

КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра палеонтологии и стратиграфии

В.В. СИЛАНТЬЕВ
Д.Н. МИФТАХУТДИНОВА

ПРАКТИЧЕСКАЯ СТРАТИГРАФИЯ
(на примере центральной части
Волго-Уральской нефтегазоносной провинции)

Учебное пособие

КАЗАНЬ
2024

УДК 550.3

ББК 26.2

С36

*Принято на заседании Учебно-методической комиссии ИГиНГТ
(протокол № 10 от 22 мая 2024 г.)*

Рецензенты

доктор геолого-минералогических наук, профессор **А.С. Борисов**

(Казанский федеральный университет)

кандидат геолого-минералогических наук, доцент **А.С. Бакаев**

(Удмуртский государственный университет)

Силантьев В.В., Мифтахутдинова Д.Н.

С36 Практическая стратиграфия (на примере центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции) / В.В. Силантьев, Д.Н. Мифтахутдинова. – Казань: КФУ, 2024. – 108 с.

Учебное пособие предназначено для студентов Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжский) федерального университета, изучающих дисциплины «Палеонтология и стратиграфия», «Историческая геология», «Методы стратиграфического анализа», проходящих полевые учебные и производственные практики на территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, выполняющих выпускные квалификационные работы. Материал пособия составлен с использованием учебников и учебно-методических изданий, рекомендованных в ведущих геологических высших учебных заведениях Российской Федерации для дисциплин (в том числе полевых практик), включающих разделы стратиграфических исследований.

УДК 550.3

ББК 26.2

© Силантьев В.В., Мифтахутдинова Д.Н., 2024

© Казанский университет, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

1. Определение (предмет) стратиграфии. Объекты изучения, цель и задачи. Стратиграфическое расчленение и корреляция.....	5
2. Стратиграфия и палеонтология. Связь геологической летописи с историей жизни на Земле.....	7
2.1. Образование ископаемых остатков и формы их сохранности.....	7
2.2. Классификация и систематика ископаемых остатков.....	12
2.3. Реконструкция геологических событий по ископаемым остаткам.....	17
2.4. Ископаемые остатки и геологические тела. Биостратиграфический метод.....	21
2.5. Относительная и абсолютная геохронология.....	25
2.6. Подразделения геологической истории и шкала геологического времени.....	30
3. Принципы стратиграфии.....	36
4. Время в стратиграфии.....	40
5. Стратиграфическая основа. Стратиграфические подразделения и схемы. Стратиграфический кодекс.....	44
5.1. Стратиграфическая основа.....	44
5.2. Стратиграфические подразделения. Стратотипы.....	45
5.2.1. Местные стратиграфические подразделения.....	47
5.2.2. Региональные стратиграфические подразделения.....	48
5.2.3. Общие стратиграфические подразделения.....	50
5.3. Стратиграфические схемы.....	51
5.4. Стратиграфический кодекс.....	51
6. Некоторые сведения по седиментологии и литологии.....	53
6.1. Распространение и классификация осадочных пород.....	53
6.2. Слоистость.....	56
6.3. Перерывы и несогласия.....	60
6.4. Особенности накопления осадочных толщ.....	61
7. Методы практической стратиграфии.....	65
7.1. Биостратиграфический метод.....	65
7.2. Каротаж скважин.....	73
8. Стратиграфия центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции...	78

8.1. Архейская акротема.....	80
8.2. Протерозойская акротема. Нижнепротерозойская (карельская) эонотема.....	82
8.3. Верхнепротерозойская эонотема.....	83
8.3.1. Нижнерифейская эратема.....	84
8.3.2. Средне- и верхнерифейская эратемы.....	85
8.4. Фанерозойская эонотема.....	87
8.4.1. Палеозойская эратема.....	87
Девонская система.....	87
Каменноугольная система.....	93
8.4.2. Мезозойская эратема.....	103
8.4.3. Кайнозойская эратема.....	104
Заключение.....	106
Литература.....	107

1. Определение (предмет) стратиграфии.

Объекты изучения, цель и задачи.

Стратиграфическое расчленение и корреляция

Стратиграфия – геологическая дисциплина, которая изучает пространственные и временные соотношения пластующихся геологических тел Земной коры.

Объектами изучения стратиграфии являются геологические тела, сложенные осадочными, вулканогенными и метаморфическими породами. Элементарным (единичным) объектом изучения стратиграфии является слой.

Цель стратиграфии – установление возраста и продолжительности формирования геологических тел, для успешного поиска месторождений полезных ископаемых.

Стратиграфические исследования включают: стратиграфическое расчленение и стратиграфическую корреляцию.

Стратиграфическое расчленение решает две основные задачи:

1) выделение в конкретном разрезе отдельных толщ и слоев, которые отличаются определенными признаками;

2) выяснение последовательности их залегания и соотношений между ними.

Под конкретным разрезом понимают последовательность напластований, фактически наблюдаемую на определенной территории («точке») района, т.е. составленную на основе изучения и сопоставления конкретных геологических тел (слоев), вскрытых в частных обнажениях. В отличие от сводного разреза конкретный разрез не несет в себе никакой обобщенной информации.

Стратиграфическое расчленение конкретного разреза включает:

1) изучение и описание отдельных обнажений (разрезов скважин);

2) стратиграфическую систематизацию слоев, т.е. составление конкретного разреза по отдельным обнажениям (скважинам);

3) стратиграфическую классификацию или объединение отдельных слоев в стратоны – стратиграфические подразделения различного ранга или уровня.

Стратиграфическая корреляция включает сопоставление (увязка) и установление возрастных соотношений отдельных пластов (стратонов) различных, более или менее удаленных друг от друга, разрезов.

Основная задача корреляции – установление геологической đồngвозрастности слоев и толщ в сопоставляемых разрезах.

Примерами стратиграфической корреляции являются:

- 1) сопоставление циклов в ритмично построенных толщах;
- 2) послойная корреляция продуктивных нефтяных или угольных пластов.

Часто удается доказать лишь сходное, однотипное положение толщ в разрезе, не отвечающее их строгой синхронности (одновременности образования). Например, морские и континентальные отложения могут сопоставляться только на основе косвенных стратиграфических методов; говорить в этом случае о синхронности их образования нельзя.

Расчленение и корреляция представляют собой две стороны одного исследовательского процесса необходимого для решения задачи по установлению возраста и продолжительности формирования отдельных стратонов, или, иначе говоря, хронологии геологических событий. Эта задача часто называется основной задачей стратиграфии.

Хронология представляет собой установление последовательности событий и их датировку по определенной временной шкале. Хронологическая (временная) классификация возможна лишь при наличии шкалы времени в геологии – геохронологической шкалы. Последовательность решения основной задачи стратиграфии – установления хронологии геологических событий – состоит из трех основных этапов:

а) расчленение разрезов и выделение стратиграфических подразделений (стратонов) для отдельных участков земной коры (бассейнов осадконакопления отдельных регионов);

б) проведение межрегиональной корреляции стратиграфических подразделений (стратонов) различных категорий и рангов (слоев, горизонтов, зон, ярусов и т. д.);

в) создание общей (универсальной или международной) хроностратиграфической шкалы на базе межрегиональной корреляции. Эта шкала, обобщенная из частных схем, не содержит имеющихся в них пробелов и является основой создания адекватной ей геохронологической шкалы.

Стратиграфия тесно связана с палеонтологией – наукой о древней жизни, населявшей нашу планету. В следующем разделе мы рассмотрим эту связь и вспомним основы геологических знаний: а) понятие об ископаемых остатках; б) понятие об относительной и абсолютной геохронологии; в) методы реконструкции истории Земли.

2. Стратиграфия и палеонтология.

Связь геологической летописи с историей жизни на Земле

Растительный и животный мир современной Земли – всего лишь один фрагмент из длинной вереницы живых миров, существовавших на нашей планете в течение трех с половиной миллиардов лет. История развития органического мира – это история непрерывных поступательных преобразований, которые вели живую природу от примитивных бактерий к высокоорганизованным формам жизни. Около четырех миллионов видов растений и животных населяют современную Землю. Десятки миллионов видов населяли нашу планету в прошлые времена. Большинство из них вымерло, не сохранив о себе никакого напоминания. И только малая часть древних организмов оставила свидетельства о своем былом существовании в горных породах. Этими свидетельствами являются разнообразные ископаемые остатки*) биологического происхождения. К ним относятся сохранившиеся остатки самих древних организмов и следы их жизнедеятельности (рис. 1–3). Совокупность ископаемых остатков составляет палеонтологическую летопись Земли. Расшифровкой этой летописи занимается палеонтология.

Палеонтология (греч. *palaios* – древний; *ontos* – существо; *logos* – учение) изучает животный и растительный мир прошлого и находится на стыке геологии и биологии. Биологическая задача палеонтологии заключается в реконструкции древнего органического мира и выявлении законов его развития. Геологов более всего привлекает в палеонтологии то, что по ископаемым остаткам можно надежно устанавливать относительный возраст геологических тел. Кроме этого, палеонтологические данные помогают восстанавливать физико-географические условия образования горных пород и воссоздавать геологическую историю различных регионов планеты.

2.1. Образование ископаемых остатков и формы их сохранности

Для того, чтобы попасть в палеонтологическую летопись организм должен сохраниться в горной породе (либо целиком, либо в виде отдельных частей) или оставить в ней следы своей жизнедеятельности. Для этого ему необходимо избежать воздействия биологических, механических и химических процессов разрушения органического вещества. На дне морей и океанов, где повсеместно происходит накопление осадочного материала, имеются наилуч-

*) Синонимами *ископаемых остатков* являются широко распространенные в литературе термины «ископаемые», «окаменелости», «органические остатки», «фоссилии» (лат. *fossilis* – погребенный).

шие условия для сохранения ископаемых остатков. На участках земной поверхности, лежащих выше уровня моря, преобладают процессы разрушения горных пород, а осадки накапливаются только в понижениях рельефа. Условия для сохранения ископаемых здесь несравнимо хуже. В общем случае, благоприятными условиями для образования ископаемых остатков являются достаточно высокая скорость поступления осадка, обеспечивающая быстрое захоронение организмов, и наличие инертной биологической и физико-химической среды. Наибольшую вероятность сохранения в ископаемом состоянии имеют скелеты с большим содержанием минеральных веществ, у мягких тканей организмов вероятность сохранения очень мала.

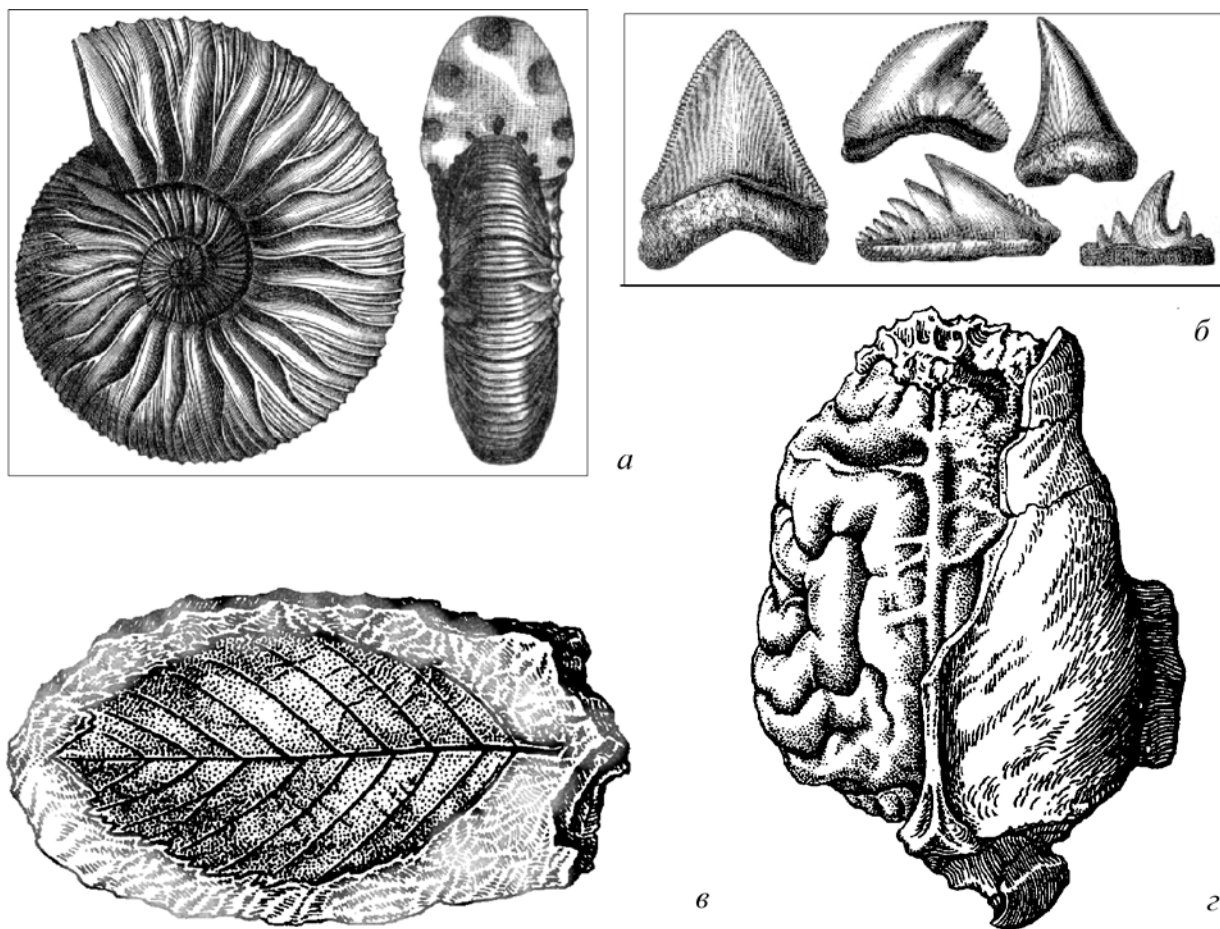


Рис. 1. Ископаемые остатки: *a* – окаменелая раковина головоногого моллюска, *б* – зубы акул, замещенные фосфатом кальция; *в* – отпечаток листа растения, *г* – внутреннее ядро черепа древней куницы (Михайлова И.А., Бондаренко О.Б., 1997)

Превращение погибших организмов в ископаемые остатки может происходить различными путями. Наиболее распространенным является процесс окаменения или фоссилизации (лат. *fossilis* – погребенный), который протекает, как правило, в слое осадков, накапливающихся на дне различных водных бассейнов.

Процесс окаменения заключается в следующем. После гибели животного мягкие ткани его тела быстро разрушаются: поедаются хищниками и мусорщиками, уничтожаются бактериями. При этом в его твердых скелетных образованиях возникают полости и поры. Поступающий на дно водоема осадок постепенно засыпает остатки организма, проникая во все пустоты скелета. Организм становится составной частью осадка. Впоследствии осадок твердеет и превращается в горную породу, которая плотно снаружи и изнутри облекает и сохраняет от разрушения первичный скелетный материал животного. Захоронение остатков организма в горной породе не исключает воздействия на них различных физических и химических процессов. Очень часто первичное минеральное вещество, слагающее скелетные ткани ископаемых организмов, подвергается перекристаллизации. Этот процесс заключается в замене неустойчивых минералов скелета на более устойчивые минералы того же химического состава. Примером может служить преобразование арагонитовых раковин в кальцитовые (рис. 1, а).

Наряду с перекристаллизацией может происходить замещение первичных скелетных тканей организма новыми минеральными компонентами (кремнеземом, оксидами и сульфидами железа, фосфатом кальция и т. д.). Химический состав скелета при этом изменяется. При медленном замещении новое минеральное вещество может полностью дублировать структуру раковины, коралла, кости или дерева, сохраняя мельчайшие особенности их строения (рис. 1, б). Если замещение происходит быстро, то первичная органическая структура нарушается и может совсем исчезнуть.

Даже окаменев и захоронившись в горной породе, остатки организмов могут уничтожаться, растворяясь подземными водами. Часто после растворения ископаемых остатков порода уплотняется и перестает вмещать в себе какие-либо следы органического мира прошлого. Иногда такого уплотнения не происходит и на месте растворившихся остатков остаются полости, сохраняющие форму ископаемого и особенности его поверхности. Примерами полостей являются остатки насекомых в янтарях Балтики. Десятки тысяч лет назад смола вытекала из деревьев и захватывала насекомых. Затем она затвердела и превратилась в янтарь, насекомые почти полностью высохли, от них сохранились только пустоты, отражающие особенности строения головы, антенн, тела и конечностей.

Полости, образованные при растворении ископаемых остатков, могут впоследствии заполняться горной породой или минеральными образованиями. В этом случае формируются их слепки или внешние ядра. Эти ядра сохраняют только внешнюю форму и особенности поверхности ископаемого, но ничего не говорят нам о внутреннем строении организма.

Вернувшись к процессу окаменения, вспомним, что поступающий на дно водоема осадок засыпает остатки организма, плотно заполняя все внутренние пустоты и полости скелета.

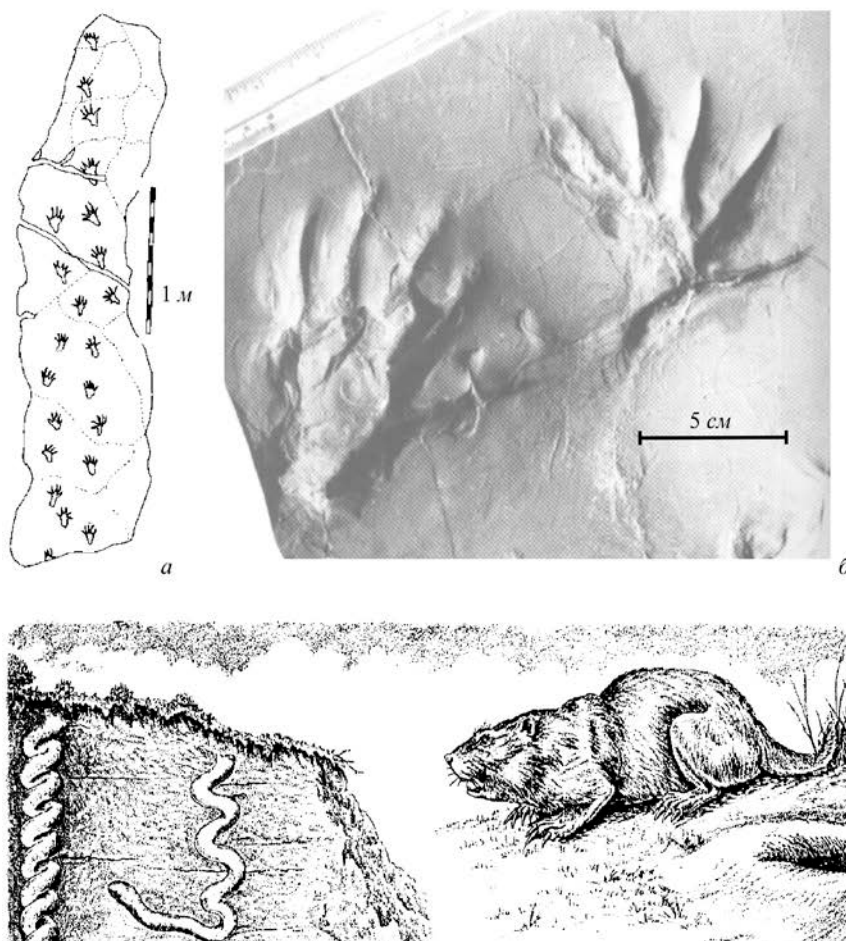


Рис. 2. Следы жизнедеятельности. *а, б* – следы передвижения четвероногого ящера на поверхности пермских пород Северной Америки (Lucas S.G. and Heckert A.B., eds., 1995); *в, г* – подземные ходы и норы (*в*) грызуна *Ceratogaulus* (*г*), известные под названием «штопор дьявола» (Каменная книга, 1997)

Впоследствии отвердевая, осадок образует внутренние ядра этих полостей. Нередко минеральные скелеты ископаемых организмов полностью растворяются подземными водами, и в породе остаются только их ядра. Изучение таких ядер позволяет восстановить строение внутренних структур организма и его мягких тканей (рис. 1, г).

