК, 2010. 453 с.

*Захаров В.А., Меледина С.В., Шурыгин Б.Н.* Палеобиохории 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. 201–220.

*Зенкевич Л.А.* Биология морей СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 740 с.

Зональная стратиграфия фанерозоя России / Науч. ред. Т.Н. Корень. СПб.: Изд. ВСЕГЕИ, 2006. 256 с.

*Зубаков В.А.* Ритмостратиграфические подразделения. Проект дополнений к Стратиграфическому кодексу СССР. Л.: ВСЕГЕИ, 1978. 71 с.

*Казанский А.Ю., Водовозов В.Ю., Гладенков А.Ю., Гладенков Ю.Б., Трубихин В.М.* Магнитостратиграфия опорного разреза морского кайнозоя Западной Камчатки (бухта Квачина) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2021. Т. 29. № 1. С. 99–115.

*Калишевич Т.Г., Заклинская Е.Д., Серова М.Я.* Развитие органического мира Тихоокеанского пояса на рубеже мезозоя и кайнозоя (фораминиферы, моллюски и палинофлора Северо-Западного сектора). М.: Наука, 1981. 163 с.

*Каныгин А.В., Гонта Т.В., Тимохин А.В.* Пространственное положение Сибирской платформы и кратонных террейнов ее складчатого обрамления в палеозое по палеонтологическим и геологическим данным // Геология и геофизика. 2020. № 4. С. 447–467.

*Карагодин Ю.Н.* Системная модель стратиграфии нефтегазоносных бассейнов Евразии. Т. 1. Мел Западной Сибири. Новосибирск: ГЕО, 2006. 166 с.

*Кафанов А.И., Кудряшов В.А.* Морская биогеография. М.: Наука, 2000. 176 с.

*Келлер Б.М.* Стратиграфические подразделения // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1950. № 6. С. 3–25.

Количественная стратиграфическая корреляция / Под ред. Д. Кубитта, Р. Реймента. М.: Мир, 1985. 376 с.

*Корчагин О.А.* Ископаемые микрометеориты, микротектиты и микрокриститы: методика исследований, классификация и импакт-стратиграфическая шкала // Стратиграфия в начале XXI века – тенденции и новые идеи. М.: Геокарт, ГЕОС, 2013. С. 112–142.

*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: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 8–15.

*Красилов В.А.* Модель биосферных кризисов // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. Вып. 4. М.: ПИН РАН, 2001. С. 9–16.

*Красный Л.И.* Проблемы тектонической систематики. М.: Недра, 1977. 174 с.

*Крашенинников В.А.* Географическое и стратиграфическое распределение планктонных фораминифер в отложениях палеогена тропической и субтропической областей. М.: Наука, 1969. 187 с. (Труды ГИН АН СССР. Вып. 202).

*Крашенинников В.А.* Стратиграфия миоценовых отложений области Атлантического, Индийского и Тихого океанов по фораминиферам. М.: Наука, 1973. 224 с. (Труды ГИН АН СССР. Вып. 233).

*Крашенинников В.А.* Зональная шкала кайнозоя континентов и океанов // Стратиграфия в исследованиях Геологического ин-та АН СССР. М.: Наука, 1980. С. 162–207.

*Крашенинников В.А., Басов И.А.* Стратиграфия палеогеновых отложений Мирового океана и корреляция с разрезами на континентах. М.: Научный мир, 2007. 316 с. (Труды ГИН РАН. Вып. 583).

*Кузнецов А.Б., Семихатов М.А., Горохов И.М.* Стронциевая изотопная хемостратиграфия: основы метода и его современное состояние // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2018. Т. 26. № 4. С. 3–23.

*Кузнецов А.П.* Фауна донных беспозвоночных прикамчатских вод Тихого океана и северных Курильских островов. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 272 с.

*Леонов Г.П.* Основы стратиграфии. М.: Изд-во МГУ, 1973. Т. 1. 530 с.

*Леонов Г.П.* Основы стратиграфии. М.: Изд-во МГУ, 1974. Т. 2. 486 с.

*Лисицын А.П.* Лавинная седиментация // Лавинная седиментация в океане. Ростов-на-Дону: Изд. РГУ, 1982. С. 3–59.

