

ISSN 0366-1318

БЮЛЛЕТЕНЬ
МОСКОВСКОГО ОБЩЕСТВА
ИСПЫТАТЕЛЕЙ
ПРИРОДЫ

ОТДЕЛ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ
ТОМ 83
ВЫПУСК

5

2008

УЧРЕДИТЕЛИ:

**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова;
Московское общество испытателей природы**

Редакционная коллегия:

А.С. Алексеев (*главный редактор*), Ю.К. Бурлин, Ю.О. Гаврилов, А.Г. Гайнанов, Т.Б. Леонова, М.Г. Ломизе, А.А. Маракушев, Е.Е. Милановский, Д.П. Найдин, А.М. Никишин, С.Б. Розанов (*ответственный секретарь*), Р.Н. Соболев, В.Т. Трофимов (*зам. главного редактора*), В.Т. Фролов, В.М. Цейслер, А.Е. Шлезингер (*зам. главного редактора*)

Редактор *С.П. Сороколетова*

Технические редакторы *З.С. Кондрашова, Н.И. Матюшина*

Корректор *Н.И. Коновалова*

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации Российской Федерации.
Свидетельство о регистрации № 1548 от 14 февраля 1991 г.

Адрес редакции:

103009, Москва, ул. Большая Никитская, 6, комн. 9.
Тел. 629-48-36

Сдано в набор 20.06.2008. Подписано в печать 09.09.2008. Формат 60×90/8.
Бумага офс. № 1. Гарнитура Таймс. Офсетная печать. Усл. печ. л. 13,0. Уч.-изд. л. 12,55.
Усл. кр.-отг. 3,83. Тираж 295 экз. Заказ № 3424 . Изд. № 8668.

Ордена "Знак Почета" Издательство Московского университета.
125009, Москва, ул. Б. Никитская, 5/7.
Типография ордена "Знак Почета" Издательства МГУ.
119899, Москва, Ленинские горы

БЮЛЛЕТЕНЬ
МОСКОВСКОГО ОБЩЕСТВА
ИСПЫТАТЕЛЕЙ ПРИРОДЫ

Основан в 1829 году

ОТДЕЛ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ

Том 83, вып. 5 **2008** Сентябрь – Октябрь

Выходит 6 раз в год

BULLETIN
OF MOSCOW SOCIETY
OF NAT URALISTS

Published since 1829

GEOLOGICAL SERIES

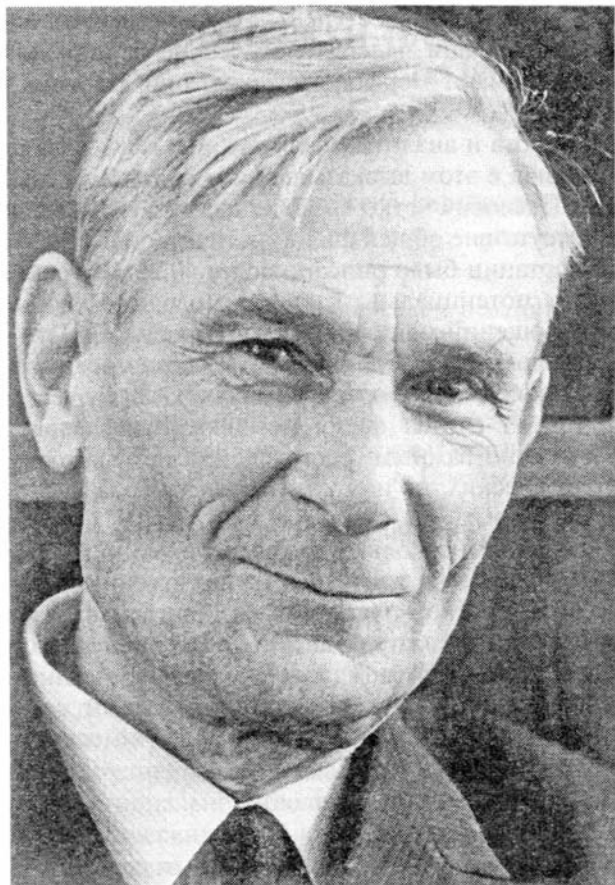
Volume 83, part 5 **2008** September – October

There are six issues a year

СОДЕРЖАНИЕ
CONTENTS

Алексеев А.С. Георгий Павлович Леонов (1908—1983)	3
Alekseev A.S. Georgiy Pavlovich Leonov (1908—1983)	
Панов Д.И. Георгий Павлович Леонов. Основные вехи научной и педагогической деятельности (к 100-летию со дня рождения)	5
Panov D.I. Georgiy Pavlovich Leonov. Main points of scientific and academic activity (to the 100th birthday)	
Гладенков Ю.Б. Стратиграфия в постоянном поиске новых идей и подходов	11
Gladenkov Yu.B. Stratigraphy in permanent search of new ideas and approaches	
Панов Д.И. Историко-геологический подход к решению стратиграфических проблем в работах Г.П. Леонова, его предшественников и в современных исследованиях	17
Panov D.I. Historical-geological approach to solution of stratigraphic problems in G.P. Leonov's works, his predecessors and in modern studies	
Никишин А.М., Копаевич Л.Ф. Тектоностратиграфия — новое направление современной геологии	23
Nikishin A.M., Kopaevich L.F. Tectonostratigraphy — new tool in modern geology	
Семихатов М.А. Хроностратиграфия и хронометрия: конкурирующие концепции общего расчленения докембрия	36
Semikhatov M.A. Chronostratigraphy and chronometry: concurrent conceptions of general subdivision of Precambrian	
Алексеев А.С. Историко-геологический подход Г.П. Леонова и шкала каменноугольной системы	59
Alekseev A.S. G.P. Leonov's historical-geological approach and scale of Carboniferous System	
Копаевич Л.Ф., Вишневецкая В.С. Роль микропалеонтологии в детальной стратиграфии (на примере фораминифер и радиоларий)	68
Kopaevich L.F., Vishnevskaya V.S. Role of micropaleontology in detail stratigraphy (on example of foraminifers and radiolarians)	
Бордунов С.И. Комплексы фораминифер плиоцена острова Карагинского, Восточная Камчатка	83
Bordunov S.I. Pliocene foraminiferal assemblages of Karaginsky Island, Eastern Kamchatka	
Барабошкин Е.Ю. Палеопродолжения, их особенности и значение для стратиграфии	89
Baraboshkin E.J. Paleostraits, their peculiarities and stratigraphical importance	
Найдин Д.П. Воспоминания о Георгии Павловиче Леонове	98
Naidin D.P. Memorial on Georgiy Pavlovich Leonov	
Лошкарева А.А. Эколого-геологические особенности района Шанучского полиметаллического месторождения (Западная Камчатка)	99
Loshkareva A.A. Ecological-geological peculiarities of Shanuch polymetal mining field (West Kamchatka)	

ГЕОРГИЙ ПАВЛОВИЧ ЛЕОНОВ (1908—1983)



Этот номер “Бюллетеня МОИП. Отдел геологический” посвящен 100-летию со дня рождения профессора Московского университета Георгия Павловича Леонова, выдающегося отечественного стратиграфа, блестящего преподавателя с широчайшей эрудицией во всех областях геологии. Двадцать лет назад под редакцией Е.Е. Милановского и И.А. Добрускиной был напечатан сборник, посвященный Георгию Павловичу (Историческая геология: итоги и перспективы. М., 1987). Однако за прошедшие годы геология, в том числе и стратиграфия, испытала существенные изменения, выросли и стали крупными специалистами те, кто слушал лекции и читал учебники Георгия Павловича в последние годы его жизни. Поэтому редколлегия нашего журнала решила посвятить его столетию особый номер. Первоначально планировалось показать современные проблемы, с которыми сталкиваются стратиграфы при формировании общих стратиграфических шкал докембрия и фанерозоя. Однако эту цель удалось осуществить лишь отчасти, но тематика номера расширилась за счет новых методов и подходов.

На страницах этого номера опубликованы статьи, написанные его коллегами и учениками различных поколений. Д.И. Панов в двух статьях дал развернутую картину становления Георгия Павловича как гео-

лога, проанализировал основные направления его научной работы, показал фирменный “леоновский” стиль анализа полевого и литературного материала и продемонстрировал то, как идеи Леонова преломились в новых подходах современной стратиграфии.

Ю.Б. Гладенков кратко осветил наиболее актуальные направления развития стратиграфической науки, в том числе в рамках развиваемой им концепции “биосферной стратиграфии”.

М.А. Семихатов, признанный лидер отечественных докембристов, опираясь на глубокий анализ мировой мысли в области стратиграфии докембрия, убедительно аргументировал ущербность формального хронометрического подхода, использованного при выделении подразделений глобальной шкалы в ее докембрийской части, подчеркнул необходимость опоры на естественные историко-геологические рубежи.

В статье А.С. Алексева изложено состояние разработки международной и общей российской шкал каменноугольной системы, большинство ярусных подразделений которых являются отечественными стратонами, сформулированы задачи, еще ждущие своего решения.

“Тектоностратиграфия” как новое направление в геологии получила исчерпывающую характеристику в статье А.М. Никишина и Л.Ф. Копаевич. Однако представляется, что под этим звучным термином скрывается всего лишь осовремененный формационный анализ, выполняемый на базе концепции секвентной стратиграфии с широким использованием сейсмических материалов.

Георгий Павлович важнейшее значение придавал микропалеонтологическому обоснованию стратиграфических схем. Высокую разрешающую способность и широкую пространственную протяженность зональных подразделений юры и мела по фораминиферам и радиоляриям продемонстрировали Л.Ф. Копаевич и В.С. Вишневская.

С.И. Бордунов на основании изучения фораминифер детально расчленил разрез плиоцена о. Карагинского и уточнил возраст отдельных свит.

Завершается номер краткими воспоминаниями Д.П. Найдина, который встречался с Георгием Павловичем еще школьником, а позднее тесно общался с ним на Крымской практике.

Несмотря на то что я работал коллектором и лаборантом кафедры исторической геологии с 1966 по 1972 г., по молодости с Георгием Павловичем почти не общался. Однако позднее и на меня он оказал влияние, что хорошо иллюстрирует следующий факт.

В марте 1979 г. я защищал кандидатскую диссертацию, посвященную меловым усоногим ракам юга СССР. Членом специализированного совета на геологическом факультете Московского университета был и Георгий Павлович. Несмотря на специфику

диссертации, преимущественно палеонтологической по содержанию и касавшейся почти никому не известной группы животных, он проявил большой интерес, первым стал задавать мне вопросы (всего 7) и открыл своим выступлением общую дискуссию. Выступая, он, в частности, сказал: “Удивляет, что палеонтологическая работа дается в чисто морфологическом плане. Но филогенетические взаимоотношения между этими видами существуют? А мне кажется, что на современном этапе развития палеонтологии нельзя обходить эту сторону. Мне кажется, работа пошла вширь, охвачен огромный материал в мировом масштабе, а вот филогении в более узком плане — этого нет. Этот вопрос тесно связан со стратиграфическим значением. И филогения нужна для стратиграфии и стратиграфия нужна для филогении. Вы стратиграфию не использовали для филогении. Стратиграфия нужна и для рассмотрения форм в пространстве. Надо различать стратиграфическое распространение и стратиграфическое значение, это разные вещи. В Вашей работе дается картина стратиграфического распространения, как она может быть в настоящее время представлена. Но это еще не стратиграфическое значение. Может быть, в других толщах остатки усонюгих сыграют какую-то стратиграфическую роль, а здесь не играют и вряд ли будут играть. Мне кажется, что тут играет роль боязнь, что у Вас не будет практического выхода работы. В моем представлении палеонтология отличается от зоологии тем, что органические формы рассматриваются во времени. Вы

имеете возможность рассматривать организмы в разрезе многих десятков миллионов лет, и эта специфика в палеонтологических работах должна найти отражение. У Вас это не нашло отражения, но, по-видимому, это следующая ступень. Можно выразить сожаление, что наши палеонтологические работы зачастую принимают морфологическое, описательное направление”.

Широта и аналитическая глубина мысли Георгия Павловича в этом высказывании очевидны. Здесь Георгий Павлович четко выделил два момента. Во-первых, отсутствие общей филогенетической схемы, хотя в диссертации было описано более 40 видов усонюгих раков и потенциально какая-то модель эволюционных отношений могла бы быть построена. Вместо нее мне удалось наметить взаимоотношения всего лишь нескольких видов в пределах двух родов. Существенно, что он считал филогенетические исследования чрезвычайно важными для решения не только палеонтологических, но и стратиграфических задач.

Во-вторых, он справедливо отметил, что выделенные мной несколько комплексов усонюгих раков, распознаваемых в верхнемеловых отложениях Крыма, Донбасса, Русской платформы и Мангышлака, которые в целом достаточно богаты остатками ортостратиграфических групп (в первую очередь белемнитов), не найдут реального применения, а отражают желание диссертанта показать практическую значимость полученных результатов.

А.С. Алексеев

УДК 551

ГЕОРГИЙ ПАВЛОВИЧ ЛЕОНОВ. ОСНОВНЫЕ ВЕХИ НАУЧНОЙ И ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (к 100-летию со дня рождения)

Д.И. Панов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Поступила в редакцию 20.02.08

Основным направлением педагогической деятельности Г.П. Леонова было преподавание курса “Историческая геология”, по которому им было опубликовано два учебника. Научные работы Г.П. Леонова посвящены региональной стратиграфии палеогеновых и юрских отложений, общим методическим вопросам стратиграфии и методологии историко-геологических исследований. По этим проблемам им опубликованы две монографии и более 30 статей в отечественных и зарубежных изданиях. Монография “Основы стратиграфии” удостоена 1-й премии МОИП за 1975 г. Принципиальная основа всех работ Г.П. Леонова — историко-геологический подход к решению геологических проблем, прежде всего стратиграфических, но также и других — тектонических, палеогеографических и т.п.

18 октября 2008 г. исполняется 100 лет со дня рождения выдающегося российского геолога, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, профессора МГУ им. М.В. Ломоносова Георгия Павловича Леонова — крупнейшего специалиста в области стратиграфии, региональной геологии, методологии историко-геологических исследований и видного педагога, воспитавшего не одно поколение отечественных геологов.

С молодых лет вся жизнь Георгия Павловича была связана с геологией. В 1926 г. он поступил на геологическое отделение Московского университета, а с 1930 г., в связи с реорганизацией системы высшего геологического образования перешел в Московский геолого-разведочный институт, который окончил в 1931 г. Тем не менее Г.П. Леонов “сохранил верность” Московскому университету и с 1932 г. начал свою педагогическую деятельность на вновь созданной А.Н. Мазаровичем кафедре геологии на географическом отделении МГУ. На этой кафедре, преобразованной в дальнейшем в кафедру исторической и региональной геологии и ставшей ядром воссозданного сначала геолого-почвенного, а затем (с 1949 г.) и геологического факультета МГУ, Георгий Павлович проработал всю жизнь, пройдя путь от ассистента до профессора.

В предвоенные годы Г.П. Леонов участвовал в преподавании курса общей геологии и впервые в МГУ начал преподавание курса геологического картирования. Конечно, со временем содержание и даже название (сейчас — “структурная геология и геокартинирование”) этого курса значительно изменились, однако начало было положено именно Г.П. Леоновым. В 1930-х гг. Георгий Павлович был одним из организаторов и первых руководителей Крымской учебной

геологической практики — одного из основных элементов подготовки геологов на геологическом факультете МГУ. Г.П. Леонов в качестве руководителя или преподавателя участвовал в проведении Крымской практики на протяжении более 30 лет — до 1965 г. Им заложены методические основы проведения практики, в дальнейшем развитые М.М. Москвиным. Хотелось бы отметить малоизвестный факт: в начале войны, летом 1941 г., именно Г.П. Леонову удалось вывезти из Крыма студентов, проходивших там практику. Можно представить себе, каких усилий стоило ему это в условиях отступления Южного фронта!

В годы Великой Отечественной войны Георгий Павлович проводил необходимые для оборонной промышленности геологические исследования угленосных отложений Южного Приуралья. От службы в армии он был освобожден из-за серьезной хронической болезни позвоночника, обострившейся в предвоенные годы и дававшей о себе знать в течение всей жизни Георгия Павловича. Можно только восхищаться его выдержкой и мужеством. Ведь более 30 лет уже после войны он активно участвовал не только в проведении Крымской практики, но и в полевых работах в геологических экспедициях. И ни его коллеги, ни студенты — никто даже не подозревал об этом недуге, а, наоборот, все восхищались его быстротой, бодростью и выносливостью, почитали за честь не отстать от него в маршруте.

После окончания войны Г.П. Леонов вновь вернулся к преподаванию на геологическом факультете, где главным его делом стало чтение курса “Исторической геологии”. Хотя этот курс относится к числу традиционно читаемых в университетах, Георгий Павлович разработал его фактически заново, считая, что он играет важнейшую роль в формировании “гео-

логического мировоззрения” будущих специалистов-геологов.

В существовавших в то время (и во многих современных) курсах “Историческая геология” рассматривалась как чисто учебная дисциплина описательного характера — предмет учебного плана геологических вузов. Соответственно и сводились такие курсы к описанию стратиграфии, фауны и флоры и палеогеографии по периодам (будучи посвященными в основном фанерозойской истории Земли). Г.П. Леонов понимал “Историческую геологию” в традициях русской геологической школы (А.П. Карпинский, А.П. Павлов, А.А. Борисяк и др.) как раздел геологической науки, ставящий своей целью выявление закономерностей истории геологического развития Земли на основе изучения и анализа всего комплекса геологических данных. Соответственно в созданном им курсе “Исторической геологии” имелся большой общеметодический раздел, давалась характеристика современной структуры земной коры, а далее следовал анализ истории геологического развития основных структурных элементов (платформ, геосинклинальных поясов и т.п.) в течение крупных интервалов времени (палеозой, мезо-кайнозой и т.п.). Впервые должное место в курсе занял докембрий, составляющий до 85% всей геологической истории Земли. Заключительная часть курса посвящалась обобщению материала и характеристике общих закономерностей геологического развития Земли. В принципе такой методический подход к чтению курса “Исторической геологии” сохраняется на геологическом факультете МГУ и сейчас, естественно, с учетом современных мобилистских представлений, сформулированных в виде теории “тектоники литосферных плит”.

До последних лет жизни Георгий Павлович постоянно работал над курсом, совершенствуя его и обогащая новыми данными и идеями. Лекции по “Исторической геологии” были для него “трибуной”, с которой он обращался к студентам (а периодически и к преподавателям — слушателям ФПК) со своими новыми идеями и выводами. “Промежуточным итогом” этой работы было создание сравнительно краткого учебника “Исторической геологии” [7], по которому на протяжении 20 лет учились поколения студентов-геологов. Венцом этой работы должен был стать трехтомный фундаментальный учебник “Исторической геологии”, в котором предполагалось показать закономерности развития Земли на основе анализа огромного фактического материала и дать критический обзор существующих теорий. К сожалению, при жизни автора вышел только первый том (Основы и методы. Докембрий [8]); второй том (Палеозой [9]) опубликован в не вполне законченном виде уже после безвременной кончины Георгия Павловича, а третий (Мезо-кайнозой и общие закономерности) остался в виде незаконченной рукописи. Однако и опубликованные тома (особенно первый) вызвали большой интерес как студентов, так и специалистов.

На протяжении всей жизни основным направлением научной деятельности Георгия Павловича была стратиграфия. Живое откликаясь на запросы практики, он на основе своих не только научных, но и производственных работ всегда старался делать широкие обобщения и глубокие выводы как регионального, так и общеметодического характера.

В 1930-х гг. Г.П. Леонов по заданию гидростроятельных проектных организаций производил региональные геологические исследования в Среднем и Нижнем Поволжье и в бассейне Дона, где занимался изучением палеогеновых отложений. В результате этих исследований была разработана новая региональная стратиграфическая схема палеогеновых отложений изученных областей [23, 27]. Логическим продолжением этих исследований были работы руководимой Г.П. Леоновым Сталинградской экспедиции геологического факультета МГУ в начале 1950-х гг. (в связи со строительством Сталинградской ГЭС). При этом были существенно уточнены представления о стратиграфии палеогена Нижнего Поволжья [16].

В 1939—1941 гг. Г.П. Леонов принимал участие в Минераловодской экспедиции МГРИ, организованной для изучения геологии района Кавминвод. В этой экспедиции он также занимался стратиграфией палеогеновых отложений, в результате чего была создана региональная стратиграфическая схема палеогена Центрального Предкавказья и проведено ее сопоставление со схемами для южной части Русской плиты. Эти материалы опубликованы в послевоенные годы [3, 17], а впоследствии дополнены изложением результатов работ Георгия Павловича по палеогеографии Северного Кавказа [12, 26].

Обобщением всех исследований Г.П. Леонова по палеогеографии Русской плиты, с учетом материалов других геологов, стала сначала большая статья [18], а затем и его докторская диссертация, опубликованная в виде монографии “Основные вопросы региональной стратиграфии палеогеновых отложений Русской плиты” [19]. В этом фундаментальном труде были впервые с исчерпывающей полнотой охарактеризованы основные разрезы палеогеновых отложений и представлены надежно обоснованные региональные и межрегиональные схемы стратиграфии палеогена Русской плиты, а также проведено их сопоставление со схемами для Северного Кавказа. Все эти схемы были разработаны на историко-геологической основе с выделением в них стратиграфических подразделений (свит, комплексов), соответствующих этапам геологического развития крупных регионов и всей Русской плиты в целом. В этом принципиальное, общеметодическое значение данной работы, помимо того, что она доныне составляет основу наших представлений о стратиграфии палеогена Русской плиты.

В конце 1940-х и в 1950-е гг. в связи с работами КЮГЭ, ВНИИГаз и Кавказской экспедиции МГУ Г.П. Леонов вновь обращается к палеогеографии Северного Кавказа и Крыма, рассматривая проблему в более широком плане: во-первых, сопоставление разрезов

палеогена различных областей Средиземноморского пояса и Русской плиты [13, 22] и, во-вторых, общее — ярусное расчленение палеогеновых отложений СССР [15, 30]. Большой интерес представляет собой монография “Вопросы стратиграфии нижнепалеогеновых отложений Северо-Западного Кавказа” [29], написанная Георгием Павловичем совместно с супругой — видным микропалеонтологом Верой Павловной Алимариной. В этой работе убедительно показаны возможности микропалеонтологического метода для расчленения и корреляции палеогеновых отложений.

В 1950-е и в начале 1960-х гг. Г.П. Леонов принимал участие в работах тех же организаций по изучению мезозоя Северного Кавказа и Предкавказья в связи с перспективами нефтегазоносности этих территорий. Объектом его исследований теперь оказались юрские отложения, в разработке стратиграфии которых Георгию Павловичу удалось также достичь больших успехов. Для верхнеюрских отложений была разработана новая стратиграфическая схема [2, 31, 32], в которой были коренным образом пересмотрены ошибочные представления предшественников (например, К. Ренца), бытовавшие в геологической литературе на протяжении многих десятилетий. Но еще важнее другое: в 1958 г. на совещании по разработке унифицированных стратиграфических схем альпийской зоны европейской части СССР группой геологов МГУ и ВНИИГаза, возглавляемой Г.П. Леоновым, была предложена (и принята на совещании) действительно региональная стратиграфическая схема нижне-среднеюрских отложений Северного Кавказа, разработанная на историко-геологической основе. В ней впервые (по крайней мере для Северного Кавказа) наряду с хроностратиграфическими подразделениями Общей шкалы (ярусами, подъярусами, хронозонами) фигурировали местные и региональные подразделения (комплексы, свиты, подсвиты, фаунизоны по аммонитам), отражающие этапы геологического развития и эволюции фауны аммонитов Северного Кавказа [1]. Сейчас это обычная практика, узаконенная Стратиграфическим кодексом, но в 1958 г. это была “революция”; во всяком случае, в Унифицированной схеме стратиграфии мезозоя Русской платформы, принятой в 1955 г., еще ничего подобного не было.

С первых лет самостоятельной геологической работы Г.П. Леонова важнейшим направлением его научного творчества была разработка общих теоретических проблем стратиграфии, что отражено в статьях методического характера, написанных им в 1950-е гг. [10, 11, 14]. Главный итог его работ в этой области — создание двухтомной монографии “Основы стратиграфии” [20, 21], не имеющей аналогов в мировой литературе и удостоенной I премии МОИП за 1975 г. В этом монументальном труде с большой полнотой рассмотрены главные теоретические вопросы стратиграфии как одного из фундаментальных разделов исторической геологии — ее основные понятия и задачи, исторические корни и принципы создания Меж-

дународной геохронологической шкалы, методы стратиграфических исследований, роль палеонтологических данных и фациального анализа в решении задач стратиграфического расчленения и корреляции и т.п. Красной нитью через эту, как и другие работы Георгия Павловича, проходит идея о том, что “основным исходным направлением стратиграфического исследования является направление регионально-стратиграфическое. Геохронологическое же направление является от него производным и, возможно, имеющим лишь преходящее — для определенного этапа развития геохронологии значение”. А суть основной проблемы региональной стратиграфии “заключается в естественной периодизации истории формирования супракрустальных образований отдельных геологических регионов и расчленении этих образований на естественные комплексы, отвечающие последовательным этапам развития соответствующих регионов” [20]. Это и есть выражение того историко-геологического (не хронологического, литологического, палеонтологического и пр.!) подхода к стратиграфическим исследованиям, который лежал в основе всех работ Георгия Павловича и обеспечивал успешное решение стоявших перед ним задач. Что касается геохронологии, то ее задача рассматривалась как определение возраста (по отношению к Общей геохронологической шкале) региональных стратиграфических подразделений, выделенных на основе историко-геологического подхода, и тем самым — их межрегиональная корреляция.

Хотелось бы отметить еще один очень важный и интересный период в деятельности Г.П. Леонова — 1960-е и 1970-е гг., когда Георгий Павлович был одним из руководителей Методологического семинара геологического факультета. В значительной степени благодаря ему этот формально “партиполитпросветовский” орган превратился в научный форум, где живо обсуждались самые дискуссионные философские методологические проблемы геологической науки. Георгий Павлович неоднократно выступал на семинаре с яркими, глубокими по содержанию докладами, которые неизменно вызывали огромный интерес и острые дискуссии. По материалам семинара Г.П. Леонов опубликовал ряд статей по принципиальным вопросам методологии геологических исследований: о роли цикличности в истории Земли [24], об историзме и актуализме в геологии [5], о хронологическом и историческом путях историко-геологических исследований [28]. Во всех этих работах он неизменно отстаивал историко-геологический подход к решению проблем геологической науки. Концепцию, последовательно опирающуюся на исторический метод исследования, он определял как “научный эволюционизм”, считая, что именно использование исторического метода позволяет выявить сложный, неравномерный ход геологической истории Земли.

Не удовлетворяясь только написанием статей, Георгий Павлович разработал и на протяжении ряда лет читал на геологическом факультете два спецкурса —



Г.П. Леонов на Малом Кавказе. Фото В.Л. Сывороткина, 1974 г.

“Методы стратиграфии” и “Методы историко-геологических исследований” — с целью приобщить молодое поколение будущих геологов к изучению общих геологических проблем и дать студентам нужные методологические установки.

1970-е гг. были переломными в развитии геологической науки, когда появились и начали бурно развиваться мобилистские представления в виде “Тектоники литосферных плит”. Эти представления начали постепенно “вытеснять” господствовавшую ранее геосинклинальную теорию. Работая над новым учебником “Исторической геологии” и занимаясь общими проблемами методологии историко-геологических исследований, Г.П. Леонов, естественно, не мог отстать в стороне от этих проблем. Он непосредственно включился в их решение, возглавив группу исследователей геологического факультета, которая разрабатывала тему “Типы геосинклинальных прогибов”. Эти работы включали помимо анализа литературного материала полевые работы в разных тектонических зонах Большого и Малого Кавказа, в том числе и в “офиолитовых зонах”. Георгий Павлович, несмотря на уже преклонный возраст, принимал активное участие и в полевых работах (рисунок) и в Международном симпозиуме по офиолитам, проходившем в Москве, Средней Азии и Азербайджане.

К решению рассматриваемых проблем Г.П. Леонов подходил, как и всегда, с историко-геологических позиций. Он решительно выступил в защиту геосинклинальной теории и одновременно с этим против искажений понятия “геосинклиналь”, лишаящих его геологического содержания. Георгий Павлович настаивал на том, что выделение геосинклинальных областей, их типизация, выявление их тектонической зональности должны основываться на анализе геологических данных, свидетельствующих об особенностях истории их развития, а не на абстрактных связях с какими-то гипотетическими “глубинными процессами” или “режимами” [4, 6, 33, 37].

Вместе с тем, будучи ученым широких взглядов, лишенным догматизма, Георгий Павлович отчетливо сознавал и ограниченность геосинклинальной концепции, которую, кстати, он никогда и не считал теорией, объясняющей все и вся. Он прекрасно видел, что в жестких рамках противопоставления платформ и геосинклинальных областей, эв- и миогеосинклинальных зон нельзя понять и объяснить все многообразие геологического развития разных бассейнов, разных структурных элементов. И он настойчиво искал новые пути, обращаясь в том числе и к идеям “тектоники плит”. Однако в силу своего характера он не мог пойти легкими путями: либо догматически настаивать на прежних позициях, либо с восторгом принять новые модные концепции, как это сделали многие видные геологи, отказавшиеся, как от ненужного хлама, от геосинклинальной теории, которую исповедовали все предшествующие годы. Георгий Павлович искал такую концепцию, которая, сохраняя историко-геологический подход, свойственный геосинклинальной теории, позволяла бы объяснить важнейшие особенности геологической истории Земли, которые геосинклинальная теория не объясняла, да и не ставила себе такой задачи. Свидетельства таких исканий — во втором томе учебника “Исторической геологии” [9], который Георгий Павлович переписывал несколько раз и не успел закончить до конца своей жизни. В этой книге дана принципиально новая схема палеозойской структуры материковой части земной коры, исходящая не из противопоставления платформ и геосинклинальных областей, а из палеогеографических особенностей трех крупнейших сегментов земной коры. В этой же работе предполагается наличие на территории Атлантики обширного бассейна в палеозое, что перекликается с представлениями о существовании океана Япетус и т.п. Да и сама палеозойская история Земли в этой книге рассматривается отнюдь не с позиций жесткого противопоставления платформ и геосинклиналей, а, скорее, на палеогеографической основе. Можно предположить, что в процессе дальнейшей работы над учебником Георгий Павлович пришел бы к выводу о том, что между геосинклинальной теорией и тектоникой плит нет и не может быть принципиальных противоречий. Одна дополняет и как бы “надстраивает” другую. Тектоника плит дает актуалистическую интер-

претацию тех историко-геологических закономерностей, которые выявлены геосинклинальной теорией в развитии отдельных регионов и всей земной коры в целом. К сожалению, сделать это Георгий Павлович не успел, потому и второй том его учебника имеет незавершенный характер.