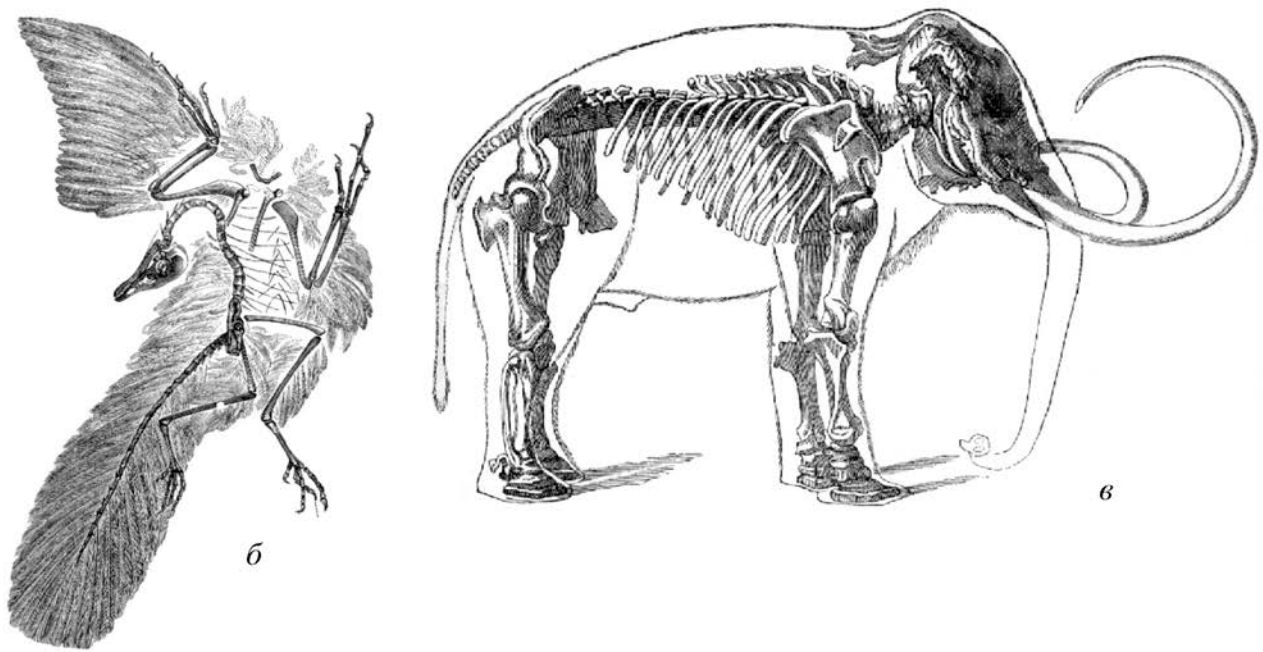
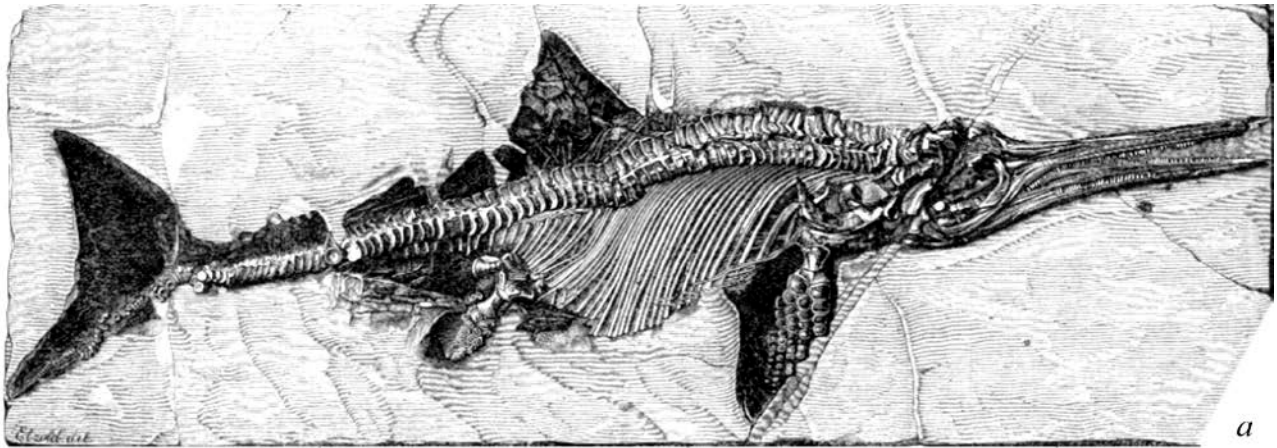


Рис. 3. Ископаемые остатки: *а* – скелет ихтиозавра с сохранившимися отпечатками кожи и мускулов, *б* – скелет археоптерикса с отпечатками крыльев, *в* – скелет мамонта, с восстановленными очертаниями тела

Тонкие или бесскелетные органические объекты, например медузы, черви, насекомые, листья растений, сохраняются в горных породах в виде плоских оттисков или отпечатков (рис. 1, в). Широко известны местонахождения отпечатков древнейших бесскелетных многоклеточных в вендских отложениях Австралии и России. Большое число растительных отпечатков обнаружено в пластах каменного угля.

Значительную часть палеонтологической летописи составляют следы жизнедеятельности древних организмов. Наибольший интерес (и значительную редкость) представляют следы передвижения четвероногих животных – амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих

(рис. 2, а, б). Огромное разнообразие следов, ходов и норок оставили после себя ползающие и зарывающиеся животные – губки, черви, членистоногие, моллюски и другие. В качестве примера можно привести окаменевшие норы древнего грызуна, известные в литературе под названием «штопор дьявола». Это животное закапывалось вниз по спирали на глубину 1,5-2,5 м, а затем проделывало туннель, идущий полого вверх. Во время паводков ходы заполнялись песком и илом, благодаря чему и сохранились в ископаемом состоянии (рис. 2, в, г).

Кроме рассмотренных выше форм сохранности древних организмов, существует целая группа ископаемых остатков, уникальных по своей полной сохранности. Большую известность имеют найденные в юрских известняках Германии скелеты плавающих живородящих рептилий – ихтиозавров (рис. 3, а) и первоптиц – археоптериксов (рис. 3, б). В прекрасном состоянии дошли до наших дней и замороженные в вечной мерзлоте Сибири и Аляски шерстистые носороги и мамонты (рис. 3, в). У них часто сохраняются не только кости, мышцы, кожа и шерсть, но даже кровеносные сосуды и непереваренная пища в желудке.

2.2. Классификация и систематика ископаемых остатков

С давних времен люди пытались систематизировать окружающие их предметы и явления. Это привело к возникновению наук, изучающих разные стороны окружающего мира – физики, химии, геологии и др. Каждая наука имеет собственную систему группировки исследуемых явлений.

Группировка или классификация (лат. *classis* – подразделение; *facere* – делать) живых существ или их ископаемых остатков заключается в распределении всего множества организмов на группы различного ранга. Эти группы или таксономические единицы образуют последовательный ряд и подчинены друг другу по принципу иерархии (греч. *taxis* – ряд; *hierarchia* – служебная лестница). В одну группу включаются организмы, обладающие сходными признаками. Например, живые существа, покрытые перьями, издавна выделялись в группу птиц, а существа, вскармливающие своих детенышей молоком – в группу млекопитающих. Птицы и млекопитающие делятся в свою очередь на множество более мелких групп. Например, среди млекопитающих выделяют копытных, хоботных, собако- и кошкоподобных, китообразных, приматов и др. Эти группы также состоят из подразделений более низкого ранга. Самой мелкой или конечной группой в классификации является вид. Этот термин используется для обозначения совокупности особей, обладающих наследственным сходством внешнего и внутреннего строения и обитающих в пределах единой территории.

В XVII веке ботаник Д. Рэй (1628–1705) предложил называть каждый вид растений двумя латинскими словами. Первое слово в названии соответствовало роду растения, а второе – собственно виду, например *Betula alba*, т. е. Береза белая. Так в науке появилась бинарная номенклатура (лат. *binarius* – состоящий из двух частей; *nomenclatura* – перечень имен) органического мира.

Основателем современной систематики органического мира по праву считается шведский натуралист Карл Линней (1707–1778). Он разработал принципы классификации живых существ, ввел правила наименования таксономических единиц (таксонов), описал на основе этих принципов и правил множество видов животных и растений, объединив их в единую систему органического мира. В основу своей классификации Линней положил виды, как реально существующие и легко узнаваемые единицы живой природы. Похожие друг на друга виды он объединил в роды. Сходные роды были сгруппированы в отряды, а отряды – в классы. Все классы органического мира были разделены между двумя царствами животных и растений. Таким образом, иерархия таксономических единиц в классификации Линнея выглядела следующим образом: царство, класс, отряд, род и вид.

Впоследствии, в связи с громадным ростом числа известных видов, возникла необходимость в выделении дополнительных таксономических единиц, ниже царства и выше вида. Главными добавлениями стали тип и семейство, и в настоящее время иерархия таксонов выглядит так: царство, тип, класс, отряд, семейство, род и вид. Это основные классификационные категории или ранги. При классификации некоторых групп организмов могут употребляться дополнительные категории – подтип, надкласс, подкласс, надотряд, подотряд, подсемейство, подрод и др.

Название каждой группы организмов выбирается согласно правилам, предложенным Линнеем и утвержденным Международными кодексами зоологической и ботанической номенклатуры. Эти правила являются обязательными для всех ученых, занимающихся классификацией и систематикой органического мира – зоологов, ботаников и палеонтологов.

Согласно этим правилам, каждый вид должен быть отнесен хотя бы к ближайшей высшей категории (роду). Подразумевается, что каждый род может быть отнесен к семейству, отряду, классу и так далее. Таксономические единицы рангом выше вида называются одним латинским словом, например, царство *Animalia* (животные); тип *Chordata* (хордовые); класс *Mammalia* (млекопитающие); отряд *Primates* (приматы); род *Homo* (человек). Вид имеет двойное название. Название виду дается по какому-нибудь характерному признаку особей, которые его составляют, например, *Homo sapiens* (человек умелый); *Margaritana*

sachalinensis (жемчужница сахалинская). Название рода всегда стоит на первом месте и пишется с большой буквы. Собственное видовое название (*sapiens*, *sachalinensis*) отдельно от рода не употребляется. Это связано с тем, что разные роды могут содержать виды, названия которых одинаковы. В конце видового названия должна стоять фамилия автора, впервые описавшего данный вид. Иногда ставится год установления вида. Фамилию автора вида можно писать в сокращенном виде. Таким образом, написание вида может быть следующим: *Homo sapiens* Linnaeus, 1758, или *Homo sapiens* L., или просто *Homo sapiens* (в тех случаях, когда фамилия автора уже известна читателю или информация об авторе не является важной для восприятия материала). Нередко виды, установленные первоначально в составе одного рода «А», в дальнейшем бывают отнесены к другим родам («Б», «В» и т. п.). В этих случаях фамилия автора, установившего вид, ставится в скобки. Например, *Licharewia stuckenbergi* (Netschajew). Фамилия Netschajew стоит в скобках, так как этот автор описал свой вид под названием *Spirifer stuckenbergi*.

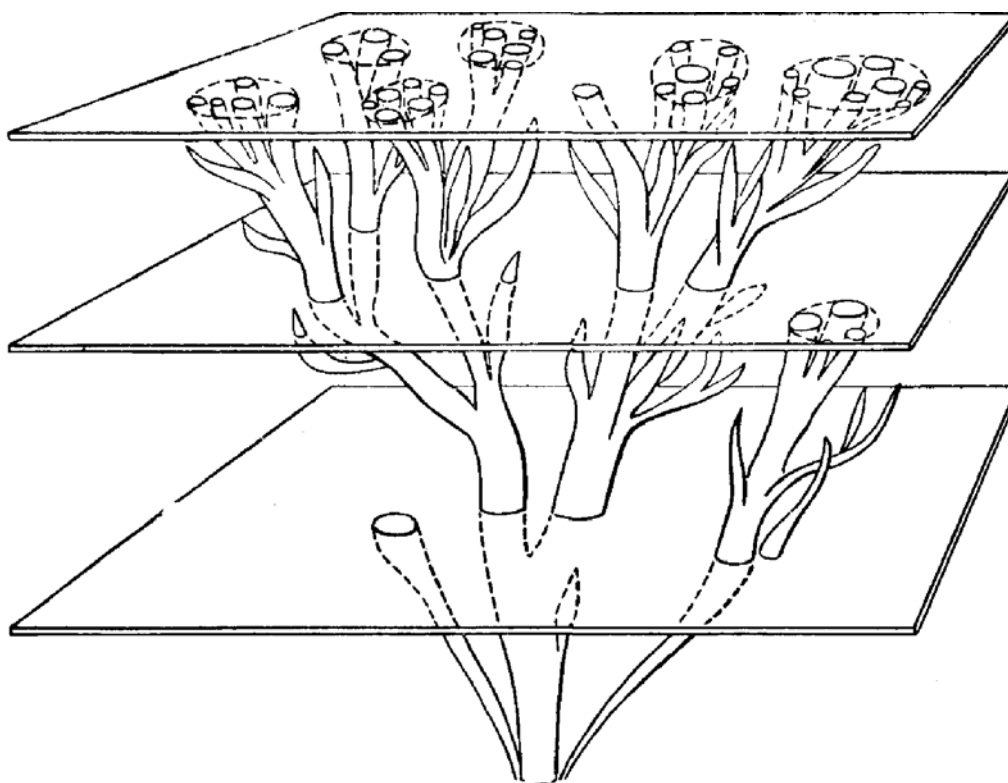


Рис. 4. Схема развития органического мира во времени в образе дерева: ветви дерева – группы организмов; плоскости – моменты геологического времени

Классификация, основанная на родственных связях групп организмов, дает возможность построения упорядоченной системы органического мира или систематики (греч. *systema* – целое, состоящее из частей; *systematikos* – упорядоченный). Систематика отражает сложный эволюционный путь развития живой природы. Схематично эволюцию можно представить в виде сложно ветвящегося дерева (рис. 4).

Крупные и мелкие ветви этого дерева представляют собой различные систематические группы живых существ. Самыми крупными ветвями являются царства, самыми мелкими – виды. Многие ветви уже отмерли – это исчезнувшие группы, не давшие после себя потомков. Соединения ветвей показывают моменты возникновения новых групп и их родственные связи. Все дерево в целом иллюстрирует непрерывно увеличивающееся разнообразие биосферы нашей планеты.

Первые живые существа появились на нашей планете более 3,5 млрд лет назад. В течение почти 3 млрд лет они были представлены только мягкотелыми организмами без твердых элементов скелета. За это время органический мир прошел через важнейшие этапы эволюционного развития: безъядерные организмы дали начало организмам с ядром в клетках. От них около миллиарда лет назад появились первые многоклеточные животные, зародились почти все главные типы животных и растений. Последующие преобразования привели к возникновению организмов с твердым скелетом. Животные и растения стали быстро приобретать новые прогрессивные признаки, давая жизнь все более и более высокоорганизованным группам. Система живой природы, основанная на родственных связях групп организмов, показана в виде их «родословного древа» на рис. 5. Этот рисунок сильно упрощен, на нем приведены только царства, основные типы, классы и некоторые отряды; таксономические единицы более низкого ранга (семейства, роды и виды) опущены.

Закономерности эволюции живых организмов сложны; их основные положения разработаны Ч. Дарвином и Ж. Б. Ламарком*. В ходе истории Земли каждая особь при размножении создает себе подобных по законам наследственности. Сама же эволюция происходит в результате изменчивости признаков организмов, возникающей от влияния изменений биотических и абиотических факторов окружающей среды. Благодаря естественному отбору из всего многообразия создаваемых особей выживают наиболее приспособленные.

В ходе развития жизни вместе с увеличением многообразия животных и растений четко проявляется усложнение их организации, возрастание приспособленности и жизнестойкости, т. е. прогрессивное развитие. Между тем, совместно с самыми совершенными организмами, как известно, сосуществуют и самые примитивные формы жизни, хорошо приспособленные к окружающей среде.

* Эволюционное учение и главные направления эволюции органического мира рассмотрены в учебнике «Общая биология» под ред. Ю.И. Полянского для 10-11 класса средней школы. М.: Просвещение, 1992.

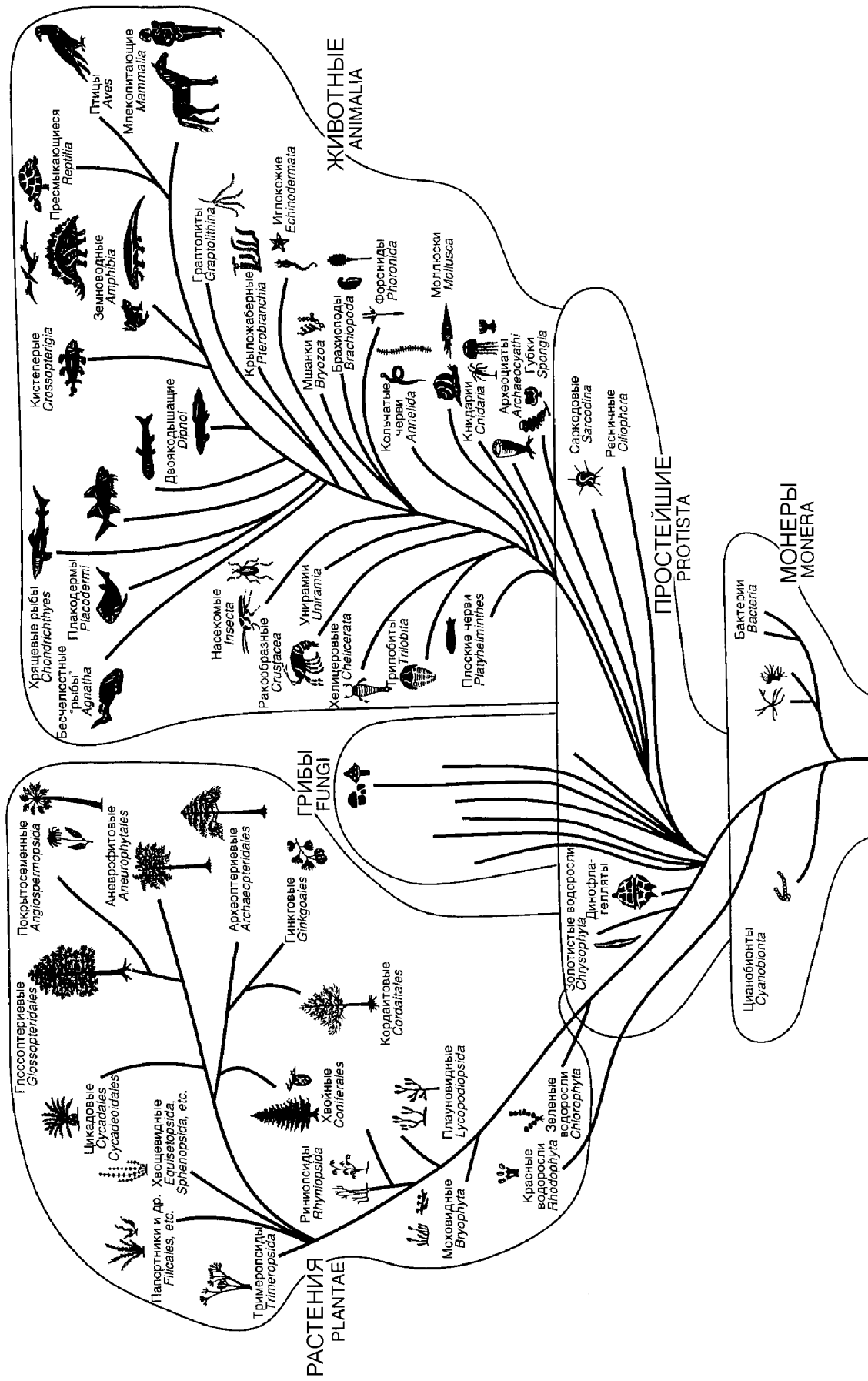


Рис. 5. Родословное древо органического мира (Каменная книга, 1997)

Развитие одних прогрессивных групп обычно сопровождается угасанием других, что часто обусловлено вытеснением плохо приспособляющихся групп более жизнеспособными организмами. Появление новых групп и вымирание старых происходит с различной скоростью. Это является важнейшей особенностью эволюции. На палеонтологическом материале можно видеть, что виды возникают как путем медленных равномерных постепенных превращений, так и путем мелких скачкообразных изменений – мутаций. На определенных рубежах геологической истории коренным переменам подвергаются целые крупные группы животных и растений, благодаря чему в развитии органического мира выявляется этапность развития.

2.3. Реконструкция истории Земли по ископаемым остаткам

Большинство организмов, населявших Землю, было уничтожено физическими, химическими и биологическими процессами. Только малая их часть избежала разрушений и превратилась в ископаемые. Ископаемые остатки не отражают весь мир прошлого Земли, но они представлены внушительным количеством организмов, которые могут поведать много интересного из истории жизни планеты, реконструировать морфологию организмов, их образ жизни, особенности поведения, а также восстановить физико-химические, географические и климатические условия, в которых они обитали (рис. 6 и 7).

Окаменевшие деревья часто сохраняют клеточное строение стволов, корней и шишек, а в ископаемых спорах иногда можно обнаружить ядра клеток с сохранившимися хромосомами. У мамонтов, носорогов и птиц из вечной мерзлоты остаются сохранными почти все детали строения тела.

Даже голые кости несут огромную информацию об анатомии мягкого тела животного, указывая на размеры, форму и функции его мышц. По сохранившимся пустотам и каналам черепной коробки можно восстановить уровень интеллекта и образ жизни многих ископаемых позвоночных. Так, летающие рептилии охотились с помощью превосходного зрения, на что указывают огромные размеры «оптических» долей головного мозга, отвечающих за зрительные сигналы. Первые млекопитающие, напротив, находили свою пищу по запаху. Самые громадные динозавры имели такую маленькую черепную коробку, что большинством реакций, по-видимому, управлял спинной мозг.

Ископаемые объекты подтверждают основные законы эволюционного развития органического мира. Например, скелеты не родившейся молодежи динозавров, сохранившиеся в яйцах, очень сходны между собой, и определить их видовую принадлежность чрезвычайно трудно, в то время как взрослые особи этих видов четко отличаются. Это онтогенетическое повторение филогенеза указывает на их происхождение от единого предка.