*Малиновский Ю.М.* Синфазная стратиграфия фанерозоя. М.: Недра, 1982. 176 с.

*Малиновский Ю.М.* Основы биосферной стратиграфии. М.: РУДН, 2012. 162 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. 39 с.

*Мейен С.В.* Введение в теорию стратиграфии. М.: Наука, 1989. 216 с.

*Мельников О.А.* История формирования структуры Южного Сахалина в палеогене и неогене. М.: Наука, 1970. 170 с.

*Меннер В.В.* Биостратиграфические основы сопоставления морских, лагунных и континентальных свит. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 376 с. (Труды ГИН АН СССР. Вып. 65).

*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 квартера в общей стратиграфической шкале // Исследования четвертичного периода: Избранные доклады XI конгресса ИНКВА. М.: Наука, 1986. С. 90–93.

*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.

*Месежников М.С.* Зональные стратиграфические подразделения // Изв. АН СССР. 1992. Сер. геол. № 6. С. 5–15.

*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.

*Найдин Д.П.* глобальные и региональные стандарты в стратиграфии // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 8. С. 1021–1031.

*Невесская Л.А.* Этапы развития бентоса фанерозойских морей. Мезозой. Кайнозой. М.: Наука, 1999. 501 с. (Труды ПИН РАН. Т. 274).

*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.

*Невесская Л.А., Гончарова И.А., Ильина Л.Б., Попов С.В.* Эволюционные преобразования малакофауны в неогеновых бассейнах Паратетиса как пример развития экосистем островного типа // Журнал общей биологии. 2009. Т. 70. № 5. С. 396–414.

*Неручев С.Г.* Уран и жизнь в истории Земли. Л.: Наука, 1982. 208 с.

*Обридко В.Н., Мирошниченко Л.И., Рагульская М.В., Хабарова О.В., Храмова Е.Г., Кацова М.М., Ливши ц М.А.* Космические факторы эволюции биосферы: новые направления исследований // Проблемы эволюции биосферы. М.: ПИН РАН, 2013. С. 66–94.

*Попов В.И., Тихомиров С.В., Макаров С.Д., Филиппов А.А.* Ритмостратиграфические (циклостратиграфические) и литостратиграфические подразделения. Ташкент: Изд-во Фан, 1979. 111 с.

*Пояркова З.Н., Поярков Б.В.* О некоторых вопросах стратиграфии // Ископаемая флора и фауна Дальнего Востока и вопросы стратиграфии фанерозоя. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 5–26.

Практическая стратиграфия (Разработка стратиграфической базы крупномасштабных геологосъемочных работ) / Ред. И.Ф. Никитин, А.И. Жамойда. Л.: Недра, 1984. 320 с.

*Пригожин И.Р.* От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках. М.: Наука, 1985. 328 с.

Проект стратиграфического кодекса СССР / Отв. ред. А.И. Жамойда. Л.: ВСЕГЕИ, 1970. 55 с.

Проект стратиграфического кодекса СССР. Второй вариант / Отв. ред. А.И. Жамойда. Л.: ВСЕГЕИ, 1974. 42 с.

Развитие и смена моллюсков на рубеже мезозоя и кайнозоя / Ред. Л.А. Невесская, А.Н. Соловьев. М.: Наука, 1981. 144 с.

*Разумовский С.М.* Закономерности динамики биоценозов. М.: Наука, 1981. 231 с.

*Раменский Л.Г.* Избранные работы. Проблемы и методы изучения растительного покрова. Л.: Наука, 1971. 333 с.

*Раузер-Черноусова Д.М.* О зонах единых и региональных стратиграфических шкал // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1967. № 7. С. 104–118.

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.

*Рогов М.А.* Аммониты и инфразональная стратиграфия кимериджского и волжского ярусов Панбореальной надобласти: Автореф. дис. … докт. геол.-мин. наук. М.: ГИН РАН, 2019. 46 с.

*Сарычева Т.Т., Яблоков А.В.* Палеонтология и микроэволюция // Журн. общ. биологии. 1973. Т. 24. № 3. С. 348–359.

*Северцов А.Н.* Общие вопросы эволюции. Собр. соч. Т. 3. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1945. 535 с.