Георгий Павлович был очень скромным, “непубличным”, как это принято сейчас говорить, человеком. Всю жизнь он напряженно и на редкость целеустремленно работал, не отвлекаясь на участие в комитетах и комиссиях, не стараясь “засветиться” с выступлениями на совещаниях и конференциях. Поэтому он не был избалован официальным признанием и наградами, к чему, собственно, никогда и не стремился. Тем не менее его известность в широких кругах геологов была очень велика. Непосредственно у Георгия Павловича было сравнительно немного учеников, но сотни и тысячи (!) бывших студентов-геологов, слушавших его прекрасные лекции и учившиеся по его учебникам “Исторической геологии”, считают его своим учителем и фактически составляют “школу Г.П. Леонова”. В 1978 г., когда Г.П. Леонову было присвоено почетное звание “Заслуженный деятель науки и техники РСФСР”, представление его к этому званию было поддержано геологическими факультетами всех университетов и институтов нашей страны, академиями наук СССР и ряда союзных республик, Министерством геологии СССР и его веду-

щими геологическими организациями. К 70- и 75-летию (фактически только в 1987 г.) Георгия Павловича по инициативе его учеников и сотрудников были опубликованы посвященные ему два сборника научных трудов, в которых приняли участие наряду с молодежью крупнейшие геологи нашей страны.

В нашей памяти Георгий Павлович навсегда останется как яркий, большой ученый, принципиальный и глубокий исследователь, всегда следовавший своим оригинальным путем в науке, открытый всему новому, но не идущий на компромиссы в угоду конъюнктуре. Для многих поколений студентов, аспирантов и молодых сотрудников геологического факультета МГУ это был строгий, но справедливый и мудрый Учитель, которого (что греха таить!) побаивались, но искренне уважали и любили. Просто и правильно сказал как-то В.Е. Хаин: **“Георгий Павлович Леонов был настоящим профессором Московского университета — в самом высоком смысле этого слова!”**

При написании этого очерка использованы некоторые материалы из опубликованных статей Е.Е. Милановского [34, 35] и В.Т. Фролова [36], посвященных жизни и деятельности Г.П. Леонова. Автор благодарен Юрию Георгиевичу Леонову, который прочитал данную статью и сделал ряд полезных замечаний и рекомендаций.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП “Научные школы” грант НШ — 841.2008.5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безносов Н.В., Казакова В.П., Леонов Г.П. и др. Зональное расчленение юрских отложений Северного Кавказа по аммонитам // Докл. сов. геол. к I Междунар. коллоквиуму по юрской системе. Тбилиси, 1962. С. 307—332.
2. Леонов Г.П. Верхнесюрский отдел. Стратиграфия // Тр. КЮГЭ. Вып. 2. Л., 1960. С. 41—49.
3. Леонов Г.П. Геологическое строение северной части района Кавказских Минеральных Вод // Вопр. теоретической и прикладной геологии. Сб. 5. М., 1948. С. 62—64.
4. Леонов Г.П. Геосинклинальный процесс и его роль в развитии структуры земной коры // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 1974. № 3. С. 21—31.
5. Леонов Г.П. Историзм и актуализм в геологии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 1970. № 4. С. 3—15.
6. Леонов Г.П. Историко-геологические типы развития геосинклиналей // Строение и развитие земной коры. М., 1964. С. 59—71.
7. Леонов Г.П. Историческая геология. М., 1956.
8. Леонов Г.П. Историческая геология. Основы и методы. Докембрий. М., 1980.
9. Леонов Г.П. Историческая геология. Палеозой. М., 1985.
10. Леонов Г.П. К вопросу о задачах и методе регионально-стратиграфических исследований // Вестн. Моск. ун-та. Сер. биол., почв., геол. и геогр. 1953. № 6. С. 33—45.
11. Леонов Г.П. К вопросу о принципе и критериях регионально-стратиграфического расчленения осадочных образований // Памяти профессора А.Н. Мазаровича. М., 1953. С. 31—57.
12. Леонов Г.П. К вопросу о соотношении верхних горизонтов палеогена Русской равнины и Северного Кавказа // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1960. Т. 35, вып. 5. С. 62—82.
13. Леонов Г.П. К вопросу о соотношении верхних горизонтов палеогена Советских Карпат, Северного Кавказа, Украины и Северного Приаралья // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 1962. № 5. С. 3—6.
14. Леонов Г.П. К вопросу о соотношении стратиграфических и геохронологических подразделений // Вестн. Моск. ун-та. Сер. биол., почв., геол. и геогр. 1955. № 8. С. 17—31.
15. Леонов Г.П. К проблеме ярусного деления палеогеновых отложений СССР // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 1963. № 4. С. 34—35.
16. Леонов Г.П. О некоторых вопросах стратиграфии палеогеновых отложений Нижнего Поволжья // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1962. Т. 37, вып. 1. С. 85—100.
17. Леонов Г.П. Опыт естественного стратиграфического деления нижнепалеогеновых отложений Центрального Предкавказья // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1952. № 3. С. 102—106.
18. Леонов Г.П. Опыт построения межрегиональной стратиграфической схемы палеогеновых отложений Русской плиты // Вестн. Моск. ун-та. Сер. биол., почв., геол. и геогр. 1957. № 1. С. 169—182.
19. Леонов Г.П. Основные вопросы региональной стратиграфии палеогеновых отложений Русской плиты. М., 1961.
20. Леонов Г.П. Основы стратиграфии. Т. 1. М., 1973.
21. Леонов Г.П. Основы стратиграфии. Т. 2. М., 1974.
22. Леонов Г.П. Палеогеновая система // Геология СССР. Т. 2. М., 1967. С. 579—603.
23. Леонов Г.П. Палеогеновые отложения Сталинградского Поволжья и их соотношения с соответствующими

образованиями бассейнов рек Дона и Днепра // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1936. Т. 14, вып. 4. С. 284—321.

24. *Леонов Г.П.* Проблема цикличности в истории Земли // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 1962. № 4. С. 3—12.

25. *Леонов Г.П.* Проблема цикличности в региональной стратиграфии // Основные теоретические вопросы цикличности седиментогенеза. М., 1977. С. 155—167.

26. *Леонов Г.П.* Соотношение палеоцен-нижнеэоценовых отложений Русской плиты и Северного Кавказа // Сов. геология. 1960. № 3. С. 17—27.

27. *Леонов Г.П.* Стратиграфия палеогеновых отложений бассейна Среднего Дона // Уч. зап. Моск. ун-та. Геология. 1939. Вып. 26. С. 3—53.

28. *Леонов Г.П.* Хронологический и собственно исторический пути историко-геологического исследования // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 1985. № 1. С. 10—16.

29. *Леонов Г.П., Алимарина В.П.* Вопросы стратиграфии нижнепалеогеновых отложений Северо-Западного Кавказа. М., 1964.

30. *Леонов Г.П., Алимарина В.П., Найдин Д.П.* О принципе и методах выделения ярусных подразделений эталонной шкалы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 1965. № 4. С. 15—28.

31. *Леонов Г.П., Живаго Н.В.* О некоторых вопросах стратиграфии верхнеюрских отложений Дагестана // Уч. зап. Моск. ун-та. Геология. 1961. Вып. 192. С. 26—57.

32. *Леонов Г.П., Логинова Г.А.* Основные черты геологического развития Дагестана в эпоху верхней юры и валанжина // Уч. зап. Моск. ун-та. Геология. 1956. Вып. 176. С. 87—103.

33. *Леонов Г.П., Логинова Г.А., Панов Д.И.* Основные области и зоны осадконакопления в пределах Ближне-Средне-восточной части Альпийского пояса Евразии в юрское, меловое и палеогеновое время // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 1974. № 2. С. 21—31.

34. *Милановский Е.Е.* Георгий Павлович Леонов // Двести лет геологической школы Московского университета в портретах ее основоположников и выдающихся деятелей (1804—2004). М., 2004. С. 419—432.

35. *Милановский Е.Е.* К семидесятилетию Георгия Павловича Леонова // Проблемы стратиграфии и исторической геологии. М., 1978. С. 3—8.

36. *Фролов В.Т.* Принципы историко-геологических исследований в трудах Г.П. Леонова // Историческая геология. Итоги и перспективы. М., 1987. С. 3—10.

37. *Leonov G.P., Loginova G.A., Panov D.I.* Principal zones and regions of sedimentation within the Near-Middle East part of Alpine Belt of Europe and Asia in Jurassic, Cretaceous and Palaeogene times // Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, Memoria XIV: "Contributi stratigrafici e paleogeografici sul Mesozoics della Tetide". Milano, 1974.

GEORGIY PAVLOVICH LEONOV. MAIN POINTS OF SCIENTIFIC AND ACADEMIC ACTIVITY (TO THE 100th BIRTHDAY)

D.I. Panov

The main duty of G.P. Leonov as a professor was teaching in "Historical geology" and he published two widely distributed textbooks. His scientific papers related to regional stratigraphy of Jurassic and Paleogene, general problems in stratigraphy and methods of historical-geological studies. Leonov published in this field two monographs and more 30 papers. His two-volume monograph "Fundamentals of stratigraphy" received first award of Moscow Society of Naturalists in 1975. The principal basis of all his works is historical-geological approach to solution of geological problems, mainly stratigraphic ones, but also tectonic, paleogeographic and others.

УДК 551

СТРАТИГРАФИЯ В ПОСТОЯННОМ ПОИСКЕ НОВЫХ ИДЕЙ И ПОДХОДОВ

Ю.Б. Гладенков

Геологический институт РАН, Москва

Поступила в редакцию 20.12.07

Георгий Павлович Леонов — один из самых ярких представителей отечественной геологической школы прошлого века. Многие его идеи в отношении стратиграфической классификации широко используются в геологической практике. Они оказываются чрезвычайно полезными при составлении стратиграфических кодексов и руководств нового поколения. Разбираются спорные проблемы стратиграфической классификации и освещаются основные положения нового Стратиграфического кодекса России.

Стратиграфия как часть геологии постоянно развивается. Ее современный уровень, безусловно, выше того, что был несколько десятилетий назад. Вторая половина прошлого века ознаменовалась прорывными успехами стратиграфии в ее как практической, так и методической составляющей. Большую роль в развитии стратиграфии в нашей стране сыграли выдающиеся представители московской школы геологов. Одним из самых ярких ее представителей был Георгий Павлович Леонов, профессор геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, крупнейший специалист в области стратиграфии, региональной геологии, методико-геологических исследований и видный педагог.

Его курсы, которые он читал в МГУ, “Историческая геология”, “Методы стратиграфии” и “Методы историко-геологических исследований” сыграли важную роль в формировании геологического и стратиграфического мировоззрения многих студентов, из которых вырос ряд известных геологов.

В начале 1970-х гг. вышли в свет два тома его главного научного труда — “Основы стратиграфии” [2]. Трудно найти в мировой и отечественной литературе тех лет что-нибудь подобное. Это были действительно “основы” — с рассмотрением базовых принципов составления стратиграфических схем, подходов к ревизии Международной стратиграфической шкалы, путей расшифровки этапности геологического развития регионов и пр. 30 лет назад Е.Е. Милановский совершенно справедливо отметил, что обзор работ Г.П. Леонова “...показывает значительную широту и многогранность его научных интересов и характерные для Георгия Павловича глубину проникновения в суть каждой из рассматриваемых им проблем, независимость и принципиальность в их анализе и решении...” [3].

Г.П. Леонов оставил в своих трудах много научных идей, которые до сих пор используются в стратиграфических исследованиях. Он, в частности, считал, что в круг задач стратиграфии входят три крупные

самостоятельные проблемы — геохронология, геокартинирование и естественная периодизация истории Земли. Из них центральное место занимает последняя проблема. По его мнению, решить ее нельзя без выделения тех стратиграфических подразделений, которые он назвал геостратиграфическими и которые, как специальная категория, охватывают историко-геологические по содержанию регионально-стратиграфические единицы всех рангов (местные, региональные, межрегиональные).

В связи с этим Г.П. Леонов предложил свою оригинальную общую схему стратиграфической классификации. Она включила подразделения *основные*, или первичные, — геостратиграфические (различных рангов), *производные*, или вторичные, — хроностратиграфические (несколько соподчиненных рангов) и *вспомогательные* — биостратиграфические. По его мнению, геологическое картирование при этом является не только потребителем стратиграфической классификации, но одновременно и участником в ее разработке.

Анализируя пути становления Международной геохронологической шкалы, Г.П. Леонов справедливо отметил, что так называемые геохронологическая и картировочно-геохронологическая (“американская”) концепции общей схемы стратиграфической классификации не решают проблемы естественной этапности истории Земли.

Какие же основные идеи Г.П. Леонова по стратиграфии сопровождают нас сейчас, в начале XXI в.? Что геологическая практика уже взяла на вооружение? Ниже излагаются некоторые соображения по этому поводу, которые, может быть, особенно уместны сейчас, в связи с выходом в свет в 2006 г. новой версии Стратиграфического кодекса России [4].

Стратиграфия в начале XXI столетия

Начало XXI в. стратиграфия встретила новыми исследованиями по двум основным направлениям.

Первое из них связано с дальнейшей детализацией стратиграфических схем (зональное расчленение, а также инфра- или наностратиграфия). Второе направление отвечает “динамической” (или “биосферной”) стратиграфии, которая охватывает широкий круг вопросов, связанных с этапностью развития палеобиосфер и палеоэкосистем [1]. Собственно эти направления создают ту необходимую базу современной стратиграфии, которая, как и раньше, ориентирована на решение самых крупных проблем общей геологии, и в частности, как говорилось выше, на выявление естественной периодизации геологической истории Земли.

За последние годы произошло солидное методическое довооружение стратиграфии. В настоящее время можно насчитать почти 20 разных методов стратиграфического расчленения и корреляции, половина из которых появилась в последние десятилетия (астро-, сейсмо-, секвенс-, магнито-, хемо- и другие “стратиграфии”). Комплексация и грамотное использование этих методов позволяют надеяться, что упомянутые выше стратиграфические направления достаточно хорошо обеспечены необходимой “технологией”.

Сейчас происходит определенное переосмысление теоретических основ и методических приемов стратиграфии. Именно в связи с этим пересматриваются, в частности, стратиграфические кодексы разных стран и Международное стратиграфическое руководство [5], в которых рассматриваются вопросы стратиграфической классификации и номенклатуры. В этой серии стратиграфических документов можно рассматривать и новый российский стратиграфический кодекс 2006 г. На последующих страницах я хотел бы кратко прокомментировать некоторые из его основных положений (в сравнении с Международным стратиграфическим руководством), которые отражают нынешний уровень стратиграфической классификации и подходы к ее реализации.

Обсуждение проблем стратиграфической классификации уместно особенно сейчас, перед 33-й сессией Международного геологического конгресса, которая состоится в Норвегии (г. Осло) в августе 2008 г. и на которой планируется провести дискуссии по этим проблемам. Подготовка к этим дискуссиям уже началась. Например, в июне 2006 г. в Австрии (г. Сеггау) состоялось международное совещание (конференция) по вопросам хроностратиграфии. В работе совещания приняли участие около 40 человек из почти 20 стран. На этом мероприятии было заслушано более 20 докладов и, самое главное, была организована неформальная широкая и свободная дискуссия, в которой приняли участие практически все присутствовавшие специалисты. Это позволило определить мнения и подходы к проблемам хроностратиграфии геологов многих стран и оценить тенденции развития стратиграфии в будущем.

Совещание ставило целью обсудить несколько общих вопросов: принципиальные основы хроно-

стратиграфии, уровень ее современного состояния, новые пути ее совершенствования и перспективы на будущее. Среди докладчиков были такие известные ученые, как М.-П. Обри (М.-П. Aubry), У. Бергрэн (W. Berggren), С. Финней (S. Finney), Д. Огг (J. Ogg), Б. Пилланс (B. Pillans), Б. Картер (B. Carter), Б. МакГоуран (B. McGowan) и др.

Среди конкретных вопросов, которые вызвали большой интерес, были: соотношение хроностратиграфии морских и континентальных образований; возможный уровень детализации стратиграфических схем и корреляций; роль различных (традиционных и новых) методов в этих построениях; различия в хроностратиграфическом расчленении докембрия, фанерозоя и квартера; создание нового варианта уточненной Международной стратиграфической шкалы; плюсы и минусы концепции “золотых звезд” в ее построении; использование хроностратиграфии в геологической практике (в частности в геокартировании, бурении и пр.). Много внимания было уделено, в частности, циклостратиграфии (с подробным рассмотрением возможностей секвенсстратиграфии и орбитальной цикличности). Подробно также разбиралась модная в последние годы концепция “золотых звезд” (для маркировки границ ярусов), формальное увлечение которой привело к тому, что сами ярусы, по сути, остаются в ряде случаев неизученными (“пустыми”).

После всесторонних дискуссий большинство присутствующих согласилось с тем, что сейчас следует сконцентрировать свою деятельность вокруг ряда особо актуальных для стратиграфии проблем: практической детализации стратиграфических схем (шкал) на базе мультидисциплинарного подхода, использовании стратиграфического расчленения для расшифровки геологических событий и прогноза будущих природных обстановок, доведении этих мировоззренческих идей до широкого круга людей (через образовательные процессы), внедрении достижений стратиграфии непосредственно в геологическую практику (геокартирование и пр.). Стратиграфия была и остается основой геологии, так как только она вносит в последнюю компонент геологического времени и дает возможность восстановить геологическую историю, а также выявить этапность развития нашей планеты и ее биосферы.

Решенные и нерешенные проблемы стратиграфической классификации

Напомню, что первый Стратиграфический кодекс России (СКР) российские геологи разработали в 1992 г. Он широко использовался геологической практикой в течение почти 15 лет. В 2006 г. было решено опубликовать модифицированный кодекс, который в принципе сохранил свои основные положения, но стал более кратким и включил более точные, чем раньше, формулировки и дефиниции. Главным идеологом и организатором составления новой

редакции российского кодекса был А.И. Жамойда, заслуги которого в этой работе невозможно переоценить.

Как известно, в 1999 г. в журнале “Эпизоды” (“Episodes”) была напечатана краткая версия второго издания Международного стратиграфического руководства (МСР) [6]. В 2002 г. она была переведена сотрудниками Геологического института РАН (мною и О.А. Корчагиным с участием Т.Н. Голоднюк) на русский язык. Надо отметить, что в последние десятилетия многие страны стали широко использовать идеи Международного стратиграфического руководства.

Сравнение этих двух документов (СКР и МСР) позволяет показать основные черты их сходства и отличия в подходе к стратиграфической классификации и номенклатуре. Имеющиеся отличия в определенной мере отражают различные подходы к стратиграфическому исследованию, хотя кажется, что они у всех одинаковы. Однако национальный опыт и укоренившиеся представления о стратиграфии в разных научных школах пока не дают основания для построения единого и до конца согласованного варианта действительно международного стратиграфического кодекса. Правда, сейчас вообще проявляется какая-то общая “усталость” при обсуждении этих проблем, хотя работа над новой версией МСР в последние годы все-таки ведется и отдельные ее разделы уже написаны.

Попробуем обозначить некоторые из различных подходов к трактовке вопросов стратиграфической классификации. При этом не следует делать трагедию, если выявляется несходство в представлениях геологов разных стран. Их следует осознать и понять. Наверное, прежде всего надо опираться на уже достигнутые и согласованные положения. А они, бесспорно, есть. Помимо этого, надо также помнить, что МСР — это не обязательный эдикт Международного союза геологических наук для национальных кодексов.

Начну с того, что всякое стратиграфическое руководство или кодекс ориентированы на его использование в практике стратиграфических исследований (это геокартирование и пр.). Вместе с тем все они в той или иной мере отражают и определенное мировоззрение, и философию сути стратиграфической работы.

Одним из основных вопросов стратиграфии являются принципы выделения стратиграфических подразделений. Большинство российских геологов считают, что каждое стратиграфическое подразделение должно отражать определенный этап геологического развития того или иного региона и Земли в целом. Другими словами, стратиграфия рассматривается как часть исторической геологии. Ее задача не просто расчленить массы горных пород на какие-то единицы, но дать их расчленение с **исторической и хронологической точек зрения**.

Другая проблема — это пространственный масштаб стратиграфических подразделений. По мнению многих отечественных геологов, мы должны иметь подразделения разного — местного, регионального и глобального — масштаба. При этом все они должны строиться на хроностратиграфической основе.

Следующая проблема — проблема геологических карт и использования для их построения стратиграфических данных. Как известно, существуют разные типы карт: тектонические, геоморфологические, гидрогеологические, палеогеографические, гравитационные, полезных ископаемых, литологические (формационные) и т.п. Но среди них самой “главной” картой является карта, отражающая стратиграфические (хроностратиграфические) подразделения (обычно они изображаются цветом в сопровождении определенных индексов). Собственно ее обычно и называют геологической картой. И именно она часто используется как основа для построения других типов карт.

Масштаб таких карт может быть различен (1:2 500 000, 1:1 000 000, 1:500 000, 1:200 000, 1:50 000, 1:25 000 и пр.), но принцип их составления один: на них изображаются подразделения с изохронными границами (хроностратиграфия!). Конечно, в зависимости от масштаба и практических целей на них может наноситься дополнительная нагрузка, например литологические тела (в виде крапа и т.п.), зоны активных газопроявлений, месторождения полезных ископаемых и др.

Здесь уместно сделать одно замечание. Сейчас много говорят о GSSP (или “золотых гвоздях”, маркирующих обычно нижние границы стратиграфических подразделений, прежде всего ярусов). На наш взгляд, стратиграфические подразделения типа свит, региоярусов и ярусов должны иметь стратотипы, а не только стратотипы нижних границ. Следует помнить, что объектами стратиграфической классификации являются “подразделения”, а не их границы и что геологи картируют прежде всего “подразделения”. Если основываться лишь на концепции GSSP, то наши ярусы останутся “пустыми” (и неизученными), а геологическая история не будет восстановлена.

В принципе термины “стратиграфия” и “хроностратиграфия” являются плеоназмом (на что еще в середине прошлого века указывал О. Шиндевольф), но стратиграфическая практика последних лет использует их весьма широко, и, видимо, определенный смысл в этом есть.

Если конкретно обратиться к новой версии Стратиграфического кодекса России, то можно отметить следующие его особенности. В нем проводится мысль, что стратиграфия в целом является “единой” (в духе идей старой российской и европейской школ). Она может использовать с той или иной полнотой все данные, полученные разными методами. В этом случае каждое стратиграфическое подразделение может иметь комплексную характеристику (например, био-, магнито- и т.п.). В свете этого в Российском кодексе имеются две группы стратиграфических подразделе-

ний — *основные* (комплексного обоснования) и *специальные* (в соответствии с применяемым методом — био-, магнито-, климато- сейсмо-, морфолитостратиграфические, т.е. частного обоснования).

Основные подразделения, создаваемые как хроностратиграфические единицы, являются главными картируемыми элементами геологических карт разного масштаба. Категории этих подразделений отражают их географическое распространение — субглобальное, региональное или местное.

Специально подчеркнем, что основное подразделение местного масштаба — свита — хотя и имеет определенное сходство с формациями МСР, все же отличается двумя свойствами. Во-первых, свита является подразделением комплексного обоснования (это не чисто литостратиграфическая единица, ибо при ее выделении учитываются данные палеонтологические, магнитные, геохимические и пр.). Во-вторых, она имеет в идеале изохронные границы (в отличие от формаций, допускающих диахронность своих границ). И именно поэтому свита относится к “настоящим” хроностратиграфическим категориям, на основе чего строятся “настоящие” геологические (а не литологические) карты. Литологические тела используются обычно на первых этапах изучения районов, но такие “тела” затем уступают место сериям, свитам и пачкам, получающим комплексные (а не только литологические) характеристики. На практике, конечно, свиты могут быть представлены не всегда полно, например в сокращенном объеме, как это бывает и при выделении ярусов и других подразделений, но требование “хроностратиграфичности” для них обязательно.

Хроностратиграфическими являются также региональные подразделения, прежде всего региоярусы и провинциальные зоны. И здесь уместно вспомнить, что в МСР есть специальное указание на то, что местные или региональные хроностратиграфические подразделения подчиняются тем же правилам, которые установлены для подразделений глобальной стратиграфической шкалы. Об этом почему-то часто забывают, особенно когда используют понятие “формация” (они в контексте сказанного выделяются “не по правилам”). Я ничего не имею против формаций, но должен еще раз повторить, что использование в ряде стратиграфических руководств “литостратиграфии” в широком смысле — это своеобразный возврат к описательной стадии геологии прошлых лет, ибо “литостратиграфия” практически имеет дело часто с литологическими телами (обычно с диахронными границами), с которыми имеют дело геологи на первых этапах изучения региона. Поэтому если использовать термин “литостратиграфия”, то только в том случае, если тела имеют изохронные границы и дают информацию о геологическом времени. Но даже в региональном масштабе одна только литология обычно не может дать представления о времени формирования этих тел. Здесь используются, как правило, палеонтологические остатки и другие данные.

Таким образом, если к хроностратиграфическим подразделениям в МСР относятся фактически лишь единицы общей шкалы (от зонотемы до яруса), то в СКР — единицы как общей, так и региональной и местных шкал. Если посмотреть в целом на стратиграфическую классификацию МСР и СКР, то сразу бросается в глаза, что в первом отражена так называемая “множественная стратиграфия” (самостоятельные лито-, био-, магнито- и другие стратиграфии), а второй базируется на идее “единой” стратиграфии, о чем говорилось выше.

Отдельно следует сказать о мелких единицах Международной стратиграфической шкалы. В последнем издании СКР самым мелким подразделением считается не ярус (как в МСР), а хронозона. Практика последних лет убедительно показала, что сейчас хронозоны с успехом используются в качестве реальных подразделений. В палеозое их насчитывается до 130, в мезозое — 140, в кайнозое — до 45. Обычно основой их выделения являются комплексные зоны (*assemblage zones*), но к хронозонам относятся также все разновозрастные слои, не содержащие органических остатков или слабо ими охарактеризованные. И постепенно хронозоны делаются подразделениями комплексного обоснования, отвечающими мелким этапам развития биосферы или отдельных экосистем. Их можно, наверное, называть “маленькими ярусами”.

В МСР хронозона до сих пор считается подразделением неопределенного ранга. Сейчас, когда усиливается потребность в детализации стратиграфических шкал, отказываться от хронозон было бы неправильно. Более того, в настоящее время практика требует в ряде случаев не только зонального, но и более дробного инфразонального расчленения (циклостратиграфия и пр.).

Обращая внимание на некоторые отличия МСР от СКР, нельзя забывать, однако, об их большом сходстве. Оно выражается, например, в подходе к выделению и ранжировке биостратиграфических, магнитостратиграфических и других категорий. Я уверен, что геологическая практика постепенно сблизит разные точки зрения, но сейчас они пока все-таки остаются. Пока остаются вопросы: что лучше — “множественная” (с параллельными самостоятельными био-, магнито-, литостратиграфией) или “единая” стратиграфия? Или что практичнее — региональные хроностратиграфические подразделения или “литостратиграфические” единицы с диахронными границами?

Таким образом, в ходе совершенствования Международного стратиграфического руководства может возникнуть необходимость обсудить ряд проблем, для того чтобы сократить различия между национальными стратиграфическими кодексами.

1. Различные стратиграфические школы (условно называемые “европейской” и “американской”) все еще по-разному определяют стратиграфию. Первая отдает предпочтение “единой” стратиграфии, которая использует данные, получаемые разными методами.

Вторая делит стратиграфию на несколько самостоятельных стратиграфий (лито-, магнито-, био- и др.).

Российские стратиграфы среди стратиграфических подразделений выделяют *основные* (хроностратиграфические) и *специальные* (в соответствии с применяемым методом).

2. Существуют определенные различия в интерпретации хроностратиграфии. Некоторые стратиграфы полагают, что хроностратиграфическое подразделение соответствует толще, которая сформировалась в определенный интервал времени (в этом часто есть элемент формализма, так как не всегда понятно, какого вида интервал используется). Многие из российских специалистов подчеркивают прежде всего историко-геологическую природу хроностратиграфических подразделений. Они исходят из того, что все стратиграфические подразделения (глобальные или региональные) должны отражать естественные этапы геологического развития биосферы и стратисферы. Это дает возможность реконструировать последовательность и направление геологических процессов и явлений.

3. По мнению российских стратиграфов, основные хроностратиграфические подразделения могут иметь разный масштаб: а) глобальный (системы, ярусы), б) региональный (региоярусы, локальные зоны) и в) местный (свиты). Все они должны иметь стратотипы. Такой иерархии нет в МСР.

4. Многие российские специалисты считают, что местные “литостратиграфические” подразделения (формации), границы которых могут быть диахронными, в строгом смысле не являются хроностратиграфическими (это фактически литологические тела). “Литостратиграфия” рассматривается в этом случае как “простратиграфия”. Она используется на первом этапе изучения разрезов. Поэтому главным элементом местных стратиграфических шкал СКР является свита и при определенном сходстве с формациями она отличается от них своей хроностратиграфической основой и комплексной характеристикой. Это не означает, что “литостратиграфия” совсем не нужна. Использование маркирующих горизонтов, пачек и пр. весьма полезно. При картировании в детальном масштабе (1:10 000—1:25 000) границы “литостратиграфических” единиц обычно являются практически изохронными, а поэтому литостратиграфия может быть использована здесь в хроностратиграфическом аспекте.

5. Многие российские геологи рассматривают хронозону (выделяемую с учетом стандартных комплексных зон) как часть яруса. Хронозона в этом понимании имеет в принципе комплексную (т.е. био-, магнито- и пр.) характеристику (как ярус) и соответствует определенному этапу развития Земли. Вместе с тем, по мнению других специалистов, зоны являются корреляционными маркерами. Это дает основание появлению различных точек зрения относительно того, необходимы ли зональные шкалы в фанерозое или достаточно ярусной шкалы. В российском кодек-

се хронозона введена в основные стратиграфические подразделения (после яруса).

6. Популярная среди части геологов “концепция” GSSP в широком смысле представляется неудачной, так как сами подразделения (ярусы), ограниченные выбранными границами, фактически остаются “пустыми”, без отражения в них геологических событий. Поиск “золотых гвоздей”, конечно, полезен, но только как часть общего изучения стратиграфических подразделений (в том числе “золотых”, “серебряных” и другого типа гвоздей-маркеров).

Возможно, при составлении новой версии Международного стратиграфического руководства следует организовать рабочую группу. Но она не должна спешить! Чтобы избежать тенденциозности, в нее должны войти представители разных стран, где эти проблемы изучаются. Недавно я обратился с двумя предложениями в Международную подкомиссию по стратиграфической классификации (проф. М.-Б. Чита) и Международную комиссию по стратиграфии (проф. Ф. Градштейн).

Первое. Во время МГК-2008 было бы полезным организовать специальный симпозиум с докладами, посвященными анализу стратиграфических кодексов разных стран (США, Германии, Великобритании, Китая, России, Австралии и др.). Это поможет лучше понять, в чем их сходство и в чем различие, насколько принципиальны имеющиеся расхождения. В то же время это даст возможность обсудить соответствующие коррективы и добавления в МСР с отражением в нем разных подходов и альтернативных точек зрения (что очень важно!). Это поможет определить современное состояние стратиграфической классификации, выявив действительно острые и одновременно мнимые проблемы стратиграфии начала XXI в.