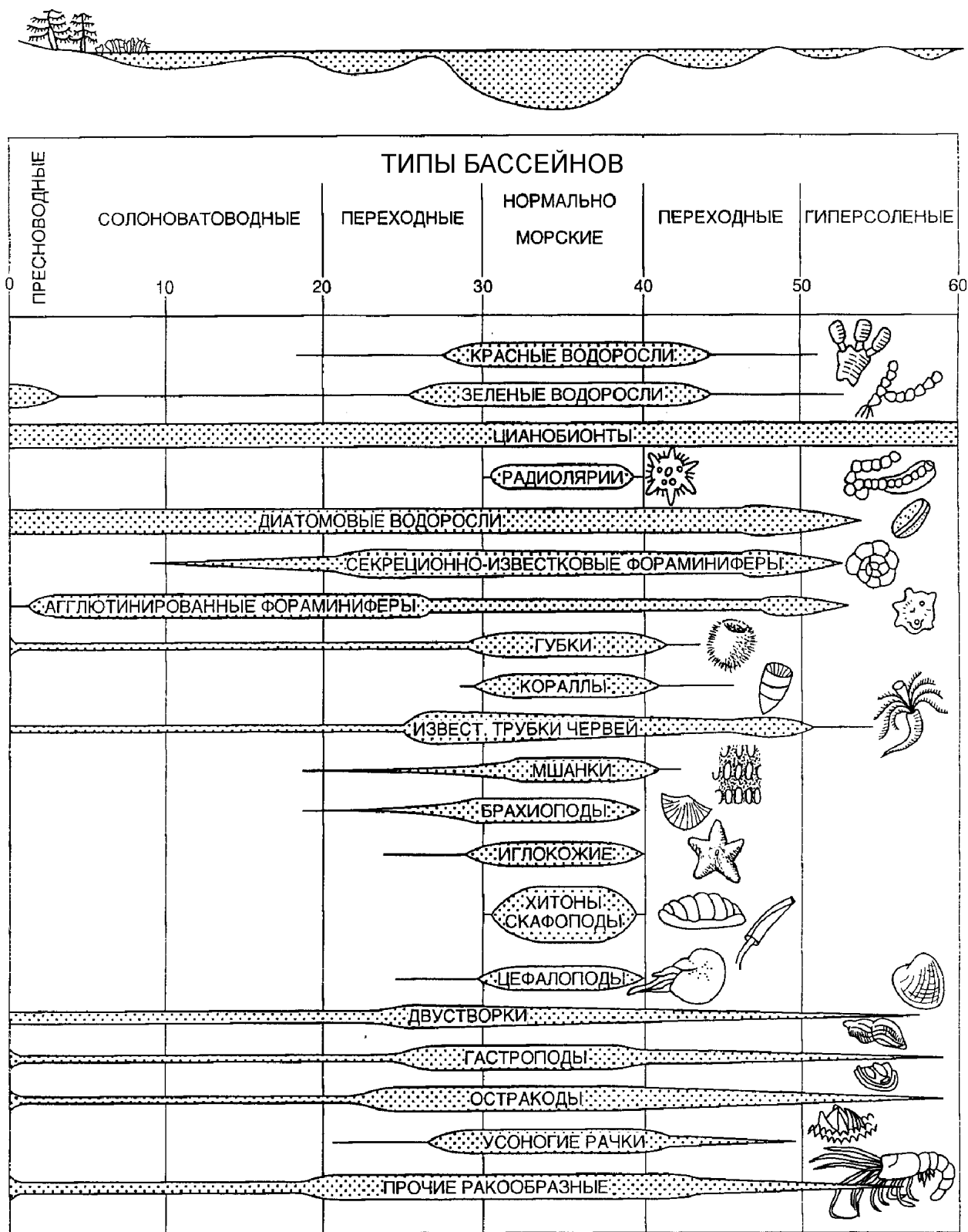


Рис. 6. Распределение цианобионтов, растений и животных в бассейнах различной солености (Каменная книга, 1997)

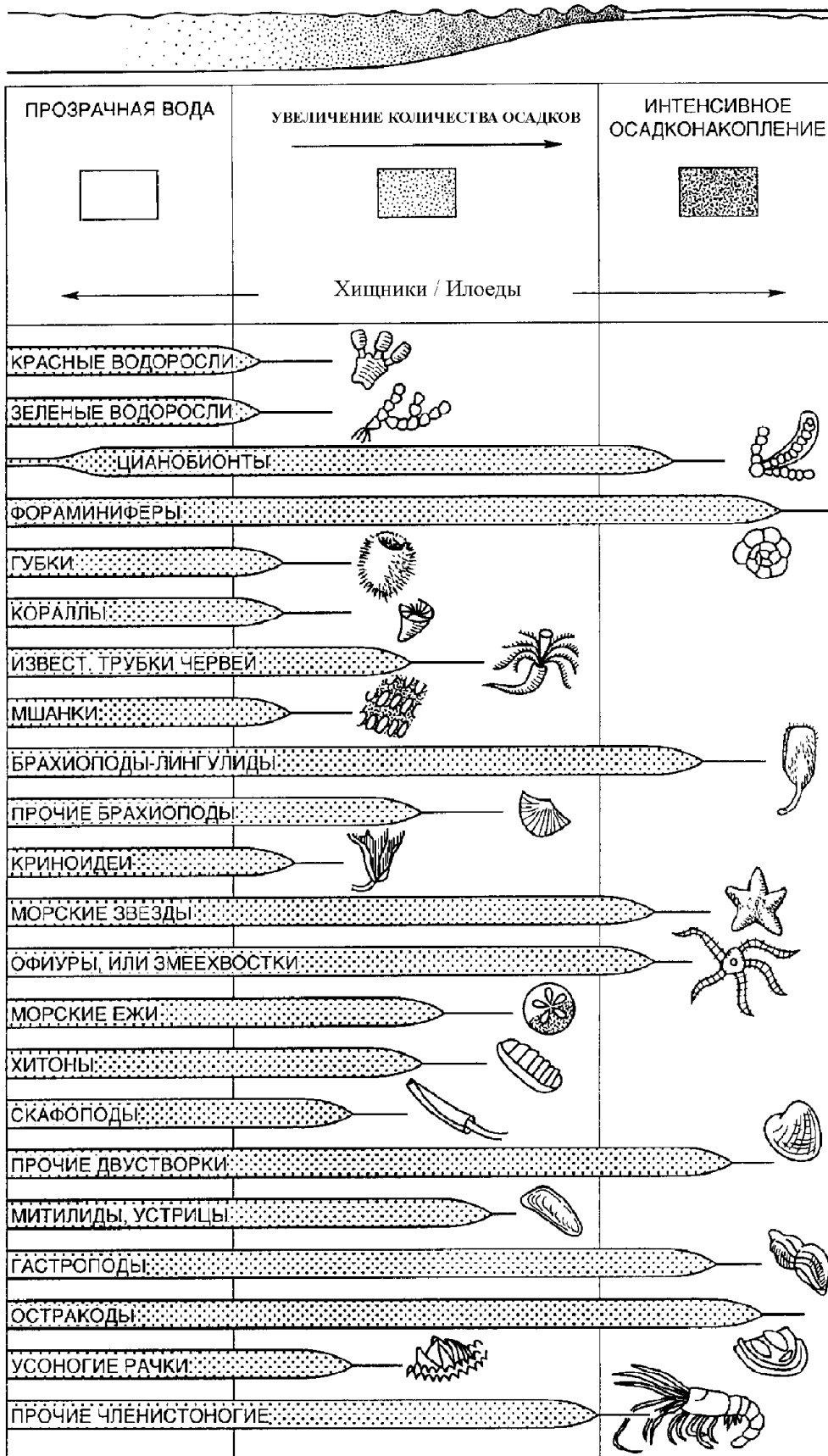


Рис. 7. Распространение цианобионтов, растений и животных в зависимости от загрязнения воды (Каменная книга, 1997)

Некоторые окаменевшие стволы несут рубцы, полученные от пожара при жизни этих деревьев. Другие ископаемые растения имеют патологические узелки, грибковые пятна и вздутия от внедрившихся насекомых. Некоторые скелеты позвоночных искривлены в предсмертной агонии или несут следы переломов, полученных еще при жизни животного.

Существует бесчисленное число разнообразных приспособлений для растительного и хищного стиля жизни у бегающих, летающих и зарывающихся форм. Анализируя особенности строения скелета, палеонтолог может узнать очень много о прежнем образе жизни этих ископаемых организмов. Например, моллюски, обитающие на мягком илистом дне, имеют легкие тонкие раковины, покрытые ребрами и шипами; это помогает им не проваливаться в ил. У бегающих птиц кости крыльев сильно редуцированы, а грудная клетка не имеет киля. У водоплавающих птиц, таких как пингвин, наоборот кости крыльев утолщены и не имеют воздухоносных полостей.

Ископаемые остатки позволяют ученым реконструировать физико-химические, географические и климатические условия, в которых они жили. Для этого необходимо знать условия жизни их современных потомков и родственников.

Современные рифостроящие кораллы встречаются там, где много света, преимущественно не глубже 30 метров; они любят тепло и их географическое распространение обычно ограничено широтой $\pm 30^\circ$ от экватора; им также необходима чистая прозрачная вода, с соленостью 30–40 г/л. Ученые выяснили, что и древние кораллы жили при сходных условиях. Поэтому, обнаружив в горной породе остатки кораллов, мы можем сразу же сказать, что она образовалась в теплом мелководном морском бассейне.

Палеонтологи могут узнать о степени освещенности и о характере грунта, на котором обитало животное или растение, о степени загрязнения воды и о том, насколько соленой она была (рис. 6, 7).

Улитки, двустворки и рыбы, принадлежащие к группам, обитающим в настоящее время только в пресноводных водоемах, могут указывать на сходные условия в прошлом.

Животные, такие как лошади, верблюды, антилопы, жирафы, несомненно, существовали в степных и пустынных условиях, в то время как животные, похожие на лягушек и бегемотов, обитали на заболоченных пространствах.

2.4. Ископаемые остатки и геологические тела. Биостратиграфический метод

Породы, слагающие земную кору, отличаются друг от друга по своему минеральному составу, строению и происхождению. Происхождение пород в первую очередь определяет: могут они содержать ископаемые остатки или нет. Магматические и метаморфические породы, образовавшиеся внутри земной коры при колоссальной температуре и давлении, ископаемых остатков не содержат. Очень редко остатки организмов можно найти в эффузивных породах, образовавшихся при извержении вулканов. Потоки вулканической лавы, покрывающие обширные участки земной поверхности, обычно сжигают на своем пути все живое, но иногда от растений и животных, погребенных в лавах, образуются полости, полностью повторяющие их внешние очертания. Брызги и пепел вулканов могли засыпать целые лесные массивы. В некоторых местах можно насчитать до восемнадцати уровней погребенных ископаемых лесов. Иногда в пепловых отложениях встречаются следы передвижения антилоп, львов и даже человекообразных обезьян, спасавшихся от вулканического извержения.

И все же большинство окаменелостей содержится в осадочных породах. Эти породы образовались из пыли, песка, ила и других компонентов, которые осаждались в воде или на суше. Они образуют толщи, пласты, пачки, слои, прослой.

Иногда в осадочных отложениях ископаемые настолько многочисленны, что даже образуют всю породу (рис. 8).

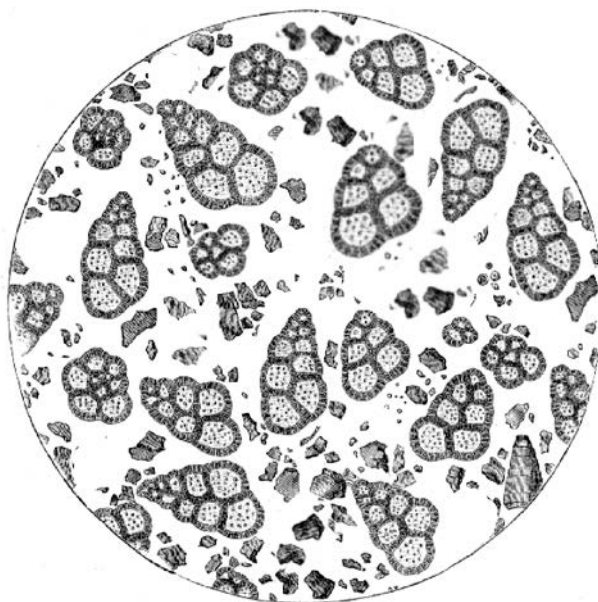


Рис. 8. Мелоподобный известняк, состоящий из раковин фораминифер. Сильно увеличено

Во многих обнажениях осадочных пород, расположенных по берегам рек, в оврагах и карьерах, можно встретить породы, сложенные окаменелостями. На поверхности известняков часто наблюдаются отпрепарированные водой и ветром остатки кораллов (рис. 9), моллюсков, брахиопод, мшанок, морских ежей (рис. 10) и лилий (рис. 11). Залегающие по соседству песчаники могут содержать кости рыб и крупных ящеров. Мезозойские серые глины содержат остатки головоногих моллюсков – аммонитов (рис. 1 а) и белемнитов (рис. 12), а также кости и зубы ихтиозавров (рис. 3 а).

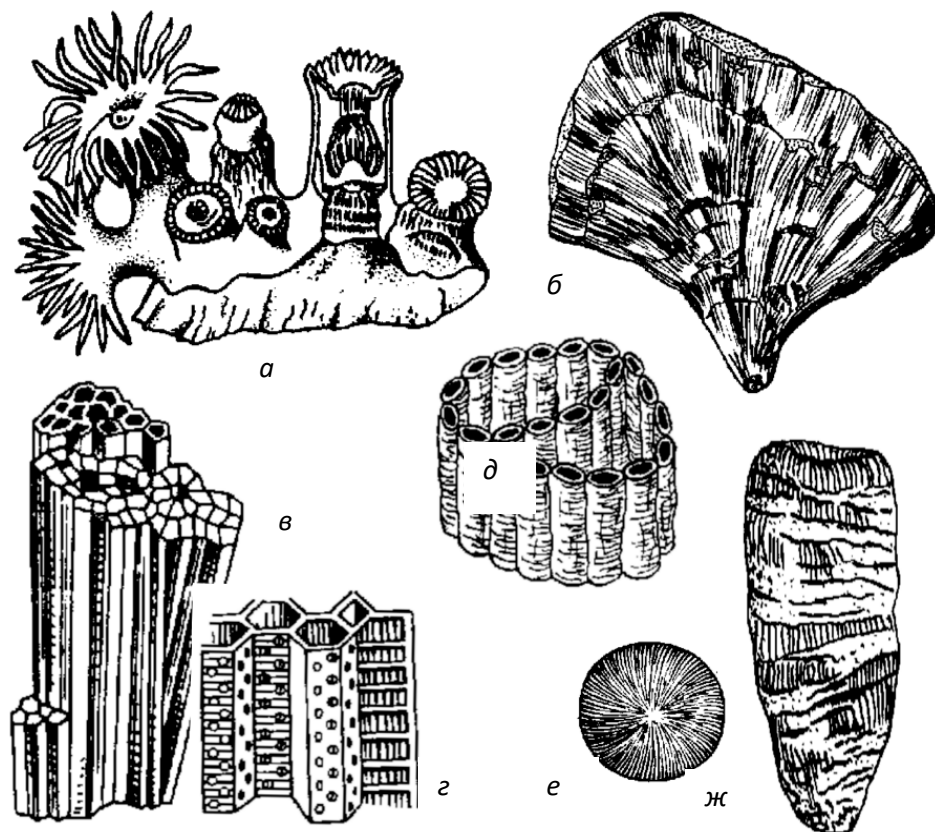


Рис. 9. Кораллы: а – живая колония; б-ж – ископаемые остатки: б – *Chaetetes* (карбон); в, г – *Favosites* (общий вид и реконструкция фрагмента колонии; ордовик-девон); д – *Catenipora* (ордовик-силур); е-ж – *Montlivaultia* (вид сверху (е) и сбоку (ж); юра-мел)

Однако, не все осадочные породы содержат ископаемые остатки. В конгломератах, например, их может не быть, так как скелеты организмов вскоре после смерти истираются и ломаются галькой, составляющей основу этих пород. Тонкозернистые известняки могут быть пустыми в том случае, если они образовались химическим путем в лишенных жизни водоемах.

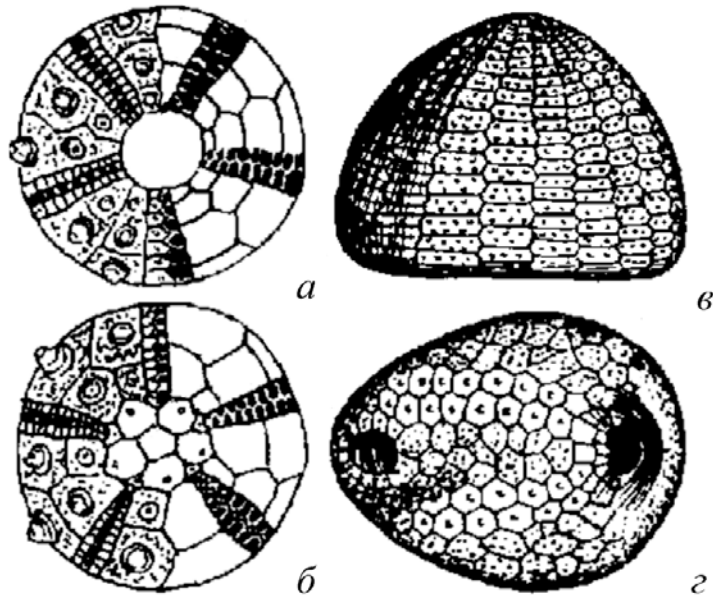


Рис. 10. *a, б* – правильный морской еж *Cidaris*: вид сверху (*a*) и снизу (*б*); юра; *в, з* – неправильный морской еж *Echinocorys*: вид сбоку (*в*) и снизу (*з*); мел-палеоген

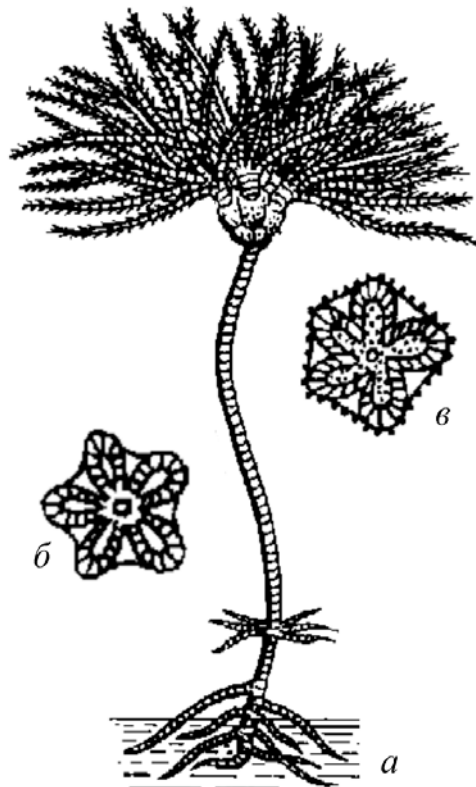


Рис. 11. Общий вид прирастающей морской лилии (*a*), разновидности члеников стеблей (*б, в*)

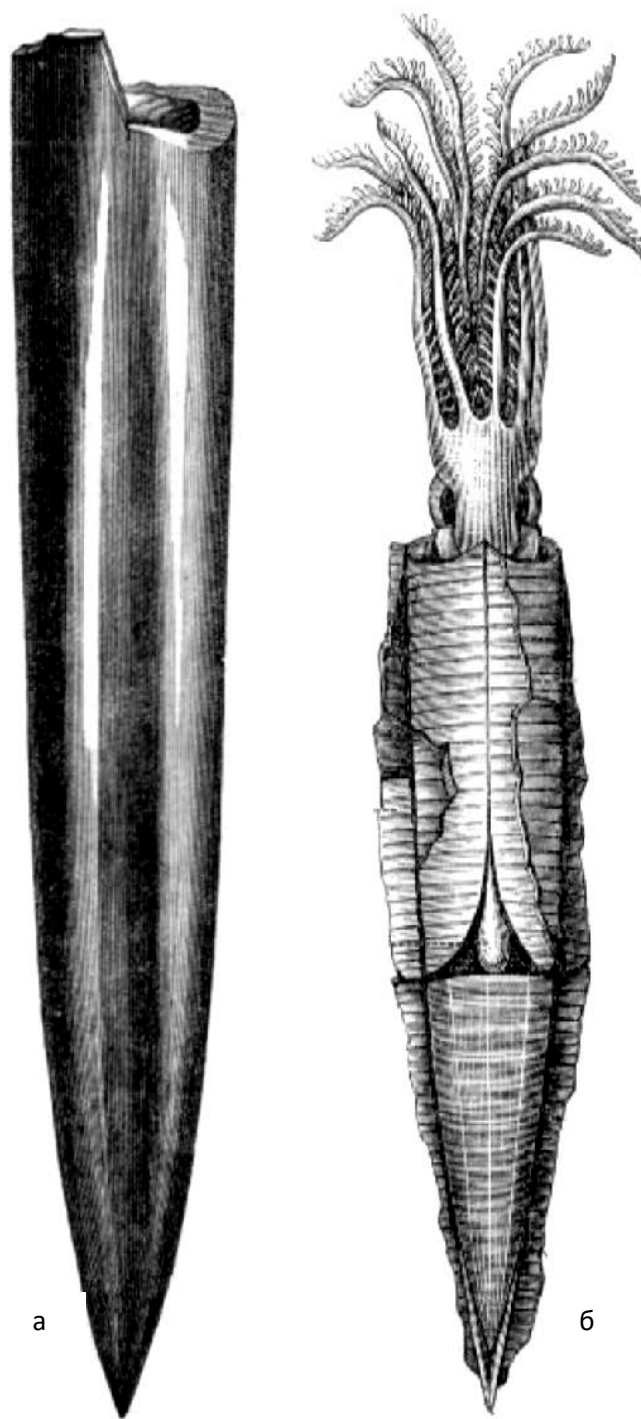


Рис. 12. Твердый скелет (ростр) белемнита (а) и реставрированное животное (б)

Геологи давно заметили, что определенные ископаемые связаны с определенными типами пород. Растения, например, наиболее многочисленны в сланцах и песчаниках, залегающих между угольными пластами. Следы хождения рептилий (рис. 2, а и б) и следы полза

ния беспозвоночных характерны для тонкозернистых песчаников. Кораллы приурочены к массивным известнякам, многие из которых являются остатками древних рифов.

Такая приуроченность ископаемых к породам связана с тем, что земная поверхность не однородна, а представляет собой великое разнообразие форм или ландшафтов. Каждый участок земной поверхности отличается физико-химическими, географическими, климатическими и другими особенностями. Эти особенности определяют растительный и животный мир и контролируют накопление осадков. В геологии такие участки называют фациями. Различают крупные типы фаций – морские, пресноводные, наземные. В них выделяют более дробные: фации приливно-отливной зоны, фации морских пляжей, рифовые фации, болотные фации, фации пустынь и т. д.

Сходные по своему составу слои горных пород могут содержать разные комплексы (наборы) ископаемых. В этом случае можно предполагать, что эти слои имеют разный возраст. Но часто бывает и так, что возраст таких слоев одинаков, просто они формировались в различных условиях. Даже в пределах одного слоя породы набор и количество окаменелостей может заметно меняться.

2.5. Относительная и абсолютная геохронология

Одной из главных задач палеонтологии и стратиграфии является восстановление истории развития Земли и периодизация геологических событий. Это важно не только с теоретической, но и с практической точки зрения, поскольку накопление в земной коре минеральных ресурсов (соли, нефти, газа, угля, железной руды и т. д.) происходило не хаотично, а в определенные этапы развития нашей планеты.

Время в геологии обычно определяется относительными категориями – «древнее» и «моложе». Например, палеозойская эра древнее мезозойской или каменноугольный период в истории Земли занимал более ранний интервал времени, чем пермский. Подобное деление истории Земли называется относительной геохронологией.

Методы относительной геохронологии были разработаны на основании изучения осадочных горных пород и содержащихся в них ископаемых.