*Семихатов М.А., Раабен М.Е., Сергеев В.Н., Вейс А.Ф., Артемова О.В.* 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.Л., Герасименко Л.М., Заварзин Г.А.* Протерозойская история цианобактерии 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. 480 с. (Определители по фауне СССР, издаваемые Зоол. Ин-том АН СССР. № 126).

*Соколов Б.С.* Биохронология и стратиграфические границы // Проблемы общей и региональной геологии. Новосибирск: Наука, 1971. С. 155–178.

*Соколов Б.С.* Вендская система: предкембрийская геобиологическая среда // Международный геологический конгресс. XXVI сессия. Доклады советских геологов. Палеонтология. Стратиграфия. М.: Наука, 1980. С. 9–21.

*Соколов Б.С.* Экостратиграфия, ее место и роль в современной стратиграфии // Теория и опыт экостратиграфии. Таллинн: Изд-во Валгус, 1986а. С. 9–18.

*Соколов Б.С.* Биосфера: понятие, структура, эволюция // В.И. Вернадский и современность. М.: Наука, 1986б. С. 98–122.

*Соколов Б.С.* Геологическое или палеонтологическое время в стратиграфии // Эволюция органического мира и биотические кризисы. Материалы LVI сессии Палеонтологического общества при РАН (5–9 апреля 2010 г., Санкт-Петербург). СПб., 2010. С. 3–7.

*Соколов Б.С.* Биосфера как биогеомерида и ее биотоп // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2010. Т. 18. № 3. С. 3–8.

*Соколов Б.С.* Палеонтология докембрия и акрохроны биосферной эвоюции (к теории расширяющейся биосферы) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2012. Т. 20. № 2. С. 3–12.

*Сорокин В.С.* Этапы развития северо-запада Русской платформы во франском веке. Рига: Зинатне, 1978. 282 с.

*Старынкевич К.Д.* Строение жизни. Прага: POLITIKA, 1931. 50 с.

*Степанов Д.Л.* Принципы и методы биостратиграфических исследований. Л.: Гостоптехиздат, 1958. 180 с. (Труды ВНИГРИ. Вып. 113).

*Степанов Д.Л., Месежников М.С.* Общая стратиграфия (принципы и методы стратиграфических исследований). Л.: Недра, 1979. 423 с.

Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура / Ред. А.И. Жамойда. Л.: Недра, 1965. 70 с.

Стратиграфическая классификация и терминология / Ред. А.П. Ротай. М.: Госгеолтехиздат, 1956. 28 с.

Стратиграфическая классификация и терминология / Ред. А.П. Ротай. М.: Госгеолтехиздат, 1960. 58 с. (Нац. ком. геологов СССР, МСК СССР).

Стратиграфические и геохронологические подразделения (их принципы, содержание, терминология и правила применения). М.: Госгеолтехиздат, 1954. 87 с.

Стратиграфический кодекс СССР. Временный свод правил и рекомендаций. Л.: ВСЕГЕИ, 1977. 80 с.

Стратиграфический кодекс. Издание второе, доп. СПб., 1992. 120 с. (Межведомственный стратиграфический комитет).

Стратиграфический кодекс России. Издание третье. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, Межведомственный стратиграфический комитет, 2006. 95 с.

Стратиграфический кодекс России. Издание третье, испр. и доп. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, Межведомственный стратиграфический комитет, 2019. 96 с.

*Сукачев В.Н.* Идея развития в фитоценологии // Сов. ботаника. 1942. № 1–3. С. 5–17.

*Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В.* Краткий очерк теории эволюции. М.: Наука, 1977. 301 с.

*Фролов В.Т.* Наука геология: философский анализ. Воронеж: Воронежский университет, 2004. 77 с.

*Шанцер Е.В., Краснов И.И., Никифорова К.В.* Стратиграфическая классификация, терминология и принципы построения общей стратиграфической шкалы применительно к четвертичной (антропогеновой) системе. (Проект). М.: ГИН АН СССР, 1973. 35 с.

*Шиманский В.Л.* Историческое развитие биосферы // Эволюция и биоценотические кризисы. М.: Наука, 1987. С. 5–45.

*Шлезингер А.Е.* Региональная сейсмостратиграфия. М.: Научный мир, 1998. 144 с. (Труды ГИН РАН. Вып. 512).