Второе. Хорошо было бы подготовить специальное издание — краткую сводку, отражающую содержание современных кодексов разных стран. Каждая страна “получает” две страницы: на первой странице в табличной форме показывается структура стратиграфической классификации, а на второй странице даются комментарии к ней. Такая сводка была бы очень полезна.

Изложенное выше — это личные раздумья автора. Я уверен, что читатель найдет в них много спорного. Поэтому я готов к обсуждению затронутых дискуссионных проблем. Существует много тонкостей в интерпретации тех или иных вопросов стратиграфической классификации, которые надо постоянно обсуждать. Для всех нас примером анализа и синтеза стратиграфических проблем могут служить труды Г.П. Леонова.

В прошлом веке Россия дала миру ряд прекрасных геологов-мыслителей, чьи идеи, в частности в стратиграфии, сохраняют свое значение до сих пор. Можно пожелать молодому поколению геологов как можно глубже изучить оставленное им драгоценное научное наследие. И среди тех авторов, чьи труды необходимо изучать, конечно, замечательный ученый Г.П. Леонов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гладенков Ю.Б.* Биосферная стратиграфия (проблемы стратиграфии начала XXI века). М., 2004. 120 с.
2. *Леонов Г.П.* Основы стратиграфии. М., 1973. Т. 1. 530 с.; 1974. Т. 2. 486 с.
3. *Милановский Е.Е.* К семидесятилетию Георгия Павловича Леонова // Проблемы стратиграфии и исторической геологии. М., 1978. С. 3—8.
4. Стратиграфический кодекс России / Отв. ред. А.И. Жамойда. СПб., 2006. 95 с.
5. International Stratigraphic Guide / Ed. A. Salvador. N.Y., 1994. 214 p.
6. International Stratigraphic Guide: An abridged version // Episodes. 1999. Vol. 22, N 4. P. 255—271.

STRATIGRAPHY IN PERMANENT SEARCH OF NEW IDEAS AND APPROACHES

Yu.B. Gladenkov

Georgiy Pavlovich Leonov was one from the most prominent representatives of the Moscow geological school of the last century. Many of his ideas on stratigraphic classification are widely used in geological practice. These ideas prove to be extremely helpful when compiling the stratigraphic codes and guides of new generation. Disputable problems of stratigraphic classification and main regulations of new Russian Stratigraphic Code are discussed.

УДК 551

ИСТОРИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В РАБОТАХ Г.П. ЛЕОНОВА, ЕГО ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И В СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Д.И. Панов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Поступила в редакцию 03.04.08

Историко-геологический подход к стратиграфии осуществлялся европейскими геологами XVIII — начала XIX в. В дальнейшем в европейской и российской стратиграфии он был фактически утрачен. В американской стратиграфии он никогда не применялся. На протяжении десятков лет необходимость историко-геологического подхода отстаивал Г.П. Леонов. Он считал основным направлением регионально-стратиграфическое, где наиболее полно выражен историко-геологический подход. В современной российской стратиграфии признаны самостоятельность выделенных Г.П. Леоновым геостратиграфических подразделений (свит и т.д.) и необходимость разработки региональных стратиграфических схем на историко-геологической основе. Наиболее полно историко-геологический подход выражен в концепции секвентной стратиграфии.

Основопологающим принципом, которым руководствовался в своих исследованиях Г.П. Леонов, был историко-геологический (а не хронологический!) подход к решению всех проблем исторической геологии, и в том числе стратиграфии. Необходимость такого подхода была наиболее ясно подчеркнута в его посмертно опубликованной статье “Хронологический и собственно исторический пути историко-геологического исследования” [14]. В первую очередь историко-геологический подход проявлялся в процессе расчленения стратиграфического разреза, выделении и корреляции стратиграфических подразделений, что является отправным пунктом любого историко-геологического исследования. Основными задачами стратиграфии Г.П. Леонов считал расчленение (“классификацию”) слоистых супракрустальных пород с исторической точки зрения, естественную периодизацию геологической истории и выделение стратиграфических комплексов отложений, соответствующих естественным этапам геологического развития данного района.

Такой историко-геологический подход был господствующим еще на ранней стадии развития стратиграфии, в работах крупнейших европейских геологов XVIII — начала XIX в. При изучении геологии Центральной и Западной Европы ими были выделены крупные, четко обособленные по составу и условиям залегания толщи горных пород (“формации”, или комплексы), соответствующие характерным этапам истории геологического развития некоторых хорошо изученных в то время геологических регионов (“стратотипических местностей” в современном понимании). К числу таких толщ относятся хорошо известные формации “древнего красного песчаника” (D),

“горного известняка” и кульма (C_1), цехштейн (P_2), формация “пестрого песчаника” (T_1), оолитовая серия, или “известняк Юры” (J) и многие другие в Европе, миссисипий (C_1) и пенсильваний (C_{2-3}) в Северной Америке и т.п.

Все эти “формации”, или комплексы, представлявшие собой, несомненно, региональные стратиграфические подразделения, выделенные на историко-геологической основе, были приняты за эталоны общих стратиграфических подразделений — систем и отделов. Их последовательность и составила общую (международную) стратиграфическую шкалу, принятую (на уровне систем и отделов) на II сессии Международного геологического конгресса в 1881 г. Поэтому совершенно прав был Г.П. Леонов, утверждая, что общая шкала — это всего лишь «одна из региональных схем, “приспособленная” для общего пользования и условно... принятая в качестве общей геохронологической системы классификации» [12]. Вместе с тем Г.П. Леонов отмечал, что, будучи принятой в качестве эталона, эта схема превратилась в условную хроностратиграфическую схему — “геологический хронограф”, по выражению одного из ее создателей Е. Реневье. Соответственно и подразделения этой схемы, будучи региональными в своих стратотипических областях, за пределами таковых становятся хроностратиграфическими, выделяемыми по чисто хронологическому признаку, вне связи с этапами геологического развития конкретных областей.

Эта двойственность в понимании природы международной шкалы оказывается еще более значительной в отношении ее более дробных, ярусных подразделений, которые стали выделяться во всех системах фанерозоя сразу после 1881 г. (а некоторые даже

раньше). Один из основоположников стратиграфии, В. Смит, еще в конце XVIII — начале XIX в. в качестве стратиграфических подразделений такого ранга выделял на территории Юго-Восточной Англии толщи горных пород различного литологического состава, в определенном порядке сменяющие друг друга в разрезе. Эти толщи, прослеживаясь на значительной площади, содержали везде один и тот же набор органических остатков и представляли собой в современном понимании свиты, соответствующие этапам геологического развития Юго-Восточной Англии.

В работах французских исследователей (Ж. Кювье, А. Броньяр, А. д'Орбиньи и др.) при расчленении разреза мезо-кайнозойских отложений Парижского бассейна в качестве стратиграфических подразделений выделялись толщи горных пород, разделенные резкими литологическими границами (зачастую и перерывами) и охарактеризованные различными комплексами органических остатков. Эти толщи также представляли собой региональные стратиграфические подразделения, соответствующие этапам развития Парижского бассейна, но, поскольку каждая из них повсеместно содержала свойственный только ей комплекс органических остатков, их стали рассматривать как общие стратиграфические подразделения (этажи, ярусы), которые могут быть выделены в любом регионе в том же стратиграфическом объеме только по палеонтологическим данным.

Последовательности подразделений такого типа, установленные в разных геологических областях, и составили соответствующие части общей (международной) шкалы на уровне ярусов и подъярусов. На этом уровне общая шкала также имела двойственный характер. Отдельные части шкалы представляли собой, по сути, региональные схемы ярусного подразделения, отражавшие этапность истории геологического развития стратотипических областей. Соответственно и сами ярусы, имевшие свои стратотипы в стратотипической области, представляли собой естественные региональные подразделения (свиты), отвечающие этапам развития этой области. В то же время за пределами стратотипической области ярусы как подразделения общей шкалы представляли собой хроностратиграфические подразделения, синхронные по времени образования своим стратотипам, что устанавливалось палеонтологическим методом, т.е. выделение ярусов и подъярусов вне стратотипической местности производилось исключительно по хронологическому признаку, без какой-либо связи с историей геологического развития района.

Хроностратиграфический аспект в понимании природы подразделений общей шкалы еще более усилился с введением в практику стратиграфических исследований зонального метода (А. Опель), когда ярусы стали понимать как “суммы зон”. Это вызвало ряд противоречий в проведении границ ярусов и отделов даже в стратотипических областях, поскольку ярусы первоначально выделялись на историко-геологической основе, а зоны — на основе корреляции по

палеонтологическим данным. В целях преодоления этих трудностей вносились предложения вообще отказаться от стратотипов, при этом ярусы рассматривались исключительно как хроностратиграфические подразделения — “сумма зон” (О. Шиндевольф).

В Европе большинство исследователей фанерозойских образований, содержащих достаточно много руководящих ископаемых, пошли именно по этому пути, считая возможным повсеместное выделение хроностратиграфических подразделений (ярусов, подъярусов). Поскольку этапность фанерозойской геологической истории на всей территории Европы была в значительной степени одинаковой, создавалось впечатление, что хроностратиграфические подразделения являются естественными, соответствующими этапам геологического развития не только в стратотипических областях, но и на всей остальной территории. Это вроде бы избавляло от необходимости разработки региональных стратиграфических схем для естественных геологических регионов на историко-геологической основе и выделения региональных стратиграфических подразделений (свит), соответствующих этапам развития этих регионов. Границы толщ, естественно выделявшихся в конкретных районах, обычно совмещались с границами ярусов и подъярусов. В тех же случаях, когда детальные био-стратиграфические данные явно указывали на отсутствие такого совмещения, предпочитали “подвинуть” границы ярусов и даже отделов, чтобы они были “естественными”. Так возникла французская схема стратиграфии нижней—средней юры (Э. Ор), в которой зона *Dumortieria levesquei*, составлявшая верхнюю часть тоарской зоны *Lytoceras jurensis*, была отнесена к нижнему аалену, поскольку отложения этой зоны во Франции составляют единую толщу с ааленскими. Аналогично этому в английской схеме граница средней и верхней юры была опущена в основание келловея, чтобы совместить ее с границей региональных подразделений — нижнего и среднего оолита. Таким образом, вместо разработки региональных стратиграфических схем на историко-геологической основе авторы создавали альтернативные хроностратиграфические схемы, что приводило только к двойственности в понимании объема и границ хроностратиграфических подразделений. Тем самым историко-геологический подход в практике европейской стратиграфии был фактически утрачен, несмотря на декларативное признание его необходимости. Действительно, если обратиться к сводным работам, например М. Жинью [8] или В. Аркелла [1], мы не найдем там при характеристике разреза любого региона ничего, кроме последовательности ярусов и подъярусов.

Существенно иначе обстояло дело в Америке, где изначально было очевидно, что подразделения общей (международной) шкалы имеют чисто хроностратиграфический характер и никак не отражают этапности истории геологического развития этого континента. Американские геологи пошли по пути четкого противопоставления трех категорий стратиграфичес-

ких подразделений — хроностратиграфических, биостратиграфических и литостратиграфических [7, 16]. Первые рассматривались как общепланетарные подразделения (международной шкалы) со строго изохронными границами, выделенные исключительно по хронологическому признаку. Вторые (биостратиграфические зоны) выделялись палеонтологическим методом и соответствовали этапам эволюционного развития органического мира Северо-Американской биогеографической провинции. Те и другие подразделения не имели физически выраженных границ и потому не могли реально использоваться в практике геологических исследований — при геологическом картировании, расчленении разрезов буровых скважин и т.п. В практике американских геологов наибольшее распространение получил третий тип стратиграфических подразделений — “формации”. Но это были не те формации, которые выделяли европейские геологи в XVIII—XIX вв. с историко-геологических позиций. В понимании американских геологов “формация” — это чисто литостратиграфическое подразделение, однородное по литологическому составу, распространенное на ограниченной площади, а потому имеющее изменчивые мощность и стратиграфический объем. Такая “формация” не только подстилалась и перекрывалась смежными “формациями”, но и замещалась ими латерально, на площади. Она могла рассматриваться как сугубо местное стратиграфическое подразделение для ограниченного по площади района, но в региональном плане эта “формация” представляла собой лишь одну из фаций какого-то более крупного регионального стратиграфического подразделения. Но такие подразделения, отвечающие этапам развития крупных естественных регионов, в практике американских геологов и не выделялись. Их вполне устраивали “формации”, которые было легко картировать и фиксировать в разрезах буровых скважин. Таким образом, в практике американских стратиграфов историко-геологический подход не использовался изначально.

В России и СССР стратиграфы, находившиеся под влиянием европейских коллег, работали в основном в “европейском” направлении, т.е. стремились повсеместно выделять и прослеживать (и картировать) хроностратиграфические подразделения общей шкалы. В тех случаях, когда выделение ярусов международной (в то время фактически европейской) шкалы оказывалось невозможным, они шли по пути изменения и совершенствования этой шкалы, выделяя новые ярусы по материалам хорошо палеонтологически охарактеризованных российских разрезов. Так появились новые ярусы в карбоне и нижней перми (взамен выделенных в Европе), вошедшие сейчас в общую российскую и международную шкалы, и волжский ярус, который рассматривается сейчас как региональное подразделение.

Одновременно с этим в ходе проведения сплошной геологической съемки на обширных площадях европейской и азиатской частей СССР советские гео-

логи столкнулись с тем, что во многих случаях выделяемые ими и картируемые толщи отложений явно не соответствуют подразделениям общей (международной) шкалы, отвечая естественным этапам развития Европейской платформы, Кавказа или других крупных регионов, не соответствующим западноевропейским. В тех случаях, когда возраст картируемых толщ был более или менее точно определен, их называли в ярусной номенклатуре (например, “сеноманский ярус и нижнетуронский подъярус нерасчлененные”), что, конечно, неправильно, так как ярусные подразделения имеют совсем иную природу. В тех же случаях, когда возраст картируемых толщ был точно не определен, они выделялись под термином “свита” с географическим названием. Тем самым советские геологи в значительной мере неосознанно, стихийно стали использовать на практике историко-геологический подход к стратиграфии.

Как уже было сказано, делалось это зачастую неосознанно и поэтому неправильно. Многие геологи понимали свиты как чисто литологические подразделения наподобие американских “формаций”. Такие “свиты” выделялись в огромном количестве, в каждом районе свои. Как и американские “формации”, это были фактически фации более крупных региональных подразделений, прямого отношения к этапности развития регионов не имевшие. Характерный пример выделения таких “свит” — в нижнеюрских отложениях Юго-Восточного Кавказа, где по долине каждой речки устанавливалась своя последовательность “свит”, причем иногда под названием свиты выделялись просто части разреза, заключенные между продольными разломами. Сами геологи, выделявшие такие “свиты”, рассматривали их как предварительные, временные подразделения, которые в дальнейшем будут заменены хроностратиграфическими подразделениями (ярусами, подъярусами) международной шкалы.

Эти представления нашли отражение в руководстве “Стратиграфические и геохронологические подразделения”, составленном во ВСЕГЕИ под редакцией Л.С. Либровича еще в 1954 г. [17]. В нем утверждается, что системы и отделы общей шкалы выделяются по палеонтологическим данным и соответствуют этапам развития земной коры (от трансгрессии до регрессии); ярусы рассматриваются как единицы провинциальной шкалы, выделяющиеся также по палеонтологическим данным, а в определении свит, которые характеризуются только литолого-фациальными особенностями, не сказано главного — о их соответствии этапам развития конкретных регионов. Более того, указано, что “в выделении свит нет особой необходимости в таких регионах, которые отличаются развитием... отложений, легко сопоставляемых с единицами общей и провинциальной шкал...” [17, с. 49]. Тем самым необходимость историко-геологического подхода, необходимость разработки полноценных региональных стратиграфических схем на историко-геологической основе фактически отрица-

лась. Задача стратиграфического изучения сводилась, по сути дела, лишь к определению относительного возраста отложений в хроностратиграфических единицах общей шкалы.

Практически единственным исследователем в СССР, который на протяжении нескольких десятков лет последовательно отстаивал необходимость историко-геологического подхода к решению проблем стратиграфии, был Г.П. Леонов. Начиная с 1953 г. этому была посвящена серия его работ по общим теоретическим вопросам стратиграфии и исторической геологии [9—14]. Г.П. Леонов определял основные задачи стратиграфии как “классификацию” слоистых супракрустальных пород с исторической точки зрения, естественную периодизацию истории формирования этих образований и их расчленение на естественные комплексы, отвечающие последовательным этапам развития конкретных регионов. Только при таком подходе стратиграфические схемы могут послужить основой для полноценных историко-геологических реконструкций и выводов. Поскольку решение указанных задач осуществляется прежде всего в рамках региональных исследований, то именно регионально-стратиграфическое направление является, по Г.П. Леонову, основным направлением стратиграфических исследований, а геохронологическое, задачей которого является определение относительного возраста, он считал вторичным, возможно имеющим лишь преходящее значение.

Основной целью регионально-стратиграфического исследования Г.П. Леонов считал расчленение стратиграфического разреза с выделением в нем комплексов отложений, соответствующих этапам развития достаточно крупных естественных регионов. Для осадочных пород это мог быть палеобассейн осадконакопления, для вулканических — палеовулканическая область. Соответственно этап геологического развития в первом случае — это этап осадконакопления, во втором — этап проявления вулканической деятельности. Выделяющиеся при этом комплексы отложений Г.П. Леонов считал основными стратиграфическими единицами — основными объектами стратиграфического и историко-геологического изучения. Для этих единиц более всего подходил бы термин “формация” в понимании старых европейских геологов, но поскольку этот термин уже употреблялся в ином смысле, то Г.П. Леонов сначала называл рассматриваемые подразделения как “естественные стратиграфические комплексы”, а затем принял привычные для российских геологов термины “свита” и “серия”. В целом для этой категории стратиграфических подразделений, выделяющихся по историко-геологическому принципу, он предложил хороший термин “геостратиграфические подразделения” (по аналогии с лито-, био-, хроностратиграфическими и т.д.).

Поскольку любое геостратиграфическое подразделение (свита) соответствует одному этапу осадконакопления в палеобассейне, оно отличается внутрен-

ним единством: все слои внутри него образуют согласную последовательность, без перерывов и несогласий. Во многих случаях свита представляет собой осадочный цикл — от трансгрессии до регрессии; последовательность свит при этом отражает периодичность процесса осадконакопления в бассейне. Свита обычно обладает фациальной изменчивостью и представляет собой закономерно (согласно закону Вальтера-Головкинского) построенный фациальный комплекс, отражающий различие условий осадконакопления в разных частях бассейна и их эволюцию в ходе развития бассейна. Геостратиграфическое подразделение таким образом дает необходимую основу для историко-геологического исследования, поскольку совмещает в себе основные показатели — место, время и условия. Последовательность геостратиграфических подразделений, выраженная в региональной стратиграфической схеме, — это основа для объективного анализа истории геологического развития региона, прежде всего — этапности этого развития. Сопоставление этих региональных схем позволяет выделить этапы развития более крупного (межрегионального и даже глобального) значения.

Что касается общей (международной) шкалы, то (по Г.П. Леонову), несмотря на ее изначально региональный характер, в своем практическом применении вне пределов стратотипических областей она используется как хроностратиграфическая схема, подразделения которой выделяются исключительно по хронологическому принципу, не имеют физически выраженных границ и не могут использоваться в практике регионально-геологических исследований (при геологическом картировании и т.п.). Они выполняют служебную, геохронологическую функцию для корреляции разрезов и определения относительного геологического возраста региональных подразделений.

Г.П. Леонов не был “публичным” ученым. Он последовательно излагал свои взгляды в статьях, монографиях и учебниках, в лекциях для студентов, но никогда не навязывал их другим, не стремился “засветиться” участием в конференциях, комитетах и комиссиях. Тем более отраднo видеть, что большинство из разработывавшихся им принципиальных положений находит свое отражение и успешно развивается в современных стратиграфических исследованиях, хотя во многих случаях и без ссылок на работы Г.П. Леонова.

Во-первых, во всех современных российских руководствах по стратиграфии [15, 18, 19] геостратиграфические (по терминологии Г.П. Леонова) подразделения (свита, серия, горизонт) рассматриваются наряду с хроностратиграфическими (система, отдел, ярус) как основные стратиграфические подразделения. Причем принимаются они не как “временные” подразделения, выделяющиеся на начальных этапах стратиграфического исследования при невозможности выделения хроностратиграфических подразделений общей шкалы, а как вполне самостоятельные,

“постоянные” подразделения, объективно выделяющиеся в конкретных регионах независимо от хроностратиграфических. Во 2-м издании Стратиграфического кодекса [18] прямо сказано: “Как стратиграфическое подразделение, имеющее историко-геологическую природу... свита формируется в определенный этап геологического развития участка земной коры... В географическом распространении она ограничена районом с одинаковой или сходной историей формирования пород, т.е. ... пределами определенной структурно-фациальной зоны или... древнего седиментационного бассейна” [18, с. 37—38]. Сходные определения местных и региональных стратиграфических подразделений (свита, серия, комплекс, горизонт) даются и в других руководствах. В частности, в них отмечается, что местный стратон отвечает этапу геологического развития региона — циклу осадконакопления, этапу проявления тектонических движений и вулканизма, климатической эпохе и т.п.

Нетрудно видеть, что эти определения полностью соответствуют определению геостратиграфических подразделений по Г.П. Леонову и подчеркивают историко-геологический принцип их выделения. Именно такие подразделения Г.П. Леонов считал основными единицами, основными объектами историко-геологического исследования.

Во-вторых, в настоящее время признана необходимость разработки региональных стратиграфических схем крупных геологических регионов, что также отражено в соответствующих руководствах [15, 18, 19].

Речь идет о действительно региональных стратиграфических схемах, в которых показана последовательность местных и региональных стратиграфических подразделений (свит, серий, горизонтов), выделенных в разрезе данного региона и его частей, которые скоррелированы по возрасту с хроностратиграфическими подразделениями общей шкалы. Региональные стратиграфические схемы рассматриваются как основа всех регионально-геологических исследований (в том числе геологического картирования) и реконструкции истории геологического развития соответствующих регионов.

Нетрудно видеть, что два рассмотренных положения представляют собой практическое воплощение двух основополагающих принципов Г.П. Леонова: 1) основным направлением стратиграфического исследования является регионально-стратиграфическое, ибо именно в нем осуществляется историко-геологический подход к стратиграфии, и 2) основными единицами стратиграфического (и историко-геологического) исследования являются геостратиграфические подразделения (свиты, серии, горизонты). Ограничиваясь использованием только хроностратиграфических и литостратиграфических единиц, невозможно произвести ни полноценного расчленения стратиграфического разреза, ни геологического изучения региона, ни восстановления истории его геологического развития [14]. Эти идеи Г.П. Леонова при его жизни не всегда встречали поддержку, часто наталки-

ваясь, по его выражению, “на глухую стену непонимания”. Однако практика проведения геологических работ на обширной территории нашей страны полностью подтвердила их справедливость и жизненность.

Третий момент, который следует подчеркнуть, — это появление и бурное развитие сначала за рубежом, а затем и в нашей стране секвентной стратиграфии. Это направление возникло в среде геологов-нефтяников, прежде всего американских, но также и советских, на базе интерпретации временных сейсмических разрезов нефтегазоносных бассейнов. Согласно авторам термина [3, 21], секвенция — это относительно согласная последовательность генетически связанных слоев, ограниченная в кровле и подошве несогласиями и коррелирующимися с ними согласными границами. Поскольку секвенция ограничена несогласиями и соответствующими перерывами в осадконакоплении, то она отвечает обособленному этапу развития бассейна — от трансгрессии до регрессии. Она представляет собой осадочный цикл, в составе которого выделяются последовательно сменяющие друг друга системы трактов (высокого и низкого уровня моря, трансгрессивная, конденсированных разрезов и т.п.), фиксирующие последовательные стадии формирования цикла (секвенции). По характеру сейсмической записи в составе секвенции выделяются сейсмические фации — континентальные, шельфовые, дельтовые и т.п. Каждая секвенция, таким образом, представляет собой закономерно построенный фациальный комплекс — осадочный цикл, соответствующий обособленному этапу геологического развития бассейна, т.е. типичное геостратиграфическое подразделение, аналогичное свите. Последовательность секвенций отражает периодичность развития бассейна, выраженную в чередовании эпох трансгрессии и регрессии. В советской (российской) литературе [2—6, 20] аналогичные секвенциям подразделения выделяются как сейсмические, или седиментационные, комплексы, имеющие практически ту же характеристику.

Характерно, что секвентная стратиграфия зародилась в среде геологов-нефтяников, где историко-геологический метод до этого не применялся. На ранних стадиях изучения, когда искали прежде всего структурные ловушки, вполне обходились выделением литостратиграфических подразделений “формаций”, служивших коллекторами и покрышками. Однако с усложнением задач, с ориентировкой поисков на неструктурные ловушки (зоны выклинивания, несогласного перекрытия, фациального замещения и т.п.) требовался уже историко-геологический подход — выявление взаимоотношений слоев, этапности развития бассейнов, что и позволила осуществить секвентная стратиграфия. Можно сказать, что секвентная стратиграфия — это наиболее полное выражение историко-геологического подхода в современных стратиграфических исследованиях.

Как известно, секвентная стратиграфия идет дальше. Связывая перерывы и несогласия на границах секвенций с эвстатическими колебаниями уровня моря и выделяя секвенции различного порядка, исследователи допускают, что наиболее крупные секвенции могут быть связаны с глобальными колебаниями уровня океана и, следовательно, иметь гло-

бальное значение. Возможно, что выделение таких секвенций — действительно путь к корреляции этапов развития разных бассейнов в глобальном масштабе и разработке общей схемы естественной периодизации истории Земли.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП “Научные школы” грант НШ-841.2008.5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аркелл В. Юрские отложения земного шара. М., 1961. 803 с.
2. Беляков С.Л., Гладенков Ю.Б., Шлезингер А.Е. Стратиграфические исследования, основанные на эвстатических колебаниях // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1993. Т. 1, № 6. С. 3—9.
3. Вейл П., Митчел Р., Тодд Р. и др. Сейсмостратиграфия и глобальные изменения уровня моря // Сейсмическая стратиграфия. Ч. 1. М., 1982. С. 104—358.
4. Волож Ю.А., Ковылин В.М., Милитенко Н.В., Шлезингер А.Е. Внутренняя расшифровка осадочных бассейнов сейсмостратиграфией // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1994. Т. 69, вып. 3. С. 137—141.
5. Гиригорн Л.Ш. Сейсмостратиграфия, предмет и метод // Тр. Зап.-Сиб. н.-и. геол.-разв. нефт. ин-та. 1983. Вып. 182. С. 95—103.
6. Гладенков Ю.Б., Шлезингер А.Е. Сейсмостратиграфический метод и секвентная стратиграфия в совершенствовании стратиграфических схем // Пути детализации стратиграфических схем и палеогеографических реконструкций. М., 2001. С. 258—270.
7. Данбар К., Роджерс Д. Основы стратиграфии. М., 1962. 363 с.
8. Жинью М. Стратиграфическая геология. М., 1952. 638 с.
9. Леонов Г.П. К вопросу о принципе и критериях регионально-стратиграфического расчленения осадочных образований // Памяти проф. А.Н. Мазаровича. М., 1953. С. 31—57.
10. Леонов Г.П. К вопросу о задачах и методе регионально-стратиграфических исследований // Вестн. Моск. ун-та. Сер. биол., почв., геол. и геогр. 1953. № 6. С. 33—45.
11. Леонов Г.П. К вопросу о соотношении стратиграфических и геохронологических подразделений // Вестн. Моск. ун-та. Сер. биол., почв., геол. и геогр. 1955. № 8. С. 17—31.
12. Леонов Г.П. Основы стратиграфии. Т. 1. М., 1973. 530 с.
13. Леонов Г.П. Историческая геология. Основы и методы. Докембрий. М., 1980. 342 с.
14. Леонов Г.П. Хронологический и собственно исторический пути историко-геологического исследования // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 1985. № 1. С. 10—16.
15. Практическая стратиграфия. Л., 1984. 320 с.
16. Степанов Д.Л. Принципы и методы биостратиграфических исследований // Тр. ВНИГРИ. 1958. Вып. 113. 180 с.
17. Стратиграфические и геохронологические подразделения. М., 1954. 88 с.
18. Стратиграфический кодекс. 2-е изд. СПб., 1992. 120 с.
19. Стратиграфический кодекс России. 3-е изд. СПб., 2006. 96 с.
20. Шлезингер А.Е. Региональная сейсмостратиграфия // Тр. ГИН РАН. 1998. Вып. 512. 144 с.
21. Mulholland Y.W. Sequence stratigraphy: basic elements, concepts and terminology // Leading Edge. 1998. Vol. 17, N 1. P. 37—40.

HISTORICAL-GEOLOGICAL APPROACH TO SOLUTION OF STRATIGRAPHIC PROBLEMS IN G.P. LEONOV'S WORKS, HIS PREDECESSORS AND IN MODERN STUDIES

D.I. Panov

Historical-geological approach is important. He considered that main route is regional-stratigraphic method that based on the historical-geological approach. In modern Russian stratigraphy geostratigraphic subdivisions (formations etc.) proposed by Leonov are accepted, as well necessity development of regional stratigraphic scales on the historical-geological basis. The most complete historical-geological approach is resulted in conception of the sequence stratigraphy. XIX centuries. But in was really missed in European and Russian stratigraphy later. In American stratigraphy this approach never was accepted. G.P. Leonov many years supports idea, that historical-geological approach is important. He considered that main route is regional-stratigraphic method that based on the historical-geological approach. In modern Russian stratigraphy geostratigraphic subdivisions (formations etc.) proposed by Leonov are accepted, as well necessity development of regional stratigraphic scales on the historical-geological basis. The most complete historical-geological approach is resulted in conception of the sequence stratigraphy.

УДК 551.24

ТЕКТОНОСТРАТИГРАФИЯ — НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОЛОГИИ

А.М. Никишин, Л.Ф. Конаевич

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Поступила в редакцию 19.03.08

Тектоностратиграфия представляет собой активно развивающееся направление в геологии осадочных бассейнов. Основываясь на сформулированных в классической геологии понятиях, тектоностратиграфия рассматривает взаимоотношения между крупными литостратиграфическими единицами, уделяя при этом основное внимание влиянию тектонических процессов на формирование стратиграфической последовательности. Тектоностратиграфия тесно связана с представлениями, сформулированными в рамках секвентной стратиграфии, а тектоностратиграфические единицы хорошо распознаются на сейсмических профилях. На конкретных примерах рассмотрена методика выделения тектоностратиграфических единиц в различных типах осадочных бассейнов, а также их соотношение с хроностратиграфическими подразделениями.