В 1669 г. Николаус Стенон установил первый принцип геологии, на основе которого устанавливается временная последовательность формирования пластов горных пород. Согласно Стенону, при ненарушенном залегании горных пород каждый нижележащий слой древнее покрывающего слоя. Этот принцип переводит пространственное отношение геоло-

гических тел (ниже/выше) во временное отношение (древнее/моложе). Он позволяет геологам определять последовательность образования слоев и прослеживать отдельные слои на достаточно больших территориях (рис. 13). Иногда историческая последовательность напластования нарушается – исчезают отдельные слои (например слой песчаника в разрезе В и слои песчаника и алевролита в разрезе Г на рис. 13). Это явление называется в геологии перерывом. Обычно перерывы связаны с разрушением некоторых слоев вследствие размыва.

На практике очень часто бывает так, что древние породы скрыты под мощным (толстым) чехлом более молодых геологических образований. Их выходы, доступные для непосредственного наблюдения (обнажения) обычно удалены друг от друга. В этом случае на помощь геологам приходят остатки древних организмов.

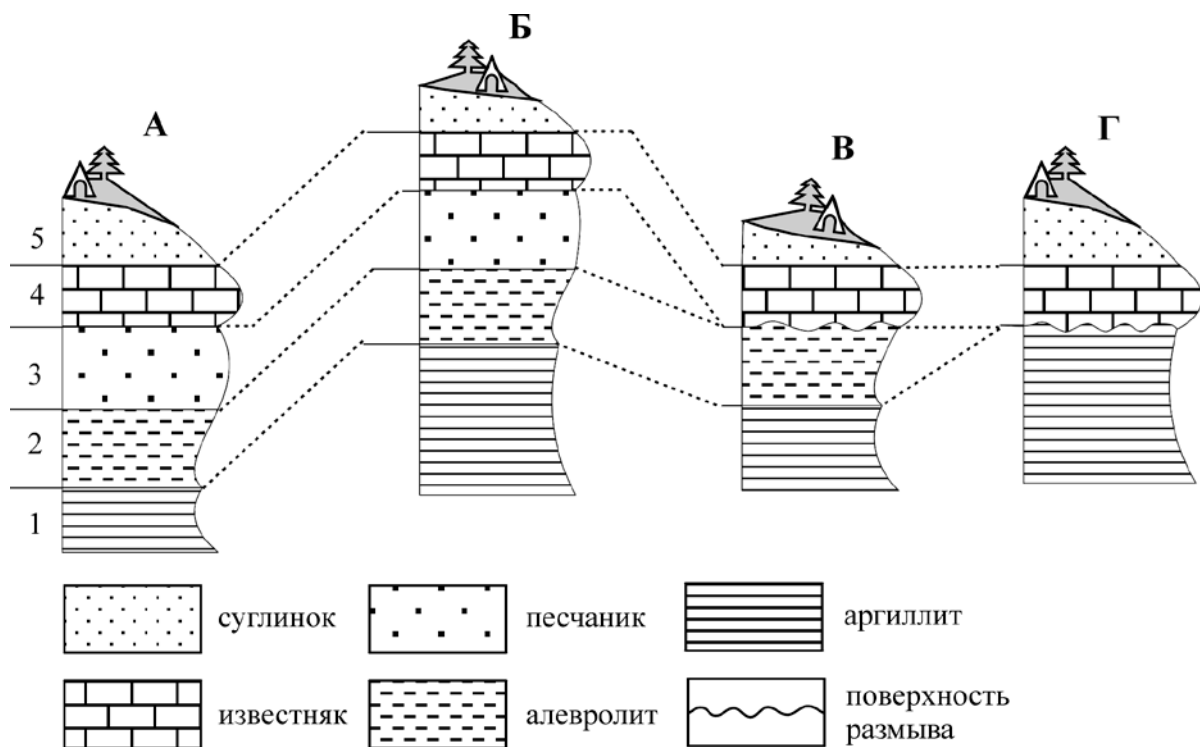


Рис. 13. Прослеживание одновозрастных слоев в обнажениях

Способ установления последовательности залегания и относительного возраста пород по ископаемым остаткам называется *палеонтологическим (или биостратиграфическим) методом*. Это основной метод относительной геохронологии. Впервые он был предложен В. Смитом в начале XIX в., а затем разработан Ж. Кювье и А. Броньяром.

Метод основывается на том, что разновозрастные слои горных пород содержат различные окаменелости. В то же время слои, которые образовались в одно и то же время характеризуются одинаковым набором ископаемых, даже если они и удалены друг от друга на

многие десятки и сотни километров. Научным обоснованием метода послужили работы Ж. Б. Ламарка и Ч. Дарвина по эволюции органического мира, в которых было доказано, что животные и растения в течение геологической истории постепенно совершенствовались в борьбе за существование, приспособляясь к изменяющимся условиям жизни. Некоторые животные и растительные организмы на определенных стадиях развития Земли полностью вымирали, на смену им приходили другие, более совершенные. Таким образом, по ископаемым остаткам, найденным в слоях, можно судить об их относительном возрасте.

Важную роль в палеонтологическом методе играют те группы организмов, которые существовали в течение короткого промежутка геологического времени и в то же время были распространены по всем морям и океанам или различным континентам. Такие роды и виды организмов получили название руководящих ископаемых. Руководящие ископаемые континентальных отложений – позвоночные животные (динозавры, птицы, слоновые, следы человека и др.), а также остатки растений, в морских отложениях – археоциаты, трилобиты, граптолиты, брахиоподы, головоногие моллюски (аммониты, белемниты и т. д.). Крупные руководящие организмы встречаются довольно редко. Поэтому руководящих ископаемых ищут среди мелких организмов, раковины которых в изобилии находятся в осадочных породах различных зон моря. К числу таких организмов относятся представители царства простейших – фораминиферы с известковыми раковинами и радиолярии с кремнистыми скелетами (рис. 14).

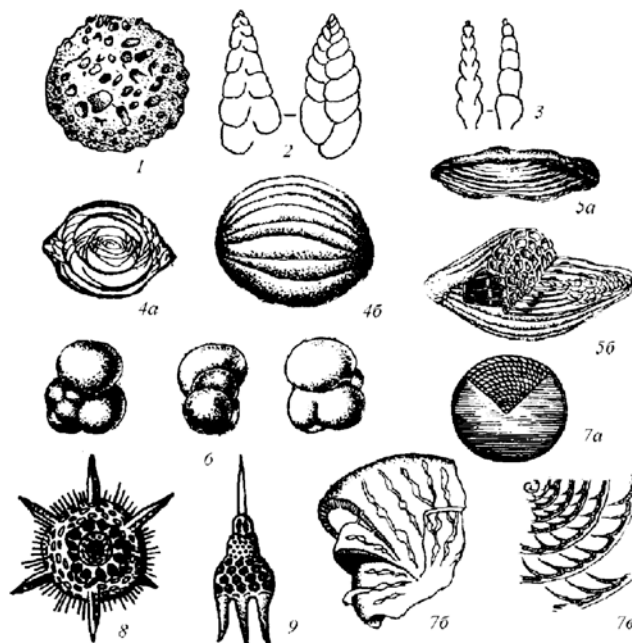


Рис. 14. Фораминиферы (1–7) и радиолярии (8–9). Сильно увеличено. Фораминиферы: 1 – *Saccamina*, 2 – *Textularia*, 3 – *Nodosaria*, 4 – *Schwagerina* (4a – продольный разрез, 4б – общий вид), 5 – *Fusulina* (общий вид и внутреннее строение), 6 – *Globigerina* (вид с трех сторон), 7 – *Nummulites* (общий вид и детали внутреннего строения); Раковины радиолярий: 8 – сферическая, 9 – шлемовидная

Среди растительных остатков используют споры и пыльцу растений, которые встречаются как в континентальных, так и в морских отложениях.

Чтобы разобраться, как используют руководящие ископаемые, рассмотрим следующий пример (Каменная книга, 1997). Предположим, мы изучаем пять обнажений, или разрезов (рис. 15). Все они содержат слои, сменяющие друг друга в определенном порядке. В некоторых слоях встречаются окаменелости. Нам нужно ответить на вопрос, как соотносятся между собой слои из разных обнажений. Формировались ли они в разное время в разных местах или образуют одну непрерывную серию с древними породами внизу и молодыми наверху?

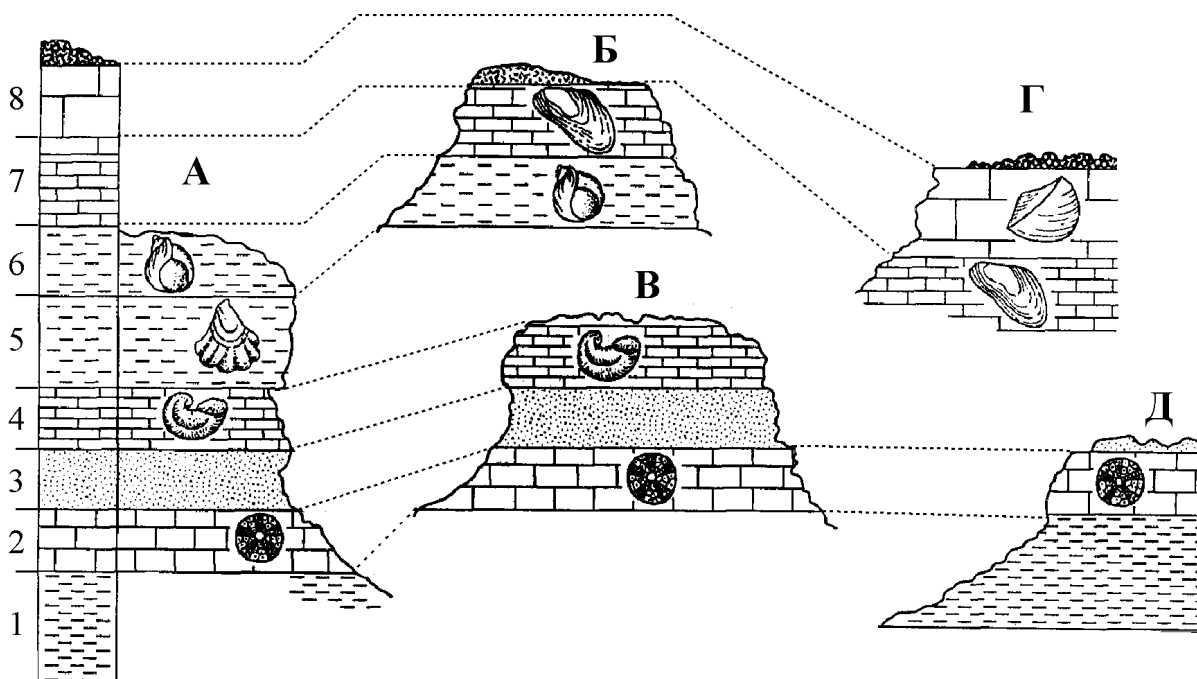


Рис. 15. Сопоставление слоев по руководящим ископаемым. А-Д – обнажения, 1–8 – номера слоев в сводной литологической колонке

На эти вопросы невозможно ответить, прослеживая слои метр за метром от обнажения к обнажению, так как между обнажениями они отсутствуют или скрыты от наблюдения. Вместо визуального прослеживания соберем из каждого места ископаемые остатки, изучим их, а затем сопоставим разрезы. На вершине холма обнажения Д мы находим морских ежей, одинаковых с теми, что были собраны в основании другого холма в обнажении В. Здесь выше пород с морскими ежами находятся известняки с устрицеподобными моллюсками рода *Gryphaea*. Эти раковины встречаются также в слое 4 обнажения А. Спирально-конические раковины гастропод позволяют сопоставить алевролиты слоя 6 разреза А с нижним слоем

обнажения Б, расположенным на склоне другого холма. Двустворки митилиды, встречающиеся в известняках разреза Б, позволяют установить эти известняки в основании обнажения Г. Сопоставляя слои, которые содержат одинаковые руководящие ископаемые, мы выстраиваем слои наших обнажений в одну непрерывную серию, то есть в единый сводный разрез – литологическую колонку (см. рис. 15, слева).

Проблемы при сопоставлении слоев могут возникать в том случае, когда ископаемые остатки приурочены только к одному типу пород (к одной фации). Например, остатки растений часто приурочены к глинам и аргиллитам, в то время как брахиоподы обычно сохраняются в известняках. Для того чтобы сопоставить глины и известняки, которые отлагались в одно время, но в разных местах, нам необходимо найти такие ископаемые остатки, которые бы встречались в обеих этих породах. Такому требованию часто отвечают споры и пыльца растений. Они переносятся по воздуху на большие расстояния и, оседая на все типы осадков, образуют соединяющую их «нить времени».

Абсолютная геохронология оценивает время возникновения горных пород и проявления геологических процессов в астрономических единицах – годах. Основными методами абсолютного летоисчисления являются методы ядерной геохронологии. Они основаны на том, что скорость радиоактивного распада элементов постоянна и не зависит от условий, существовавших и существующих на Земле. При формировании кристаллических решеток минералов, содержащих радиоактивные элементы, создается закрытая система, в которой начинают накапливаться продукты радиоактивного распада. Суть методов заключается в определении количества дочернего изотопа, образовавшегося вследствие радиоактивного распада материнского изотопа. Зная скорость этого процесса, можно оценить возраст минерала. Ведущими методами ядерной геохронологии являются урано-свинцовый, калий-аргоновый, рубидиево-стронциевый и радиоуглеродный. На основе этих методов в 50-х годах XX века, благодаря объединенным усилиям геохимиков, физиков и геологов, удалось определить продолжительность периодов геологической истории Земли и создать первую шкалу абсолютного летоисчисления.

Наряду с несомненными преимуществами, методы ядерной геохронологии имеют и недостатки, ограничивающие их применение. Среди них – не всегда высокая точность (во многих случаях 3–5 %), искажение результатов вследствие наложенного на породы и минералы метаморфизма. Наконец, во многих горных породах радиоактивные элементы отсутствуют; установить их возраст радиологическими методами невозможно.

2.6. Подразделения геологической истории и шкала геологического времени

После работ В. Смита, Ж. Кювье и А. Броньяра, геологи стали активно использовать различия между ископаемыми остатками для разделения мощных осадочных толщ на системы, отделы и слои. Быстро нашел признание и палеонтологический метод расчленения и сопоставления пород. Использование этого метода заставило ученых отказаться от средневековой догмы, что все породы, содержащие ископаемые, возникли во время всемирного потопа. Стало ясно, что слои, содержащие разные ископаемые образовались в совершенно разные эпохи развития планеты. Чем старше слои, тем более древний облик имеют содержащиеся в них остатки организмов, чем слои моложе – тем более близки к современным, ныне живущим видам, находящиеся в них окаменелости. Основываясь, главным образом, на ископаемых остатках, геологи начали составлять временную классификацию слоев земной коры. В результате была построена шкала геологического времени, или геохронологическая шкала.

Следует отметить, что шкала строилась не всегда по одному и тому же признаку. Некоторые ее подразделения были сразу выделены по ископаемым остаткам, другие сначала устанавливались по литологическим признакам и лишь позже получили фаунистическое обоснование.

В середине XX века шкала геологического времени расширилась и стала включать данные абсолютной геохронологии (рис. 16). Геохронологическая шкала является эталоном для геологов всего мира. Формы ее наглядного представления могут быть разными. Это зависит от того, с какой детальностью она составляется, в каком масштабе берется время и какие дополнительные данные выносятся на нее (рис. 17, 18).

Геохронологическая шкала включает в себе два типа геологических подразделений: стратиграфические (материальные) и хронологических (временные). Стратиграфические подразделения обозначают реально существующие породы, которые образовались в определенное время и содержат характерные только для них ископаемые остатки. Например, мезозойская эратема представляет собой слои пород, которые отложились в течение мезозойской эры, и именно ископаемые остатки определяют границы этих слоев. Хронологические подразделения обозначают интервалы времени. Отсюда, мезозойская эра – это время истории Земли, которое началось 248 млн лет назад и закончилось 65 млн лет назад.

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ И СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛЫ

Эон (эпохема)	Эра (эрагема)	Период (система)	Эпоха (отдел)	Шкала абсолютного времени, млн. лет		
				Начало и конец периода	продолжительность	
					периода	эпохи
ФАНЕРОЗОЙСКИЙ (570 МЛН. ЛЕТ)	KZ - кайнозойская (65 млн. лет)	Q четвертичный	голоценовая	1,6 - 2,3	2,0	
			плейстоценовая			
			эоплейстоценовая			
		N неогеновый	плиоценовая	25	23	3
			миоценовая			20
			олигоценая			13
	P палеогеновый	эоценовая	65	40	17	
		палеоценовая			10	
		поздняя			33	
	MZ - мезозойская (185 млн. лет)	K меловой	ранняя	80	47	
			поздняя, или мальм		25	
		J юрский	средняя, или доггер	144	70	20
			ранняя, или лейас			25
			поздняя			18
		T триасовый	средняя	213	35	12
	ранняя		5			
	поздняя		10			
	P пермский	ранняя	248 + 5	38	28	
		поздняя			10	
	C каменно-угольный, или карбон	поздняя	286	74	10	
		средняя			24	
		ранняя			40	
	D девонский	поздняя	360	50	14	
		средняя			13	
		ранняя			21	
	S силурийский	поздняя	410	30	13	
		ранняя			17	
	O ордовикский	поздняя	440	65	10	
		средняя			30	
		ранняя			27	
	Є кембрийский	поздняя	505	65	18	
		средняя			17	
ранняя		50				
ПРОТЕРОЗОЙСКИЙ (~1800 млн. лет)	V вендский		570 + 20	80		
		поздний			Общепринятые названия и ранги (эры, периоды) не выработаны	1000
		средний				
		ранний				
ранний Рифей		650	900			
АРХЕОЗОЙСКИЙ ЭОН (~1400 млн. лет)		2500 + 50	3800 -	1300 -	1500	
Катархей (600 млн. лет)		4000	600			
		> 4500				

Рис. 16. Стандартное представление геохронологической шкалы

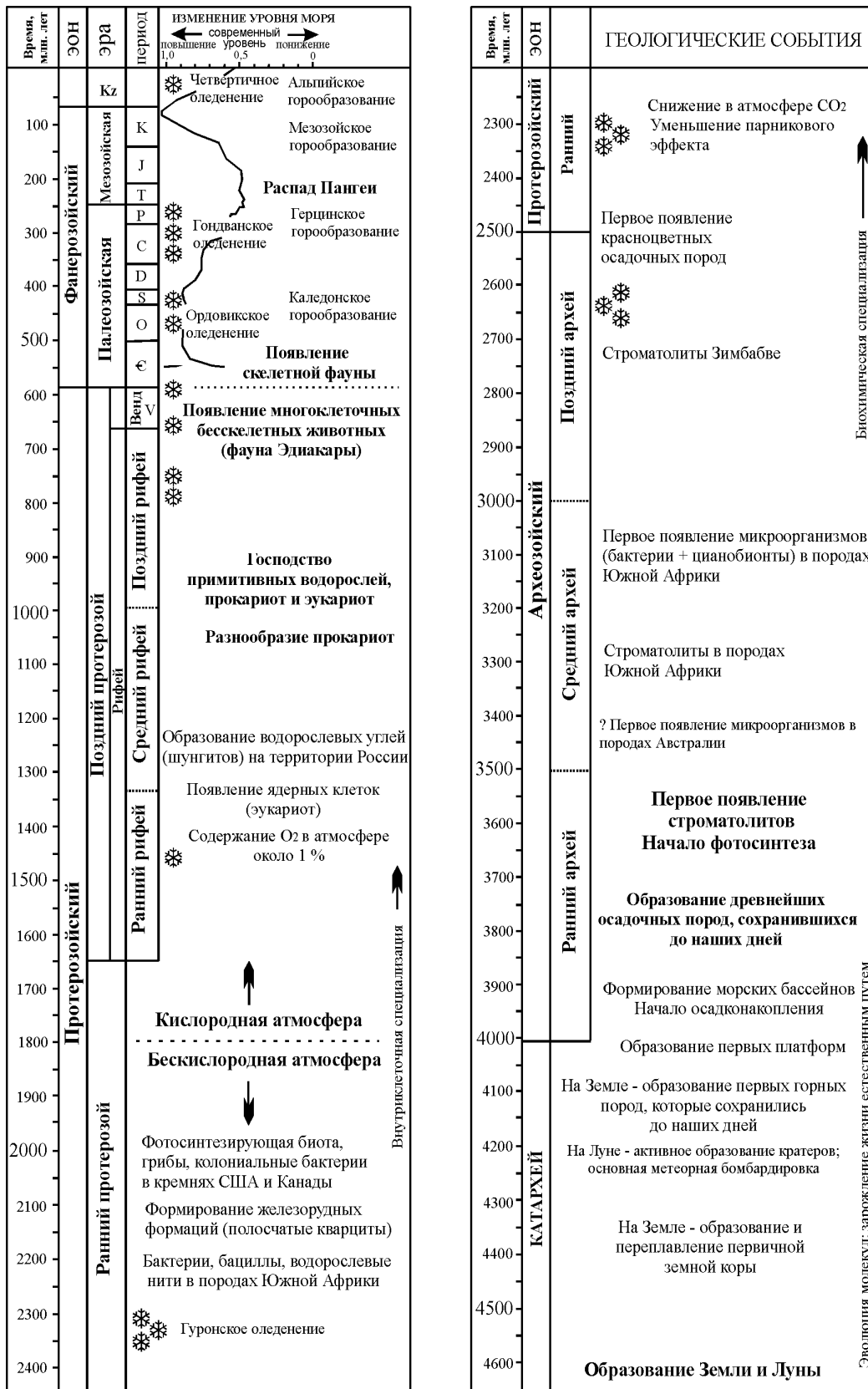


Рис. 17. Геохронологическая шкала, составленная в линейном масштабе (Harland et al., 1982, с изменениями). Снежинки означают всемирные оледенения