*Шугрин С.М.* Космическая организованность биосферы и ноосферы. Новосибирск: Наука, 1999. 496 с.

Эволюция. Основы экологии. М.: МГУ, 1997. 103 с.

*Яншин А.Л.* Эволюция геологических процессов в истории Земли. Л.: Наука, 1988. 39 с.

A Geologic Time Scale 2004 / Eds. F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2004. 589 p.

*Ager D.V.* The nature of stratigraphic record. London: MacMillan Press Ltd., 1973. 114 p.

*Alvarez L.W., Alvarez W., Asaro F., Michel H.V.* Extraterrestrial cause for Cretaceous-Tertiary extinction // Science. 1980. V. 208. P. 1095–1108.

*Aubry M.-P., Head M.J., Piller W.E., Berggren W.A.* Subseries/Subepochs approved as a formal rank in the International Stratigraphic Guide // Episodes. 2020. V. 43. P. 1041–1044.

*Barron J.A., Gladenkov A.Y.* Early Miocene to Pleistocene diatom stratigraphy of Leg 145 // Proc. ODP. Sci. Res. College Station. TX (Ocean Drilling Program). 1995. V. 145. P. 3–19.

*Barron J.A., Keller G., Dunn D.A.* A multiple microfossil biochronology for the Miocene // The Miocene Ocean: Paleoceanography and Biogeography / Ed. J.P. Kennett. Geol. Soc. Amer. Mem. 1985a. V. 163. P. 21–36.

*Barron J.A., Nigrini C.A., Pujos A., Saito T., Theyer F., Thomas E., Weinreich N.* Synthesis of biostratigraphy, central Equatorial Pacific, Deep Sea Drilling Project Leg 85: refinement of Oligocene to Quaternary biochronology // Init. Repts. DSDP. Washington: U.S. Govt. Printing Office, 1985б. V. 85. P. 905–934.

*Berggren W.A., Kent D.V., Swisher C.C.III, Aubry M.-P.* A revised Cenozoic Geochronology and Chronostratigraphy // Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation / Eds. W.A. Berggren, D.V. Kent, M.-P. Aubry, J. Handerbol. SEPM Spec. Publ. 1995. № 54. P. 129–212.

*Callomon J.H., Donavan D.T.* A code of Mesozoic stratigraphical nomenclature // Mem. Bur. Rech. Miner. Paris. 1971. V. 75. P. 75–81.

*Cande S.C., Kent D.V.* Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic // J. Geophys. Res. 1995. V. 100. P. 6093–6095.

*Clements F.E., Shelford V.E.* Bioecology. N.Y.: J. Wiley & Sons, inc., 1939. 170 p.

*Cowie J.W.* Guidelines for boundary stratotypes // Episodes. 1986. V. 9. No. 2. P. 78–82.

*Cowie J.W., Bassett M.G.* Global stratigraphic chart with geochronometria and magnetostratigraphic calibration // Episodes. 1989. V. 12. No. 2 (Supplement).

*Cramer B.S., Toggweiler J.R., Wright J.D., Katz M.E., Miller K.G.* Ocean overturning since the Late Cretaceous: inferences from a new benthic foraminiferal isotope compilation // Paleoceanography. 2009. V. 24. PA4216.

Cyclic and event stratification / Eds. G. Einsele, A. Seilache. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 502 p.

*Duque-Caro H.* Neogene stratigraphy, paleoceanography, and paleobiology in northwest South America and the evolution of the Panama Seaway // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 1990. V. 77. P. 203–234.

*Darwin Ch.* On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life. London: John Murray, 1859. 491 p.

*DePaolo D.J., Ingram B.* High-resolution stratigraphy with strontium isotopes // Science. 1985. V. 227. P. 938–941.

*Dunbar C.O., Rodgers J.* Principles of stratigraphy. N.Y.: John Wiley & Sons, Inc., 1957. 356 p.

Explanatory note to the International stratigraphic chart. Paris: UNESCO, 2000. 16 p.

*Falkowski P.G., Katz M.E., Knoll A.H., Quigg A., Raven J.A., Schofield O., Taylor F.J.R.* The evolution of modern eukaryotic phytoplankton // Science. 2004. V. 305. P. 354–360.