Тектоностратиграфия — активно развивающееся сравнительно новое направление в геологии осадочных бассейнов. Этот раздел геологии занимается изучением взаимоотношений между крупными литостратиграфическими единицами, например фациально-разнородными толщами (sequences), при этом особое внимание уделяется влиянию тектонических процессов на формирование стратиграфической последовательности. В то же время тектоностратиграфия является неотъемлемой частью классической геологии и ее основы начали разрабатываться очень давно, в разных странах и многими исследователями. Так, еще в XVIII в. было установлено важное значение угловых несогласий [17]. Работы А. Грессли [16] ввели в геологию понятия “фация” и “фациальная последовательность”, а Ч. Лайель [2, 18] сформулировал и ввел в геологию “принцип униформизма”, который позволил осуществлять палеогеографические реконструкции на основании знаний о современных геологических обстановках. В конце XIX — начале XX в. разработана концепция чередования трансгрессивно-регрессивных циклов, сформулированы представления об их эвстатической природе и влиянии на формирование и пространственное распространение осадочных толщ [20].

Большой вклад в концепцию того научного направления, которое ныне называется тектоностратиграфией, внесли работы российских геологов, главным образом Н.С. Шатского и его последователей, которые разработали основы формационного анализа, явившегося, по сути, тектоностратиграфическим подходом к анализу строения крупных осадочных и осадочно-вулканогенных комплексов. При этом термин “формация” понимался как “естественный комплекс сообществ или ассоциаций горных пород, со-

ставляющие члены которых, то есть слои, пачки породы, свиты, отложения, парагенетически связаны друг с другом как в вертикальном, так и в латеральном направлениях” [13, с. 176]. Под парагенезом Н.С. Шатский понимал общность тектонических обстановок [13, с. 175—184, 219—232; 14].

Г.П. Леонов считал одним из основных принципов региональной геологии выделение комплекса слоев, отвечающих естественным этапам развития региона или бассейна осадконакопления. Большое значение Г.П. Леонов придавал морфологической выраженности естественных геологических единиц, отвечающих определенным этапам развития региона, в частности четкости их границ и отличиям состава и структуры. Особое внимание Г.П. Леонов уделял стратиграфическим перерывам. Фациальный метод в понимании классических геологов широко использовался Г.П. Леоновым для решения геолого-стратиграфических задач. В пространственном и вертикальном взаимоотношениях фаций он видел также выражение структуры формаций как целостных историко-геологических единиц [4]. В своих трудах он значительное место уделял проблемам цикличности, которая в настоящее время используется в секвентной и тектоностратиграфии [3, 5].

В последнее время появляется все больше научных публикаций, посвященных тектоностратиграфическому анализу. Они касаются различных тектонических структур — от типично платформенных участков земной коры до сложно построенных складчатых поясов с породами офиолитовой ассоциации [8]. Тектоностратиграфическое направление активно разрабатывается в нефтяных компаниях, в том числе в “Бритиш Петролеум”, которая является одним из лидеров этого направления.

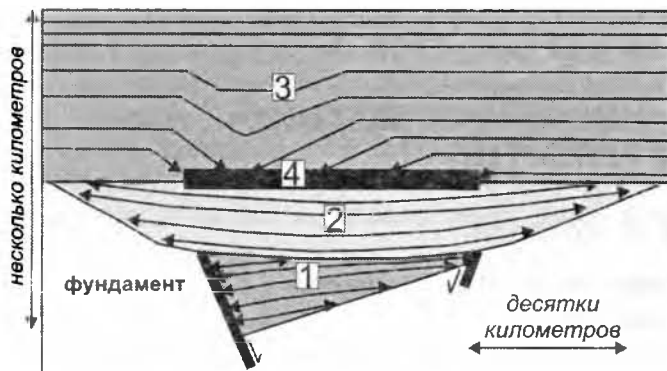


Рис. 1. Графическое изображение принципа выделения тектоностратиграфических единиц на основе интерпретации сейсмического профиля. Построено с учетом идеологии, принятой в НК "Бритиш Петролеум": 1 — рифтовый комплекс, 2 — пострифтовый комплекс, 3 — комплекс краевого прогиба, 4 — поверхность конденсированного разреза

Тектоностратиграфия — это выделение мегасеквенций (мегапоследовательностей) и их интерпретация в терминах тектонических обстановок их формирования [21].

Тектоностратиграфия тесно связана с секвентной стратиграфией (или секвенс-стратиграфией). Секвентная стратиграфия (стратиграфия секвенций, секвенс-стратиграфия) занимается изучением взаимоотношений пород в пределах хроностратиграфического каркаса, где толщина пород циклическая и сложена генетически связанными элементами. Секвенция (секвенс) представляет собой последовательность осадочных тел, накопившихся за единый трансгрессивно-регрессивный цикл, от одной фазы перехода регрессии к трансгрессии к следующей аналогичной фазе. Таким образом, секвенции четко коррелируются с разным стоянием уровня моря. В классической "эксоновской" модели секвентной стратиграфии П. Вайла и его последователей используется весьма разнообразная терминологическая база, которая включает в себя такие понятия, как системы трактов, границы секвенсов (секвентные границы), парасеквенции, пакеты парасеквенций (про-, ретро- и агградационный), трансгрессивная поверхность, поверхность максимального затопления и многие другие. Мировой опыт показал высокую эффективность применения секвентной стратиграфии для районов континентальных окраин, где четко различается седиментация при высоких и низких значениях уровня моря. Кроме того, секвентная стратиграфия позволяет прогнозировать распределение коллекторов, покрышек и очагов генерации углеводородов на региональном уровне, а также устанавливать внутреннюю структуру резервуаров на локальном уровне. Высокие прогностические возможности при поиске месторождений нефти и газа обусловили повышенный интерес и широкое внедрение этой концепции в практику геолого-разведочных работ.

Секвенции (секвенсы) разделяются на несколько порядков, отвечающих различным по своей продолжительности временным интервалам. Наиболее длительные соответствуют формированию мегасеквен-

ций. Мегасеквенции представляют собой тектоностратиграфические комплексы, сформировавшиеся в течение основной фазы существования бассейна. Границы мегасеквенций снизу ограничены угловым несогласием, сверху — либо угловым несогласием, либо комбинацией поверхностей налегания и прилегания. Длительность формирования мегасеквенций составляет 3—50 млн лет и соответствует таким тектоническим процессам, как континентальный рифтинг, образование краевых прогибов и зон инверсии. Формирование мегасеквенций, отвечающих раскрытию и закрытию задуговых бассейнов, распаду или объединению континентов, занимает более 50 млн лет. Каждая мегасеквенция имеет характерный для нее рисунок внутренней волновой (сейсмической) записи и сопоставима с сейсмокомплексами. Мощность мегасеквенций или тектоностратиграфических единиц может составлять от сотни метров до первых километров. Пример выделения мегасеквенций показан на рис. 1.

Если секвентная стратиграфия эффективно используется для анализа континентальных окраин, то тектоностратиграфический подход можно использовать для бассейнов со сложной тектонической историей: рифтовых и пострифтовых прогибов, краевых и межгорных прогибов, бассейнов, сменивших на протяжении истории своего развития несколько тектонических обстановок (например, Прикаспийский, Тунгусский и Тимано-Печорский бассейны, Скифская платформа, Охотское море, Арктика).

Выделение тектоностратиграфических единиц

В основе тектоностратиграфических построений лежит единая для осадочного бассейна схема стратиграфии, разработанная путем синтеза данных полевой геологии, скважин и сейсмопрофилей. Самым важным является увязка всех данных в единую систему с выделением региональных хроностратиграфических единиц. Хроностратиграфическая единица представляет собой толщу пород, выделенную в качестве вещественного репера для всех отложений, образованных в течение определенного интервала времени. Тектоностратиграфическая единица представляет собой характерное сочетание литостратиграфических единиц (слоев, пачек, свит), возникшее при определенном тектоническом режиме, а смена таких единиц связана с изменением этого режима. Таким образом, тектоностратиграфическая единица может включать в себя одну или несколько хроностратиграфических единиц, объединенных единым этапом тектонической истории региона. Масштаб этапа зависит от сложности историко-геологической истории бассейна, а также от уровня его изученности. Примерами тектоностратиграфических единиц могут быть рифтовые и пострифтовые, сининверсионные, синскладчатые (синкинематические) серии осадков, а также осадочные толщи, заполняющие краевые прогибы.

Тектоностратиграфические единицы могут быть нескольких рангов. Например, рифтовая серия осадков может быть разделена на фазы, различающиеся скоростями погружения и смещениями по разломам. Также синскладчатые и сининверсионные комплексы осадков могут быть разделены на фазы роста деформаций и т.д.

На сейсмических профилях можно четко выделять следующие типы тектоностратиграфических единиц: дорифтовые осадки (формировались до начала образования сбросов), синрифтовые осадки (формировались синхронно с образованием сбросов), пострифтовые осадки (формировались после завершения сбросообразования над рифтом в ходе плавного погружения), осадки краевого прогиба (формировались во флексурном “изгибовом” бассейне синхронно с ростом орогена), сининверсионные осадки (формировались синхронно со складчатыми деформациями).

В свою очередь каждую тектоностратиграфическую единицу на сейсмических профилях можно подразделить на части и дать им конкретные характеристики. Например, для синрифтовых осадков можно выделить во времени синриф-1 (формирование полуграбена), синриф-2 (формирование структуры “проворачивания” (rollover), синриф-3 (расширение полуграбена). Для синрифтовых осадков можно выделить разные типы фаций (карбонатные постройки, карбонатную платформу, клиноформы с песчаниками).

Для краевых прогибов также можно выделить краевой прогиб-1, краевой прогиб-2, краевой прогиб-3, каждый из которых обладает своими характеристиками (например, миграцией бассейна от орогена, изменением положения основного источника обломочного материала).

Сейсмопрофили, пересекающие обширные регионы, отдельные осадочные бассейны или тектонические структуры, являются прекрасным материалом для выделения тектоностратиграфических единиц. Наряду с границами тектонических несогласий, характерной их чертой являются конденсированные разрезы (обычно выражены как яркие рефлекторы на сейсмопрофилях), поэтому их выделение является стандартной процедурой при интерпретации сейсмических профилей.

На рис. 2—5 показаны примеры выделения тектоностратиграфических единиц.

Развитие на рифтовой и пострифтовой стадиях осадочного бассейна Одесского шельфа, испытавшего инверсию, иллюстрирует рис. 2, А. На сейсмопрофиле удается выделить несколько стадий развития бассейна, каждой из которых соответствуют определенные тектонические комплексы — рифтовый, пострифтовый, сининверсионный и постдеформационный. Сининверсионный комплекс формировался на фоне общего погружения с относительным воздыманием зоны антиклинали. В нем дополнительно выделяются 3—4 единицы, отражающие разные скорости относительного роста складки. Постдеформационный чехол несогласно перекрывает нижележащие от-

ложения. Тектоническая интерпретация (выделение мегасеквенций) в этом случае возможна даже без привлечения данных бурения.

Не менее четко выделяются дорифтовые, синрифтовые и пострифтовые мегасеквенции в палеозойских и мезозойских отложениях Днепровского бассейна (рис. 2, Б). В дорифтовом комплексе четко прослеживается система грабенов, пересекающих чехол одинаковой мощностью отложений.

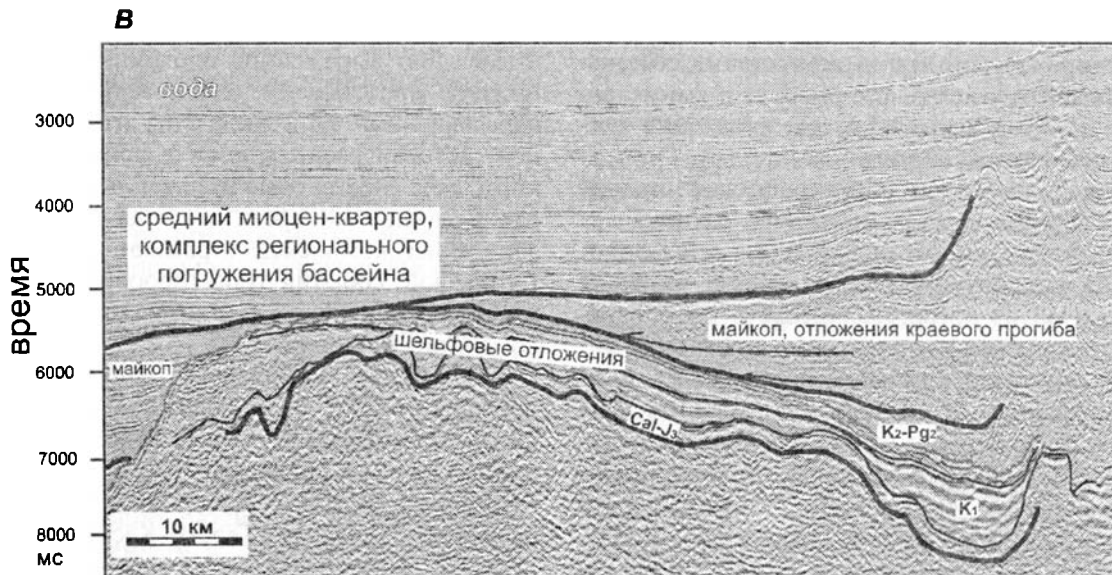
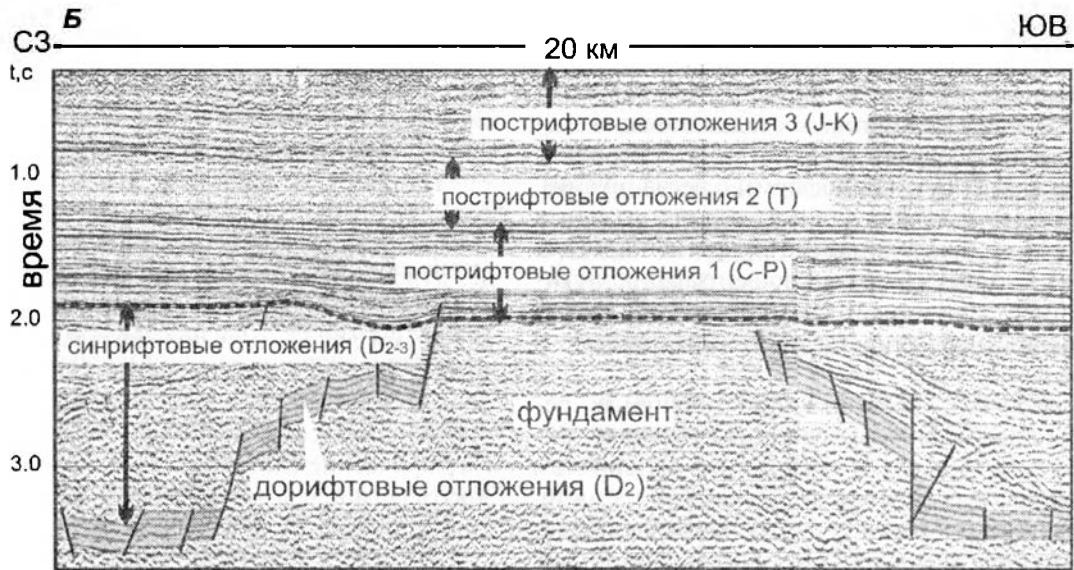
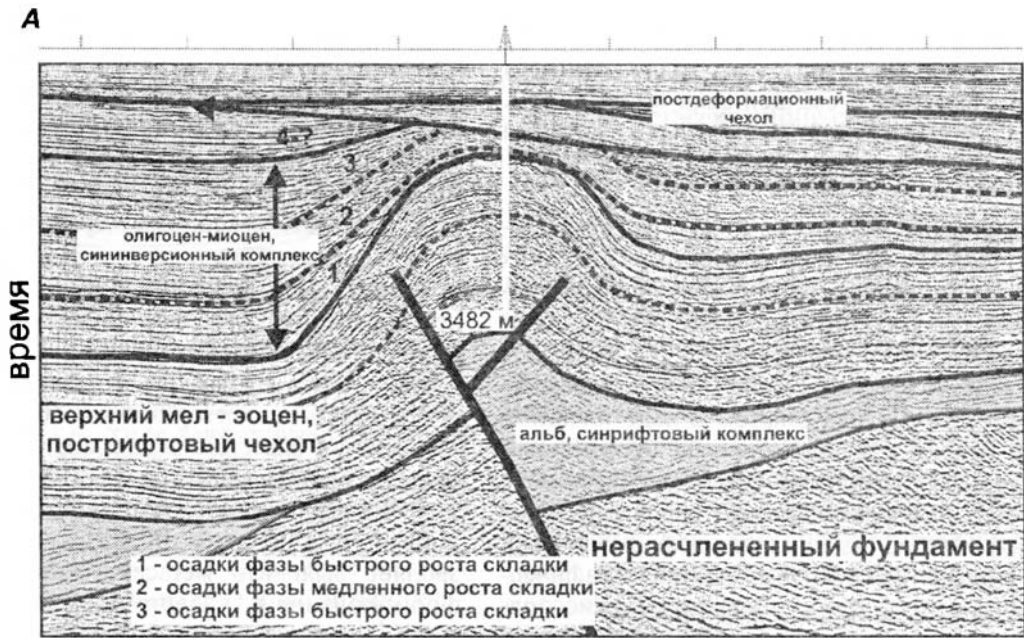
Отложения майкопа (олигоцен—нижнего миоцена) Туапсинского прогиба прекрасно иллюстрируют тектонические обстановки краевого прогиба в условиях изгиба литосферы. Формирование флексурного изгиба сменилось режимом общего погружения и заполнения бассейна осадками, что позволяет выделить две мегасеквенции (рис. 2, В).

Фрагмент краевого прогиба бассейна По, расположенного к востоку от Апеннинского орогена, позволяет выделить мегасеквенцию, совпадающую с формированием надвигового пояса (рис. 3, А). Видно, что отложения плиоцена накапливались синхронно с надвигообразованием, так как мощность разреза и его полнота уменьшаются к высшим точкам антиклиналей (т.е. плиоцен образует сининверсионную тектоностратиграфическую единицу). Постнадвиговая мегасеквенция составляет самостоятельную тектоностратиграфическую единицу.

На рис. 3, Б показан фрагмент профиля Анадырского прогиба. Здесь четко виден плавный переход поверхности углового несогласия к согласной границе. Угловое несогласие указывает на смену двух тектоностратиграфических единиц, связанных с вертикальными движениями положительного знака и четко фиксирующихся в левой части профиля. Этот пример показывает, что на коротком участке сейсмического профиля не всегда возможно разделить тектоностратиграфические единицы, в связи с чем нужно использовать региональные протяженные профили, которые полнее отражают геологическое строение региона.

На рис. 3, В показан пример выделения двух тектоностратиграфических единиц с резко различным строением пакетов парасеквенций. Верхняя единица имеет явно выраженное проградационное строение, нижняя представляет собой набор аградационных парасеквенций. Они разделены весьма четкой границей, которая располагается в основании дельтового комплекса (неогеновые отложения дельты Палеоамура). В данном конкретном случае дельтовые проградационные комплексы отражают региональные тектонические события типа горообразования в сопряженных районах с резким возрастанием привноса обломочного материала.

Осадочные комплексы, заполняющие краевые прогибы, имеют очень сложное строение и могут подразделяться на несколько единиц. Формирование каждой из них сопровождалось сменой тектонического режима. На рис. 4 показана интерпретация сейсмического профиля Терско-Каспийского краевого прогиба. Четко выделяются две мегасеквенци-



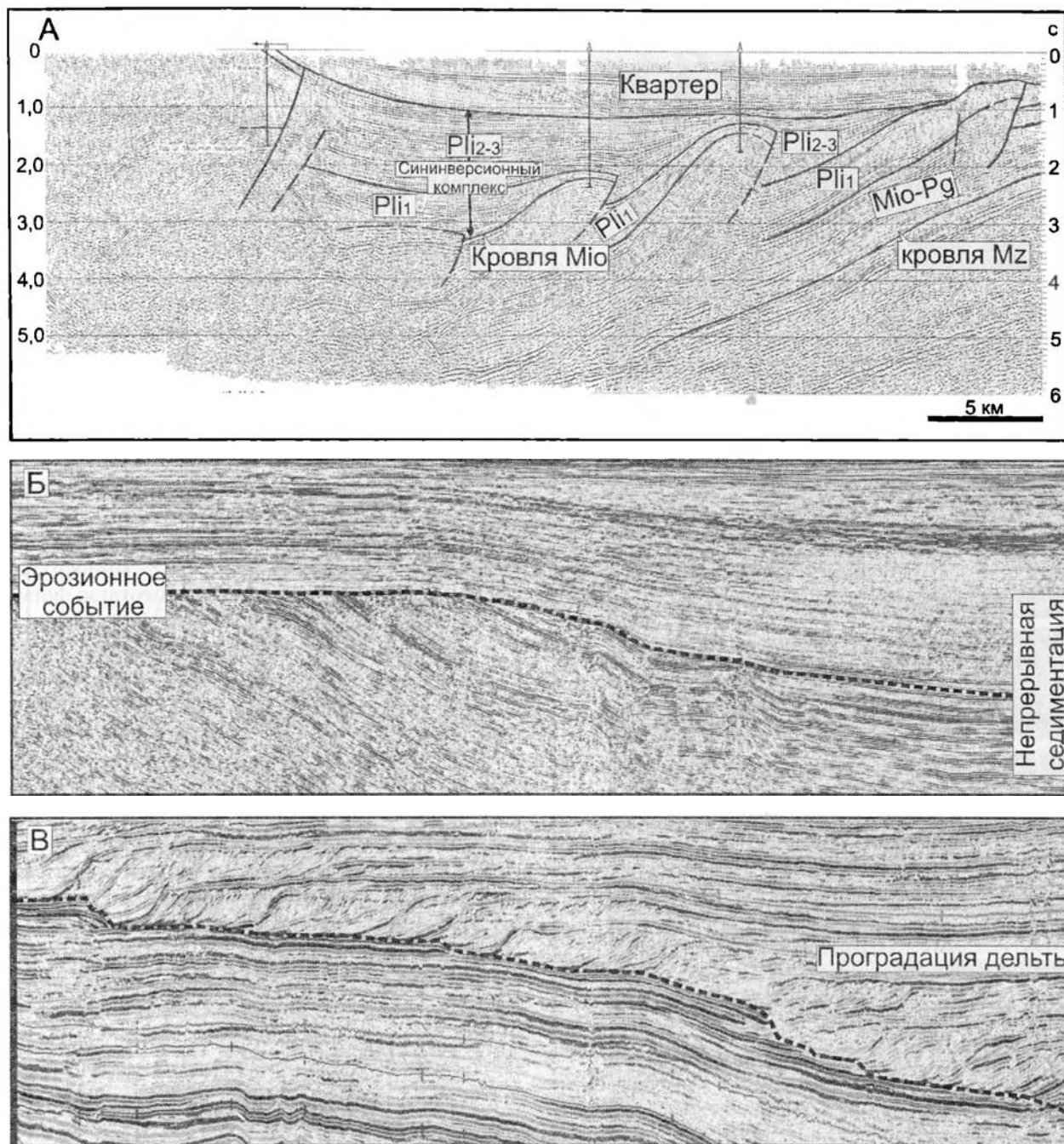


Рис. 3. Примеры выделения тектоностратиграфических единиц разных типов:

А — фрагмент сейсмического профиля краевого прогиба По (Италия) (профиль по [15]); четко выделяется плиоценовый комплекс, формировавшийся синхронно с надвигообразованием (сининверсионный комплекс). Б — фрагмент сейсмического профиля для бассейна Берингова моря (представлен НК "Газпром нефть"); пунктирная граница разделяет два тектоностратиграфических комплекса, однако угловое несогласие между ними плавно переходит в согласную границу. В — фрагмент сейсмического профиля бассейна Охотского моря (представлен НК "Роснефть"); проградация дельтового комплекса Палеоамура могла быть обусловлена крупным тектоническим событием на суше типа горообразования

Рис. 2. Примеры выделения тектоностратиграфических единиц:

А — фрагмент сейсмического профиля Одесского шельфа в Черном море (профиль по [10]); выделены синрифтовый, пострифтовый, сининверсионный комплексы и последеформационный чехол; в сининверсионном комплексе выделены фазы с разной скоростью роста складки. Б — фрагмент сейсмического профиля Днепровского бассейна (профиль по [9]); выделены фундамент, дорифтовые, синрифтовые и пострифтовые отложения; пострифтовые отложения разделены на три единицы; J—K — юра—мел; T — триас, C—P — карбон—пермь, D₂₋₃ — средний—верхний девон; D₂ — средний девон. В — фрагмент сейсмического профиля Туапсинского прогиба в Черном море [1]; выделен комплекс отложений краевого флексурного прогиба (олигоцен—нижний миоцен) и комплекс регионального погружения бассейна (средний миоцен—квартер); Cal—J₃ — келловей—верхняя юра, K₁ — нижний мел; K₂—Pg₂ — верхний мел—эоцен

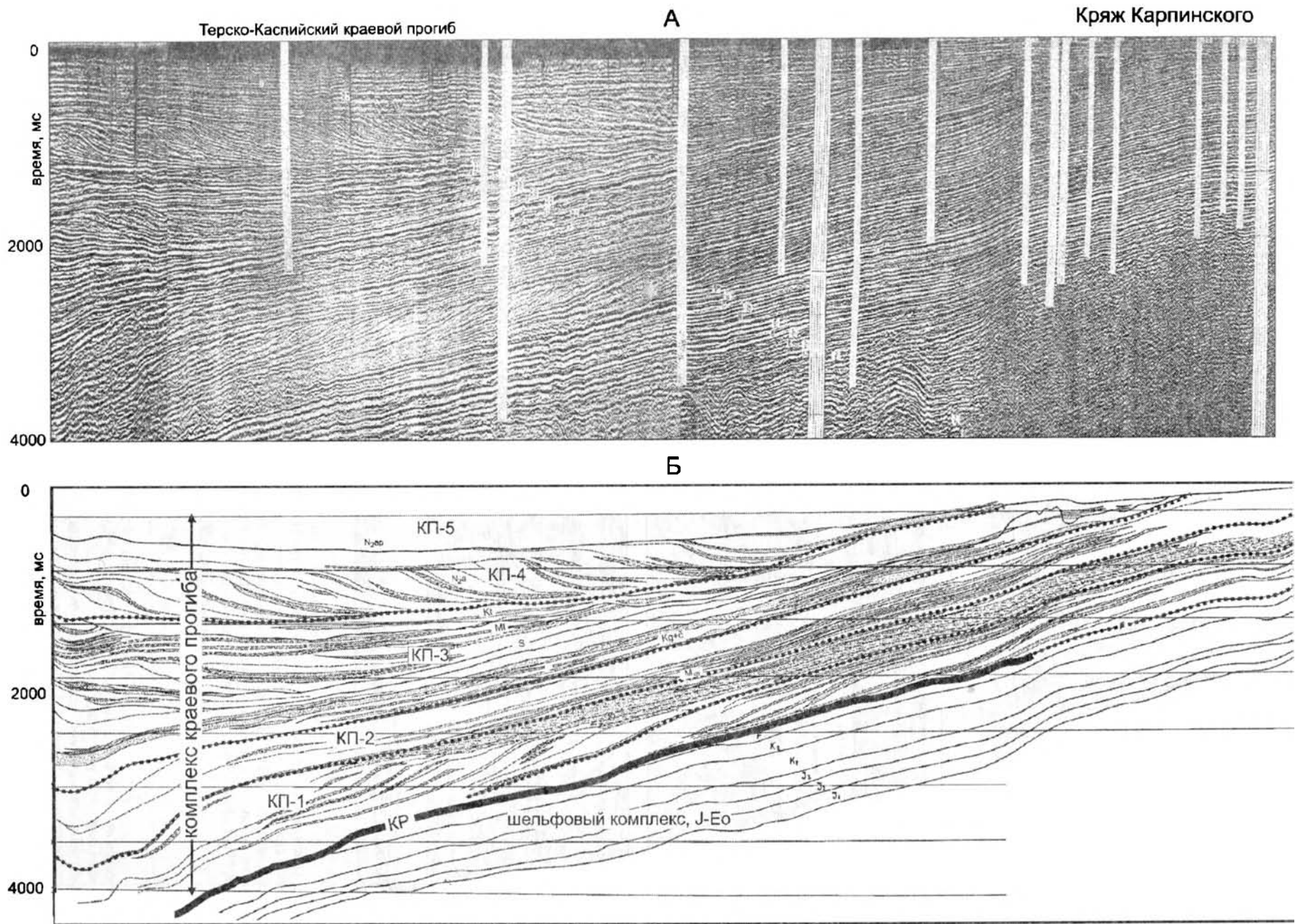


Рис. 4. Сейсмический профиль через Терско-Каспийский краевой прогиб (А) и его интерпретация (Б) [11, 12].

На профиле выделяются шельфовый комплекс и комплекс краевого флексури прогиба. В краевом прогибе выделено пять тектоностратиграфических единиц (КП-1, -2, -3, -4, -5) с различными тектоническими обстановками седиментации; КР — конденсированный разрез

ности (сейсмокомплексы): шельфовый — юра—эоцен и краевого прогиба — олигоцен-квартер. В основании комплекса краевого прогиба в подошве клиноформ намечается интервал конденсированных отложений. Это фиксируется поверхностями налегания на разделяющую поверхность разновозрастных отложений. В сейсмокомплексе краевого прогиба выделяются пять подкомплексов с различной историей осадконакопления: 1 (нижняя часть майкопа) — осадки заполняют клиноформами глубокий бассейн; 2 (верхняя часть майкопа) — бассейн в основном компенсируется осадками; 3 (средний-верхний миоцен) — заполнение бассейна с преобладанием транспорта обломочного материала с растущих гор Большого Кавказа; 4 (плиоцен, акчагыл) — крупномасштабный транспорт осадочного материала с Большого Кавказа, проградация обломочных отложений на север в сторону платформы; 5 (квартер) — площадное заполнение остаточного бассейна молассой.

Региональный профиль, пересекающий зону краевого прогиба на Аляске севернее хр. Брукса (рис. 5), можно считать учебным для выделения тектоностратиграфических единиц [19]. На профиле видны следующие тектоностратиграфические комплексы: 1 — рифтовые и пострифтовые отложения нерасчлененные; 2 — пострифтовые отложения, формировавшиеся во время некоторой инверсии палеорифта (пострифтовые сининверсионные отложения); 3 — пострифтовый комплекс нерасчлененный, в котором можно выделить более детальные тектоностратиграфические единицы; 4 — отложения краевого флексурного прогиба. В этом комплексе четко выделяются три единицы: 4а — треугольная в разрезе призма осадков краевого прогиба, заполнявшая глубоководный трог; отложения скорее всего представлены флишем (синороженным комплексом заполнения глубокого бассейна); 4б — комплекс клиноформной проградации обломочных отложений от орогена в сторону платформы с заполнением глубокого бассейна осадками; 4в — комплекс квазиравномерного перекрытия краевого прогиба континентальной или мелководно-морской молассой. В основании вероятного флишевого комплекса (4а) фиксируется полоса ярких отражений, которая может соответствовать поверхности конденсированного осадконакопления.

Тектоностратиграфические единицы можно выделять на основе анализа сеймопрофилей, как показано на рис. 6 (район Кубанского краевого прогиба в Предкавказье). Такие единицы служат основой для выделения мегасеквенций и разделяющих их поверхностей (рис. 7). На рис. 8 приведена тектоностратиграфическая схема с констатацией тех тектонических событий, которые разделяют мегасеквенции.