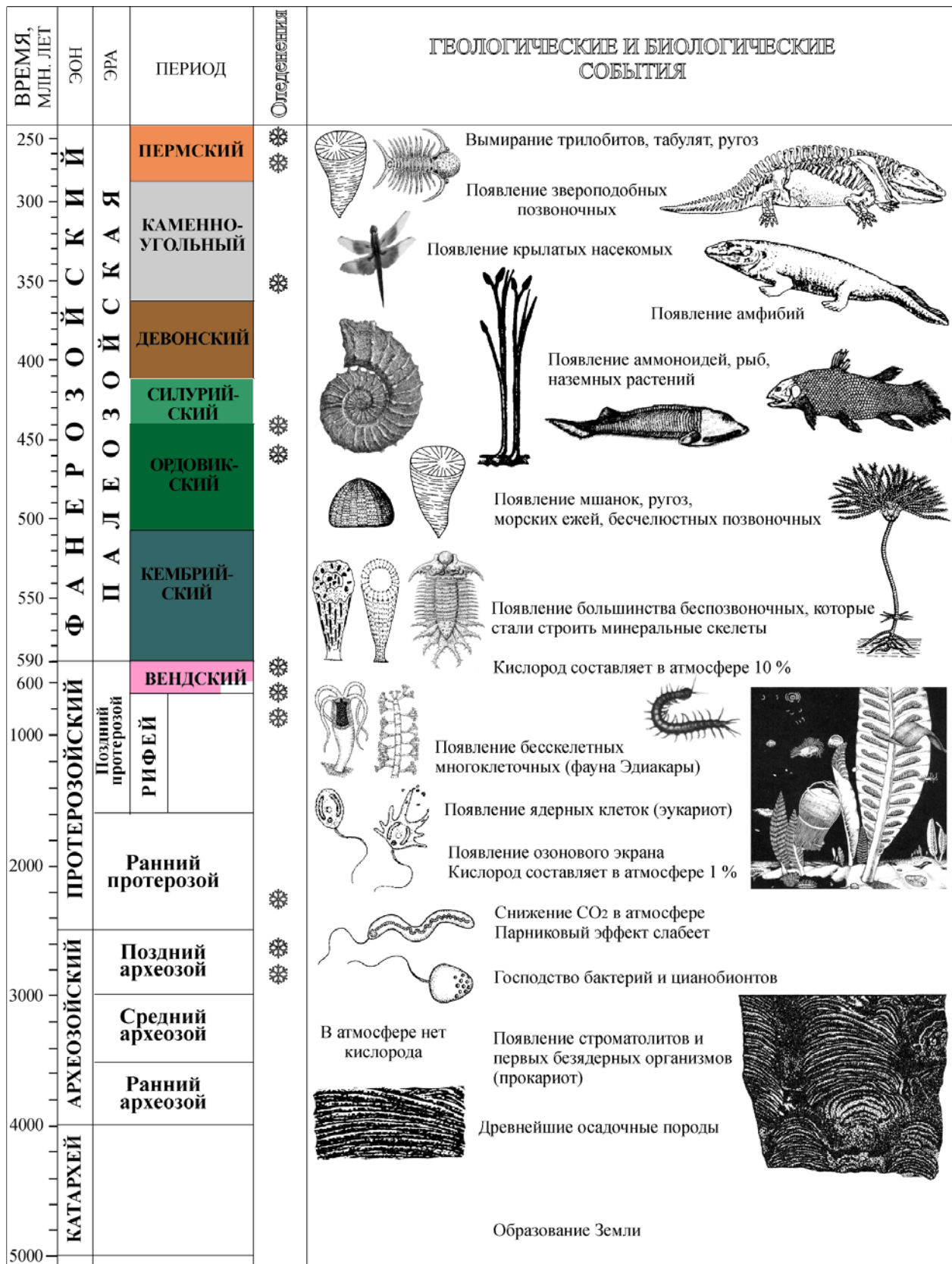


Рис. 18. Шкала геологического времени с основными биологическими и геологическими событиями (начало)

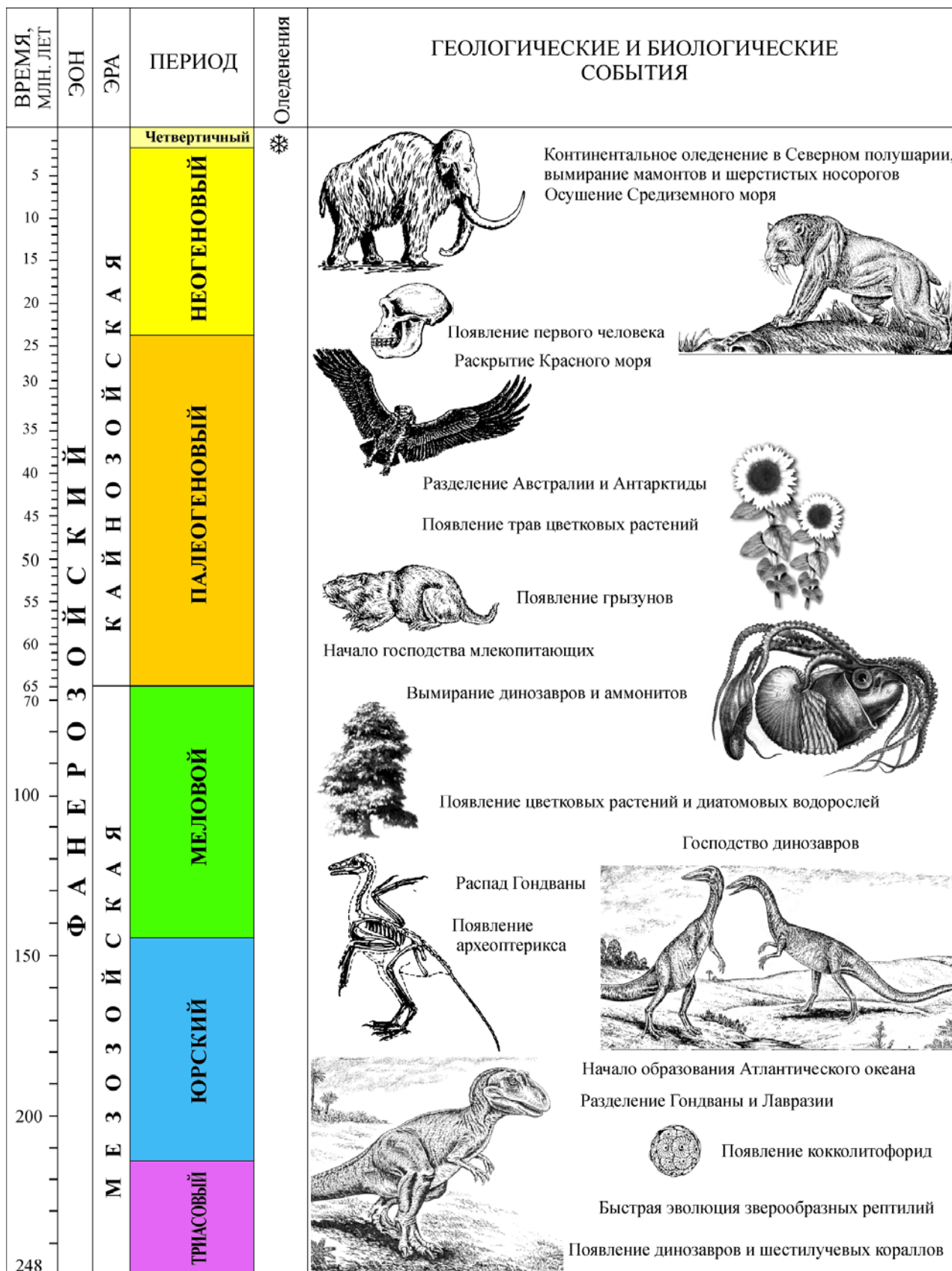


Рис. 18. Шкала геологического времени с основными биологическими и геологическими событиями (продолжение)

Каждому стратиграфическому подразделению в геохронологической шкале соответствует определенное временное подразделение.

Стратиграфические подразделения	Хронологические подразделения
Эонотема	Эон
Эратема	Эра
Система	Период
Отдел	Эпоха
Ярус	Век

Названия подразделений геохронологической шкалы утверждаются на Международных геологических конгрессах. Крупные подразделения, такие как эоны (эонотемы) и эры (эратемы) получили свои названия на основании этапов развития органического мира. В настоящее время выделяют три эоны: археозойский (греч. «археос» – древнейший, «зоо» – жизнь), протерозойский (греч. «протерос» – первичный) и фанерозойский (греч. «фанерос» – явный). В фанерозое выделяется три эры: палеозойская (греч. «палеос» – древний) – эра древней жизни; мезозойская (греч. «мезос» – средний) – эра средней жизни и кайнозойская (греч. «кайнос» – новый) – эра новой жизни. Названия систем отражают географическое положение местности, в которой система была выделена (кембрийская, девонская, пермская, юрская); название древних племен, обитавших в той местности (вендская, ордовикская, силурийская); состав наиболее характерных пород системы (каменноугольная, меловая).

Подразделения докембрийской истории Земли до настоящего времени являются предметом научных споров и не имеют общепринятых названий и рангов. Так, для самого первого этапа истории планеты (3800–4500 млн лет назад) помимо термина «катархей» (греч. «ката» – внизу, «археос» – древний) предлагаются следующие названия: «приской» (лат. «прискус» – старинный, древний), хэдий, хэдский (англ. «хадал» – глубинный) и др.

Изучая конкретные слои горных пород, геологи стараются как можно точнее определить их возраст или, иначе говоря, положение в геохронологической шкале. Для этого они используют весь комплекс ископаемых остатков, который встречается в этих породах. Возраст горных пород лежит в основе метода составления геологических карт.

3. Принципы стратиграфии

Приступая к изучению горных пород, слагающих земную кору, геологи считают, что в них может храниться информация о тех геологических событиях, которые привели к их образованию (и/или изменению). То есть любая горная порода является материальным документом, отражающим направленное развитие геосферы, а также эволюцию био-, гидро- и атмосферы. Многогранность процесса образования горных пород является основой использования различных методов для решения стратиграфических задач. В свою очередь, это определяет комплексную (разностороннюю) характеристику стратиграфических подразделений, принятую в современной геологии.

Методы стратиграфии имеют в своей основе ряд принципов, которые условно можно разделить на геологические, стратиграфические и палеонтологические.

1) Принцип последовательности образования геологических тел (принцип Стенона, 1669 г.) заключается в том, что относительный возраст двух контактирующих геологических тел осадочного генезиса определяется их первичными пространственными соотношениями. Согласно Н. Стенону, при ненарушенном залегании горных пород каждый нижележащий слой древнее покрывающего слоя. Этот принцип переводит пространственное отношение геологических тел (ниже/выше) во временное отношение (древнее/моложе), формируя временную (эволюционную) основу геологии и всех ее соподчиненных наук.

2) Принцип биостратиграфического расчленения и корреляции (принцип В.Смита, 1799 г.) лежит в основе биостратиграфии, т.е. в использовании палеонтологического метода в стратиграфии и геологии. Краткая формулировка данного принципа такова: отложения можно различать (расчленять) и сопоставлять (коррелировать) по заключенным в них ископаемым (см. рис. 13, 15).

В своих работах В. Смит формулировал свой принцип примерно таким образом: *все пласты последовательно осаждались на дне моря и каждый из них содержит в себе остатки организмов, которые жили во время его образования. Таким образом, в каждом пласте наблюдаются характерные только для него окаменелости, и по ним можно различать разновозрастные пласты, и устанавливать одновременность образования пластов различных местностей, в том случае, если эти пласты содержат одинаковые окаменелости.*

3) Принцип фациального разнообразия разновозрастных отложений (принцип Грессли, 1834) состоит в том, что разновозрастные отложения закономерно меняются в горизонтальном направлении: меняется состав горных пород, меняются окаменелости, содержа-

щиеся в горных породах. Такие изменения называют фациальными (от английского слова face – лицо, облик). Следовательно, под фациальными изменениями понимают различия в литологическом составе и палеонтологической характеристике одновозрастных геологических тел, сформировавшихся в разных условиях. Фациальную изменчивость одновозрастных отложений нужно учитывать при датировке и корреляции отложений.

4) Принцип разновозрастности граничных поверхностей осадочных геологических тел (принцип Головкинского, 1868) обоснован первым геологом Казанского университета Николаем Головкинским на разрезах пермской системы, вскрывающихся в береговых обнажениях Волги и Камы.

В основе принципа лежит положение о одновременности образования литологически однородных слоев. Разновозрастность различных частей одного и того же слоя обусловлена механизмом слоеобразования в условиях перемещения береговой линии бассейна осадконакопления. Как вывод из своих исследований Н.А. Головкинский указал на необходимость различения понятий о хронологическом, стратиграфическом, петрографическом и палеонтологическом горизонтах. При этом – хронологические горизонты косвенно пересекают все другие, а другие горизонты – стратиграфические (слои), петрографические (горные породы) и палеонтологические (остатки окаменелостей в горных породах) – являются диахронными или разновозрастными, так как «следуют за изменениями условий образования осадков».

Разновозрастность отдельного слоя часто не может быть установлена (доказана) практически и поэтому не всегда имеет существенное значение для стратиграфии, в этих случаях ей можно пренебречь. Однако с разновозрастностью мощных осадочных комплексов, состоящих из большого числа слоев, необходимо считаться.

В настоящее время используется следующая формулировка данного принципа: граничные поверхности геологических тел (например, кровля слоя) не являются вполне изохронными на всем протяжении, причем скорость изменения возраста этих поверхностей возрастает в направлении, перпендикулярном береговой линии бассейна. Исходя из этого, в каждом слое можно считать строго синхронными только те его участки, которые отлагались параллельном береговой линии.

5) Принцип актуализма (принцип Ч. Лайеля) был сформулирован в XIX веке Ч. Лайелем: «Силы, действующие на земной поверхности и под нею в настоящее время, могут быть сопоставимы по роду и степени с теми силами, которые производили геологические изменения в прошлые эпохи».

В России в 50–60-х гг. XX века этот принцип отождествлялся с концепцией униформизма и подвергался суровой критике. В отличие от принципа актуализма, суть концепции униформизма заключается в признании единообразия геологических процессов на всем протяжении времени существования Земли, что является неверным из-за постоянного развития (эволюции) нашей планеты. В настоящее время признано основополагающее значение принципа актуализма при проведении всякого исторического исследования. В частности, он пронизывает всю стратиграфию, используется в других областях геологии, применяется в биологии и географии.

б) Принцип неполноты геологической летописи (принцип Ч. Дарвина) состоит в том, что в геологических напластованиях запечатлена лишь меньшая часть геологической истории, а большая часть приходится на перерывы. Эта мысль впервые была высказана Ч. Дарвином и в дальнейшем развивалась многими учеными. Выяснилось, что наряду с крупными перерывами, важная роль в неполноте геологической летописи принадлежит бесчисленным мелким перерывам, обусловленным пульсационным характером и прерывистостью самого процесса осадконакопления. Имеется и вторая сторона данного принципа: *неполнота палеонтологической летописи*, т.е. окаменелости, заключенные в геологических напластованиях, представляют собой лишь незначительный процент организмов, населявших землю в прошлом. Отсюда затрудняется реконструкция древних фаун и флор, т.к. многие их компоненты бесследно исчезли.

Палеонтологическая летопись, это дошедшие до нас остатки организмов, которые были когда-то представлены обильными и широко распространенными популяциями. Отсюда следует вывод о том, что амплитуда стратиграфического и диапазон географического распространения ископаемых форм всегда меньше истинного распространения этих организмов во времени и пространстве (Newell, 1966).

В течение геологического времени виды вымирают и сменяются новыми. Имеются оценки, показывающие, что все виды биосферы сменяются новыми за 12 млн лет (Teichert, 1956). Скорость смены видов может быть выражена также через среднюю продолжительность существования видов равную 2,75 млн лет (Simpson, 1952). Если принять, что сейчас на Земле имеется около 5 млн видов растений и животных, что это число на протяжении позднего протерозоя и фанерозоя существенно не менялось, и что оценка средней продолжительности видов верна (2,75 млн лет), то можно рассчитать, что за последние 900 млн лет на Земле обитало более 900 000 000 миллионов видов живых организмов (не считая бактерий и других безъядерных организмов). Сравнивая эту оценку с числом известных ископаемых ви-

дов (350 000), можно сделать вывод, что в палеонтологической летописи сохранились следы всего 0,03 % всех видов за последние 900 млн лет (Рауп, Стэнли, 1974). Можно отметить, что на полноту палеонтологической летописи оказывают влияние не только перерывы в осадконакоплении, но также процессы биологического, механического и химического разрушения органических остатков.

Преодоление неполноты собственно геологической (стратиграфической) летописи шло по линии расширения геологических исследований с распространением их не только на территории всех материков, но и на акватории шельфа, а в последнее время и на океаническое ложе.

7) Принцип необратимости геологической и биологической эволюции Земли как планеты Солнечной системы основан на том, что ее эндогенная активность имеет общую тенденцию к снижению в связи с исчерпанием запасов внутреннего тепла. Кроме этого, Земля представляет собой открытую систему, подверженную влиянию процессов, протекающих в космическом пространстве.

В историческом аспекте развитие Земли, как и других планет, началось с «тектоники роста», т. е. с образования ядра. Оно продолжалось временем господства «тектоники мантийных струй», которая уже в архее начала сменяться в верхних оболочках Земли «тектоникой литосферных плит». Подобная смена, вероятно, наблюдается в настоящее время на Венере. Марс уже миновал стадию «тектоники литосферных плит» и вступил в стадию общего сжатия литосферы, а Меркурий и Луна почти полностью утратили глубинную активность и на них господствуют экзогенные процессы, вызванные внешними воздействиями (Хаин, 1997).

Очевидно, что перечисленные стадии развития планет должны отличаться по видам и интенсивности протекающих на них процессов. Говоря о принципе необратимости биологической эволюции, необходимо подчеркнуть, что развитие жизни – это процесс, заключающийся в образовании новых, высших форм, создающих в себе предпосылки для дальнейшего развития. Этим объясняется общая, закономерная тенденция развития от простого к сложному. Процесс этот необратим, т.е. движение вспять, от высших форм к низшим, от сложных к простым, невозможно. В то же время поступательность развития нельзя понимать как плавный процесс, без зигзагов и отклонений. Поступательность реализуется в борьбе различных тенденций, при этом отдельные линии общего развития могут выражать моменты регресса.

4. Время в стратиграфии

В стратиграфии время выступает в качестве основного организующего начала, т. к. все стратиграфические выводы имеют смысл постольку, поскольку они решают вопрос об одновременности или последовательности геологических событий.

Современная физика рассматривает материальный мир как пространственно-временную субстанцию или континуум, т.е. рассматривает его одновременно и с пространственных, и с временных позиций. Почему? Потому что окружающий нас мир материи изменчив и непостоянен и в пространстве, и во времени. Человек без особого труда может осмыслить тот факт, что пространство меняется во времени. Но оказывается, и время меняется в пространстве, или иначе говоря: в разном пространстве – свое время.

Альберт Эйнштейн, основатель теории относительности, или релятивистской физики, ввел такие понятия как собственное, локальное и универсальное время.

Собственное время – это временные соотношения между событиями, происходящими только в одной (данной) стационарной системе отсчета.

Собственным временем обладает каждый объект материального мира, например кусок горной породы или геологическое тело. Какие основные события могут происходить в этих системах (или объектах)? Например: (а) возникновение горной породы (геологического тела); (б) метаморфизм; (в) начало выветривания; (г) полное исчезновение. Перечисленные события соотносятся друг с другом по шкале собственного времени. В этом случае не рассматриваются ни другие объекты, ни другие процессы.

Локальное время определяет временные соотношения между событиями в любой движущейся системе отсчета. К движущимся системам отсчета в геологии могут быть отнесены разнообразные процессы: орогенез, магматизм, осадконакопление, развитие гидросферы, развитие биосферы, эрозия и т.д. Для всех этих движущихся систем могут быть предложены свои собственные координаты пространства и времени. Эти координаты, как правило, не совпадают между собой. Например, начало формирования земной коры не совпадает с началом осадочного литогенеза и т.д.

Универсальное время – искусственная шкала отсчета, которая применяется для сравнения процессов в разных движущихся системах. В геологии универсальным временем является временная шкала, основанная на закономерной последовательности развития органического мира. Иногда эта «закономерная последовательность» именуется «биологическими часами». Эта шкала универсального геологического времени выбрана эмпирически (см. принципы стратиграфии).

По своему содержанию геологическая временная (хронологическая) шкала это шкала геологических событий. Ее детальность определяется масштабом тех геологических событий, между которыми надо определить временные соотношения. Так, наиболее крупным подразделениям шкалы – зонам и эонотемам – соответствуют наиболее масштабные геологические события (так, например, фанерозой – «время явной жизни» и т.д.). Наименьшим подразделениям – зонам (хронам) – отвечают интервалы существования отдельных видов растений и животных (т.е. в среднем 2,75 млн лет). Напомним, что виды – это элементарные таксоны, и биология (палеонтология) не дает инструмента для более тонких разграничений смены во времени растительных и животных организмов.

Определение зоны наиболее явно демонстрирует связь между подразделениями геохронологической шкалы и таксонами системы органического мира (рис. 19).

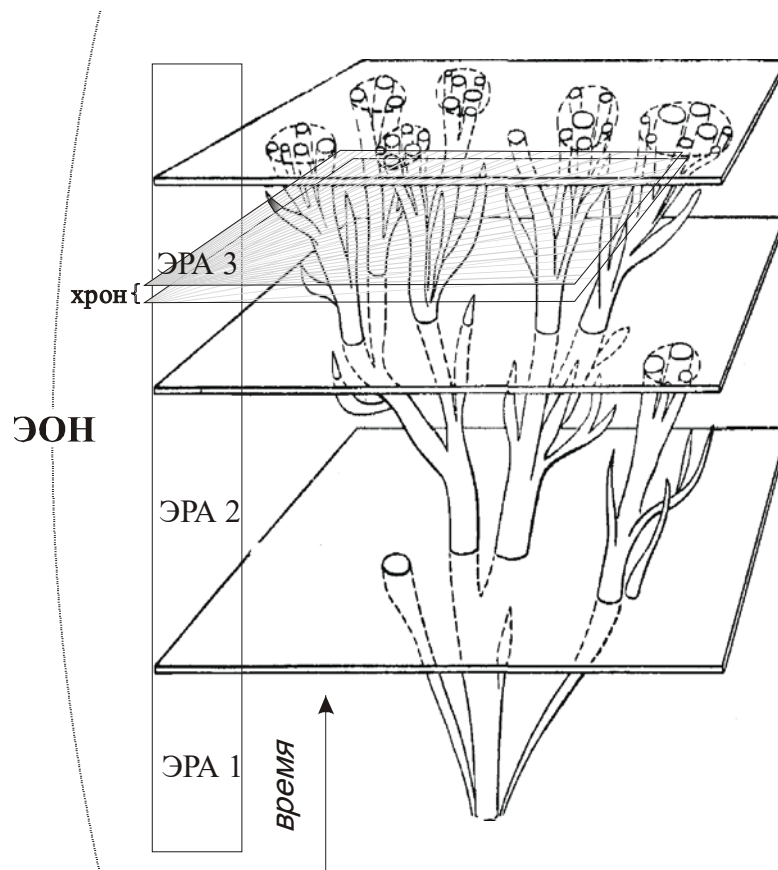


Рис. 19. Схема поясняющая разномасштабность шкалы геологических событий, основанной на эволюции органического мира

Для уяснения динамики геологических процессов важно располагать данными о продолжительности отрезков геохронологической шкалы в условных абсолютных единицах. Общеизвестным инструментом получения таких данных являются методы радиологиче-

ской датировки. Без них невозможно было бы составить представление о длительности используемых геохронологических подразделений. Используя данные радиологических методов, не надо забывать, что их точность не абсолютна, поскольку основная единица «год» берется в современном его значении. Между тем продолжительность года, число суток в году в течение геологической истории Земли может меняться.