*Farrell J.W., Clemens S.C., Gromet L.P.* Improved chronostratigraphic reference curve of late Neogene seawater 87Sr/86Sr // Geology. 1995. V. 23. P. 403–406.

*Frebold H.* Ammonittenzonen und Sedimentationsziklen in ihrer Bezrehung Zueinander // Centralbl. Miner. Geol. und Palaeontol. 1924. N 10. S. 313–320.

Geologic Time Scale 2020 / Eds. F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz, G.M. Ogg. Elsevier BV, 2020. 1357 p.

*Gladenkov A.Yu.* Bipolar distribution of some earliest Oligocene marine diatoms // Nova Hedwigia. 2014. Beih. 143. P. 337–368.

*Gladenkov A.Y., Barron J.A.* Oligocene and Early Miocene diatom biostratigraphy of Hole 884 B // Proc. ODP Sci. Resullts, College Station, TX (Ocean Drilling Program). 1995. V. 145. P. 2–41.

*Gleason H.A.* The individualistic concept of plant association // Am. Midland Natur. 1939. V. 21. P. 92–110.

*Hallam A.* Facies interpretation and the stratigraphic record. Oxford; San-Francisco: W.H. Freeman & Co, 1981. 327 p.

*Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R.* Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic // Science. 1987. V. 235. P. 1156–1167.

*Hardenbol J., Thierry J., Farley M.B., Jacquin T., de Graciansky P.-C., Vail P.R.* Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins // SEPM Spec. Publ. 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.

*Head M.J., Pillans B., Zalasiewicz J.A., the ICS Subcommission on Quaternary Stratigraphy.* Formal ratification of subseries for the Pleistocene Series of the Quaternary System // Episodes. 2021. V. 44. P. 241–247.

*Hilgen F.J., Brinkhuis H., Zachariasse W.J.* Unit stratotypes for global stages: the Neogene perspective // Earth-Sci. Rev. 2006. V. 74. P. 113–125.

*Hilgen F.J., Krijgman W., Langereis C.C., Lourens L.J., Santarelli A., Zachariasse W.J.* Extending the astronomical (polarity) time scale into the Miocene // Earth Planet. Sci. Lett. 1995. V. 136. P. 495–510.

*Hilgen F., Zeeden C., Laskar J.* Paleoclimate records reveal elusive ~200-kyr eccentricity cycle for the first time // Glob. Planet. Change. 2020. V. 194, 103296. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103296

*Hodell D.A., Mueller P.A., McKenzie J.A., Mead G.A.* Strontium isotope stratigraphy and geochemistry of the late Neogene ocean // Earth Planet. Sci. Lett. 1989. V. 92. P. 165–178.

International Stratigraphic Guide: A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology, and Procedure / Ed. H.D. Hedberg. New York: J. Wiley and Sons, 1976. 200 p.

International Stratigraphic Guide: A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology, and Procedure / Ed. A. Salvador. Geol. Soc. Am., 1994. 214 p.

International Stratigraphic Guide – An abridged version / Eds. M.A. Murphy, A. Salvador // Episodes. 1999. V. 22. P. 255–271.

*Kauffman E.* High-resolution event stratigraphy regional and global Cretaceous bio-events // Global bioevents. A critical approach. Lect. Notes. Earth Sci. 1986. V. 8. P. 279–335.

*Keller G.* Impact Stratigraphy: Old principle, new reality // Geol. Soc. Am. Spec. Papers. 2008. V. 437. P. 147–178.

*Kennett J.P.* Marine geology. Prentice-Hall: Englewood Cliffs, 1982. 813 p.

*Koepnick R.B., Burke W.H., Denison R.E., Hetherington E.A., Nelson H.F., Otto J.B., Waite L.E.* Construction of the seawater 87Sr/86Sr curve for the Cenozoic and Cretaceous: supporting data // Chem. Geol. 1985. V. 58. P. 55–81.

*Marincovich L., Jr.* Central American paleogeography controlled Pliocene Arctic Ocean molluscan migrations // Geology. 2000. V. 28. P. 551–554.