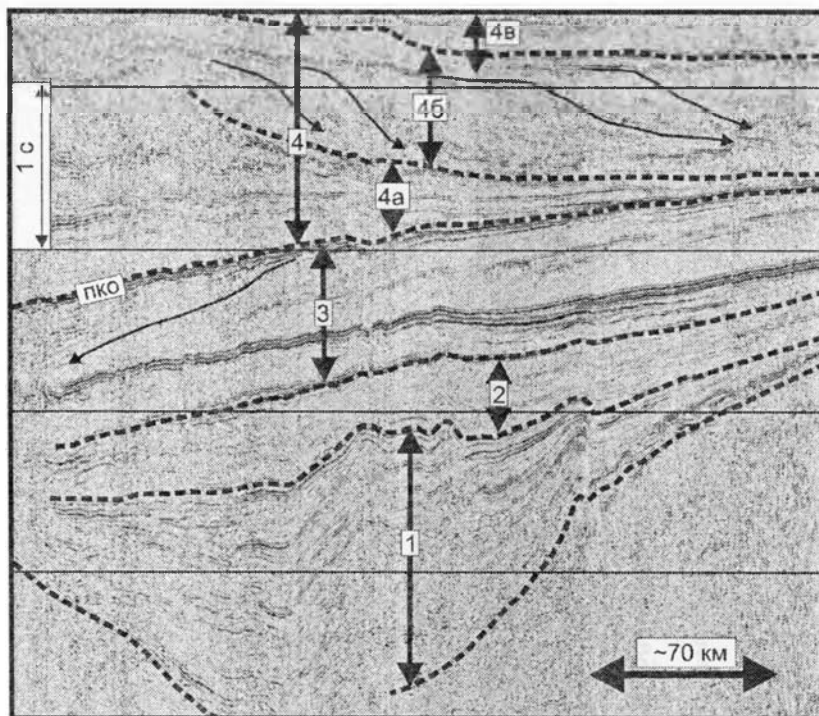


Рис. 5. Фрагмент регионального сейсмического профиля краевого прогиба к северу от хр. Брукса на Аляске [19] и выделение на нем основных тектоностратиграфических комплексов (см. текст). ПКО — поверхность конденсированного осадконакопления

Построение тектоностратиграфических схем

Для построения тектоностратиграфических схем должна использоваться сводная система данных по строению исследуемого осадочного бассейна. Наиболее информативные схемы могут включать в себя до 15 разделов, каждый из которых содержит определенные сведения об истории развития структуры. Как уже упоминалось, в основе любого тектоностратиграфического анализа должна лежать региональная стратиграфическая шкала, которая в свою очередь должна быть сопоставлена с хроностратиграфическими подразделениями международной шкалы, показанными в масштабе геологического времени. Отдельная графа демонстрирует сводный геологический разрез, состоящий из непрерывных или прерывистых во времени интервалов (секвенций), разделенных согласными границами или перерывами. Интервалы, не заполненные осадками, должны сопровождаться пояснениями: ненакопление, эрозия, конденсация и т.д. В отдельную графу должны быть вынесены данные об относительных колебаниях уровня моря: кривая берегового перекрытия (onlap curve), кривая относительного изменения уровня моря (relative sea-level change); выделены системы трактов низкого, высокого стояния и отвечающие трансгрессивным эпизодам. Для лучшего понимания особенностей развития конкретного осадочного бассейна вводится графа, в которой показаны глобальные кривые (onlap, sea level curve). В самостоятельных графах должны быть отмечены нефтематерин-

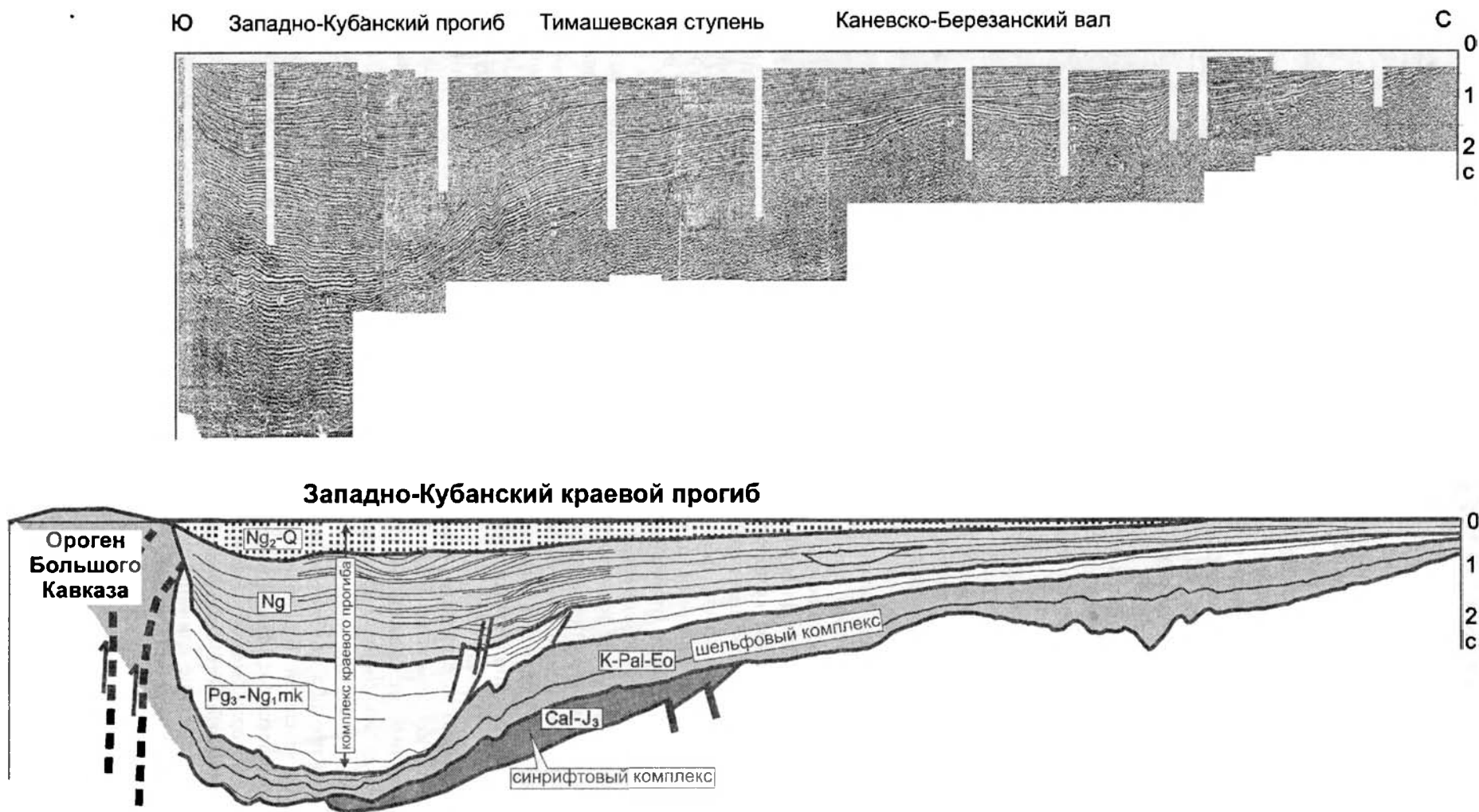


Рис. 6. Сейсмический профиль через Кубанский краевой прогиб [1] и его тектоностратиграфическая интерпретация. Cal-J₃ — келловей—верхняя юра; К-Pal-Eo — мел—палеоцен—эоцен; Pg₃.Ng₁mk — олигоцен—нижний миоцен, майкоп; Ng — неоген; Ng₂-Q — плиоцен—квартер

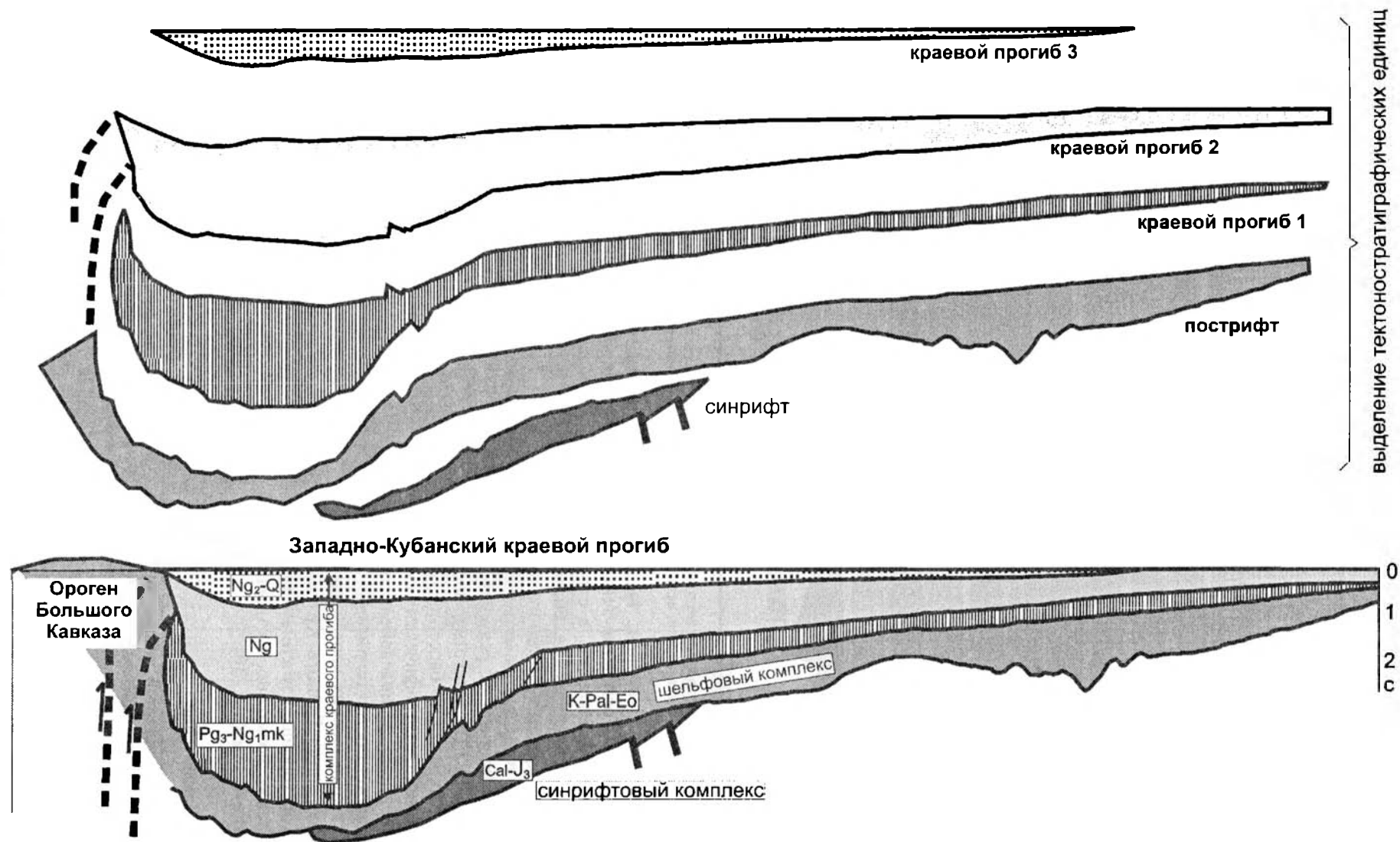


Рис. 7. Пример демонстрации выделенных тектоностратиграфических единиц для построения тектоностратиграфической схемы (составлен на основе рис. 6)

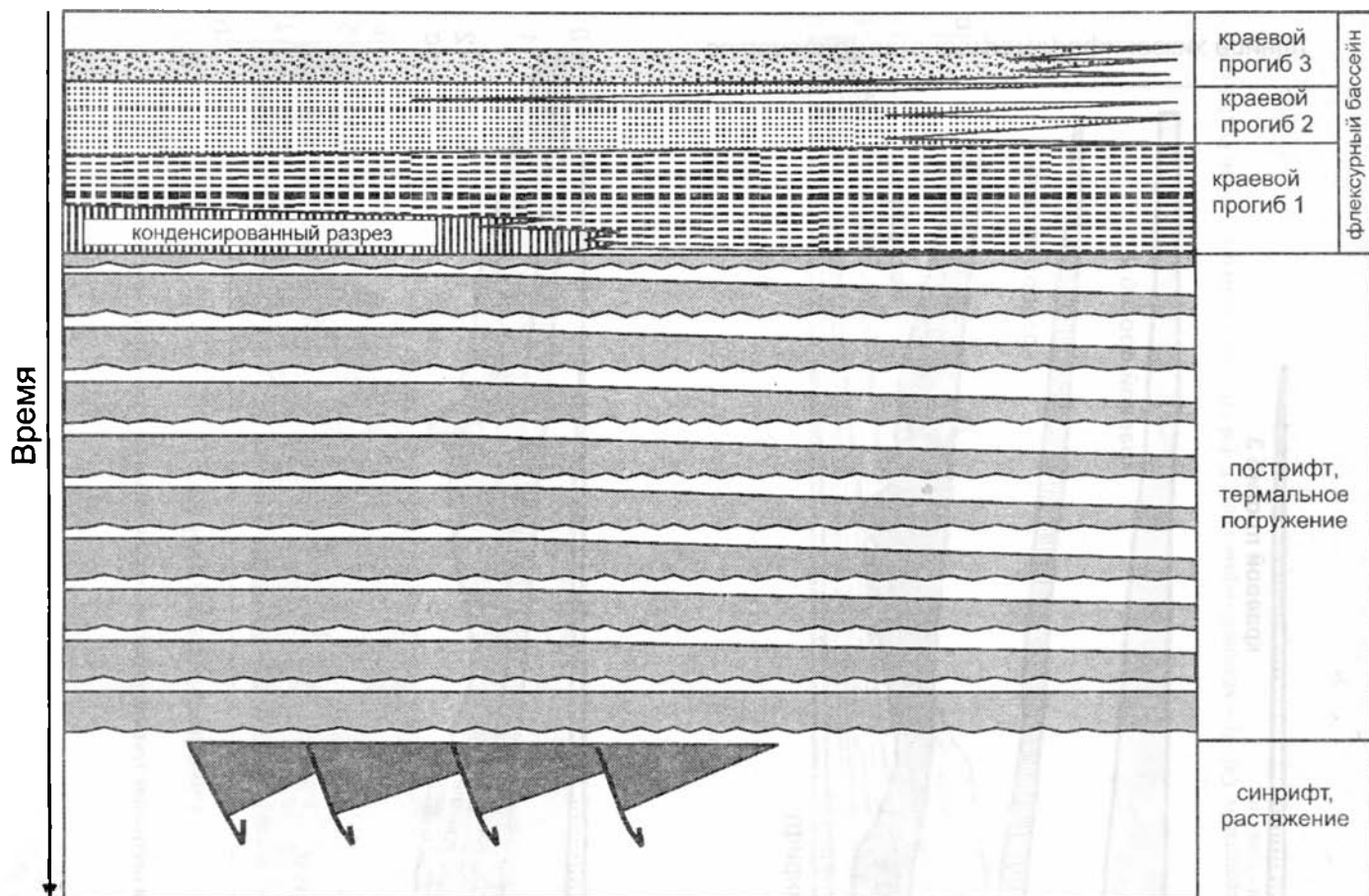


Рис. 8. Идеализированный вариант построения тектоностратиграфической схемы на основе интерпретации сейсмического профиля (рис. 6, 7) для случая, если возраст выделенных единиц строго не обоснован

ские породы и резервуары. Наконец, выделяется столбец, в котором показаны основные тектонические события в исследуемом бассейне, в следующей графе — основные океанографические, биотические и тектонические события этого временного интервала. На базе этих данных выделяются мегасеквенции, отражающие смену тектонических режимов одного или нескольких порядков. По существу, восстанавливается вся хронология истории бассейна [21].

Построение тектоностратиграфических схем возможно и на основе данных полевой геологии в случае хорошей обнаженности территории и при наличии детальных геологических карт. Такая схема для Бахчисарайского района Горного Крыма приведена на рис. 9. Для хорошо изученных бурением закрытых районов также возможно построение тектоностратиграфических схем (рис. 10).

Заключение

Тектоностратиграфия является новым направлением в современной геологии. По существу, это ин-

терпретация геологического разреза в терминах тектонических обстановок формирования стратиграфических последовательностей в масштабах осадочного бассейна и всей литосферы. В настоящей работе мы показали примеры выделения тектоностратиграфических единиц и продемонстрировали, как можно графически характеризовать геологическую и тектоническую историю осадочного бассейна.

Работа выполнена нами под влиянием наших учителей в области стратиграфии и тектоники осадочных бассейнов — Г.П. Леонова, Д.П. Найдина и П. Циглера. Наше общение с Н.А. Малышевым, К.О. Соборновым и А.Н. Обуховым, которые представляют практическую нефтяную геологию, позволило глубже понять предмет исследования. Обобщение работ по тектоностратиграфии проведено под влиянием работ специалистов НК «Бритиш Петролеум» (Д. Робертс, К.О. Соборнов, А. Белопольский и др.). Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты 08-05-00283 и 08-05-00588.

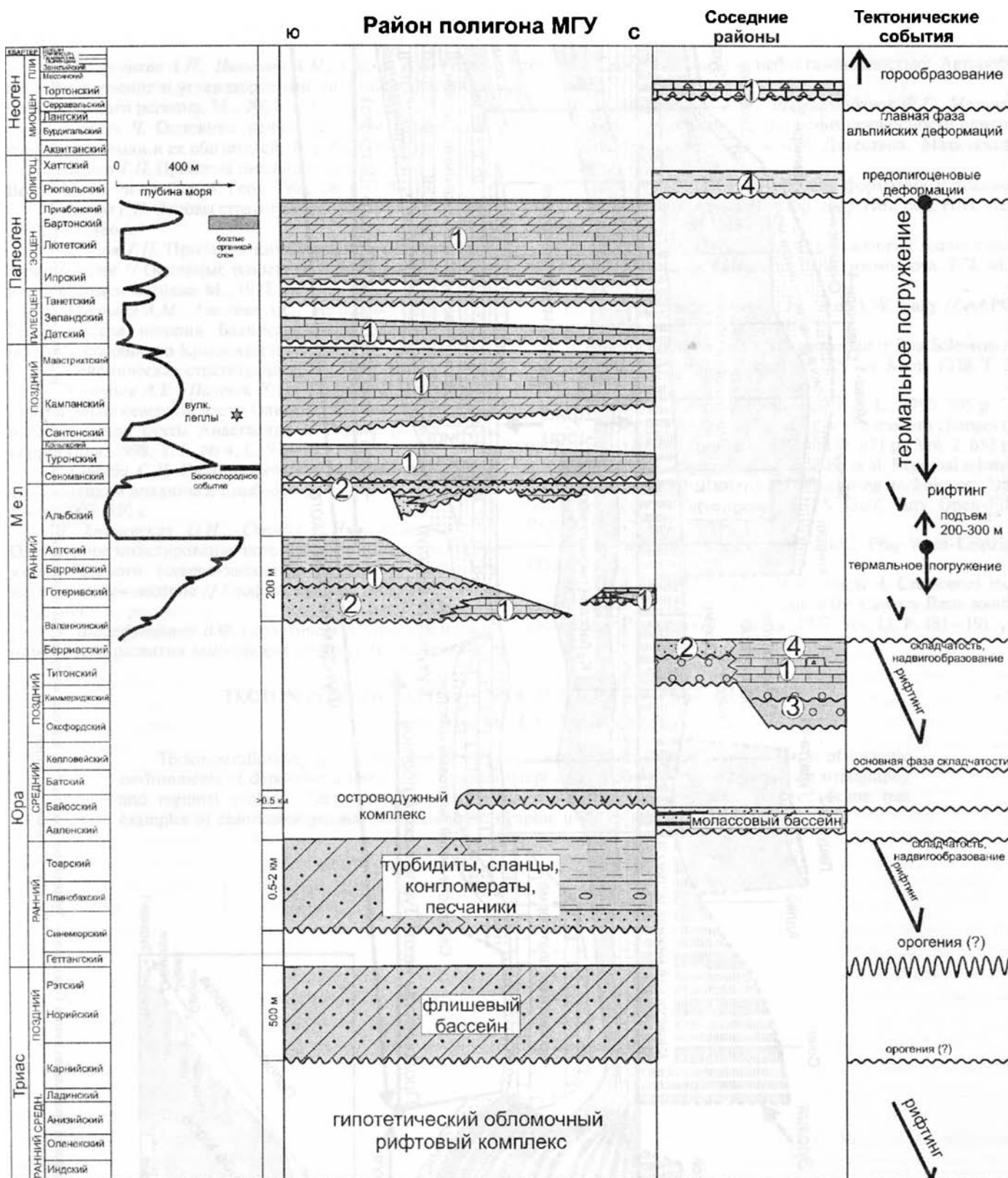


Рис. 9. Схема тектоностратиграфии Бахчисарайского района Крыма [6]. Цветами и крапом показана литология пород; 1 — карбонаты разных типов; 2 — песчаники; 3 — конгломераты; 4 — глины

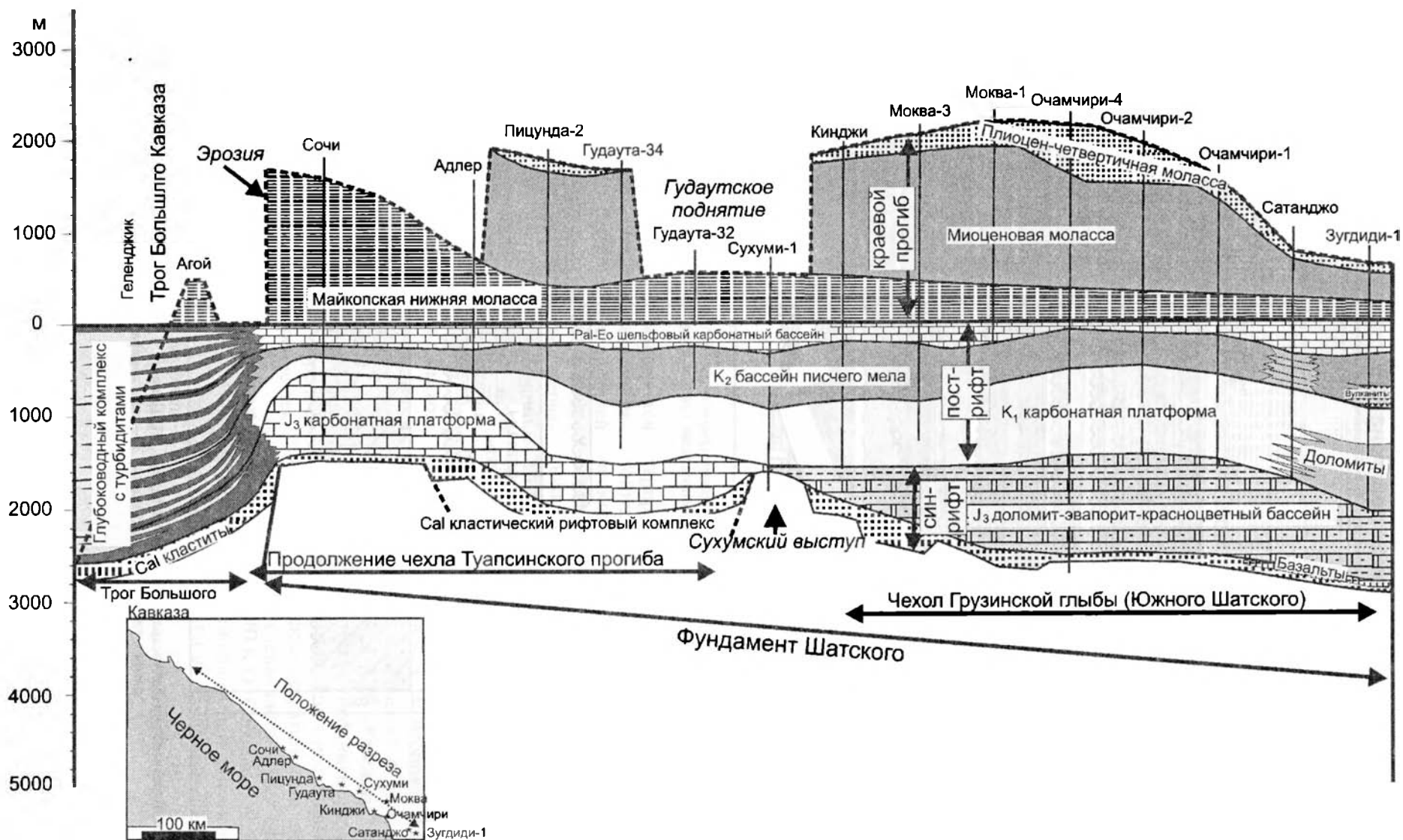


Рис. 10. Тектоностратиграфический профиль по линии Геленджик—Зугдиди, построенный по данным интерпретации скважин: С_{al} — келловей; J₃ — верхняя юра; К₁ — нижний мел; К₂ — верхний мел; Pal—Ео — палеоцен—эоцен

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасенков А.П., Никишин А.М., Обухов А.Н. Геологическое строение и углеводородный потенциал Восточно-Черноморского региона. М., 2007. 172 с.
2. Лайель Ч. Основные начала геологии и новейшие изменения Земли и ее обитателей. Т. 1. М., 1866. 399 с.
3. Леонов Г.П. Проблема цикличности в истории Земли // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 1962. № 4. С. 3—12.
4. Леонов Г.П. Основы стратиграфии. М., 1973. Т. 1. 530 с.; 1974. Т. 2. 486 с.
5. Леонов Г.П. Проблема цикличности в региональной стратиграфии // Основные теоретические вопросы цикличности седиментогенеза. М., 1977. С. 155—167.
6. Никишин А.М., Алексеев А.С., Барбошкин Е.Ю. и др. Геологическая история Бахчисарайского района Крыма (учебное пособие по Крымской практике). М., 2006. 60 с.
7. Сейсмическая стратиграфия. М., 1982. Т. 1, 2. 846 с.
8. Соловьев А.В., Палечек Т.Н., Палечек Р.М. Тектоностратиграфия северной части Олюторской зоны (Корякское нагорье, район бухты Анастасии) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1998. Т. 6, № 4. С. 92—105.
9. Стовба С.Н. Геодинамическая эволюция Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса: Дис. ... докт. геол. наук. Киев, 2008. 550 с.
10. Хрящевская О.И., Стовба С.Н., Стифенсон Р.А. Одномерное моделирование истории тектонического погружения Черного (северо-западный шельф) и Азовского морей в мелу—неогене // Геофиз. журнал. 2007. Т. 29, № 5. С. 28—49.
11. Шарафутдинов В.Ф. Геологическое строение и закономерности развития майкопских отложений Северо-Восточного Кавказа в связи с нефтегазоносностью: Автореф. докт. дис. М., 2003. 45 с.
12. Шарафутдинов В.Ф., Шарафутдинов Ф.Г., Магомедов А.Х. Геология и перспективы нефтегазоносности олигоцен-нижнемиоценовых отложений Дагестана. Махачкала, 1999. 224 с.
13. Шатский Н.С. Геологические формации и осадочные полезные ископаемые // Избр. тр. / Под ред. Н.П. Хераскова. Т. 3. М., 1965. 348 с.
14. Шатский Н.С. История и методология геологической науки // Избр. тр. / Под ред. В.В. Тихомирова. Т. 4. М., 1965. 398 с.
15. Atlas of seismic stratigraphy / Ed. A.W. Bally // AAPG studies in geology. 1987. Vol. 3. N 27.
16. Gressly A. Observations géologiques sur le Jura Soleurois // Soc. Helvétique Sci. Natur. (Neuchâtel). Nouv. Mem. 1838. Т. 2. 349 p.
17. Hutton J. Theory of Earth. Vol. 1, 2. L., 1795. 305 p.
18. Lyell Ch. Principles of geology or the modern changes of the Earth and its habitants. L., 1875. Vol. 1. 671 p.; Vol. 2. 652 p.
19. Miller J.J., Agena W.F., Lee M.W. et al. Regional seismic lines reprocessed using post-stack processing techniques: National Petroleum Reserve Alaska // U.S. Geol. Surv. Open-File Rep. 2000. N 00-286. CD-ROM disk.
20. Suess E. Das Antlitz der Erde. Bd 2. Prag-Wien-Leipzig, 1888. 703 p.
21. Watkinson M.P., Hart M.B., Joshi A. Cretaceous tectonostratigraphy and the development of the Cauvery Basin south-east India // Petroleum Geoscience. 1977. Vol. 13. P. 181—191.

TECTONOSTRATIGRAPHY — NEW TOOL IN MODERN GEOLOGY

A.M. Nikishin, L.F. Kopaevich

Tectonostratigraphy is a recognition of megasequences and its interpretation in terms of tectonic environments of depositional history. Tectonostratigraphy has a connection with sequence stratigraphy and regional geology. Tectonostratigraphical units could be seen on seismic profiles. Some real examples of chronostratigraphic and tectonostratigraphic units recognition are discussed.

УДК 551.7:551.734.2

ХРОНОСТРАТИГРАФИЯ И ХРОНОМЕТРИЯ: КОНКУРИРУЮЩИЕ КОНЦЕПЦИИ ОБЩЕГО РАСЧЛЕНЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ

М.А. Семихатов

Геологический институт РАН, Москва

Поступила в редакцию 01.02.08

Рассмотрены начальные этапы разработки общей стратиграфической шкалы докембрия и анализируются современные международная хронометрическая шкала докембрийского геологического времени, российская хроностратиграфическая шкала докембрия и предложенный членами Международной стратиграфической комиссии проект новой “естественной” докембрийской шкалы. Обоснован вывод о преимуществах хроностратиграфической концепции построения общих шкал докембрия по сравнению с прочими концепциями.

В широком спектре наук о Земле стратиграфия занимает особое место, так как именно она устанавливает последовательность и хронологию геологических событий, обеспечивает корреляцию супракрустальных отложений и сборку их в глобальную непрерывную последовательность, расчленяет последнюю на систему соподчиненных подразделений и таким образом определяет ту общую периодизацию истории Земли, в рамках которой решаются все задачи геологии. Фундаментальное значение стратиграфии как одного из разделов геологической науки за несколько прошедших десятилетий подчеркивали многие исследователи ([18, 38—40, 66, 68, 80, 94, 109, 110, 121, 125, 126] и ссылки в этих работах), а Г.П. Леонов [34, 35] посвятил разбору стратиграфических проблем капитальную двухтомную монографию “Основы стратиграфии”, в которой он детально рассмотрел основные задачи и понятия данного раздела геологии, историю создания международной стратиграфической шкалы фанерозоя и принципы ее построения, а также природу основных подразделений этой шкалы и роль в их обосновании биостратиграфических, фациальных и регионально-геологических данных. В результате публикации упомянутых выше и ряда других работ была освещена прошедшая за последний век эволюция концептуальной основы стратиграфии вообще, а общей стратиграфии докембрия в особенности. Такое своеобразное “лидерство” докембрийской стратиграфии связано с ее несомненной молодостью и с прошедшим во второй половине прошлого века радикальным совершенствованием ее методической базы.