Наличие хронологической шкалы позволяет определять как последовательность, так и одновременность событий. Однако если понятие последовательности благодаря возможности ее экспериментального определения (принцип Н. Стенона) не вызывает существенных трудностей, то одновременность геологических событий устанавливается значительно сложнее. Геологические события можно считать одновременными, если их невозможно расположить в порядке «до и после», на основании изучения тех их признаков, на которых основана геохронологическая шкала, в пределах заранее заданной точности измерения.

Выше отмечалось, что в качестве хронологической шкалы Земли мы вынуждены использовать последовательность событий одной из динамических систем планеты. Очевидно, что последовательность событий в этой системе должна быть достаточно продолжительной для того, чтобы с ней могли быть сопоставлены события, происходившие в других системах, что эти события должны иметь всеобщее в пределах Земли проявление и быть относительно независимыми от влияния других систем.

В принципе любая система (тектоногенез, седиментогенез) может быть использована в качестве эталонной (универсальной). Указанные выше ограничения существенно сокращают возможность выбора, т. к. ни один геологический процесс не обладает относительно одновременным проявлением в пределах всей (или хотя бы большей части) поверхности Земли. Кроме того, использование геологических систем (в узком смысле) для хронологической шкалы, основное назначение которой как раз и состоит в регистрации геологических событий, всегда включает опасность определения по замкнутому кругу. Так, например, мы можем воспользоваться определением границы палеозоя и мезозоя по завершению герцинской складчатости и в то же время должны датировать завершение этой складчатости концом палеозоя.

Поэтому эмпирический выбор для калибровки геохронологической шкалы последовательности развития органического мира (биологические часы) явился не только целесообразным, но и логически мотивированным. Развитие жизни на Земле имеет глобальное проявление и напрямую не зависит от внешних, в том числе геологических, процессов.

Наконец, выбор для делений биологических часов немногих фаунистических ортостратиграфических групп, относительно независимых от фаций, позволяет еще более абстрагировать биохронологию от конкретных геологических событий.

Ограниченность использования биохронологической шкалы во времени: она применима только для фанерозоя (до конца плиоцена) и для позднего протерозоя. Невозможность использования этой шкалы для более древних эонов и ее ограниченные возможности в отношении четвертичных отложений заставляют некоторых стратиграфов проявлять скепсис в отношении биологических часов. В настоящее время, однако, они обеспечивают выполнение всех временных корреляций на большей части планеты и практически для всего изучаемого разреза, причем трезвая оценка перспектив развития геохронологии не позволяет увидеть какого-либо альтернативного метода.

Особенности геохронологической шкалы можно выразить в следующих положениях:

- неравномерность ее делений. Сопоставление данных хронологии и хронометрии показывает различную продолжительность периодов и эр (например, силур оказывается почти вдвое короче девона, а продолжительность триаса в полтора раза меньше продолжительности юры; наконец, весь мезозой более чем в два раза уступает по продолжительности палеозою);

- неравномерное во времени проявление крупных геологических событий, например, эпох складчатости или смены геологических циклов;

- физическая дискретность. Установлено, что, начиная с рифея, осадочный покров формировался за счет перемива более древних осадочных толщ. Т. о., последние 1,5 млрд лет осадочная оболочка представляет собой замкнутую систему, внутри которой происходит постоянное перераспределение материала. Вследствие этого можно полагать, что в принципе невозможно существование разрезов, в которых был бы зафиксирован непрерывный процесс осадконакопления в течение более или менее продолжительного отрезка геологического времени. Таким образом, каждое подразделение геохронологической шкалы документировано в разрезах лишь незначительной частью осадков.

Несмотря на дискретность ее физической основы, человеческое сознание безо всякого усилия рассматривает геохронологическую шкалу в качестве непрерывной. Датировки, полученные для части изученного интервала, экстраполируются на весь интервал, а перерывы, длительность которых ниже предельной точности измерения, не учитываются. Только благодаря такому восприятию геологического времени становится возможным построение геохронологической шкалы.

5. Стратиграфическая основа. Стратиграфические подразделения и схемы.

Стратиграфический кодекс.

5.1. Стратиграфическая основа

Стратиграфической основой для проведения геологических работ служит стратиграфическая схема, построенная с учетом опорного разреза и сопоставленных с ним типовых разрезов, отражающих изменения объемов и соотношений выделенных стратонов на данной площади. Завершает разработку стратиграфической основы при геологическом картировании легенда к карте, охватывающая все картируемые тела.

Крупномасштабная геологическая съемка обычно проводится в пределах целостной геологической структуры – структурно-формационной зоны или бассейна накопления полезного ископаемого. Поэтому крупномасштабной стратиграфической основой служит местная стратиграфическая схема.

Стратиграфическая основа – это тот фундамент, на который опираются геологическая съемка, тектонические и палеогеографические построения, выводы о возрасте и формах проявления магматической деятельности, о возрасте и особенностях месторождений полезных ископаемых. Стратиграфическая основа должна обеспечивать достаточно детальное (отвечающее масштабу карты) и достоверное расчленение и корреляцию стратиграфического разреза на всей площади работ. Разработка стратиграфической основы включает в себя:

- а) комплексное изучение (или доизучение) опорного стратиграфического разреза;
- б) изучение типовых разрезов местных стратиграфических подразделений;
- в) выявление корреляционных критериев стратонов и выделение маркирующих горизонтов;
- г) составления местной стратиграфической схемы;
- д) составления легенды к картам.

Создание стратиграфической основы должно обеспечиваться комплексом необходимых и достаточных литолого-стратиграфических и палеонтологических исследований.

Ранг местных стратиграфических подразделений не зависит от масштаба геологосъемочных работ. Это означает, что правильно выделенная при среднемасштабной съемке свита должна использоваться и при съемке крупного масштаба. Если мощность такой свиты превышает требование детальности, то ее следует делить на подсвиты. Таким образом, крупномасштабная стратиграфическая основа сохраняет каркас среднемасштабной основы, детализируя его дробными, местными лито- и биостратиграфическими подразделениями.

5.2. Стратиграфические подразделения. Стратотипы

Объектами изучения стратиграфии являются геологические тела, сгруппированные (по разным признакам) в стратиграфические подразделения или стратоны различного ранга. Т. о., стратоны (стратиграфические подразделения) можно определить как совокупность горных пород, составляющих определенное единство и обособленных по признакам, позволяющим установить последовательность их формирования и положение в разрезе.

Характер стратиграфического подразделения зависит от ведущего метода или критерия, на основе которого оно было выделено. Однако только такое геологическое тело может называться стратоном, которое отвечает указанным выше требованиям. Геологическое тело, выделенное только по одному какому-либо признаку, например, исключительно по вещественному составу, физическим свойствам, цвету пород, наличию остатков организмов (просто как элементов породы) и т. д., может совпадать или не совпадать с объемом собственно стратиграфического подразделения.

Все стратиграфические подразделения, являющиеся в принципе пластообразными телами, отделяются от смежных по разрезу стратонов стратиграфическими границами – поверхностями, ограничивающими данное стратиграфическое подразделение в полном его объеме по подошве (нижняя граница) и кровле (верхняя граница).

Стратиграфические подразделения не планетарного распространения (региональные и местные) имеют также латеральные границы или границы распространения. В ненарушенном залегании латеральные границы совпадают с выклиниванием толщи и представляют собой сложные поверхности, разграничивающие различные по составу фации. Следовательно, латеральные границы разделяют стратоны, в целом занимающие одинаковый или близкий интервал стратиграфического разреза.

Установление и наименование стратиграфических подразделений производят по правилам, изложенным в «Стратиграфическом кодексе» (1992, 2006, 2019). Одним из решающих требований при этом являются выбор и изучение стратотипа как эталона, обеспечивающего стабильность единообразного понимания объема и общей характеристики стратона.

Различают две категории стратотипов: стратиграфических подразделений и стратиграфических границ. Стратотипом стратиграфического подразделения (стратотипическим разрезом) называется конкретный разрез этого подразделения, указанный и описанный в качестве эталонного; стратотипом стратиграфической границы – разрез, выбранный в качестве эталонного, в котором однозначно фиксируется положение стратиграфической границы между двумя смежными подразделениями. Район, в котором находятся стратотип и разрезы, дополняющие его характеристику, называется стратотипической местностью (страторегионом).

Различаются следующие разновидности стратотипов:

голостратотип (первичный стратотип) – устанавливается автором стратиграфического подразделения одновременно с установлением самого подразделения;

лектостратотип (избранный стратотип) – выбирается в стратотипической местности из разрезов, описанных автором подразделения, в тех случаях, когда первичный стратотип не был им указан;

неостратотип (новый стратотип) – выбирается в стратотипической местности в тех случаях, когда первичный стратотип стал недоступным для сравнения и дальнейшего изучения (например, вследствие уничтожения обнажений, затоплений, строительства сооружений и т. п.).

Кроме перечисленных основных разновидностей употребляются также гипо- и парастратотип, которые дают дополнительный материал для характеристики стратона. Они могут устанавливаться и за пределами стратотипической местности. Гипостратотип (вторичный, дополнительный стратотип) выбирается в том случае, когда при последующих исследованиях обнаружен более полный, без перерывов, содержащий больше характерных для данного подразделения признаков разрез, который по объему и составу соответствует первичному стратотипу. Парастратотипами называются все разрезы стратиграфического подразделения (кроме голостратотипа), описанные при его установлении автором.

Стратотипами могут служить естественные и искусственные обнажения, а также разрезы, вскрытые скважинами (последние при условии, что керн этих скважин сохраняется и доступен для изучения).

Стратотипы обязательны для свиты, горизонта и лоны, яруса, зоны и звена. Более крупные по рангу единицы могут иметь самостоятельные стратотипы, однако чаще они представлены суммой стратотипов входящих в их состав более мелких подразделений, перечисленных выше. Каждое стратиграфическое подразделение может иметь только один стратотип.

С 60-х годов XX столетия в России применяются три группы (категории) основных стратиграфических подразделений: общие, региональные и местные.

При средне- и крупномасштабной съемке могут использоваться также вспомогательные стратиграфические подразделения (толщи, пачки, маркирующие горизонты, слои с фауной), выделенные по любому единичному признаку. Эти подразделения обозначаются терминами свободного пользования и не охраняются правом приоритета. В стратиграфии они выполняют служебные функции.

5.2.1. Местные стратиграфические подразделения

Основной таксономической единицей местных стратиграфических подразделений является свита, которая может разделяться на подсвиты и дробные вспомогательные единицы – пачки и слои. Свиты объединяются в серии, а последние в комплексы.

Геологическая практика показывает, что детализация геологических исследований приводит к уточнению возраста, положения границ, состава свиты, однако далеко не всегда удается точно скоррелировать ее с полным объемом какого-либо стратона общей шкалы ни по палеонтологическим, ни по другим данным. И если указывается, например, что свита имеет ладинский возраст, то почти никогда нельзя поручиться, что ее стратиграфический объем охватывает целиком ладинский ярус.

Местные стратоны являются отражением последовательных этапов геологического развития района. Их особенности (отличия друг от друга) определяются различиями в вещественном составе, в палеонтологической характеристике, в характере и степени метаморфизма, в климатических или фациальных особенностях. Они являются основой районирования территорий (структурного, металлогенического, палеогеографического и др.). Стабильность местного стратона значительно упрощает номенклатурные процедуры в случае перепределивания его возраста, поскольку данное геологическое тело остается самим собой независимо от определяемого возраста. Естественно, сохраняется и его название.

При выделении местных стратонов используются все доступные методы стратиграфических исследований (т. е. эти стратоны имеют комплексное обоснование). При преимущественном учете фациально-литологических особенностей геологических тел учитываются и другие признаки: палеонтологические, структурные, геохронометрические, географические.

Палеонтологическая характеристика используется для определения геологического возраста, выявления перерывов и восстановления фациальной обстановки осадконакопления. В монотонном по вещественному составу разрезе свиты могут быть выделены и по смене комплексов фауны или флоры.

Стратиграфический объем свиты должен быть на всей площади ее распространения приблизительно одинаковым, хотя возраст каждой стратиграфической границы (нижней и верхней) на разных участках может несколько отличаться (рис. 20).

Механизм формирования свиты можно представить как образование пластообразного тела со ступенчатыми латеральными границами, каждая «ступенька» которых содержит элемент первично-горизонтальной стратиграфической границы и элемент фациальной границы какой-то части стратона (рис. 20).

Стратиграфический объем свиты оценивается по наиболее полному (единому или сводному) ее разрезу. Соотношения разновозрастных свит в конкретных разрезах показывают на геологических профилях и стратиграфических колонках.

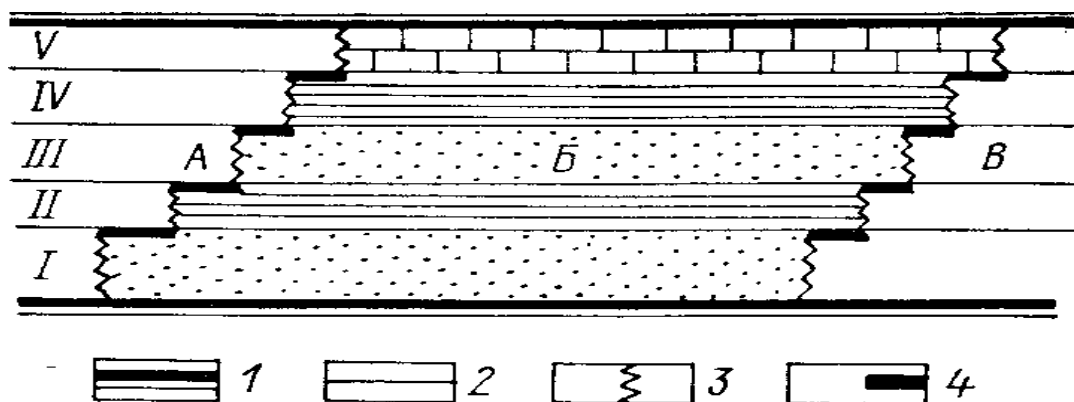


Рис. 20. Схема соотношения стратиграфических и латеральных границ свит (A, B, B) и их отдельных пачек (I-V). 1,2 – стратиграфические границы: 1 – свит, 2 – пачек; 3 – латеральные границы пачек; 4 – изохронные составляющие латеральных границ свиты

5.2.2. Региональные стратиграфические подразделения

Основным региональным стратоном является горизонт. Его географическое распространение ограничивается геологическим регионом, заключающим в себе единый бассейн осадконакопления. Горизонт объединяет по простиранию разнофациальные толщи, отвечающие определенному этапу геологического развития региона. Как правило, в фанерозойских толщах горизонты устанавливаются на биостратиграфической основе, и иногда представляют собой некоторую сумму провинциальных зон.

Горизонт – это совокупность разновозрастных свит, их частей (по разрезу) или вспомогательных стратонов, распространение которых ограничено рамками геологического региона, бассейна осадконакопления, палеобиогеографической области. Соотношение горизонтов со свитами – типичный пример соотношения общего и частного (рис. 21).

Латеральные границы горизонтов должны совпадать с контурами древних бассейнов осадконакопления. Частным вариантом латеральных границ горизонта является переходная зона от морских образований к континентальным.

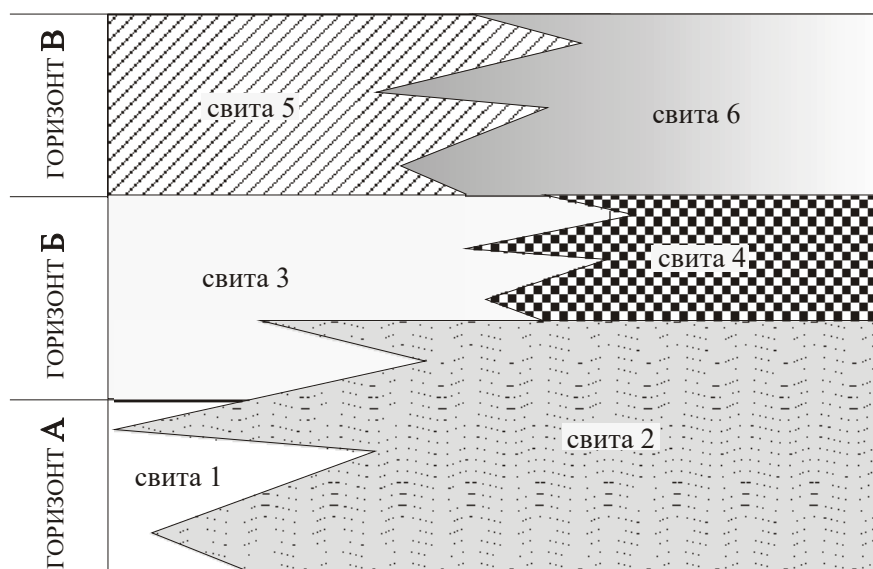


Рис. 21. Схема соотношения горизонтов и свит

Определение изохронности стратиграфических границ горизонтов – вопрос сложный. Можно предполагать, что горизонты, выделенные на биостратиграфической основе, имеют более изохронные стратиграфические границы, чем горизонты, отражающие только этапы седиментации в палеобассейне. Однако изменения в составе фаун, например, в морском бассейне, столь зависимы от изменений условий осадконакопления, что отрывать эти признаки друг от друга нельзя. И скорее, последний фактор является определяющим. Кроме того, в более или менее замкнутом бассейне существенные изменения в ходе седиментогенеза, вероятно, происходили в масштабе геологического времени одновременно.

Горизонт может подразделяться на подгоризонты (части горизонта) и на биостратиграфические единицы – лоны (провинциальные зоны).

Провинциальная зона (лона) отличается от местной бóльшим ареалом распространения, соответствующим палеобиогеографической провинции или области. Горизонт должен включать не менее двух лон. Если «лона» равна по объему горизонту, то это просто его палеонтологическая характеристика.

Соотношение региональных стратонов с подразделениями общей шкалы также отвечает отношению частного и общего (рис. 22).

Региональные подразделения обеспечивают корреляцию осадочных толщ смежных регионов. Горизонты и лоны, отражая особенности геологической истории конкретных участков литосферы и биосферы в определенном интервале геологического времени, в то же время являются палеогеографическими слагаемыми соответствующего отрезка общей стратиграфической шкалы.

Система	Отдел	Ярус	Зона	Горизонт	Лона	Серия	Свита	Биостратиграфические зоны			
	Верхний	В	Вб	IV	IV ₃	3	8	М'	и''		
					IV ₂		7	Л'			
					IV ₁		6	К'			
			Б	Ва	III	III ₄	2	5	и'	е''	
				Бб		III ₃			3'		
				Ба		III ₂			4		ж'
						III ₁			3		е'
		Нижний	А	Аб	II		1	2	д'	д''	
									з'	з''	
				Аа	I	I ₂			б'	б''	
	I ₁					а'			а''		

Рис. 22. Схема соотношений общих (система, отдел, ярус, зона), региональных (горизонт, лона), местных (серия, свита) и зональных (биостратиграфические зоны) стратиграфических подразделений

5.2.3. Общие стратиграфические подразделения

Подразделения общей стратиграфической шкалы (ОСШ) обладают потенциальной пространственной и временной непрерывностью и в принципе могут быть встречены на всех континентах. Являясь общими категориями, они должны интегрировать в себе особенности всех разновозрастных частных (региональных и местных) стратонов. Совокупность региональных и местных стратонов, включаемых в объем общего стратиграфического подразделения определяет его пространственный состав.

Переход от местных и региональных подразделений к единицам общей шкалы является процессом абстрагирования, как и всякое движение от частного к общему. Однако нельзя согласиться с исследователями, которые считают, что общая шкала есть некая абстрактная категория, лишь отвлеченное понятие – идеал, а ее подразделения неконкретны и даже нематериальны.

Синтезируя региональные стратиграфические шкалы, общая шкала должна отражать непрерывность стратиграфической последовательности. В силу этого она принята за международный хроностратиграфический стандарт или эталон. Таксономическая шкала (названия)

общих стратиграфических подразделений является наиболее устоявшимся инструментом стратиграфических исследований.

При крупномасштабной съемке местные свиты сопоставляются с дробными единицами ОСШ – подъярусами и зонами, что обеспечивает детализацию стратиграфической основы, а также уточнение взаимоотношений между стратонами, смежными по разрезу и по простиранию. Использование стратонов общей шкалы в качестве местных подразделений допустимо только в пределах их стратотипической местности (т. е. там, где сами общие единицы являются местными или региональными подразделениями).

Совокупность общих стратиграфических подразделений (в их полных объемах), расположенных в порядке их стратиграфической последовательности и таксономической подчиненности, образует общую стратиграфическую шкалу. Последовательный ряд геохронологических эквивалентов общих стратиграфических подразделений в их таксономической подчиненности составляет геохронологическую шкалу.

5.3. Стратиграфические схемы

Стратиграфической схемой называется таблица, в которую сведены и сопоставлены друг с другом местные и региональные стратиграфические подразделения, составляющие полный или частичный разрез некоторого участка земной коры.

Основой создания легенды крупномасштабной геологической карты является сводный разрез, полученный в результате корреляции частных разрезов (включая опорный и типовые), и местные стратиграфические схемы, отвечающие требованию детальности съемки. Правила их составления изложены в «Стратиграфическом кодексе».