*McArthur J.M., Howarth R.J., Bailey T.R.* Strontium isotope stratigraphy: LOWESS. Version 3: Best fit to the marine Sr-Isotope curve for 0-509 Ma and accompanying look-up table for deriving numerical age // J. Geology. 2001. V. 109. P. 155–170.

*McArthur J.M., Howarth R.J., Shields G.A., Zhou Y.* Strontium isotope stratigraphy // Geologic Time Scale 2020 / Eds. F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz, G.M. Ogg. Elsevier BV, 2020. P. 211–238.

*McLaren D.J., Goodfellow W.D.* Geological and biological consequences of giant impacts // Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 1990. V. 18. P. 123–171.

*Miller K.G., Browning J.V., Schmelz W.J., Kopp R.E., Mountain G.S., Wright J.D.* Cenozoic sea-level and cryospheric evolution from deep-sea geochemical and continental margin records // Science Advances. 2020. V. 6(20). eaaz1346.

*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.

*Ogg J.G., Ogg G.M., Gradstein F.M.* Concise Geologic Time Scale 2016. Elsevier, 2016. 229 p.

*Ohara S., Kanno S.* Mid-Tertiary marine molluscan faunas from the Uryu Coal-feld on central Hakkaido, Japan // Sci. Rept, Tohoku Univ. Ser. 2. 1973. N 6. P. 125–135.

*Page K.N.* The Lower Jurassic of Europe: its subdivision and correlation // GEUS Bulletin. 2003. V. 1. P. 23–59.

*Popov S.V., Rogl F., Rozanov A.Y., Steininger F.F., Scherba I.G., Kovac M.* (Eds.). Lithological- Paleogeographic maps of Paratethys. 10 maps Late Eocene to Pliocene. Courer Forschungsinstitut Senckenberg. 2004. Bd 250. S. 1–46.

*Posamentier H., Leckie D.* Key topics in high-resolution sequence stratigraphy. Banff. Alberta, Canada, 23-30 Aug. 1991 // Episodes. 1992. V. 15. № 3. P. 214–215.

*Remane J.* Chronostratigraphic standards: How are they defined and when should they be changed? // Quaternary International. 1997. V. 40. P. 3–4.

*Remane J.* Explanatory note to the International stratigraphic chart. Paris: UNESCO, 2000. 16 p.

*Schindewolf O.* Stratigraphie und Stratotypus. Mainz: Verlag der Akademie der Weissenschaften und der Literatur, 1970. 135 S.

*Sepkoski J.J., Jr.* A compendium of fossil marine families // Milwaukee Public Museum Contribution in Biology and Geology. 1982. N 51. P. 1–125.

Sequence Stratigraphy as an Exploration tool / Eds. J. Armetrout, B. Perkins. Adams Marie Hotel, Houston, Texas, 1991. 417 p.

*Shackleton N.J., Hall M.A., Pate D.* Pliocene stable isotope stratigraphy of ODP site 846 // Proc. ODP, Sci. Res. College Station, TX (Ocean Drilling Program). 1995. V. 138. P. 337–355.

*Shackleton N.J., Opdyke N.D.* Oxygen isotope and palaeomagnetic evidence for early Northern Hemisphere glaciation // Nature. 1977. V. 270. P. 216–219.

*Sloss L.L.* Sequence in Cratonic Interior of North America // Geol. Soc. Amer. Bull. 1963. V. 74. P. 93–114.

*Steno N.* The prodromus of Nicolaus Steno's dissertation: concerning a solid body enclosed by process of nature within a solid. London: MacMillan Co., 1916. 283 p.

*Sweet W.C.* Graphic correlation of Upper-Middle and Upper Ordovician rocks North American mid-continent provinces, USA // Paleontol. Contrib. Univ. Oslo. 1984. N 295. P. 23–25.

*Tansley A.G.* The use and abuse of vegetational concepts and term // Ecology. 1935. V. 16. P. 284–307.

The Geologic Time Scale 2012 / Eds. F.M. Gradstein, J.M. Ogg, M.D. Schmitz, G.M. Ogg. Elsevier, 2012. 1144 p.

*Thorson G.* Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). Treatise on marine ecology and palaeoecology / Ed. J.W. Hedgpeth. Geol. Soc. Am. Mem. 1957. V. 67. P. 461–535.