Первые попытки общего расчленения докембрия

Первые шаги в общем расчленении докембрия, занимающего более 80% геологической летописи Земли, были предприняты около 120 лет назад, когда члены Американской подготовительной комиссии к созыву IV (Лондонской) сессии Международного гео-

логического конгресса пришли к выводу, что архей, который ранее обнимал все докембрийские образования, должен быть сохранен лишь для наиболее древних гнейсов основания и что новое подразделение, по рангу равнозначное архею и палеозою, следует ввести для обозначения формаций, залегающих между гнейсовыми сериями и кембрием [130, с. 450]. Разными геологами предлагалось несколько подобных терминов (обзор см. [161]), но испытание временем выдержали только протерозой и отчасти альгонк. Протерозой был выделен С. Эммонсом в 1888 г. [111] на примере североамериканских серий Гурон, Кивино и Гренд Кэньон и объединял преимущественно осадочные толщи, которые сверху были ограничены основанием кембрия, а снизу — важнейшим событийным рубежом — главным несогласием, отделявшим их от глубоко метаморфизованных преимущественно магматических пород архея. Выделенный Ч. Уолкоттом в 1889 г. альгонк [160] первоначально включал только верхние горизонты протерозоя, но уже через год после своего выделения был дополнен снизу серией Гурон и по объему стал синонимом протерозоя. Оба этих подразделения быстро завоевали популярность и в начале прошлого века стали широко применяться не только в Северной Америке, но и далеко за ее пределами. При этом нижняя граница протерозоя (альгонка) повсеместно совмещалась с несогласием, которое разделяло преимущественно магматические метаморфизованные образования архея и вышележащие в основном осадочные отложения, аналогичные фанерозойским по обстановкам формирования и составу [157]. Таким образом, протерозой (альгонк) *de facto* получил значение общего подразделения докембрия. При его использовании исследователи не делали различий между критериями выделения подразделений и их корреляцией. В результате одноименные стратоны выделялись по одним и тем же признакам в разных геологических обстановках и на разных континентах, а стратотип

подразделения считался носителем всех его свойств, включая главные особенности вещественного состава.

Однако развитие региональных геологических знаний показало ущербность принятых критериев выделения и межрегионального трассирования изохронных подразделений докембрия, что, по существу, подорвало принятую в конце XIX и начале XX в. методическую основу общей стратиграфии этой части геологической летописи. Уже в начале 1930-х гг. К. Лейз [140] предложил в допалеозойских отложениях выделить лишь одно подразделение — докембрий, объединявший породы архейского и альгонкско-го (протерозойского) типов. Первые из них представлены мета- и ортопородами фундамента, в которых стратиграфические методы неприменимы, а вторые сложены преимущественно терригенными толщами, залегающими между фундаментом и кембрием и могут расчленяться упомянутыми методами. К близким выводам в 1955 г. пришла Американская комиссия по стратиграфической номенклатуре. Было отмечено, что в докембрии нет критериев выделения стратиграфических подразделений с изохронными границами и потому не следует применять термины “архей” и “протерозой”, сохранив для допалеозойских образований лишь одну стратиграфическую единицу — докембрий (pre-Cambrian), и расчленять последний только на местные литостратиграфические единицы [95]. В отечественной литературе в конце 1950-х — начале 1960-х гг., в том числе в официальных изданиях, подчеркивалось, что архей, протерозой и другие якобы общие подразделения докембрия на деле имеют лишь региональное значение и вряд ли заслуживают дальнейшего сохранения в шкалах (обзор и библиографию см. в [63, 64]).

Прошедший на этом фоне быстрый рост изотопно-геохронологической информации, суливший, как казалось, быстрое и принципиально новое решение общих проблем стратиграфии докембрия, в 1960-е гг. привел ряд исследователей к крайним взглядам о необходимости отказаться от любых шкал общего расчленения рассматриваемых отложений во имя “простого” определения последовательности и возраста единиц местных шкал с помощью изотопной геохронологии [1, 119, 120]. Однако большинство геологов твердо придерживалось и придерживается идеи построения общей стратиграфической шкалы докембрия во имя создания единой системы последовательности стратиграфических стандартов, необходимой для корреляции региональных схем, и получения действенного инструмента периодизации геологической летописи дофанерозойского этапа. Другое дело, что из-за специфики этой летописи, и прежде всего из-за отсутствия в довендской ее части остатков быстро эволюционировавших групп организмов, у этого большинства не было и нет единства взглядов на то, какие принципы и методы следует использовать для создания упомянутой шкалы.

Анализ распределения во времени накопившихся к 1955 г. изотопных датировок докембрийских объек-

тов позволил А.И. Тугаринову [85] показать, что эти датировки тяготеют к определенным отрезкам геологической истории, разделенным депрессиями на гистограмме распределения их во времени. Статистическая обработка накопленных к 1959 г. изотопно-геохронологических данных привела Г. Гестила [118] к выводу, что пики распределения изотопных датировок во времени занимают относительно небольшие отрезки геологической истории и совпадают на разных континентах. Сходные построения развивались и в ряде других работ (обзор см. в [64]). Коль скоро подавляющее большинство упомянутых определений изотопного возраста было получено по метаморфическим и интрузивным породам, эти определения стали рассматриваться как доказательство экстенсивно развитых в докембрии относительно кратковременных эпох диастрофизма.

Опираясь на эти материалы, некоторые авторы в 1970—1980-е гг. пришли к выводу о перспективности структурно-вещественного подхода к общему стратиграфическому расчленению докембрийской каменной летописи. Такой подход, по своей сути наиболее близкий к ранним концепциям такого расчленения, предусматривал обособление в качестве единиц общей шкалы неких вещественных тел — определенных комплексов супракрустальных горных пород, которые объединены на всей площади своего распространения сходством формационного состава и ограничены событийными рубежами, связанными с проявлением относительно коротких субглобальных эпох диастрофизма. Часть сторонников этого подхода, например Л.И. Салоп [61, 62], считали, что таким путем в докембрии можно выделить в межконтинентальном масштабе множество (до 24) общих подразделений, обладающих изохронными границами. В отличие от этого П. Клауд [105, 106] считал, что структурно-вещественный подход способен обосновать выделение лишь нескольких очень крупных по длительности подразделений, имманентным свойством которых является существенная диахронность их границ, связанная с пространственно-хронологической миграцией событий, использованных для разграничения выделенных подразделений. Так, границу архея и протерозоя П. Клауд определял по смене преобладающих вещественных характеристик магматических и осадочных пород и пришел к выводу о значительном латеральном скольжении этой границы от 3,0 до 2,6 или 2,5 млрд лет назад. Близкие взгляды на характер границы архея и протерозоя высказывали и другие геологи, которые подчеркивали ее резкую диахронность в разных регионах, исчисляемую сотнями миллионов лет [43, 53, 162], иногда допуская прямую связь между масштабами диахронности границ и длительностью разделяемых ими подразделений [60]. В этой связи надо подчеркнуть, что само понятие общих стратиграфических подразделений несовместимо с представлениями о диахронности их границ. Шкалы с такими границами a priori не могут служить возрастным стандартом и обеспечивать выполнение

других главных функций общей стратиграфической шкалы.

Таким образом, структурно-вещественный подход не привел к положительным результатам в общем расчленении докембрия. В настоящее время для решения этой проблемы используют два других подхода — хронометрический и хроностратиграфический. Они едины в требовании установления изохронных границ выделяемых общих подразделений, но принципиально различны в понимании объекта расчленения, метода определения границ и способа их типизации.

Хронометрические шкалы общего расчленения докембрия

Хронометрические шкалы докембрия приобрели широкую популярность в конце прошлого века под влиянием двух факторов — резкого увеличения количества изотопных датировок докембрийских пород и представления об отсутствии в докембрии органических остатков, способных обеспечить расчленение разрезов. Среди ряда опубликованных в последнее время хронометрических шкал наибольшей известностью пользуются предложенные Международной подкомиссией по стратиграфии докембрия шкалы геологического времени протерозоя и архея, которые были одобрены Международной комиссией по стратиграфии и ратифицированы Международным союзом геологических наук [145, 146]. Теперь их совокупность рассматривается как составная часть международной стратиграфической шкалы [94, 121], хотя такое объединение вряд ли правомерно: докембрийская шкала принадлежит хронометрической парадигме, а фанерозойская — хроностратиграфической. На примере шкалы, предложенной докембрийской подкомиссией (рис. 1), мы рассмотрим главные особенности хронометрических шкал, суммируя ранее опубликованные автором результаты подобного обзора [66—69].

Любая хронометрическая шкала построена на основании разделения на какие-то отрезки не вещественной стратиграфической летописи, а абстрактного геологического времени и выделения хронологических единиц на основании изотопно-геохронологических данных. Определение границ выделяемых подразделений (и соответственно стратиграфического объема последних) в шкалах этой категории производится только в значениях изотопного возраста и выражается в хронологических единицах — фактически в годах. В шкале, предложенной докембрийской подкомиссией, избранные изотопные датировки границ

рассматриваются как глобальные стандарты стратиграфического возраста (Global Standart Stratigraphic Age, сокращенно GSSA) [121], которые никак не зависят от палеонтологической, хемостратиграфической и иных характеристик разделяемых ими отрезков геологической истории.

В крайнем своем выражении хронометрическая концепция допускает построение общих шкал докембрия на основании произвольно выбранных равных по длительности отрезков времени [125, 126, 128, 156]. Привлекательность таких шкал, одну из которых предлагалось распространить и на фанерозой, иногда видели в полной их независимости от геологической летописи, но именно эта независимость предопределила их малую популярность. Поэтому в большинстве хронометрических шкал и во всех официально одобренных из них [94, 121, 127, 145, 154] авторы стремились каким-то образом связать выделяемые подразделения с теми или иными геологическими событиями. В шкале Международной подкомиссии по стратиграфии докембрия эти события были выведены из анализа сводной геологической летописи Земли, а границы подразделений “установлены в годах без определенного отношения к каким-либо комплексам горных пород” [145, с. 139]. В протерозойской части шкалы границы были выбраны так, чтобы ограничивать или разграничивать крупные геологические события и “рассекать как можно меньше известных циклов седиментации, орогенезов и магматизма, как это только возможно” [146], тогда как в архейской части для этих целей привлекалось время заложения зеленокаменных поясов и образования осадочных бассейнов. Возраст этих границ определялся не на основании прецизионного датирования какого-то одного реперного объекта, а на основании совокупности датировок ряда формаций, отнесенных к тем геологическим комплексам, которые играли роль в выборе места границы. При этом члены подкомиссии стремились в какой-то мере соблюсти соотношения масштабов геологических явлений, избранных для выбора возрастного положения границы, и стратиграфического ранга последней¹. Из сказанного ясно, что в международной хронометрической шкале докембрия все подразделения, кроме эдиакарского периода, и границы этих подразделений не имеют и по определению не могут иметь стратотипов. Именно поэтому все выделенные в шкале эры и периоды, кроме эдиакария, не имеют лингвистической связи с названиями определенной географической местности, в которой развиты наиболее показательные разрезы того или иного подразделения, или с характерной литостратиграфической единицей, как

¹ Сказанное не относится к терминальной системе протерозоя рассматриваемой шкалы — к эдиакарию, границы которого установлены в рамках хроностратиграфической концепции. Глобальный стратотипический разрез и точка (GSSP) для нижней границы этой системы установлены в Австралии в основании венчающих доломитов формации Нукалина, залегающей на тиллитах Элатина [138], а верхняя определяется нижней границей кембрия, которая в международной стратиграфической шкале определена по смене двух видов икнофоссилий в разрезах Ньюфаундленда и имеет возраст около 543 млн. лет [99]. Такой выбор границ терминального подразделения протерозоя встретил справедливую критику в российской литературе [58, 116].

это имеет место в фанерозойской шкале. Тем самым подчеркивается принятая концепция полной независимости единиц хронометрической шкалы докембрия от реальных геологических последовательностей. Эры, выделенные в архейском и протерозойском зонах, имеют “нейтральные” названия, отражающие их последовательность в пределах этих эонов (рис. 1), а установленные в протерозое периоды (опять-таки за исключением эдиакария) названы с использованием производных греческих слов, отражающих содержание тех или иных геологических событий, которые считаются характерными для соответствующего периода, но не определяют его возрастных рамок и обычно выходят за пределы последних. Русские эквиваленты этих названий опубликованы в работе [68].

Тот факт, что рассматриваемая шкала докембрийского геологического времени получила международный статус [121, 145], привел к широкому использованию в зарубежной геологической литературе выделенных в этой шкале эр и, если отвлечься от эдиакария, к более осторожному употреблению периодов. В русской литературе при расчленении верхнего докембрия идет конкуренция между использованием, с одной стороны, мезо- и неопротерозойских эр, а с другой — рифейской эонотемы с трехчленным делением на эратемы и вендской системы — традиционных подразделений этой части геологической летописи Северной Евразии. При работе с дорифейскими и особенно с архейскими образованиями симпатии российских авторов склоняются к использованию единиц хронометрической шкалы. Однако нужно подчеркнуть, что часть пользователей этой шкалы не всегда отдают себе отчет в том, какие подразделения они используют. Об этом свидетельствуют встречающиеся во многих работах словосочетания типа “нижний палеопротерозой” или “верхний неопротерозой”. Последние в действительности значат не более чем выражения типа “нижнее вчера” или “верхнее завтра”, ибо все единицы хронометрической шкалы являются подразделениями *только* абстрактного геологического времени.

Предложение У. Харленда и его коллег [124, 125] представлять докембрийскую шкалу геологического времени в виде двуединой шкалы, состоящей из хронометрической и хроностратиграфической составляющих, не спасает положения. Опубликованная названными авторами хронометрическая шкала по количеству и стратиграфическому объему выделенных единиц не совпадает с сопряженной с нею хроностратиграфической, а в разных своих частях опирается на разные критерии выбора положения границ. В архее границы условно проведены через 500 млн лет, тогда как в протерозое следуют принятому в первом варианте шкалы докембрийской подкомиссии [146] и, следовательно, выводятся из анализа сводной геологической летописи Земли.

Завершая рассмотрение хронометрической шкалы докембрия, предложенной упомянутой подкомиссией, важно подчеркнуть три ее особенности, во

Эон	Эра	Период		
Ph	палеозой	кембрий		
		542	эдиакарий — 630	
			криогений — 850	
			тоний	
		1000	стений	
			мезо-протерозой	эктазий — 1200
				калимий — 1400
		1600	палео-протерозой	статерий — 1800
				орозирий — 2050
				рясий — 2300
				сидерий
		2500	Архей	неоархей
				2800
				мезоархей
3200				
палеоархей				
3600				
	зоархей			

Рис. 1. Хронометрическая шкала докембрийского геологического времени, предложенная Международной подкомиссией по стратиграфии докембрия [121, 145]. Цифры — глобальные стандарты стратиграфического возраста (возрастные рамки выделенных подразделений), млн лет

многом определяющие оценку этой шкалы. 1. Независимость выделенных подразделений и их границ от реальной последовательности горных пород и содержащихся в них палеонтологических остатков. 2. Дефиниция границ (установление GSSA) только в годах на основании значений изотопного возраста не каких-либо реперных (стандартных) объектов, а усредненных величин, полученных по разделяемым ими подразделениям. 3. Фактический перевод супракрустальных толщ, являющихся одним из ведущих источников информации о геологической истории регионов, из главного объекта стратиграфии в пассивные и даже необязательные заполнители пространства между установленными GSSA. Подобное смещение акцентов явилось отражением точки зрения ряда исследователей, что интрузивные комплексы представляют собой равноправный со слоистыми сериями объект стратиграфии докембрия [143, с. 858].

Недостатки хронометрической шкалы, предложенной докембрийской подкомиссией, обратили на себя внимание членов Международной стратиграфи-

ческой комиссии [94, 121]. Было подчеркнуто, что рассмотренная выше “условная хронометрическая шкала докембрийского времени не способна выразить богатство докембрийской каменной летописи и поэтому препятствует научному пониманию геологических процессов, так как отвлекает внимание исследователей от вещественных стратиграфических границ и переходов крупного ранга... Ясно, что из сказанного может быть сделан единственный вывод: шкала докембрийского времени должна быть пересмотрена в терминах единственного доступного нам физически выраженного стандарта — существующих в настоящее время последовательностей горных пород. Границы при этом должны быть совмещены с ключевыми событиями или с важными переходами в стратиграфической летописи для того, чтобы высветить главные вехи в эволюции нашей планеты” [121, с. 94]. Таким образом речь шла о построении новой (естественной, или *natural*, как ее назвали авторы) общей шкалы докембрия в рамках хроностратиграфической парадигмы.

Хроностратиграфические шкалы общего расчленения докембрия

Наряду со становлением и развитием хронометрического подхода к общей стратиграфии докембрия в ряде стран, обладающих широким распространением архейских и протерозойских образований, разрабатывались их хроностратиграфические шкалы [26, 27, 54, 55, 65, 68, 69, 129, 131, 134, 149, 153—155]. Шкалы этой категории построены на основании анализа естественной последовательности, соотношений и особенностей материальных объектов — сукцессий горных пород и содержащихся в них органических остатков, установлении стратотипов подразделений и закреплении границ стратонев в специально избранных типовых разрезах, в которых границы определяются конкретными биосферными событиями и формально фиксируются точкой в разрезе — “золотым гвоздем” (глобальным стратотипическим разрезом и точкой, или GSSP). Значение выбора стратотипа границы определяется ролью избранного разреза как стратиграфического репера, “к которому будут привязываться все последующие корреляции, даже если появятся новые палеобиологические или физические методы” [87, с. 70]. При этом главным критерием выбора в типовом разрезе уровня фиксации границы (локализации места “золотого гвоздя”) является четкость установления именно данного уровня и максимально широкая возможность его корреляции любым методом или всеми доступными методами [108]. Важно отметить, что роль корреляции сводится не только к латеральному прослеживанию хроностратиграфических подразделений. В конечном счете именно возможность трассирования (коррелируемость) границ, определяющая корректность “развертки” шкалы на площадь, устанавливает валидность подразделений, очерченных соответствующими граница-

ми и, следовательно, разрешающую способность шкалы.

Эти принципы хроностратиграфии применимы ко всей последовательности стратифицированных образований от архея до четвертичной системы, но из-за объективных особенностей различных отрезков геологической истории, и прежде всего из-за уровня эволюционного развития их биоты, методы определения стратиграфических границ и используемых для их фиксации событий неизбежно различны в фанерозое и в докембрии. В фанерозое границы подразделений общей шкалы определяются эволюционными изменениями органического мира и экосистем, которые распознаются на обширной территории в пределах одной или нескольких экологических ниш. При этом биостратиграфический метод выступает главным как в расчленении (в обосновании границ), так и в корреляции (в межрегиональном прослеживании установленных границ) подразделений, а изотопно-геохронологическим данным отводится роль лишь возрастной калибровки стратонев и установления длительности геологических процессов. Иная ситуация наблюдается в докембрии. Особенности развития докембрийской биоты — господство в ней организмов с относительно низким и быстро убывающим вниз по разрезу возрастным разрешением, а также сильный экологический шум в пространственно-хронологическом распределении развитых здесь стратиграфически значимых ассоциаций микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности (строматолитов) — предопределили выдвижение на первое место абиотических критериев установления границ общих стратиграфических подразделений. В стратиграфической шкале докембрия России все границы, кроме одной, совмещены с поверхностями несогласия в основании крупных супракристалльных комплексов, которые маркируют начало новых этапов развития стратотипических местностей подразделений, предваряемых данной границей, и в верхнепротерозойской части шкалы содержат обновленные комплексы органических остатков. Роль изотопной геохронологии в обосновании стратиграфических построений в докембрии значительно выше, чем в фанерозое, и возрастает от верхних горизонтов протерозоя к архею, а в качестве методов корреляции в игру вступают Sr- и C-изотопные хемотратиграфические данные. Ниже на примере современной российской шкалы докембрия мы рассмотрим особенности хроностратиграфических шкал этой части геологической летописи.

Главным шагом на пути создания упомянутой шкалы было состоявшееся осенью 1990 г. в Уфе Всесоюзное совещание по общим вопросам расчленения докембрия, на котором была одобрена новая стратиграфическая шкала архея и протерозоя, отвечающая основным требованиям хроностратиграфической концепции. Со времени Уфимского совещания в верхнедокембрийскую часть шкалы не были внесены какие-либо конструктивные изменения, а был только уточнен изотопный возраст границ [70]. В отличие от

Акротема	Эонотема	Эратема (эра)	Система	
Протерозойская	верхнепротерозойская рифейская	верхняя (каратавий)	кембрий	
		—1030— средняя (юрматиний)		
		—1370— нижняя (бурзаний)		
	нижнепротерозойская (карельская)	верхнекарельская	венд	
		—2100— нижнекарельская		
		верхнеархейская (лопийская)		
	Архейская	нижнеархейская (саамская)	верхнеархейская (лопийская)	
			—2800— среднеархейская	
			—3000— нижнеархейская	
	—3200—			

Рис. 2. Общая хроностратиграфическая шкала докембрия России [55]. Цифры — изотопный возраст установленных границ выделенных подразделений, млн лет

этого нижележащая часть шкалы в результате радикального расширения изотопно-геохронологических и региональных стратиграфических данных претерпела заметные модификации, которые были приняты на Всероссийском совещании по общим вопросам расчленения докембрия, состоявшемся летом 2000 г. в г. Апатиты, и с небольшим уточнением утверждены Межведомственным стратиграфическим комитетом. На этом совещании была уточнена принятая в 1990 г. в Уфе изотопная датировка границы нижнего и верхнего архея, заменено двучленное деление верхнего архея на трехчленное и изменены положение, событийное содержание и изотопный возраст границы

между двумя подразделениями нижнего протерозоя [55]. Верхнее ограничение докембрия в докембрийской шкале России установлено в основании томмотского яруса нижнего кембрия (в основании его первой зоны — *A. sunnaginicus*) [57, 91].

В рассматриваемой шкале при установлении иерархии выделенных подразделений было учтено предложение В.В. Меннера [41] об использовании длительности формирования подразделений в качестве критерия их стратиграфического ранга. Наиболее крупные подразделения докембрия — архей и протерозой — выделены как акротемы, а единицы первого ранга в пределах последних фигурируют как эонотемы. В верхнепротерозойской эонотеке обособлен несколько меньший по стратиграфическому объему рифей, который тоже рассматривается как эонотема, тогда как верхний архей, нижний протерозой и рифей подразделены на последовательность эратем. Завершает шкалу единственная выделенная система — венд, не отнесенный к какой-либо эратеме и трактуемый как терминальное подразделение верхнепротерозойской эратемы (рис. 2).

Граница архея и протерозоя в шкале трактуется как важнейший событийный рубеж, который в типовой его местности — на востоке Балтийского щита — знаменует главную структурную перестройку и отделяет эродированные и пенепленизированные гранит-зеленокаменные образования, завершившие формирование фундамента позднеархейского кратона (более 2556—2554 млн лет)², от осадочно-вулканогенных отложений сумийского надгоризонта протерозоя (2450—2442 млн лет) и ассоциированных интрузий (2505—2449 млн лет), которые формировались в новом структурном плане региона [55].

В архейской акротеме были выделены две эонотемы — нижнеархейская (саамская) и верхнеархейская (лопийская). Граница между ними отделяет развитые на Воронежском массиве и Украинском щите древнейшие тоналит-трондьемит-гранодиоритовые гнейсы от первых на территории Восточной Европы типичных зеленокаменных поясов. Положение нижней границы верхнего архея в конкретных разрезах не установлено, а ее изотопный возраст оценен как 3200 млн лет. Типами трех выделенных в верхнеархейской акротеме эратем (нижне-, средне- и верхнеархейской) являются осадочно-вулканогенные отложения трех генераций зеленокаменных поясов, последовательность которых выводится из комплексного анализа геологической и изотопно-геохронологической информации по Воронежскому массиву, Украинскому и Балтийскому щитам. К нижнему лопию отнесены конкская серия Украинского щита (3155—3100 млн лет) и александровская свита Воронежского массива (3265—3100 млн лет), предваряемые значительными несогласиями. Типом среднего лопия являются мета-

² Все приведенные в статье изотопные датировки архейских и нижнепротерозойских объектов получены U-Pb-методом главным образом по циркону.

осадки и метавулканы хаутоваарской серии Карелии, а нижняя граница этой эратемы, закрепленная в основании несогласно залегающей названной серии, датируется как 3000 млн лет на основании определенных изотопного возраста вулканитов (2995—2945 млн лет), залегающих вблизи основания типовой последовательности. Тип верхнего лопия представляет несогласно залегающая железорудная гимольская серия, к основанию которой приурочена нижняя граница верхнелопийской зонотемы. Изотопный возраст этой границы, равный 2800 млн лет, определен на основании минимальных изотопных датировок среднелопийских вулканитов и прорывающих их гранитов (соответственно 2805—2801 и 2830—2810 млн лет) и гимольских вулканитов (2750 млн лет).

Данные о палеонтологической характеристике архейских образований России противоречивы. В 1960-е гг. отмечалось, что их верхние горизонты содержат ряд микрофоссилий, но затем эти данные были дезавуированы. В последнее время в литературе имеются указания на находки в гимольской серии относительно сложно построенных остатков микробов, которые, однако, не описаны и не могут быть использованы в стратиграфических целях.

Выделенные в нижнепротерозойской (карельской) зоноте две эратемы (нижне- и верхнекарельская) являются единственными во всей рассматриваемой шкале подразделениями такого ранга, граница между которыми проведена в согласно залегающей последовательности. Типом нижнекарельской эратемы, предваряемой рассматриваемым ранее событийным рубежом (границей архея и протерозоя), служит сукцессия разделенных несогласиями вулканогенно-осадочных частично красноцветных пород сумия, сариолия и ятулия, а типом верхнекарельской эратемы — сукцессия вулканогенно-осадочных отложений людиковия, толщ калевия и силикокластических осадков вепсия, также разделенных несогласиями. Граница между этими эратемами, закрепленная в основании людиковия, знаменует не только важную биосферную перестройку, которая получила отражение в исчезновении крупной положительной аномалии $\delta^{13}\text{C}$ карбонатного углерода и в переходе от частично красноцветных эвапоритовых отложений ятулия к черносланцевым комплексам людиковия, но и важное геодинамическое событие — раскрытие палеоокеанического бассейна. Стратотипическим разрезом и точкой этой границы является основание заонежской свиты людиковия в конкретном разрезе Южной Карелии, где эта свита согласно налегает на верхнюю, туломозерскую свиту ятулия. Изотопный возраст границы принят равным 2100 млн лет на основании датировки верхнеятулийских базальтов 2105 млн лет и вулканитов из пограничных горизонтов ятулия и людиковия 2060 млн лет [55].

Палеонтологическая характеристика типовых разрезов общих подразделений нижнего протерозоя в России весьма небогатая. Строматолиты в этих разрезах обильно развиты только в ятулии, а иногда и в

людиковии Карелии. На видовом уровне они представлены узкими эндемиками, а на родовом — либо эндемичными, либо проходящими в верхний протерозой морфотипами [36]. То же самое можно сказать о строматолитах ятулия Северной Финляндии [31]. За пределами Карелии нижнепротерозойские строматолиты в России известны только в трех районах, в которых определены лишь одна или две формы, не имеющие стратиграфического значения. Микрофоссилии в рассматриваемых отложениях Северной Евразии представлены таксономически очень бедными и редко встречающимися наборами, лишенными стратиграфического интереса. Такая бедность микрофоссилий в нижнем карелии названного региона связана с воздействием глобального тафономического фактора, а сохранение этой бедности в верхнем карелии является спецификой указанной территории [76, 77]. В данном контексте следует упомянуть имеющиеся в литературе утверждения, что в средней и верхней сериях удоканской надсерии (2,18—1,8 млрд лет) содержатся остатки многоклеточных животных ([56] и ссылки в этой работе). Комплексный анализ этих образований показал, что они являются отпечатками сложноорганизованных колоний одноклеточных микроорганизмов — бактерий, грибов и эвкарисных водорослей [84].

Таким образом, нижнепротерозойские палеонтологические остатки Северной Евразии пока не могут применяться для целей общей стратиграфии. Главную роль в межрегиональной корреляции этих отложений играет изотопная геохронология, а при сопоставлении карбонатных разрезов нижнекарельской эратемы принимает участие также С-изотопная хемотратиграфия: в отложениях указанного возраста установлена самая крупная в истории Земли положительная изотопная аномалия $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$.

Нижняя граница верхнего протерозоя (и одновременно нижняя граница рифея) в российской стратиграфической шкале традиционно зафиксирована в основании бурзянской серии Южного Урала, которая начинает типовую последовательность рифея и является типом нижнерифейской (бурзянской) эратемы [83]. В составе серии в западных ее разрезах выделены три согласно залегающие свиты: вулканогенно-терригенная айская (3000—3500 м), преимущественно карбонатная саткинская (1700—3500 м) и карбонатно-глинистая бакальская (1400—1600 м). Предшествующий бурзянской серии событийный рубеж отделяет заключительные стадии метаморфических преобразований подстилающего ее кристаллического комплекса, которые завершились 1800,8±2,6 млн лет назад (Rb-Sr-метод [152]), от первых этапов осадконакопления на восточной пассивной окраине эписвекофенского Восточно-Европейского кратона. Изотопный возраст рубежа оценен как 1650 млн лет на основании U-Pb-датировок вулканогенных цирконов из средней части айской свиты, равной 1615±45 млн лет [29] и из наиболее молодых членов развитой в Скандинавии гранит-порфировой ассоциации

(1680—1670 млн лет), которая трактовалась как завершающая раннепротерозойский магматизм кратона. Минимальный возрастной предел бурзянской серии определяют U-Pb-датировки бадделеита ($1385 \pm 1,4$ млн лет) из габбро-диабазов Главной дайки, прорывающей отложения бакальской свиты [113], U-Pb-определения (SHRIMP II) цирконов из интрузивных пород Бердяшского массива гранитов рапакиви (1389 ± 28 — 1368 ± 6 млн лет), локализованного в саткинской свите, а также из дацитов машакской свиты (1370 ± 16 млн лет) [59], которая несогласно налегает на аналоги саткинской свиты в восточных разрезах бурзянской серии и начинается типовой разрез среднего рифея. С этими датировками хорошо согласуются изохронные Pb-Pb-датировки известняков саткинской и бакальской свит, равные соответственно 1550 ± 30 и 1430 ± 30 млн лет [32].