Местная стратиграфическая последовательность отложений может быть изображена в виде стратиграфической колонки, а в районах с сильной фациальной изменчивостью толщ – с помощью геологического профиля, раскрывающего характер взаимоотношений толщ различного состава как по разрезу, так и по простиранию.

5.4. Стратиграфический кодекс

Стратиграфический кодекс – это свод основных правил, определяющих содержание и применение понятий, терминов и наименований, используемых в стратиграфической классификации. Он относится к числу важнейших геологических документов, во многом определяющих направление стратиграфических исследований, обеспечивающих качество Государственной геологической съемки и других геологических работ. Назначение кодекса сводится

к обеспечению возможного единообразия в понимании и применении терминов и наименований в стратиграфических исследованиях.

Однозначность основных стратиграфических терминов закрепляется определениями, принятыми в кодексе. Образование новых стратиграфических названий подчиняется правилам стратиграфической номенклатуры.

На стратиграфические подразделения, установление которых подчиняется правилам кодекса (подразделения комплексного обоснования и зональные биостратиграфические подразделения), распространяется право приоритета, заключающееся в охране их наименований. Кодекс регламентирует процедуру установления стратиграфических подразделений и формулирует единые требования к их характеристике, определяет систему стратиграфической классификации, обеспечивая тем самым возможность систематизации устанавливаемых вновь и установленных ранее стратиграфических подразделений.

Стратиграфический кодекс не является методическим руководством к установлению стратиграфических подразделений и их применению в геологическом картировании. Однако его положения должны быть использованы при составлении практических пособий по производству стратиграфических и геологосъемочных работ в районах различного геологического строения и различной геологической истории.

Правила кодекса применяются ко всем стратиграфическим подразделениям, выделенным на территории России; выполнение его требований обязательно при проведении геологических работ всеми ведомствами. Советы (рекомендации) дополняют статьи или указывают возможные решения для случаев, не предусмотренных правилами. Кодекс также допускает исключения, главным образом в номенклатуре, которые должны специально рассматриваться в Межведомственном стратиграфическом комитете (МСК) Российской Федерации или его комиссиях.

Стратиграфический кодекс утвержден решением МСК, поэтому все изменения и дополнения, которые могут появиться, рассматриваются и утверждаются также МСК. Дополнения или изменения могут быть представлены с соответствующей аргументацией любым лицом или коллективом в письменной форме в комиссии по системам и комиссию по стратиграфической классификации, терминологии и номенклатуре.

6. Некоторые сведения по седиментологии и литологии

Объектом стратиграфии являются толщи слоистых, главным образом осадочных, пород. В сущности, все стратиграфические исследования сводятся к выявлению пространственно-временных соотношений слоистых толщ, слагающих литосферу, а применительно к какому-либо отдельному региону – и к выявлению возможно большего числа деталей строения осадочных и вулканогенных серий, развитых в этом регионе. С другой стороны, сами особенности строения осадочных толщ (их литологический состав, минеральная характеристика, цвет, текстура и порядок чередования пород в разрезе и т. п.) широко используются геологами при выделении и прослеживании тех или иных региональных стратиграфических подразделений.

Таким образом, вещественный состав пород и условия их образования всегда находятся в поле зрения стратиграфа. Не случайно поэтому все крупные американские пособия по стратиграфии [Weller, 1960; Dunbar, Rodgers, 1957; Krumbein, Sloss, 1951, Eicher, 1971] включают, по сути дела, полный курс литологии и учения о фациях, составляющий подчас до 2/3 их объема. Мы полагаем все же, что литология и учение о фациях представляют собой особые геологические дисциплины, вполне самостоятельные, несмотря на свою очень тесную связь со стратиграфией. Ряд руководств (Алексеев В.П., 2010 и др.) избавляет от необходимости излагать основы этих дисциплин в специальном курсе стратиграфии.

Некоторые общие положения литологии и седиментологии, оказывающие непосредственное влияние на практику стратиграфических исследований, целесообразно предпослать рассмотрению отдельных методов стратиграфии. К таким положениям, способствующим более ясному, обоснованному и, следовательно, однозначному подходу к расчленению и сопоставлению разрезов, относятся данные о внутренних свойствах осадочных пород (составе, текстуре и т. п.) и об особенностях их накопления (характер седиментации во времени, перемены, форма тел различных типов осадочных пород, фации и формации).

6.1. Распространение и классификация осадочных пород

Несмотря на то, что геологи всех стран широко используют в своей практике такие термины, как известняки, пески, глины и т. п., и более или менее однозначно их понимают, общепринятой классификации осадочных пород до сих пор не существует. Это обстоятельство в первую очередь определяется разнообразием критериев, которые должны быть учтены при классификации осадочных пород. Действительно, существуют классификации, основан-

ные на составе пород, их происхождении, способе отложения, степени уплотнения, структурных и текстурных особенностях и т. д. *Существенной особенностью осадочных пород является то, что по главнейшим своим параметрам – минеральному и химическому составу и структуре – они, как правило, не образуют обособленные классы, но, напротив, являются смесью компонентов различных по своему составу и гранулометрии.*

В отечественной литературе выделяются три основные группы осадочных пород:

обломочные (включая пирокластические), *глинистые* и *химические* (включая органо-генные). Американские литологи присоединяют глинистые породы к обломочным и различают *кластические* (экзогенные) и *некластические* (эндогенные) породы.

Для классификации обломочных и глинистых пород большое значение имеют размеры обломков и глинистых частиц, а также минеральный состав, и прежде всего соотношение зерен кварца, полевых шпатов и обломков пород.

По соотношению зерен кварца, полевых шпатов и обломков пород среди кластических пород могут быть выделены *кварцевые пески* (до 5 % примесей полевых шпатов и обломков пород), *аркозы* (до 5 % обломков пород), *граувакки* (до 5 % кварца). Разумеется, между этими крайними типами существуют все промежуточные различия.

Пирокластические породы разделяются на три основные группы: *туфы* и *туфобрекчи*, в которых вулканическим материалом сложен и цемент, и обломки; *туффиты*, содержащие более 50 % вулканогенного материала, и, наконец, *туфогенно-осадочные* породы, в которых преобладает осадочный материал.

Химические осадочные породы по своему составу также могут быть разделены на ряд групп.

В основу приведенных классификаций положено рассмотрение какого-либо одного признака. Они применимы к однокомпонентным породам. Учитывая, что обычно любая осадочная порода представляет собой смесь нескольких компонентов, Ф. Петтиджон [Pettijohn, 1957] предложил «главный тетраэдр состава» (рис. 23), наилучшим образом позволяющий оценить состав различных осадочных пород. Однокомпонентные породы (содержащие не более 5 % примесей) располагаются в вершинах этого тетраэдра, отвечающих кварцевым пескам, глинам, известнякам и кремнеземистым осадкам, двухкомпонентные породы помещаются на его ребрах, трехкомпонентные – на гранях и, наконец, породы, состоящие из четырех компонентов, будут заключены внутри тетраэдра. Естественно, что в вершинах тетраэдра могут быть и другие компоненты, например каустобиолиты, марганцевые соединения или сульфаты.

Перечисленными типами осадочных и вулканогенных пород сложена верхняя часть литосферы – стратисфера, общий объем которой составляет по приблизительным подсчетам разных авторов, основанным на концентрациях калия и натрия в морской воде, данных о скоростях осадконакопления и о площадях распространения и мощностях осадочных толщ, $(3-13) \cdot 10^8 \text{ км}^3$ *

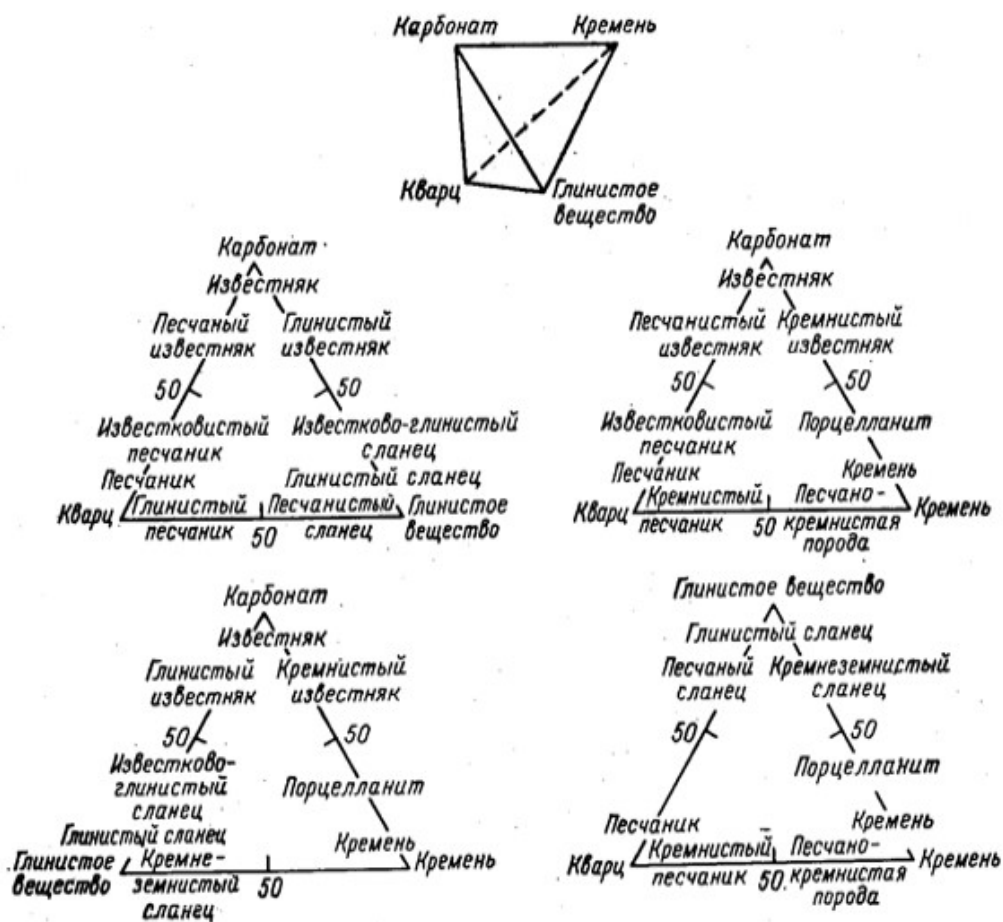


Рис. 23. Главный тетраэдр состава осадочных пород (по Pettijohn, 1957).

См. объяснение в тексте

По подсчетам А. Б. Ронова (1972), 75 % осадочных пород приурочено к геосинклиналям, 25 % – к платформам. Основными породами, слагающими стратисферу, являются глины (сланцы), пески (песчаники) и известняки. Алевриты распределяются между глинами и песками. Глинистые породы составляют 50–55 %, песчаные 25 % и карбонатные 15–20 % стратисферы. При этом удельный вес песчаных пород на платформах, по-видимому, больше, а глинистых меньше, чем в подвижных поясах. Наконец, следует отметить, что основные объемы песчаных пород приурочены к континентальным, а карбонатов – к морским сериям.

6.2. Слоистость

Слоистость является одним из наиболее важных свойств осадочных пород, имеющих исключительное значение при описании разрезов, их расчленении, определении условий залегания осадочных толщ и их генезиса. Под слоистостью понимается горизонтальное или первично наклонное размещение компонентов осадка или самих осадков, которое возникает при изменениях в составе отлагающегося материала или в темпах или обстановках его накопления.

Происхождение слоистости обычно связывается с изменением режима седиментации, а образование поверхности наслоения – с остановкой осадконакопления и уплотнением ранее отложившегося осадка. Таким образом, каждый слой отделяется от выше- и нижележащего более или менее продолжительным перерывом. Однако существуют и иные возможности возникновения слоистости. В первую очередь здесь следует назвать осаждение из мутьевых потоков, приводящее к последовательному отложению грубо-, средне- и мелкозернистых осадков, причем границы слоев здесь будут нерезкими и волнистыми. Слоистость можно наблюдать в толщах, сложенных ориентированными частицами, например в конгломератах гальки которых ориентированы течениями. Наконец в глинах бывает тончайшая слоистость, обусловленная особенностями кристаллических решеток глинистых минералов.

Необходимо отметить, что приведенное выше в целом общепринятое определение слоистости нуждается в ряде пояснений, относящихся к практике геологических исследований. *Прежде всего, говоря о слоистости, обычно имеют в виду отличия последовательно залегающих слоев по их вещественному составу.* Однако очень часто при описании разрезов геолог убеждается, что многие из этих хорошо распознаваемых слоев в свою очередь состоят из большого количества маломощных, однородных по своему составу прослоев. С другой стороны, в мощных осадочных сериях, сложенных чередующимися породами, толщина отдельных слоев (пачек) может составлять десятки метров. При этом в небольших выходах будет обнажаться лишь часть слоя и для практических целей корреляции частных разрезов приходится искать дополнительные критерии (включения, особенности распределения фауны и т.п.), позволяющие различать (и описывать в качестве самостоятельных слоев) более узкие интервалы разреза. *Как уже отмечалось, само возникновение слоистости связано с процессами осадконакопления.* Но, описывая обнажение, сложенное чередующимися песками и песчаниками, геологи, естественно, выделяют те и другие в качестве самостоятельных слоев, хотя появление песчаников обязано уже процессам диагенеза. Обобщая все эти случаи, можно отметить, что выделение слоев производится различными способами с использо-

ванием самых разнообразных признаков осадочных пород и определяется задачами и степенью детальности исследования, и опытом самого исследователя.

На рис. 24 показаны различные варианты выделения слоев в обнажении, нижняя часть которого сложена глинами, а верхняя – песками. При рекогносцировочных работах или мелкомасштабной съемке в этом обнажении будет выделено два слоя – глины и пески. Крупномасштабные работы потребуют более детального расчленения, и тогда с помощью маркирующего слоя карбонатных конкреций глины будут разделены на два слоя. Литолог, изучая это обнажение, обнаружит изменение минерального состава глин на другом уровне, и его подразделение на слои будет уже иным. Для разведчика, занимающегося фосфоритами, разделение глин не будет иметь решающего значения, но зато нижний горизонт песков, обогащенный фосфоритовыми желваками, он обязательно выделит в качестве самостоятельного слоя. Наконец, биостратиграф, опираясь на изменение фаунистических ассоциаций, выделит в этом обнажении свои слои, причем характер захоронения фауны, изменения ее количества по разрезу, степень сохранности и другие признаки позволят дать каждому из этих слоев чисто визуальную характеристику.

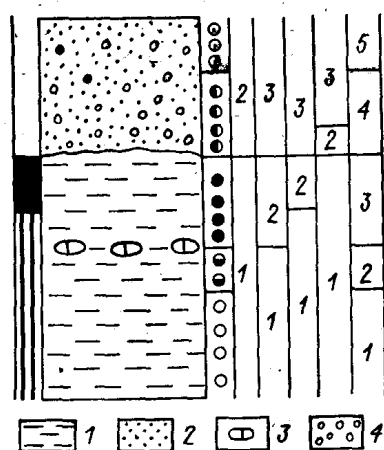


Рис. 24. Различные способы расчленения разреза на слои в зависимости от целей исследования. Слева показан минеральный состав глин (заливка – монтмориллонит, светлое – смешаннослойные минералы), справа – различные комплексы фауны.

1 – глина; 2 – песок; 3 – карбонатные конкреции; 4 – фосфоритовые конкреции

Таким образом, в практической деятельности часто используются для выделения слоев такие особенности осадочных пород, которые не имеют прямого отношения к слоистости в приведенной выше трактовке.

Однако не менее часто оказывается, что эти, казалось бы, искусственно выделенные слои на самом деле соответствуют определенным изменениям в режиме и темпе седиментации, а их границы отвечают скрытым размывам и перерывам и что, следовательно, искусственность их выделения является только кажущейся.

Несмотря на все сделанные оговорки, основой выделения слоев является все же изменение вещественного состава пород. Необходимость формализации при описании характера слоистости привела к созданию ряда ее классификаций.

В практической работе геологу чрезвычайно важно знать, насколько выдержаны слои, выделенные им в частных разрезах. В общем случае выдержанность слоев определяется обстановками и условиями седиментации, и последующей историей захороненного осадка. Поэтому геология изобилует как примерами чрезвычайно значительной протяженности отдельных маломощных слоев, так и невозможностью прослеживания слоев в пределах одного обнажения. Различные случаи ограничения слоя в пространстве показаны на рис. 25. В целом можно полагать, что в морских достаточно мощных сериях слои более выдержанны, чем в континентальных или конденсированных морских свитах.

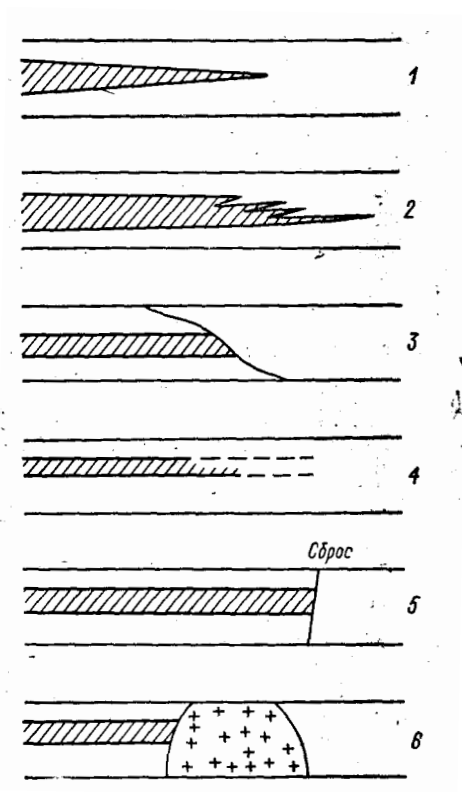


Рис. 25. Различные случаи выпадения слоя из разреза (по Л. Б. Рухину [1955], с добавлениями). 1 – выклинивание; 2 – выклинивание с расщеплением; 3 – срезание при размыве; 4 – исчезновение ограничивающих пластовых поверхностей; 5 – тектоническое нарушение; 6 – естественное ограничение области аккумуляции

С выделения слоев в разрезе начинается работа стратиграфа. Однако изучение слоистости, а также поверхностей напластования имеет большое значение не только для стратиграфии. Уже сам характер слоистости дает общее представление о степени стабильности осадконакопления: ясно, что чем чаще происходит смена пород в разрезе, тем кратковременное были моменты постоянства обстановок седиментации (хотя, конечно, это соображение справедливо со многими ограничениями, поскольку и внутри однородных слоев не так уж редко устанавливаются значительные перерывы).

Некоторые виды слоистости обладают особой информативностью. Среди них особое место занимает косая слоистость, нередкая в континентальных и морских (главным образом мелководных) преимущественно песчано-алевритовых осадках. Значение косой слоистости заключается в том, что она содержит большое число данных не только об условиях формирования осадка, но и о направлении движения водных или воздушных масс, под влиянием которых и образуются первично наклонные слойки. Наиболее характерные типы косой слоистости (таблитчатый, линзовидный и клиновидный) приведены на рис. 26.

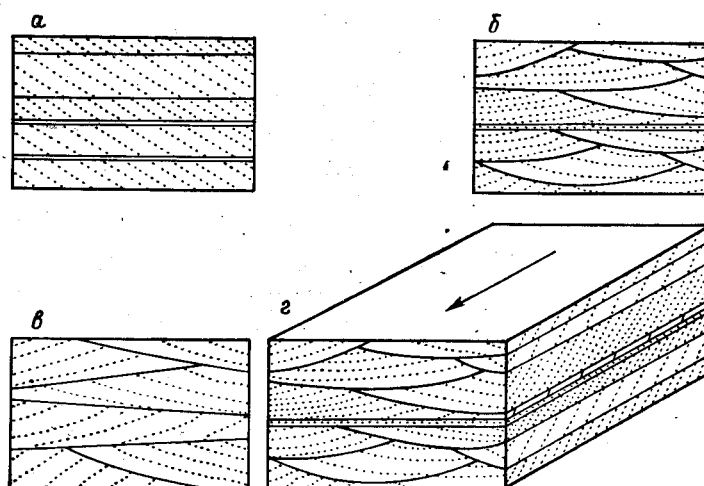


Рис. 26. Основные типы косой слоистости (по Р. Шроку [1950]):
a – таблитчатый; *б* – линзовидный; *в* – клиновидный; *г* – блок-диаграмма, показывающая обычные соотношения между таблитчатой и линзовидной косой слоистостью. Стрелкой показано направление течения

Большое значение слоистость имеет и при интерпретации структуры осадочных толщ в складчатых системах. Знание последовательности напластования позволяет, в частности, устанавливать опрокинутое залегание или разобраться в строении вертикально залегающих слоистых серий (рис. 27).

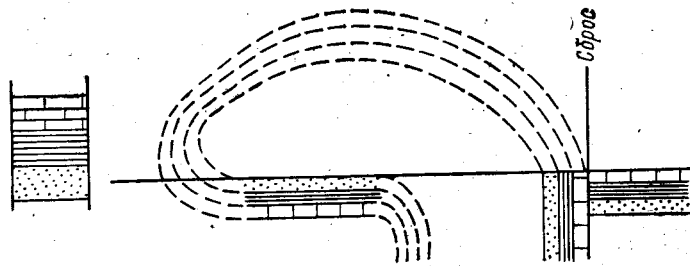


Рис. 27. Расшифровка строения опрокинутой складки при помощи изучения последовательности напластования. Слева приведен нормальный разрез дислоцированной толщи

6.3. Перерывы и несогласия

В геологии достаточно часто встречаются случаи частичного или полного отсутствия осадков уверенно датированных временных интервалов – зональных моментов, веков, эпох, периодов и даже эратем. Эти перерывы в осадконакоплении проявляются на обширных пространствах. Наиболее часто причиной перерывов являются тектонические движения и связанные с ними региональные или локальные палеогеографические изменения. Наряду с этим перерывы бывают связаны и с резким замедлением темпов осадконакопления, подводными размывами (рецессии, по Д. В. Наливкину), существованием устойчивых течений, уносящих весь поступающий осадок; и наконец, перерывы могут быть связаны с эродирующим влиянием мутьевых потоков. Перерывы имеют для геолога огромное практическое значение: без их учета невозможно правильно сопоставить частные разрезы или оконтурить какое-либо стратиграфическое подразделение. Перерывы заключают большую информацию о тектоническом и палеогеографическом развитии района. Естественно поэтому для их обозначения необходима достаточно однозначная терминология. По-видимому, одна из наиболее удачных классификаций перерывов и связанных с ними несогласий предложена К. Данбаром и Дж. Роджерсом (рис. 5.9).