*Vail P.R., Hardenbol J.* Sea-level changes during the Tertiary // Oceanus. 1979. V. 22. P. 71–79.

*Vail P.R., Mitchum R.M., Jr., Todd R.G., Widmier J.M., Thompson III S., Sangree J.B., Bubb J.N., Hatlelid W.G.* Seismic stratigraphy and global changes of sea level // Seismic Stratigraphy – Applications to Hydrocarbon Exploration / Ed. C.E. Payton. AAPG Memoir. 1977. V. 26. P. 49–212.

*Walliser O.H.* (ed.) Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic. Berlin: Springer-Verlag, 1996. 333 p.

*Walker M., Head M.J., Berkelhammer M., Björck S., Cheng H., Cwynar L., Fisher D., Gkinis V., Long A., Lowe J., Newnham R., Rasmussen S.O., Weiss H.* Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period): two new Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSPs) and three new stages/subseries // Episodes. 2018. V. 41. P. 213–268.

*Wauless H.R., Welter J.M.* Correlation and extent of Pennsylwanian cyclothema // Bull. Geol. Soc. Am. 1932. V. 43. P. 1003–1016.

*Zachos J., Pagain M., Sloan L., Thomas E., Billups K.* Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present // Science. 2001. V. 292. P. 686–691.

# ОБ АВТОРЕ

▲ Западная Камчатка, бухта Квачина

## *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 1962 г. работает в Геологическом институте Российской академии наук (ГИН РАН), сначала научным сотрудником, затем 8 лет заместителем директора и 36 лет заведующим лабораторией,**

**в настоящее время – главный научный сотрудник. Изучает проблемы геологии, стратиграфии и геологической истории Земли и Биосферы, прежде всего кайнозоя. Основные районы исследований Северо-Восточная Азия, Северо-Тихоокеанская область и Арктика (Камчатка, Чукотка, Сахалин, Аляска, Япония, Исландия). Участник 60 геологических экспедиций. Возглавлял многие международные и российские научные проекты и экспедиции. Создатель корреляционной схемы кайнозоя Камчатско-Корякско-Сахалинской области. Автор 400 научных публикаций, включая 14 монографий.**

**В течение 30 лет читал курс лекций на геологическом факультете Московского государственного университета по проблемам современной стратиграфии и развития Биосферы. Заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор, доктор геолого-минералогических наук, академик РАЕН, лауреат премии РАН В.А. Обручева. 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 in 1957. During for five years worked in geological production enterprises in Primor'e, Chukotka, and Kamchatka. Since 1962 works at the Geological Institute of Russian Academy of Sciences (GIN RAS), Moscow, Russia, as its Vice-Director for 8 years and as a head of its stratigraphic laboratory for 35 years. Fields of interest are the Cenozoic stratigraphy and the Earth geological history. Main areas of investigations are the North Pacific and Arctic regions (Kamchatka, Sakhalin, Japan, Alaska, Iceland and others). Participant of over 60 field expeditions. Author of 400 scientific publications including 14 monographs.**

**During 30 years gave lectures on modern stratigraphic problems in the M.V. Lomonosov Moscow State University. Professor, Doctor (Geol.-Min.) Sci., Member of Russian Academy of Natural Sciences, Winner of V.A. Obruchev Prize of Russian Academy of Sciences, Vice-Chairman of Russian Interdepartmental Stratigraphic Committee. Member of several Russian and international stratigraphic commissions and committes.**

*Научное издание*

Труды Геологического института
Основаны в 1921 году
Вып. 634

Юрий Борисович Гладенков

# СТРАТИГРАФИЯ НАЧАЛА XXI ВЕКА (историко-геологическое изучение стратисферы Земли и развития биосферы)

Подписано к печати 22.09.2023
Формат 60×90 1/8. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Уч.-изд. л. 24
Тираж 300 экз.

ООО «Издательство ГЕОС»
119017, Москва, Пыжевский пер., 7, к. 332
Тел./факс: (495) 959-35-16, 8-926-222-30-91
e-mail: geos-books@yandex.ru
www.geos-books.ru

Отпечатано с готового оригинал-макета в ИПК «Чувашия»
428019 г. Чебоксары, пр-т Ивана Яковлева, дом 13