Палеонтологические остатки в нижнем рифее представлены микрофоссилиями и строматолитами. В бурзянской серии среди микрофоссилий на фоне не имеющих стратиграфического значения остатков нитчатых и коккоидных цианобактерий (*Siphonophycus*, *Oscillatorioopsis*, *Palaeolyngbia*, *Myxococcoides*, *Gloeodiniopsis*, *Eosynechococcus* и др.) появляется набор акритарх *Satka favosa*, *Leiosphaeridia crassa*, *L. bicrura*, *L. atava*, *Nucellosphaeridium minutum*, *Protosphaeridium densum*, *Leiominuscula minuta*, *Eomarginata striata*, *Coniunctiophycus*, *Germinosphaera*, которые присутствуют в сравнительно глубоководных отложениях саткинской и бакальской свит, а *Satka favosa* — и в айской. Гораздо более широким латеральным распространением в нижнем рифее пользуется отличная по составу, так называемая анабарская ассоциация микрофоссилий [76, 151], которая присутствует в мелководных осадках. Главными ее представителями являются окремненные акинеты *Archaeoellipsoides*, ассоциированные с ними короткие трихомы *Filiconstrictosus*, *Orculiphycus*, *Partitiofilum*, а также *Myxococcoides grandis*, которым сопутствует ряд проходящих таксонов, развитых от середины нижнего протерозоя, — *Gloeodiniopsis*, *Siphonophycus*, *Eosynechococcus* и др. Представители рода *Archaeoellipsoides* пользуются очень широким вертикальным распространением в протерозое, но доминируют в составе микробиот только в раннем и в начале среднего рифея. В отложениях этого возраста из-за особенностей глобальных условий осадконакопления они приобрели очень широкое латеральное распространение, почти вытеснив иные по составу микробиоты из благоприятных экологических ниш.

Иная ассоциация микрофоссилий присутствует в открытоморских фациях нижнерифейских отложений западного склона Анабарского массива (в усть-ильинской и котуйканской свитах), которые охарактеризованы типичными для этой эратемы строматолитами (*Kussiella kussiensis*, *Omachtenia omachtensis*, *Gongylina differenciata*, *Nuclella figurata* в сопровождении ряда эндемиков [28, 75]). Эти свиты в нижней части содержат неизменный глауконит, Rb-Sr- и K-Ar-возраст которого равен соответственно 1483 ± 3 и

1459 ± 10 млн лет [22], и прорваны базитовой дайкой, имеющей U-Pb-возраст бадделеита 1384 ± 2 млн лет [112, 135]. Микрофоссилии здесь представлены морфологически простыми нитчатыми и коккоидными формами *Leiosphaeridia*, *Ostiana*, *Sphaerocongregus*, *Eosynechococcus*, *Leiosphaeroides*, *Eomarginata*, *Siphonophycus*, *Rectia*, акинетами *Brevitrichoides*, широкими трихомами *Botuobia* и др. Их сопровождают неизвестные в дорифейских толщах крупные *Chuarina*, сложно построенные *Coniunctiophycus*, *Caudosphaera*, *Elatera*, *Eosolena*, *Plicatidium*, *Rugosooopsis*, *Aimia*, *Arctacellularia*, *Trachytrichoides*, *Majasphaeridium*, а также слоевища *Majaphyton* и *Ulophyton* [13, 77]. Подобная по составу микробиота за пределами Анабарского массива описана в нижнерифейских отложениях Камско-Бельского авлакогена Восточно-Европейской платформы [9], широко развита в среднем рифее Сибири, где она названа керпыльской [11, 13, 50], а ряд ее представителей отмечен и в верхнем рифее [2, 13]. Такое распределение микробиоты во времени и пространстве объясняется фациально-экологическими причинами, и потому ее появление в разрезах (вопреки мнению некоторых авторов) нельзя использовать как указатель возраста вмещающих осадков.

Строматолиты бурзянской серии присутствуют в средних и верхних ее горизонтах и представлены *Kussiella kussiensis*, которая иногда выходит за границы нижнего рифея, специфичной для последнего *Gongylina differenciata*, а также *Conophyton cylindricus*, *Con. garganicus*, *Con. lituus*. Эти виды конофитонов в сводной геологической летописи появляются в базальных горизонтах нижнего рифея и поднимаются в средне- и верхнерифейские отложения [30, 82]. Указанный набор строматолитов характерен для сравнительно глубоководных отложений, а в разновозрастных мелководных толщах Учуро-Майского региона Юго-Восточной Сибири появляется иная ассоциация. Ее представляют *Omachtenia omachtensis*, *Panicollenia omachta*, *Nuclella figurata* и *Gongylina differenciata*, которые не установлены в дорифейских последовательностях. Отложения гонамской свиты, содержащие эту ассоциацию, несогласно залегают на вулканоплутоническом комплексе, самые молодые члены которого имеют U-Pb-цирконовый возраст 1718 ± 1 — 1704 ± 5 млн лет ([139], А.М. Ларин, устное сообщение), и на локально развитой маломощной уянской серии. Минералогически не изученный глауконит, залегающий стратиграфически выше появления названных форм, имеет K-Ar-возраст 1520 — 1450 млн лет, но эти формы присутствуют и в более высоких горизонтах нижнерифейской последовательности региона [75].

Таким образом, микрофоссилии и строматолиты определяют палеонтологическую специфику нижнего рифея, но эту специфику пока нельзя использовать для обоснования нижней границы данной эратемы из-за пространственно-хронологических особенностей распределения в разрезах названных органических остатков.

Типом среднерифейской эратемы является юрматинская серия Южного Урала, которая с угловым несогласием залегает на бурзянской серии и расчленяется на четыре согласно пластуемые свиты: вулканогенно-терригенную машакскую (1500—2000 м), по подошве которой проводится нижняя граница названной эратемы, силикокластические зигальгинскую (800—1500 м) и зигазино-комаровскую (600—1500 м) и глинисто-карбонатную авзянскую. Изотопный возраст нижней границы эратемы в Уфимской шкале оценивался как 1350 ± 20 млн лет, но современные U—Pb-датировки машакских вулканитов [59] позволяют уточнить этот возраст и принять его равным 1370 млн лет. Минимальный возрастной предел юрматинской серии строго не установлен. Для всей послемашакской части серии имеется только одна изотопная датировка (1226 млн лет), полученная в 1960-е гг. К—Ag-методом по минералогически не изученному глаукониту из верхней части авзянской свиты [83]. По С-изотопным хемотратиграфическим данным терминальная часть нижней подсвиты авзянской свиты сопоставляется с отложениями, имеющими возраст около 1270 млн лет [96].

Органические остатки в юрматинской серии установлены лишь в ее средней и верхней частях. В зигазино-комаровской свите присутствует бедная ассоциация микрофоссилий, в которой известен ряд форм, общих с развитыми в бурзянской серии, и впервые появляются крупные акритархи *Kildinella*, таблитчатые *Satka elongata*, колониальные *Synsphaeridium* и оболочки сфероморфных акритарх рода *Leiosphaeridia*. В нижней подсвите авзянской свиты наряду с господствующими морфологически простыми транзитными остатками цианобактерий (представителями родов *Eoentophysalis*, *Eosynechococcus*, *Siphonophycus*, *Gloedinopsis* и др.) и подчиненными остатками вероятных эвкариотных микроорганизмов рода *Leiosphaeridia* присутствует новый морфотип цианобактерий — многослойные стебельки *Polybessurus bipartites*. Во второй сверху подсвите названной свиты известны только три вида транзитных микрофоссилий, а в терминальной, тюльменской ее подсвите обнаружена богатая и разнообразная микробиота. В ней кроме остатков проходящих таксонов появляются *Navifusa majensis*, *Ostiana microcystis*, *Sphaerocongregus variabilis*, *Polytrichoides lineatus*, *Asperatofilum* и ряд других форм, объединяющих эту микробиоту с верхнерифейскими ([7, 9, 76] и ссылки в этих работах). Вне авзянской свиты *Polybessurus bipartites* на территории России известен только в сухотунгусинской свите Туруханского района, завершающей региональную среднерифейскую последовательность, а в сводной геологической летописи этот таксон представлен в среднерифейских и более молодых отложениях [76].

Строматолиты в юрматинской серии известны только в авзянской свите, где образуют две последовательные ассоциации. Первую из них, развитую в нижней, катакской подсвите, представляют *Baicalia aborigena* и эндемичные виды *Svetliella* и *Conophy-*

ton. Вторая, верхневаязская ассоциация, присутствующая в ушаковской и реветской подсвитах, объединяет *Conophyton metula*, *Con. cylindricus*, *Jacutophyton* sp., *Baicalia nova* и местных представителей некоторых других родов, обладающих широким вертикальным распространением [30, 82].

В сибирском гипостратотипе рифея — в разрезе Учуро-Майского региона — отложения среднего рифея представлены аймчанской и керпыльской сериями, каждая из которых ограничена несогласиями как сверху, так и снизу. К—Ag-возраст минералогически не изученного глауконита из первой свиты аймчанской серии 1230—1210 млн лет, из нижней части базальной (тоттинской) свиты керпыльской серии 1170—1140 млн лет, а из верхней части этой свиты 1020—970 млн лет, тогда как изотопный Pb—Pb-возраст известняков из вышележащей (малгинской) свиты 1043 ± 14 млн лет. U—Pb-возраст обломочных цирконов из ее основания 1300 млн лет [46, 75, 135].

Аймчанская серия содержит бедный набор транзитных остатков цианобактерий, а керпыльская в нижней части (в кондерской подсвите тоттинской свиты) включает типовую керпыльскую ассоциацию таксонов, характерными членами которой являются различные по размерам акритархи *Leiosphaeridia*, крупные *Chuarina*, представители родов *Nucellosphaeridium*, *Pterospermopsimorpha*, *Konderia* и более редкие *Simia*, *Pulvinosphaeridium*, *Germinosphaera*, колониальные коккоидные цианобактерии *Sphaerophycus*, *Palaeoanacistis*, *Eomicetopsis*, *Myxococcoides*, *Coniunctiophycus*, *Ostiana*, *Eoentophysalis*, *Sphaerocongregus*, *Eogloeoecapsa*, *Aimia*, нитчатые цианобактерии *Oscillatoriopsis*, *Trachytrichoides*, *Filliconstricosus*, *Palaeolyngbya*, *Leiotrichoides*, *Siphonophycus*, *Eomicrocoleus*, *Polytrichoides*, *Rectina*, *Rugosopsis*, талломы *Ulophyton* и *Majaphyton*. Многие из названных форм поднимаются в вышележащую часть керпыльской серии, в омнинскую подсвиту тоттинской свиты и частично в малгинскую свиту, а завершающая разрез серии доломитовая ципандинская свита из-за фациальных причин по существу, не содержит микрофоссилий [3].

Строматолиты в аймчанской серии представлены *Baicalia aborigena*, *Svetliella svetlica*, эндемичными представителями названных и некоторых других родов, а также редкими *Kussiella kussiensis*. Появление первых двух названных таксонов служит основанием для проведения нижней границы среднего рифея в рассматриваемом разрезе по поверхности несогласия в основании названной серии. В средней части керпыльской серии присутствуют редкие *Appia topicalis*, *Compactocollenia tchajensis* и местный вид *Parmites*, а в верхней — *Baicalia rara*, эндемичные виды *Parmites*, *Minjaria*, *Telemsina* и некоторых других родов [75]. Появление в верхней части керпыльской серии первых представителей *Minjaria*, *Parmites* и *Telemsina* сближает развитую здесь ассоциацию строматолитов с верхнерифейскими, в которых названные роды (а иногда и вид *Baicalia rara*) пользуются широким распространением.

Таким образом, специфику палеонтологической характеристики среднерифейских отложений России создают развитые в их верхней части стебельковые цианобактерии *Polybessurus bibartites*, появляющиеся в нижних горизонтах этих отложений строматолиты *Baicalia aborigena* и *Svetliella svetlica*, а также локально развитые у кровли рассматриваемых отложений первые представители миньярий, пармитесов и телемсин и набор акритарх, которые поднимаются в верхний рифей. Использовать эту специфику для биостратиграфического обоснования нижней границы среднего рифея не удастся, так как в опорных разрезах верхнего докембрия Северной Евразии палеонтологически охарактеризованные ниже- и среднерифейские отложения разделены несогласиями и/или “немыми” значительными по мощности терригенными или вулканогенно-терригенными толщами. Перспективным объектом для биостратиграфического обоснования упомянутой границы довольно долго считался разрез западного склона Анабарского массива. В его средней части отложения усть-ильинской и котуйканской свит, содержащие нижнерифейскую ассоциацию строматолитов и имеющие Rb-Sr-возраст глауконита 1483 ± 3 млн лет, со следами местного размыта сменяются породами нижней подсвиты юсмастахской свиты. Последние, судя по Rb-Sr-изохронным датировкам тонких субфракций аутигенного иллита первой генерации, испытали диагенез погружения $1280-1270$ млн лет назад [23] и содержат строматолиты *Conophyton metula* и эндемичные виды *Baicalia* и *Svetliella* [28]. За пределами анабарского разреза *Conophyton metula* и первые представители байкалий и светлиелл появляются в основании среднего рифея. Однако недавно выяснилось, что упомянутые отложения Анабарского массива древнее 1384 ± 2 млн лет (U-Pb-возраста бадделеита прорывающей дайки [112, 135]) и потому относятся к нижнему рифею и не имеют отношения к установлению нижней границы среднего рифея.

Типом верхнерифейской эратемы является каратавская серия Южного Урала, которая залегает несогласно на юрматинской серии и несогласно перекрыта ашинской серией венда. В каратавской серии выделено шесть свит [83]: силикокластическая зильмердакская ($1200-3300$ м), пестроцветная известняковая каратавская ($150-350$ м), терригенно-карбонатная инзерская ($300-800$ м), карбонатная преимущественно доломитовая миньярская ($350-800$ м), терригенно-карбонатная укская, завершающая разрез серии в западных разрезах, и терригенная криволюкская ($400-560$ м), сохранившаяся от предвендского размыта только в восточных разрезах. Три нижние свиты связаны постепенными переходами, укской свите предшествует региональное несогласие [33], а в основании миньярской отмечаются следы локальных размытов.

Максимальный возрастной предел каратавской серии строго не определен. Базальные ее горизонты не имеют достоверных изотопных определений, а

подстилающие их отложения авзянской свиты, как отмечено выше, обладают лишь одной K-Ar-датировкой глауконита (1230 млн лет), которую в настоящее время нельзя считать надежной. В $1960-1980$ -е гг. к обоснованию упомянутого предела привлекались K-Ar-данные, полученные по биотиту и валовым пробам габбро-диабазов, относимых к предзильмердакскому интервалу ($1140-1040$ млн лет) ([83] и ссылки в этой работе), но эти данные также не являются надежными из-за лабильности изотопно-геохронологических систем в названных геохронометрах. Достоверные определения изотопного возраста серии получены Pb-Pb-методом по нижеинзерским известнякам (836 ± 25 млн лет) [44], а также Rb-Sr- и K-Ar-методами по нижеуцурскому глаукониту (664 ± 11 и 669 ± 16 млн лет соответственно). Этот глауконит, судя по данным мессбауэровской спектроскопии, обладает первичной тонкой структурой минерала и, следовательно, сохранил изотопно-геохронологическую метку, приобретенную на стадии раннего диагенеза [25]. К менее строгим датировкам каратавских пород принадлежат определение средневзвешенного Pb-Pb-возраста доломитов верхней части миньярской свиты, равное 780 ± 85 млн лет [45], и полученные в $1960-1980$ -е гг. K-Ar- и редкие Rb-Sr-определения минералогически не изученных глауконитов (млн лет): пограничные горизонты каратавской и инзерской свит — 938 , нижняя часть инзерской свиты — $896-853$, ее верхняя часть — $790-740$, нижняя часть миньярской свиты — $713-680$ и нижняя часть укской — $658-630$ (K-Ar) и 688 ± 10 (Rb-Sr). При оценке минимального возраста каратавской серии используют Rb-Sr-датировку глауконита из нижней части ашинской серии, равную 618 ± 13 млн лет [83].

Микрофоссилии каратавской серии образуют последовательный ряд таксономически различных ассоциаций [8, 82]. Нижняя, бирьянская подсвита зильмердакской свиты заключает бедную ассоциацию (мелкие *Leiosphaeridia* и *Myxococcoides*, подчиненные *Satka*, *Germinosphaera*, *Leiosphaeroides* и *Archaeoelipsoides*), что целиком объясняется неблагоприятными обстановками формирования подсвиты. В вышележащей нугушской подсвите таксономический состав микрофоссилий резко расширяется за счет появления ряда таксонов, общих с тюльменской микробиотой авзянской свиты или вообще неизвестных в нижележащих отложениях. Здесь помимо транзитных форм присутствуют крупные *Leiosphaeridia*, *Nucellosphaeridium*, *Navifusa*, *Asperatofillum*, *Coniunctiophycus*, *Siphonophycus*, *Caudiosphaera*, слоевища *Ostiana*, талломы *Majaphyton*, нити сцитонемовых цианобактерий *Pseudodendron*, остатки зеленых водорослей *Proterocladus*, а также подчиненные акритархи *Simia nerenica*, *Pterospersimorpha*, *Polysphaeroides*, *Taenitrichoides*, *Plicatidium*, *Recta*, *Botuobia* и *Lakhandinia*. По составу данная ассоциация сходна с керпильской, развитой в Учуро-Майском регионе в средней части среднего рифея. В лемезинской подсвите зильмердакской свиты, представленной в неблагоприятных фа-

циях, развита лишь часть таксонов бирьянской ассоциации, но в завершающей названную свиту бедерьшинской подсвите известен существенно иной набор форм. Он содержит акантоморфные акритархи *Trachyhystrichosphaera truncata*, *T. aimica*, *T. stricta*, *T. parva*, крупные *Leiosphaeridia kulgunica*, *Tortunema*, *Chlorogloeopsis*, *Brevitrichoides*, *Glomovertella*, *Polytrichoides*, *Arctacellularia* в сопровождении всех таксонов, поднимающихся из нугушской подсвиты. Катавская свита не содержит микрофоссилий, а вблизи основания вышележащей инзерской свиты наблюдается богатая их ассоциация. Она содержит почти все формы, развитые в нижней части серии, и ряд вновь появившихся: акантоморфные акритархи *Cymatiosphaeroides*, *Comasphaeridium*, *Sphaeranosillos*, *Trachyhystrichosphaeridia aimica*, *Prolatoforma*, гигантские *Chuaria*, сложные оболочки *Germinosphaera*, крупные *Tasmanites*, *Konderia*, *Spumosina*, *Simia simica*, *Kirbia*, *Cerebrosphaera*, *Cucumiforma*, *Heliconema*, *Trachytrichoides*, *Fabiformis* и остатки водорослей *Valkyria*.

В вышележащей части каратавской серии в силу фациальных причин наблюдается заметный спад разнообразия микробиот, который в нижеукуских отложениях частично компенсируется рекуррентным появлением ряда форм [8]. В верхнекаратавских микробиотах господствуют имеющие широкое вертикальное распространение мелкие акритархи, колониальные коккоидные и нитчатые формы, которым подчинены некоторые новые морфотипы. Это окремненные *Gloeodiniopsis lamellosa*, *Eoaphanocapsa oparinii*, *Eoentophysalis belcherensis*, *Ramovaginalis* и *Eosynechococcus amadeus* из верхней части миньярской свиты [76], а также органостенные *Palaeolyngbya zilimica*, *Symplassosphaeridium*, *Tortunema*, *Tetrasphaera* и *Oscillatoria zilimicus* из нижней части укской [8]. В верхней части миньярской свиты их сопровождают остатки панцирных амёб *Melanoceryllium*. В криволукской свите стратиграфически значимые микрофоссилии не встречены. Итак, в последовательности микробиот каратавской серии наблюдаются три уровня обновления систематического состава: связанный со сменой фациальных обстановок преднугушский и отражающие главные тренды развития микробиот предбедерьшинский и предынзерский.

Строматолиты каратавской серии, присутствующие во всех ее карбонатных толщах, образуют выдержанную последовательность таксонов, значительная часть которых представлена видами, а отчасти и родами, эндемичными для восточного и северо-восточного обрамления Восточно-Европейской платформы [30, 52, 82]. Гораздо более широкое горизонтальное распространение среди каратавских строматолитов имеют *Inzeria tjomusi*, *Yurusania cylindrica* и *Malginella zipandica*, характерные для катавской свиты, *Gymnosolen ramsayi*, *Inzeria djemimi*, *Tungussia* и *Parmites*, развитые в инзерской свите, *Minjaria uralica*, *Conophyton miloradovici*, *Parmites* и *Tungussia*, присутствующие в миньярской свите, и типичная для укской свиты *Linella ukka*. В аналогах каратавской серии, вскрытых

буровой скважиной на северо-восточной окраине упомянутой платформы, описаны остатки аннелидоморфных животных организмов *Parmia* [20]. Отложения с этими ископаемыми одни исследователи сопоставляют с нижней частью каратавской серии, а другие — с верхней.

Изменения в составе микрофоссилий, сравнимые с наблюдаемыми в основании бедерьшинской подсвиты зильмердакской свиты, в Учуро-Майском регионе наблюдаются в основании лахандинской серии. Эта серия, со следами размыва залегающая на ципандинской свите керпильской серии, содержит богатую ассоциацию форм, наиболее показательными членами которой являются акантоморфные акритархи *Trachyhystrichosphaera aimica*, *T. stricta*, *Prolatoforma aculeata*, спирально-цилиндрические нити *Obruchevella* и *Eosolenia*, чехлы *Tortunema*, *Glomovertella*, *Rugosopsis*, крупные представители родов *Archacellularia*, *Lakhandinia*, *Eosolenia*, *Navifusa*, *Fabiformis*, *Poly-sphaeroides*, *Polytrichoides*, *Trachytrichoides*, *Aimia*, *Valeria*, *Pellicularia*, *Recta*, *Majasphaeridium*, талломы многоклеточных водорослей *Plicatidium*, *Archaeoclada*, *Variacлада*, *Valeriaclada*, *Majaphyton* и *Olophyton*, остатки низших грибов и их репродуктивных структур *Eosaccharomyces* и *Mucorites*, нитчатые *Palaeovaucheria*, трактуемые как остатки золотистых ксантофитовых водорослей, остатки почкующихся диморфных организмов *Majasphaeridium*, *Itirindia*, *Radiatosphaera* и ряд других таксонов, в том числе поднимающиеся из тоттинской свиты керпильской серии морфологически простые формы [4, 5, 10, 16, 17, 76]. Большая часть названных форм присутствует в вышележащих кандыкской и устькирбинской свитах уйской серии, но здесь нет широких талломы, морфологически дифференцированных трихомов и остатков грибов. Вместе с тем в устькирбинских отложениях появляются акритархи *Cymatiosphaeroides* и вероятные *Baltisphaeridium* [15] и ссылки в этой работе).

Строматолиты при переходе к лахандинской серии также обнаруживают значительные изменения состава [75], но важный вклад в эти изменения вносят представители тех родов, появление которых было связано со сменой обстановок осадконакопления — становлением лахандинского карбонатного открытого шельфа и активной осцилляции уровня моря [51]. К таким родам относятся различные виды конофитонов и якутофитонов, которые за пределами указанного региона в соответствующих обстановках появляются значительно ниже рассматриваемого уровня. Сбросив со счета эти таксоны и эндемиков, мы должны признать, что лахандинские строматолиты отличаются от нижележащих появлением *Inzeria tjomusi* и *Jurusania cylindrica*, а также присутствием новых форм рода *Baicalia*: *B. lacera*, *B. nova*, *B. maica* и *B. ingliensis*. Отмечено, что *B. lacera* обладает новым типом микроструктуры, который в субглобальном масштабе развит в нижней части верхнерифейских отложений и, вероятно, отражает динамику условий карбонатонакопления [137].

Рассмотренные изменения в составе микрофоссилий и строматолитов служат основанием для проведения границы среднего и верхнего рифея в Учуро-Майском регионе в основании лахандинской серии. Высказанные в литературе мнения о включении в состав верхнего рифея нижележащей керпыльской серии опирается на появление в этой серии таксономически богатой “продвинутой” тоттинской ассоциации микрофоссилий, резко отличной от развитых в нижележащих горизонтах учуро-майского разреза, и/или на вывод о более высоком значении предтоттинского событийного рубежа по сравнению с предлахандинским ([3—5, 10, 90] и ссылки в этих работах). Однако это мнение не может быть принято. Во-первых, пространственно-хронологическое размещение в рифейских разрезах характерных представителей тоттинской микробиоты определяется фациально-экологическими причинами и потому не может использоваться в стратиграфических целях. Во-вторых, биосферное значение предлахандинского рубежа, отмеченного важными изменениями в биоте, по рангу значительно выше иерархии поверхностей несогласия в стратиграфических последовательностях. В-третьих, введение аимчанской серии в состав верхнего рифея фактически ведет к включению в общую шкалу рифея нового подразделения, по объему отличного от объема типового разреза верхнего рифея.

Возрастные рамки лахандинской и уйской серий определяют следующие данные. U-Pb-возраст бадделита из синседиментационных даек, залегающих в кандыкской свите, составляет 1005 ± 4 и 974 ± 7 млн лет, а Sm-Nd-возраст этих даек 942 ± 19 млн лет [48, 148], Pb-Pb-изохронный возраст известняков нижней части лахандинской серии и малгинской свиты, которая согласно подстилает ципандинскую свиту, равен соответственно 1025 ± 40 и 1043 ± 14 млн лет, а определенный тем же методом возраст карбонатных пород сухотунгусинской свиты Туруханского района, залегающей между аналогами малгинской свиты и лахандинской серии [97], составляет 1035 ± 60 млн лет [46, 47, 73]. Хотя с точки зрения статистических критериев приведенные Pb-Pb-датировки значимо неразличимы, их величины (математические ожидания) согласуются со стратиграфической последовательностью датированных свит. Это придает им дополнительный вес и позволяет считать, что граница керпыльской и лахандинской серий имеет возраст около 1030 млн лет [70]. Именно это значение принято в стратиграфической шкале докембрия России как определяющее изотопный возраст нижней границы верхнего рифея (рис. 2).

Ассоциация микрофоссилий, подобная развитой в лахандинской серии, описана в деревнинской свите Туруханского района Средней Сибири. Эта свита по комплексу данных сопоставляется с нижней частью упомянутой серии [97] и содержит такие характерные формы, как *Trachyhystrichosphaera aimica*, *T. stricta*, *Prolatoforma aculeata*, крупные *Leiosphaeridia*, представители родов *Asperatophyton*, *Rectia*, *Taenitrichoides*,

Obruchevella, слоевища *Ulophyton*, *Majaphyton* и *Ostiana*, которым сопутствуют формы широкого вертикального распространения [50]. Сходство преддервинского микрофитологического рубежа с предлахандинским и предбедерышинским подчеркивается подобием состава тех показательных микробиот, которые заключены в нижележащих отложениях рифея — в безыменской свите Туруханского района [10], керпыльской серии Учуро-Майского региона [3] и нугушской подсвите зильмердакской свиты Южного Урала [8] и содержат различных по разнообразию представителей керпыльской ассоциации. К сожалению, в названных районах слои, содержащие характерный набор керпыльских форм, отделяются от слоев, заключающих бедерышинскую, лахандинскую и деревнинскую ассоциации, пробелом в биостратиграфической характеристике — отложениями с бедными астратиграфическими биотами, появление которых было связано с фациальными особенностями их формирования. Данный факт затрудняет использование предбедерышинского—предлахандинского микрофитологического рубежа в стратиграфических целях.

В Туруханском разрезе вслед за накоплением деревнинских отложений, в свите буровой и шорихинской фиксируется резкое снижение таксономического разнообразия микрофоссилий. В этих свитах наблюдаются морфологически простые нитчатые и коккоидные формы, представленные главным образом окремненными разностями [76]. Биостратиграфически значимыми здесь являются встреченный в свите буровой *Polysphaeroides contextus*, вероятно представляющий остатки эвкариотных водорослей, и акритархи *Trachyhystrichosphaera aimica* из шорихинской свиты. Строматолиты представлены *Baicalia lacera* из свиты буровой, а также *Minjaria uralica* и *Gymnosolen* sp. из шорихинской [75]. Вышележащая мироедихинская свита содержит самую разнообразную во всем Туруханском рифее ассоциацию микрофоссилий [11, 12, 76]. В нее входят все основные деревнинско-лахандинские таксоны (в том числе представители родов *Trachyhystrichosphaera*, *Prolatoforma*, *Valeria*, *Ostiana*, *Polytrichoides*, *Elateria* и др.), а также ряд вновь появившихся родов *Cerebrosphaera*, *Cymatiosphaeroides*, *Cephalonyx*, *Pellicularia*, *Caudiosphaera*, новые виды *Pseudodendron* и др. Имеющиеся изотопные данные позволяют определить возрастной предел буровой, шорихинской и мироедихинской свит лишь в довольно широком интервале. Эти свиты моложе 1030 млн лет — возраста нижней границы верхнего рифея и древнее ~850 млн лет — этапа метеорного диагенеза рассматриваемых осадков, установленного по датировкам “омоложенных” глауконитов [47]. Хемостратиграфические C-изотопные данные [97] показывают, что мироедихинская свита формировалась в заключительной части упомянутого интервала.

Микрофоссилии верхних горизонтов верхнего рифея (850—650 млн лет) в Сибири изучены недостаточно, но данные по Северной Канаде и Шпицбергену [101, 102] свидетельствуют о наличии в этих гори-

зонтах своеобразных микробиот, отличных по составу от известных ниже по разрезу. Таким образом, в развитии позднерифейских микроорганизмов существовало три последовательных уровня обновления таксономического состава, которые могут быть использованы в биостратиграфических целях. Выделение в верхнем рифее двух стратиграфических подразделений со специфичным составом микрофоссилий [76, 151] является важным шагом на этом пути.

Вендская система в своей стратотипической местности — в центральной части Восточно-Европейской платформы — представлена четырьмя разделенными несогласиями горизонтами — лапландским, редкинским, котлинским и ровенским, последний из которых согласно перекрыт отложениями нижнего кембрия ([78, 79, 81] и ссылки в этих работах). Лапландский горизонт, относимый к нижнему венду, объединяет две разделенные несогласием свиты: блоньскую (до 230 м), представленную тиллитами и вышележащими песчаниками с прослоями конгломератов и редких доломитов, и глусскую (150–270 м), сложенную тиллитами с пластами песчаников. В составе изменчивых по мощности редкинського, котлинского и ровенского горизонтов, относимых к верхнему венду, доминируют аргиллиты с варьирующим количеством алевролитов и песчаников. Нижняя граница венда, проведенная в основании нижнего (блоньского) уровня тиллитов лапландского (варангерского) горизонта, имеет несомненное глобальное значение, так как лапландские тиллиты являются региональными представителями крупнейшего в истории Земли оледенения Варангер-Марино, с которыми были связаны радикальные изменения в биосфере [81, 93, 104].

Появлению характерных для венда представителей флоры и фауны предшествовала важная перестройка биоты. В конце позднего рифея произошло вымирание или резкое количественное сокращение ряда морфологически сложных эвкариотных микроорганизмов, и потому такие индекс-формы, как *Trachyhystrichosphaera*, *Prolatoforma*, *Cymatiosphaeridia* и др., не характерны для венда ([76, 158] и ссылки в этих работах). Вместе с тем на различных уровнях в верхнем венде фиксируются важные новации в эволюции метафита, появление комплекса бесскелетных метазоа и мелкораквинной фауны, а также изменения в составе акритарх.

В лапландском гляциогоризонте в центральной части и на севере Русской плиты из-за условий его формирования органические остатки представлены только мелкими сферическими акритархами *Bavlinella faveolata*. Стратиграфически выше аналогов лапландских тиллитов в Центральной Австралии, Южном Китае, Малых Гималаях, на Шпицбергене и в центральной Сибири появляется таксономически богатая и стратиграфически важная ассоциация морфологически сложных акантоморфных и херкоморфных акритарх так называемого пертататакского типа ([21, 122, 123, 165] и ссылки в этих работах), которая

до недавнего времени не была известна на Восточно-Европейской платформе. Ныне она установлена в Южном Притиманье, в разрезе буровой скважины в средней части вычегодской свиты [6, 15, 159]. Аналогом нижней части последней на Южном Урале, вероятно, является та или иная часть укско-криволукских отложений [15], которые завершают типовой разрез верхнего рифея и вблизи основания содержат неизменный глауконит, имеющий Rb-Sr-возраст 664 ± 11 млн лет [25]. Минимальный возрастной предел вычегодской свиты определяется тем, что на нее с размывом налегают палеонтологически охарактеризованные отложения редкинського горизонта, U-Pb-возраст (SHRIMP) вулканогенных цирконов из средней и верхней частей которого равен 558 ± 1 и $555 \pm 0,3$ млн лет [24, 142].

Нижняя часть вычегодской свиты содержит верхнерифейские *Trachyhystrichosphaera aimika*, *Prolatoforma aculleata*, *Eosaccaromycetes ramosum*, остатки аннелидоморфных организмов *Parmia anastassiae*, а также ряд транзитных нитчатых и коккоидных микроостатков. Эти транзитные формы составляют палеонтологическую характеристику вышележащей сравнительно небольшой пачки нижневывогодских пород, а затем на фоне сохраняющихся в разрезе проходящих таксонов появляются пертататакские формы, представляющие сложно построенные фитопланктонные организмы и зооцисты животных. Это *Alicesphaeridium medusoidum*, *Tanarium conoideum*, *T. tuberosum*, *Cavaspina acuminata*, *Asterocapsoides sinensis*, *Ericiasphaera polystacha*, *Parapandorina* и ряд вновь выделенных таксонов. Эту микробиоту, названную кельтминской, по составу можно сопоставить с таковой, которая характеризует первую биостратиграфическую зону, установленную в Австралии в типовой последовательности пертататакских ископаемых. Отложения этой зоны отделены от нижележащих тиллитов, коррелируемых с тиллитами Марино, изменчивой по мощности (25–420 м) пачкой, которая отнесена к зоне *Leiosphaeridia jacutica*—*L. crassa* и содержит бедный набор акритарх, известных в верхнем рифее и венде [122, 123]. Учитывая палеонтологическую характеристику и стратиграфическое положение слоев с кельтминской биотой, эти слои, видимо, следует относить к доредкинскому уровню, тогда как подстилающую пачку с транзитными микрофоссилиями можно условно сопоставить с лапландским горизонтом, а базальная часть вычегодской свиты, как уже говорилось, коррелируется с терминальными горизонтами рифейских отложений Южного Урала [15].

В редкинском горизонте на севере и в центральной части Восточно-Европейской платформы развит иной комплекс микрофоссилий. В нижней части горизонта присутствуют *Volyniella valdaica*, *Rudnjana*, *Trachysphaeridium partialum*, *Octoedryximum intrarium*, *Bavlinella faveolata*, *Orymatosphaeridium rubidinosum*, *Polytrychoides lineatus*, *Stictosphaeridium pecutinatum*, редкие *Micrhystridium tornatum* в сопровождении представителей транзитных родов *Oscillatoriopsis*, *Polytry-*

choidys, *Palaeolyngbia*, *Oscillatoriopsis*, *Obruchevella*, *Symplassosphaeridium*, *Leiosphaeridia* и др., которые частично поднимаются в верхнюю часть горизонта, где известны и новые формы (*Oscillatoriopsis wernadskii*, *Striatella coriacea*, *Tortunema sibirica* и др.). Кроме того, в редкинском горизонте появляются остатки метафитных водорослей *Eoholynia*, *Archyfasma*, *Beltanelloides sorichevae* и *Serebrina crustacea*, а также первые представители рода *Saarina*, отнесенного к погонофорам [14, 19, 116, 141]. Микрофоссилии котлинского горизонта представлены главным образом крупными *Leiosphaeridia atava*, *Oscillatoriopsis wernadskii*, *O. rhomboidalis*, *Bavlinella faveolata*, *Cochleatina conilovica*, редкими *Micrhystridium* и *Rudnjana*, а водоросли — *Pilitella composita*, *Kanilovia* sp., *Vendotaenia*, *Aataenia reticularis*, а у кровли *Tyrasotaenia* [14, 19, 141].

Характерной особенностью редкинских и котлинских отложений является фауна бесскелетных метазоа, которая наиболее полно представлена на Зимнем берегу Белого моря и в прилежащих районах [86, 115]. Эта фауна появляется в нижней части редкинского горизонта и исчезает в средней части котлинского, выходя далеко за пределы верхнередкинских отложений, содержащих вулканогенные цирконы с U-Pb-возрастом 558—555 млн лет. В пределах всего охарактеризованного фауной диапазона присутствуют *Dickinsonia* cf. *tenuis*, *Parvancorina minchami*, *Cyclomedusa* sp. и *Tribrachidium heraldicum*. На различных уровнях в средне- и верхнередкинских отложениях этот набор таксонов обогащается за счет появления ряда форм, которые прослеживаются до верхнего предела распространения данной фауны (*Dickinsonia costata*, *Kimberella quadrata*, *Rangea* sp., *Tribrachidium heraldicum*) либо не поднимаются выше нижней части котлинского (*Archaeospinus fedonkini*, *Cyanorus singularis*, *Onegia stepanovi*, *Epibaion axiferus*, *Yorgia waggoneri* и др.) или терминальной части редкинского горизонта (*Onegia renoxa*). Наибольшее разнообразие фауны достигается в пограничных редкинских и котлинских отложениях, где наряду с названными таксонами присутствует ряд форм с узкими рамками вертикального распространения. Такая динамика систематического разнообразия беломорской фауны в значительной мере связана с вариациями обстановок ее формирования [24, 115].

Палеонтологическую характеристику ровенского горизонта, завершающего типовую последовательность венда, представляют появившиеся на этом уровне акритархи *Leiosphaeridia dehisca*, *Cochleatina rudaminica*, *Ceratophyton duplecum*, *Teophipolia*, сабеллитиды *Sokoloviina*, *Sabellidites*, *Parasabellidites*, новые представители сааринид, возросшие в количестве *Micrhystridium tornatum*, вендотениды *Dvinia* и *Tyrasotaenia*, а также транзитные лейосферидии [14, 19, 42].

Изотопный возраст нижней границы венда на Уфимском совещании был оценен как 650 ± 20 млн лет на основании K-Ar-датировок минералогически не изученного глауконита из наиболее молодых довендских отложений Урала и Rb-Sr-определений валовых

проб гранитов, прорывающих уральские аналоги лапландских (варангерских) тиллитов. Однако эти датировки вскоре стали рассматриваться как недоказательные из-за возросших требований к сохранности использованных геохронометров. Позднее возраст упомянутой границы было предложено оценивать как 600 ± 10 млн лет [70] исходя из U-Pb-датировок эффузивных пород, которые на Ньюфаундленде ассоциированы с тиллитами Гаскье (*Gaskiers*), сопоставленными с варангерскими, и из Rb-Sr-определений глинистых фракций рифейских, вендских и нижнекембрийских аргиллитов Восточно-Европейской платформы, которые рассматривались как фиксирующие возраст определенных стадий диа- и эпигенетических изменений осадков, вмещающих варангерские тиллиты. В свете современных данных приведенные оценки требуют более строгого обоснования, так как корреляция тиллитов Гаскье с нижеварангерским (блоньским) гляциогоризонтом ныне не может быть принята, а использованные трактовки геологического значения Rb-Sr-датировок безусловны.

К сожалению, достоверных изотопных датировок упомянутой границы до сих пор нет, но на Среднем Урале установлено, что сопоставимые с блоньскими тининские тиллиты [104] моложе 671 ± 24 млн лет (U-Pb. SHRIMP, циркон) и древнее 569 ± 42 млн лет (Sm-Nd, валовые пробы) [37, 49]. Дополнительные сведения об изотопном возрасте лапландского (варангерского) гляциогоризонта, в основании которого проводится нижняя граница вендской системы, предоставляет его корреляция с тиллитами Наньто Южного Китая. Эта корреляция определяется не только тем, что тиллиты Наньто в настоящее время все исследователи относят к уровню Варангер-Марино ([104] и ссылки в этой работе), но и биостратиграфическими данными. В восточных разрезах ущелья р. Янцзы, в 11 м стратиграфически выше кровли названных тиллитов, вблизи основания формации Доушаньто появляется ассоциация акритарх пертататакского типа [165]. Первые ее представители известны всего в нескольких метрах выше кровли венчающих доломитов тиллитов Наньто, что предполагает появление пертататакских микрофоссилий в китайских разрезах на несколько более низком стратиграфическом уровне, чем в австралийских, в которых это явление отделяется от тиллитов уровня Марино зоной *Leiosphaeridia jacutica*—*L. crassa*. Такое предположение подтверждается C-изотопной хемотратиграфической корреляцией китайских и австралийских разрезов ([165] и ссылки в этой работе). Корреляция лапландских тиллитов с тиллитами Наньто важна в том отношении, что последние имеют строгие ограничения изотопного возраста. U-Pb-датировка вулканогенных цирконов (ID-TIMS) из формации Датаньпо, которая предшествует тиллитам Наньто и отделена от них несогласием, составляет 663 ± 4 млн лет, а из согласно налегающей на тиллиты формации Доушаньто в 2,5 и 10 м от ее основания — $635,2 \pm 0,6$ и $632,5 \pm 0,5$ млн лет соответственно [107, 165]. U-Pb-

возраст (SHRIMP) цирконов из первого прослоя туфов в формации Душаньто оценен как $628,3 \pm 5,8$ и 621 ± 7 млн лет [163, 164]. Все сказанное позволяет считать, что возрастные рамки варангерских тиллитов на основании корреляции могут быть определены как $663,4 - 635,2 \pm 0,6$ млн лет, хотя для точного датирования нижней границы венда данных пока нет. Видимо, он близок к 650 млн лет.

В сибирских разрезах с вендской системой обычно отождествляют юдомский преимущественно карбонатный комплекс (юдомий), который подстилает слои с ископаемыми первой зоны томмотского яруса и предваряется важным событийным рубежом [57, 71, 75, 90]. Этот рубеж в большинстве публикаций и в стратиграфической шкале докембрия России сопоставляется с предварангерским, хотя строгих доказательств таких сопоставлений нет. Поэтому в литературе высказаны и иные точки зрения на соотношение во времени нижних границ юдомия и венда.

Типом юдомского комплекса является одноименная серия обширного Учуро-Майского региона, которая состоит из аимской и усть-юдомской свит, разделенных поверхностью регионального размыва. Аимская свита несогласно залегает на различных более древних образованиях от архея до верхнего рифея и на пострифейских интрузиях центрального типа, тогда как усть-юдомская обычно налегает на аимскую, местами срезает последнюю и ложится на рифейские отложения, а в крайних западных разрезах переходит на кристаллические породы Алданского щита. Аимская свита представлена базальной терригенной пачкой и вышележащими доломитами, которые вблизи основания в той или иной мере замещаются известняками и содержат прослои аргиллитов. Усть-юдомская свита начинается пакетом песчаников, а выше сложена разнообразными доломитами, местами заключающими небольшие пачки известняков. Мощность аимских отложений в различных структурно-фациальных зонах региона обычно варьирует от 25 до 120 м, а усть-юдомских — от 180 до 400 м [73]. В западных разрезах усть-юдомская свита расчленяется на четыре пачки мощностью соответственно 40—55, 35—65, 30—35 и 25—30 м.

Наиболее яркой чертой палеонтологической характеристики юдомской серии являются две последовательные ассоциации мелкораквинной фауны (SSF), которые наиболее полно представлены в верхних трех пачках усть-юдомской свиты в западных (приалданских) ее разрезах и позволяют выделить зоны *A. trisulcatus* и *P. antiqua* немакит-далдынского яруса [89—92]. Ассоциация SSF зоны *A. trisulcatus* тяготеет к основанию третьей пачки названной свиты, а в одном разрезе встречается в основании второй. Для нее характерны *Anabarites trisulcatus*, *Cambrotubulus decurvatus*, *Protoherzinia anabarica*, *P. unguiformis*, *Chancellosia* и *Protospongia*. Ассоциация зоны *P. antiqua* распространена в четвертой пачке и в одном месте известна вблизи основания третьей. В ее состав входят все таксоны, развитые в зоне *A. trisulcatus*, и 30 вновь

появившихся форм. Наиболее важными из них являются *Purella antiqua*, *P. cristata*, *Latouchella korobkovi*, *Tiksitheca liscis*, *T. korobovi*, *Archaeospira regularis*, *Ladatheca annae*, *Halkieria longa*, *Igorella* sp., *Barskovia* sp., *Siphogonuchites triangularis*, *Hyolithellus vladimirovae*, *Markuella prima*, *Anabarites tripartitus* и *A. signatus*. Слои с этой фауной перекрыты отложениями первой зоны томмотского яруса — зоны *A. sunnaginicus*. В восточных участках Учуро-Майского региона в усть-юдомской свите известны фрагменты двух зональных комплексов немакит-далдынского яруса, а вблизи основания свиты встречаются бесскелетные метазоа *Cyclomedusa* ex gr. *plana*, *Medusinites* и неясные по биологической принадлежности эндемичные *Suvorovella* и *Majaella* [89—91].

Микрофоссилии юдомской серии, известные в обеих ее свитах, представлены главным образом не имеющими стратиграфического значения простыми нитчатыми и коккоидными формами. Местами они сопровождаются представителями рода *Obruchevella*, обычного в верхнерифейских и вендских отложениях, а в усть-юдомской свите характерными для венда *Micrhystridium*, ?*Megahystrichosphaeridium* и эндемичной *Osculosphaera tarynnachia*. Столь бедный состав юдомских микрофоссилий объясняется фациально-экологическими и/или тафономическими причинами [76]. В верхней части усть-юдомской свиты встречаются также остатки известковых водорослей *Renalcis* sp. и *Girvanella* sp. [14]. Среди строматолитов в рассматриваемой серии доминируют *Paniscollenia emergens*, *Colleniella singularis*, *Gongylina nodulosa* и *Jurusania undomica*. В аимской свите им сопутствуют более редкие *Boxonia grumulosa* и *Jurusania judomica*, а в усть-юдомской — *Linella simica*, местные виды *Boxonia*, *Jurusania* и *Gongylina* [71, 75].

Возрастные рамки юдомской серии в 1960—1990-е гг. оценивали как 650 ± 20 — $570(530)$ или 620 ± 20 — 580 ± 20 млн лет на основании изотопных датировок минералогически не изученного глауконита, тонкой (< 1 мкм) глинистой фракции аргиллитов и различных минералов предъюдомской Ингилийской интрузии центрального типа (обзор и библиографию см. в [72, 133]). Ныне эти датировки не следует принимать в расчет из-за состояния изотопно-геохронологических систем в использованных геохронометрах. Методически надежная датировка юдомия, равная 553 ± 23 млн лет, получена изохронным Pb-Pb-методом по известнякам, залегающим вблизи основания усть-юдомской свиты в восточном ее разрезе [74]. Максимальный возрастной предел юдомской серии определяет недавно полученная U-Pb-конкордантная датировка циркона из Ингилийской интрузии, равная 674 млн лет [135]. Минимальный возрастной предел юдомия ныне обычно определяют на основании практически общепринятой датировки нижней границы томмотского яруса, равной $534,6 \pm 0,5$ млн лет [98] или в усредненном виде 535 ± 5 млн лет [73]. Эта датировка получена U-Pb-методом (SHRIMP) по циркону из порфировых галек внутриформационного конгломе-

рата, который залегает вблизи основания тусерской свиты Хараулахского поднятия (нижнее течение р. Лены) и предваряет палеонтологически охарактеризованные отложения, относимые большинством исследователей ко второй снизу зоне томмотского яруса. Впрочем, недавно были подчеркнуты палеонтологические данные, предполагающие более высокое положение упомянутых конгломератов в нижнекембрийской шкале [88], что может вызвать сомнения в принятом ныне стратиграфическом значении датировки 535 млн лет.

Важные черты строения типового разреза юдомия вскрывает обоснованная биостратиграфическими и хемотратиграфическими данными корреляция юдомской серии с вендской последовательностью Оленекского поднятия (Северная Сибирь). В этом регионе к венду относятся отложения маастахской, хатыспытской, туркутской и большей нижней части кессюсинской свит [28, 90, 91]. Вторая и четвертая из этих свит предваряются поверхностями регионально-го размыва, а всей последовательности предшествует угловое несогласие, отделяющее ее от различных горизонтов рифейских отложений. Маастахская свита (40—60 м) начинается невыдержанной пачкой песчаников, а завершается толщей доломитов. Хатыспытская свита (160—180 м) в нижней части (~20 м) сложена терригенными породами, а в верхней части — темными известняками, доломитами и подчиненными аргиллитами, в которых содержатся отпечатки бесскелетных метазоа. Последние представлены характерным для карбонатных бассейнов набором относительно простых форм, которые в беломорских разрезах известны в верхней части редкинского и в нижней части котлинского горизонтов [86, 114]. Кроме того, здесь описаны типичные для юдомия строматолиты *Boxonia grumulosa*, *Paniscollenia emergens* и *Jurusania yudomica* [28, 71]. Туркутская свита — это доломиты с пакетами известняков (150—180 м), содержащие строматолиты *Colleniella singularis* и *Paniscollenia emergens*, а в 30 м от кровли встречены SSF зоны *A. trisulcatus* немакит-далдынского яруса [90, 91]. Кессюсинская свита (50—60 м) — чередование аргиллитов, песчаников и карбонатов, в главной по мощности нижней части которой присутствуют SSF зоны *P. antiqua*, а в 10 м от кровли появляется фауна первой (*A. sunnaginicus*), а затем второй (*D. regularis*) зон томмотского яруса [91]. В нижнекессюсинских отложениях известны также общие с ровенским горизонтом сабеллидитиды *Paleolina evenkiana*, *Sabellidites cambriensis* и др., а в немакит-далдынских разрезах Анабарского массива указаны известковые водоросли *Renalcis polymorphus*, *Botomella sibirica*, *Korilophyton inopinatum* и *Girvanella problematica* [14, 81].

Наиболее часто цитируемая изотопная датировка вендских толщ Оленекского поднятия получена по цирконам из туфобрекчии, описанной в основании кессюсинской свиты. Эта датировка равна $543,9 \pm 0,24$ млн лет (SHRIMP [98]) и обычно рассматривается как определяющая возраст раздела между зонами

A. trisulcatus и *P. antiqua*. К-Аг-определения минералогически не изученных глауконитов (660 млн лет из маастахской свиты и 530—520 млн лет из нижней части кессюсинской) ныне трактуются как приближительные.

Корреляция юдомских отложений Оленекского поднятия и Учуро-Майского региона опирается прежде всего на наличие зональных комплексов немакит-далдынских SSF в верхней части этих отложений и на наблюдаемую в них синфазность кривых изменения $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ [72, 100, 136, 144]. Донемакит-далдынские горизонты Оленекского разреза, отвечающие нижней части туркутской, хатыспытской и маастахской свитам, по С-изотопным данным не находят своих аналогов в усть-юдомской свите, хотя маастахская свита только по хемотратиграфическим данным может быть сопоставлена с нижней частью усть-юдомской. Выпадение из Учуро-Майского разреза аналогов хатыспытских, нижнетуркутских и, возможно, маастахских отложений свидетельствует о существовании значительного перерыва, разделяющего аимскую и усть-юдомскую свиты. Проведенная таким образом корреляция юдомских отложений Оленекского поднятия и Учуро-Майского региона определяет общую модель строения этих отложений в пределах Сибирской платформы [72]. Распределение значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ в донемакит-далдынской части этой модели позволило выделить в ней последовательность пяти интервалов разреза (хемотронов), которые обладают специфичной С-изотопной характеристикой. Эта последовательность не только соответствует таковой, ранее установленной в вендских отложениях Намибии и предложенной в качестве стандартной [132, 150], но и наращивает ее вниз по разрезу. Анализом вариаций изменения $\delta^{13}\text{C}$ в аимской и усть-юдомской свитах, с одной стороны, и в намибийском разрезе — с другой, подтверждается вывод, что между названными сибирскими свитами существовал заметный перерыв в осадконакоплении: в средней части разреза Намибии залегает значительная толща, не имеющая С-изотопных эквивалентов в типовом разрезе юдомия. Длительность ее формирования на основании U-Pb-датировок вулканогенных цирконов составляет около 4—4,5 млн лет. Вместе с тем использование хемотратиграфической характеристики разреза Намибии, в основании которого содержатся два горизонта тиллитов варангерского гляциогоризонта [132, 150], позволяет оценить возрастные соотношения аимской свиты с этими горизонтами. Терминальная часть аимских отложений, обладающая низкими отрицательными значениями $\delta^{13}\text{C}$ (обычно от -4 до -8%), хорошо сопоставляется с теми карбонатными породами, которые перекрывают верхний горизонт намибийских тиллитов (с формацией Бушмансклиппе). Средняя часть аимской свиты, демонстрирующая два негативных экскурса $\delta^{13}\text{C}$ от $+6,0$ до $-1,2\%$, по положению в разрезе и по С-изотопной характеристике может быть сопоставлена с верхним горизонтом тиллитов. Если эти сопоставления

верны, то нижнюю часть аимских отложений с высокими положительными значениями $\delta^{13}\text{C}$ (обычно от +4 до +6‰) по ее стратиграфической позиции следует коррелировать главным образом с терригенной пачкой, подстилающей верхние тиллиты Намибии. Стратиграфически ниже этой пачки залегают венчающие доломиты нижнего горизонта тиллитов, для которых типичны возрастающие вверх значения $\delta^{13}\text{C}$ от -4,3 до -1,5‰, а в кровле и до +5,8‰ — величины данного параметра, типичного для нижнеаимских отложений [72]. Таким образом, карбонатный разрез юдомского комплекса по стратиграфическому объему несколько уступает венду, нижняя граница которого зафиксирована в основании варангерских тиллитов Восточно-Европейской платформы, и этот вывод находится в согласии с U-Pb-датировкой предъюдомской Ингилийской интрузии (647 млн лет).

Изложенные данные показывают, что аимскую свиту можно сопоставить в типовом разрезе венда с верхней частью лапландского и нижней частью редкинских горизонтов, тогда как охарактеризованная бесскелетной фауной часть разреза юдомия отвечает пограничным отложениям редкинских и котлинских горизонтов, а слои, содержащие SSF немакит-далдынскую фауну, коррелируются с ровенским горизонтом и, вероятно, с верхней частью котлинского.

Завершая рассмотрение современной стратиграфической шкалы докембрия России отметим, что изложенные материалы о строении, изотопном возрасте и палеонтологической характеристике опорных разрезов архея и протерозоя Северной Евразии высветили фактологическую основу построения данной шкалы. Эта шкала по сравнению с ранее принятым вариантом подобной шкалы [26, 54, 65] знаменовала важный шаг вперед в утверждении хроностратиграфического принципа общего расчленения докембрия.

Что же касается предложенного членами Международной стратиграфической комиссии проекта естественной (natural) шкалы докембрийского геологического времени [94, 121], то он уступает докембрийской шкале России по методологии построения, конструкции и разрешающей способности. В этом проекте в докембрии предложено выделить пять эонов, границы между которыми устанавливать по важнейшим ключевым событиям в эволюции Земли (рис. 3). Геологическое содержание эонов определено следующим образом. 1. Эон аккреции и дифференциации (древнее ~4510 млн лет) — формирование планеты, ее рост и дифференциация земного вещества вплоть до гигантского импактного события, вызвавшего формирование Луны. 2. Хедианский (Hadean) эон (~4510—~3850 млн лет) — интенсивная бомбардировка планеты астероидами и ее последствия. 3. Архейский эон (~3850—~2600 млн лет) — прогрессивный рост земной коры, начиная от формирования древнейших супракрустальных образований зеленокаменного пояса Исуа (Гренландия) и до накопления массовых железорудных формаций. В пределах этого эона предложено выделять эо-, палео-, мезо- и не-

оархейские эры, границы между которыми определяются началом формирования трех серий австралийского докембрия: Варравуна (~3500 млн лет), Гордж Крик (~3100 млн лет) и Фортеस्कью (~2850 млн лет). 4. Переходный (Transitional) эон (~2600—~2300 млн лет), начало которого фиксирует накопление железорудных формаций бассейна Хамерсли (Австралия), а конец — первые континентальные красноцветы. 5. Протерозойский эон (~2300—~600 млн лет) — установление близкого к современному плейт-тектонического режима и отсутствие в геологической летописи животных остатков. Нижнюю границу этого эона предложено совмещать с первым появлением континентальных красноцветных отложений, а верхнюю — с возникновением эдиакарской биоты около 600 млн лет назад и с этого события начинать фанерозой. Протерозойский эон рекомендовано разделять на палео-, мезо- и неопротерозойские эры, границы между которыми маркируют соответственно формирование первого суперконтинента (~1800 млн лет) и внедрение роя даек Маккензи Северной Канады (~1267 млн лет).

При детальном рассмотрении этого проекта обращают на себя внимание следующие факты. Во-первых, авторы проекта при его конструкции приходят в противоречие со своими исходными положениями. С одной стороны, авторы подчеркивают, что естественная шкала должна быть построена “в рамках единственного доступного нам физически выраженного стандарта — существующих в настоящее время последовательностей горных пород”, а установление границ должно следовать концепции “золотых гвоздей” [121, с. 94], а с другой — включают в шкалу длительный промежуток геологического времени от 4560 до 3850 млн лет назад, следы которого отсутствуют в геологической летописи. Во-вторых, противоречия существуют и в установлении тех явлений, которые предложено использовать для обоснования стратиграфических границ. Для этого применяются события двух различных категорий, лишь одна из которых (несогласия в основании определенных стратиграфических подразделений и появление эдиакарских ископаемых) может использоваться в этом качестве, а другая не может. К последней категории принадлежат импактное событие, приведшее к образованию Луны, появление первых континентальных красноцветов, внедрение определенного роя даек и образование первого суперконтинента. Эти явления неспособны служить процедуре установления GSSP, хотя авторы проекта настаивают на необходимости использования в докембрийской шкале именно этой процедуры. В-третьих, в проекте шкалы предложено сократить стратиграфический объем архея и протерозоя за счет пограничных отложений между данными подразделениями, изменив устоявшееся в мировой геологической литературе их понимание, и выделить между археем и протерозоем *sensu stricto* новый переходный (Transitional) (между чем и чем?) эон. В его объем наряду с прочим предложено включить крупнейший

событийный рубеж с возрастом около 2500 млн лет, который ныне практически единодушно рассматривается как граница архея и протерозоя в их обычном понимании. В-четвертых, Ф. Градштейн с соавторами для последовательностей эр, выделенных как в архее, так и в протерозое, используют те же самые названия, которые фигурируют в Международной шкале геологического времени, предложенной членами докембрийской подкомиссии (рис. 1 и 3), но возрастной объем и методы выделения одноименных подразделений в той и другой шкале различны. Наконец, в-пятых, слои с эдиакарской фауной авторы проекта предлагают относить к фанерозою, ибо остатки метазоа, по их мнению, появились в геологической летописи лишь около 600 млн лет назад, хотя в верхнерифейских отложениях северо-востока Восточно-Европейской платформы [20, 159] и Северного Китая ([103] и ссылки в этой работе) известны остатки аннелидоморфных животных организмов, в осадках с возрастом около 800 млн лет появились панцирные амебы [147], а в нижнем рифее Западной Австралии и Скалистых гор Северной Америки описаны ископаемые с тканевым уровнем организации, вероятно, близкие к кишечнополостным организмам [117]. Все сказанное заставляет весьма критически относиться к предложенному проекту новой “естественной” хроностратиграфической шкалы докембрия.

Заключение

Первые попытки общего расчленения докембрия, предпринятые в конце XIX и начале XX в., внедрили в геологическую практику термины “архей” и “протерозой”, но не привели к выработке критериев выделения и телекорреляции общих стратиграфических подразделений в дофанерозойских последовательностях.

Хронометрическая концепция общего расчленения докембрия возникла во второй половине прошлого века под воздействием резко возросшего объема изотопно-геохронологической информации о возрасте архейских и протерозойских образований и неадекватных представлений о биостратиграфическом потенциале протерозойского биоса. Общие подразделения хронометрических шкал являются только отрезками абстрактного геологического времени, которые выделены вне связи с особенностями реальных разрезов супракрустальных пород и содержащихся в них органических остатков, а границы этих подразделений отвечают выбранным по тем или иным признакам значениям изотопного возраста. Полный отрыв составных единиц рассматриваемых шкал от реальных носителей информации о геологической истории является главным недостатком хронометрического подхода к общему расчленению докембрия. Введение в международную шкалу геологического времени тех хронометрических шкал архея и протерозоя, которые были предложены докембрийской подкомиссией, означает официальное одобрение двух

Эон	Эра	Возраст границ	События		
Ph	палеозой	~ 542	1		
		~ 600	2		
Протерозой	неопротерозой	~ 1267	3		
				мезопротерозой	4
Trz		~ 2300	6		
		~ 2600	7		
Архей	неоархей	~ 2850	8		
		~ 3100	9		
		~ 3500	10		
		~ 3850	11		
Хеллий		~ 4510	12		
		~ 4560			
AD					

Рис. 3. Проект “естественной” хроностратиграфической шкалы докембрийского времени, предложенный членами Международной стратиграфической комиссии [94, 121]:

1–12 — события в истории Земли, которые разделяют выделенные подразделения: 1 — кембрийская радиация; 2 — появление эдиакарских ископаемых; 3 — рой даек Маккензи (Северная Канада); 4 — образование первого суперконтинента; 5 — первые континентальные красноцветные отложения; 6 — накопление гигантских объемов железорудных формаций (бассейн Хамерсли, Австралия); 7 — несогласие в основании серии Фортескью (Австралия); 8 — несогласие в основании серии Горджи Крик (Австралия); 9 — начало накопления серии Варравуна (Австралия); 10 — древнейшие сохранившиеся супракрустальные последовательности; 11 — гигантское импактное событие, которое привело к формированию Луны; 12 — начало накопления и дифференциации земного вещества. Трех- и четырехзначные цифры — принятый изотопный возраст событий 1–12, млн лет

принципиально различных концепций общего расчленения докембрия и фанерозоя — соответственно хронометрического и хроностратиграфического.

Между тем расширение сведений о строении, изотопном возрасте, палеонтологической, а в последнее время Sr- и С-изотопной хемотратиграфических характеристиках докембрийских образований открыло путь для хроностратиграфического общего расчленения протерозоя и архея. Лучшей иллюстрацией достижений на этом пути служит сравнение общих шкал расчленения докембрия, принятых в нашей стране за последние 30–40 лет. Рассмотрение фактологической основы современной общей стратиграфической шкалы докембрия России выявило ряд ее особенностей, важных в методологическом отношении.