К. Данбар и Дж. Роджерс (1962) указывают четыре возможных случая несогласия: слоистые породы перекрывают (налегают на) неслоистые изверженные или метаморфические породы – **несогласное перекрытие**; две толщи слоистых пород по-разному дислоцированы, имеют различные простирания и углы наклона – **угловое несогласие**; две толщи имеют одинаковые элементы залегания, но между ними имеется четкая эрозионная граница, выраженная в виде неровного или волнистого контакта, ожелезнения кровли подстилающей толщи, скопления грубообломочного материала или фосфоритовых стяжений в основании перекрывающей толщи и т. п. – **параллельное несогласие**; наконец, контакт между двумя толщами выражен простой поверхностью напластования и наличие перерыва устанавливается преимущественно методами биостратиграфии – **скрытое несогласие**.

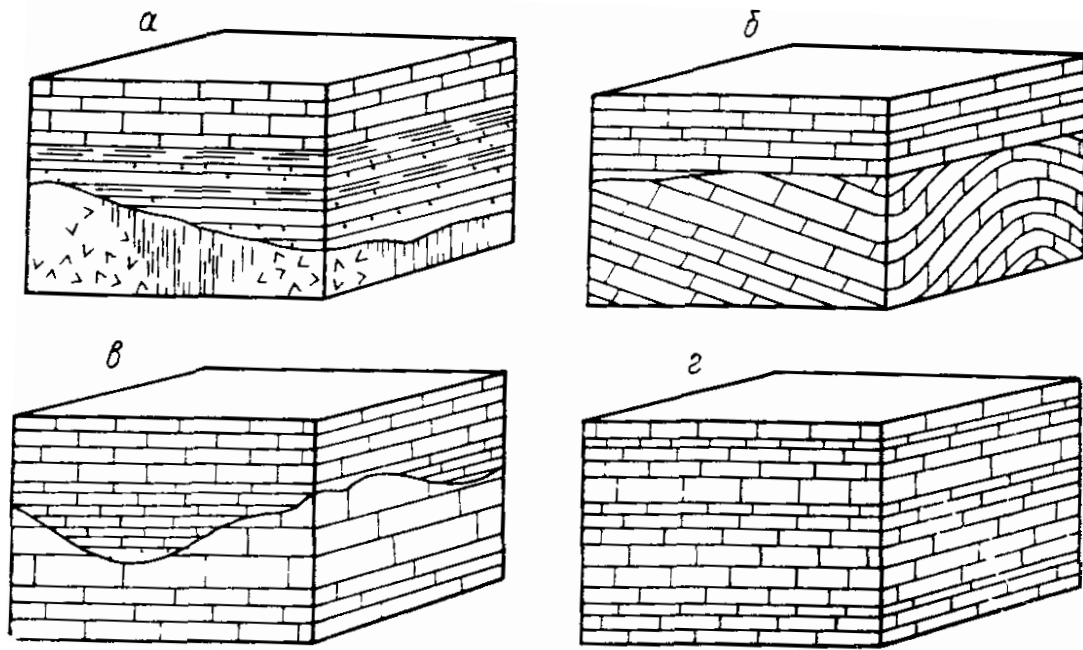


Рис. 28. Типы несогласий (Данбару и Роджерсу, 1962: а – несогласное перекрытие (nonconformity); б – угловое (angular unconformity); в – параллельное (disconformity); г – скрытое (paraconformity) несогласие

6.4. Особенности накопления осадочных толщ

Изучение вещественного и химического состава осадочных пород давно позволило прийти к выводу о том, что уже с начала палеозоя основным источником образования осадочных пород явились более древние осадочные толщи. Расчеты, проведенные по палеогеографическим построениям, полностью подтверждают этот вывод (рис. 29).

Данные по современному осадконакоплению показывают, что 50 % твердого стока рек остается в их дельтах, до 40 % накапливается в пределах морского мелководья и лишь 3–5 % достигает глубоководных участков (рис. 30). По-видимому, эти соотношения сохранялись и в геологическом прошлом. Однако профиль любого осадочного бассейна показывает, что наибольшие мощности отложений приурочены не к периферическим, а к центральным его частям. Еще более парадоксальную картину дает *вычисление* скоростей осадконакопления в таких бассейнах: *вычисленная скорость осадконакопления* в центре бассейна в несколько раз больше, чем на его окраинах.

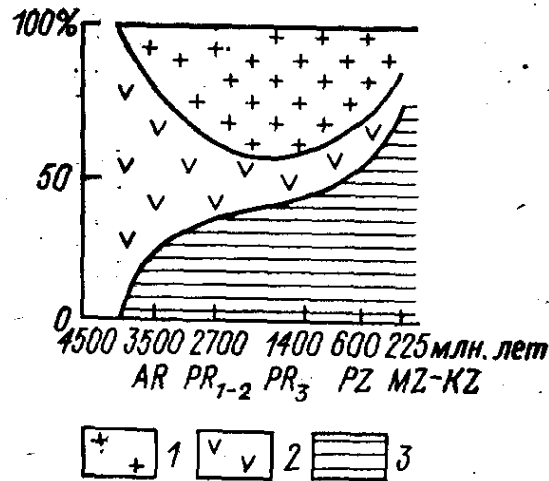


Рис. 29. Схема изменения отношения важнейших групп пород во времени 1 – гранитоиды и ортогнейсы; 2 – эффузивы; 3 – осадочные породы

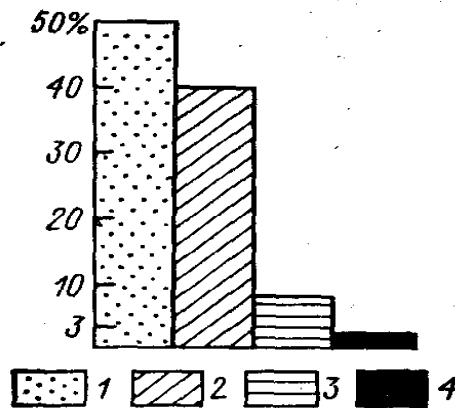


Рис. 30. Распределение современных продуктов твердого стока рек в различных зонах седиментации

Таким образом, *вычисленные скорости осадконакопления древних толщ* не отражают истинный ход седиментации, а лишь являются мерой сохранности полноты разрезов. Следовательно, в течение любого отрезка геологического времени происходит непрерывное перемещение уже отложившегося осадка от периферии к центру бассейна. Естественно, это приводит к выпадению в частных разрезах значительного (в принципе большего) количества первоначально откладывающихся осадков. Это обстоятельство является единственным объяснением огромной разницы (в 2–3 порядка) между скоростями накопления современных и древних отложений. Геология накопила большое число бесспорных примеров очень быстрого накопления палеозойских и мезозойских слоев (прижизненное захоронение лесов в континентальных сериях, прижизненное захоронение зарывающихся в мягкий ил или живущих на дне бентосных организмов, в том числе морских лилий и т. д.).

Указанная особенность процесса осадконакопления впервые была отмечена Дж. Барреллом (Barrell, 1917), который указал, что осадконакопление – это ритмический процесс, контролируемый *диастрофическими* и климатическими изменениями. На рис. 31 воспроизведена модель, показывающая наложение этих изменений на профиль равновесия (А–А). Приведенная схема отчетливо иллюстрирует, что время накопления осадков значительно меньше времени перерывов в осадконакоплении и что, таким образом, отложение сохранившихся слоев происходит очень быстро.

Эти *перерывы* в осадконакоплении, составляющие характерную особенность процесса седиментации (так как обеспечивают продвижение материала к центру бассейна) Дж. Баррелл назвал *диастемами*. Диастемы, как правило, не фиксируются в разрезе. Важно помнить, что практически в любом разрезе сохраняется лишь небольшая часть первоначально накопившихся осадков и что поэтому установление одновременности образования каких-либо толщ возможно лишь с определенной степенью точности, обычно составляющей (при использовании биостратиграфического метода) не менее 200–500 тыс. лет (за исключением климатостратиграфических методов расчленения четвертичных отложений).

Все вышеприведенные рассуждения, в сущности, относились к частным разрезам. Переходя же к пространственному распространению литологических тел, мы тотчас встаем перед другой проблемой: насколько одновременно начинается и завершается формирование какой-либо свиты или пачки в различных пунктах ее развития.

Несомненно, имеется много, как правило, маломощных литологических тел, разновозрастных на всем протяжении, например пепловые и бентонитовые пласты. Тем не менее, геологические данные свидетельствуют о том, что чем длительнее происходит формирование какой-либо толщи, тем более неоднородны ее границы.

Следует отметить, что при сопоставлении времени образования древних толщ с продолжительностью четвертичных трансгрессий, регрессий и фаз оледенения может возникнуть мнение, что и древние обстановки были столь же кратковременны. Однако наличие исключительно полных монофациальных разрезов морских отложений, охватывающих подчас несколько ярусов (т. е. отрезок времени 10–20 млн лет), показывает стабильность некоторых морских обстановок.

Возраст оз. Байкал превышает 7–8 млн лет. Японские лимнологи получили в современных озерах колонки грунтов, указывающие на существование этих бассейнов свыше 1,5 млн лет. Наконец, чрезвычайно интересным примером длительного существования аллювиальной равнины в течение сенона (около 20 млн лет) является верхнемеловая толща Вилюй-

ской синеклизы. Здесь преимущественно русловые фации занимают огромную площадь, а их линзовидное строение указывает на постоянное смещение русел и полную переработку долин и водораздельных пространств.

Таким образом, накопление любых генетически и морфологически однородных осадочных толщ, имеет непрерывно-прерывистый характер. Детальные стратиграфические корреляции, в сущности, сводятся к сопоставлению интервалов сохранения и несохранения первично накопившихся осадков.

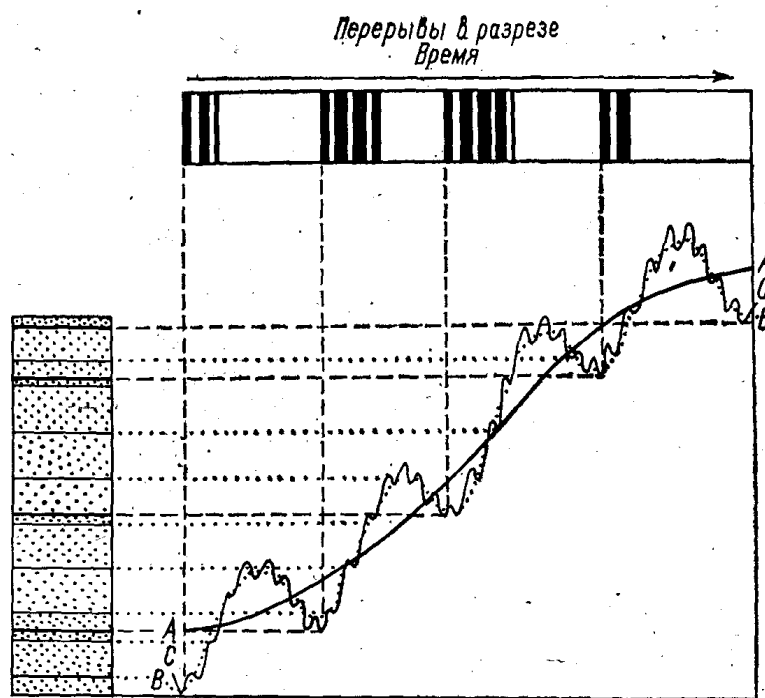


Рис. 31. Схема, показывающая отражение в разрезе колебаний уровня накопления (слева) и относительной продолжительности времени накопления и перерывов (вверху) (по Barrell, 1917).

Все приведенные заключения относились к накоплению осадков в определенной физико-географической среде. Однако седиментация во времени тесно связана с тектоническими движениями. В наиболее общей форме связь осадконакопления и тектоники отражена в представлении о компенсированных и некомпенсированных толщах, развитом работами В.В. Белоусова, В.Е. Хаина и А.Л. Яншина. Суть этой концепции состоит в том, что в условиях достижения профиля равновесия мощность накопившихся осадков пропорциональна величине прогибания земной коры. В случае, если скорость осадконакопления превышает темпы прогибания, происходит заполнение бассейна, постепенное его разобщение на отдельные впадины и, наконец, полное прекращение седиментации, как это имело место на востоке Русской платформы в казанское–триасовое время. Напротив, в условиях, когда темпы

прогибания опережают скорость накопления осадков, образуются внутришельфовые впадины (на платформах), котловины и трюги (в подвижных областях), в которых формируются аномально маломощные глубоководные осадки. Примерами таких толщ являются доманиковые фации девона в Камско-Кинельской зоне или верхнеюрская баженовская свита битуминозных аргиллитов в Западной Сибири. Еще шире подобные толщи распространены в геосинклиналях, особенно в областях флишевого осадконакопления и в межрифтовых зонах.

Разумеется, сложность процессов седиментации, обилие факторов, влияющих на отложение и сохранение осадков, а также разнообразные процессы преобразования накопившихся пород существенно затушевывают подобные соотношения. Однако независимо от тектонической среды осадконакопления прерывисто-непрерывный характер седиментации присущ всем осадочным толщам.

7. Методы практической стратиграфии

Выделение стратиграфических подразделений – свит и подсвит, толщ, пачек, пластов и маркирующих горизонтов – первостепенная задача при геологических работах. Следующей задачей являются определение возраста и сопоставление этих подразделений со стратонами региональной схемы и общей шкалы.

Существуют различные методы расчленения и корреляции осадочных отложений: *биостратиграфические, литологические, геохимические, фациальные, ритмостратиграфические, палеоклиматические, геофизические* и др. Все методы имеют ограниченные области применения. Выбор методов зависит от конкретных особенностей строения геологического разреза и от задач, стоящих перед исследователями. Более подробно эти методы рассмотрены в учебно-методическом пособии «Методы стратиграфического анализа» (Силантьев и др., 2023). Ниже приведены только два метода, наиболее широко используемые для расчленения и корреляции отложений осадочного чехла центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

7.1. Биостратиграфический метод

Метод опирается на изучение ископаемых остатков организмов, т. е. на палеонтологию. Основу метода составляет закономерная необратимость эволюции органического мира. При этом полагается, что возникновение новых форм и их расселение на больших территориях протекает в геологическом смысле практически мгновенно (особенно по сравнению с длительностью формирования стратиграфических подразделений).

Главное преимущество метода заключается в неповторимости палеонтологической летописи. Широкое пространственное распространение многих форм, допускает корреляцию на основе этого метода отделенных друг от друга разрезов.

Объектом биостратиграфических исследований являются ископаемые остатки организмов и толщи осадочных пород, в которых они заключены. Биостратиграфические работы включают в себя несколько этапов:

- сборы, определение, детальное изучение и описание ископаемых остатков;
- изучение распределения ископаемых остатков по разрезу (вертикальное распределение);
- изучение последовательности комплексов ископаемых остатков в нескольких разрезах;
- изучение закономерностей сочетания ископаемых остатков в комплексах (ассоциациях, сообществах);
- изучение пространственных изменений комплексов и выявление их зависимости от фациальных изменений.

Последнее направление составляет предмет палеоэкологических (биофациальных) исследований, в которых для стратиграфических целей используются закономерности, определяющие взаимосвязь организмов и среды. Основы этого направления заложены в нашей стране работами Н. Н. Яковлева, Р. Ф. Геккера (1957), Б. П. Марковского (1966).

Большое значение при биостратиграфических исследованиях имеют особенности захоронения остатков организмов. Изучение таких особенностей составляет предмет *тафономии*, основателем которой является И. А. Ефремов (1950).

Биостратиграфическим методом осуществляются расчленение разрезов, т. е. выделение в них стратиграфических подразделений, корреляция этих подразделений и обоснование возраста. В конечном счете разрабатываются стратиграфические схемы, основу которых составляют как стратиграфические подразделения комплексного содержания, в которых палеонтологическое обоснование является определяющим или существенным, так и собственно биостратиграфические подразделения.

При крупномасштабном геологическом картировании биостратиграфический метод используется главным образом для обоснования геологического (относительного) возраста местных стратиграфических подразделений и для корреляции их с подразделениями региональной или общей стратиграфической шкал. Для расчленения отложений этот метод, как правило, используется в сочетании с литологическим методом.

7.1.1. Стратиграфические подразделения биостратиграфического метода

Зона (хронозона). Это наименьшая таксономическая единица общей стратиграфической шкалы, в основу выделения которой положен палеонтологический метод. Зона отражает определенный этап развития фауны (или флоры) и ее границы устанавливаются по стратиграфическому распространению зонального фаунистического (флористического) комплекса, т.е. группы видов, быстро эволюционирующих и имеющих широкое географическое распространение. Зоны общей шкалы по рангу подчинены ярусам и представляют собой его части. Совокупность зон составляет полный объем яруса. Границы смежных зон, относящихся к разным ярусам, одновременно являются границами этих ярусов.

Ярус Б	Зона В'''
	Зона В''
	Зона В'
Ярус А	Зона А''
	Зона А'

Рис. 32. Схема соотношения ярусов и зон

В основу выделения зон общей шкалы, по существу, положены региональные зоны, или лоны, выделенные в стратотипической области и принятые в качестве эталона. Поэтому, зональные комплексы органических остатков, присущие стратотипам зон, всегда ограничены определенными палеобиогеографическими областями или палеоклиматическими поясами.

Комплексы органических остатков некоторых зон силурийской, триасовой, юрской и меловой систем прослежены на нескольких континентах Земного шара. Слои, содержащие эти комплексы, являются глобальными маркирующими горизонтами (т.е. можно полагать, что слои с одинаковыми зональными комплексами сформировались в одни и те же короткие отрезки геологического времени).

Общая палеонтологическая характеристика зон определяется не только зональным комплексом стратотипа, но и теми остатками организмов, которые встречаются в разновозрастных отложениях в других областях. Таким образом, к зоне относятся не только отложения, содержащие зональный комплекс или руководящий вид, но все отложения, которые образовались за время существования этого комплекса или руководящего вида.

В качестве наименований зон используются *виды* древней фауны или флоры, отвечающие определению руководящих или архистратиграфических ископаемых.

Оптимальным вариантом является зональная шкала, построенная на основе эволюционного развития одной группы фауны. Пример – граптолитовая зональная шкала ордовика и силура, аммонитовая зональная шкала юрской системы.

Длительность формирования зон общей шкалы – 1–2 млн лет, с редкими отклонениями до 5–6 млн лет для зон ордовика и девона. Т.е. зоны практически равновелики (по времени) во всех ярусах всех систем фанерозоя.

Горизонт и лона. *Горизонт* – биостратиграфическое подразделение региональной стратиграфической шкалы. Горизонт охватывает толщу осадочных отложений содержащих характерный комплекс органических остатков. Палеонтологическое содержание горизонта – это ископаемые остатки стратотипа горизонта + одновозрастные комплексы ископаемых других разрезов, расположенных в пределах единого палеобиогеографического подразделения (провинция, палеобассейн и др.).

Провинциальные зоны, или лоны, – наименьшие таксономические подразделения региональной стратиграфической шкалы, установленные на основании палеонтологических данных. Лона отражает определенный этап развития фауны (флоры) в пределах ее географического распространения.

Лона имеет стратотип, содержащий зональный комплекс, включая вид-индекс.

Совокупность нескольких лон составляет горизонт и определяет его полный объем (т.е. как зоны и ярус). Лоны могут быть выделены на основании любой группы фауны, имеющей стратиграфическое значение. В состав региональных стратиграфических шкал в некоторых случаях наряду с лонами могут входить и зоны общей шкалы.

Местные зональные биостратиграфические подразделения.

Местные зональные биостратиграфические подразделения выделяются на основе палеонтологического метода. Т.е. это стратиграфическое подразделение с характерным комплексом органических остатков. В отличие от зон общей шкалы и лон, местные биостратиграфические зоны не подчинены по рангу ни ярусам, ни горизонтам и выделяются в самостоятельных объемах в зависимости от смены в разрезах фаунистических комплексов.

7.1.2. Виды биостратиграфических зон

Существуют различные виды биостратиграфических зон. Наиболее широко распространены следующие, указанные ниже, зоны (Стратиграфический кодекс, 2019).

1. **Биозона** – отложения, образовавшиеся за полное время существования определенного таксона животных или растений и соответствующие стратиграфическому интервалу, в котором встречаются ископаемые остатки этого таксона. Стратиграфическое распределение

зонального таксона в конкретных разрезах нередко оказывается меньше его максимального распространения. Отложения, соответствующие такому ограниченному распространению в конкретных разрезах, называются *тейльзонами* или *топозонами*, а если при этом учитывается распространение таксона в различных разрезах в определенной местности (во времени и в пространстве), то отложения, в которых он встречается, называются его ранговой зоной (range zone).

2. *Комплексная зона* – отложения, содержащие определенный комплекс ископаемых остатков организмов.

3. *Экозона* – отложения, содержащие комплекс ископаемых органических остатков, представляющий собой либо прижизненную экологическую ассоциацию, либо *тафономические* особенности *ориктоценоза*. Границы экозон подчеркивают не столько эволюционное развитие соответствующих групп ископаемых организмов, сколько изменение эколого-фациальных условий в конкретных бассейнах.

4. *Акмезона* – отложения, в которых зональный вид особенно часто встречается, т.е. соответствующие времени его расцвета в силу особенно благоприятных условий или отвечающие времени скопления органических остатков при захоронении.

Биостратиграфические зоны могут быть провинциальными или местными в зависимости от пределов распространения соответствующих таксонов, комплексов фауны или флоры (Стратиграфический кодекс..., 2019).

Местные зоны базируются на анализе стратиграфического распространения *эндемичных* таксонов или ранее не использовавшихся для зонального расчленения групп фауны или флоры.

Границы биостратиграфических зон разных видов (биозон, комплексных зон, экозон и др.), а также границы зон одного вида, установленные по различным группам фауны или флоры, чаще всего не совпадают. Такие несовпадения происходят в силу особенностей биологической организации различных групп фауны и флоры, *эволюционирующих* разными темпами и по-разному приспособляющихся к изменениям среды.

Границы экозон, выделенных по разным группам фауны или флоры, совпадают, если они обусловлены одними и теми же изменениями эколого-фациальных условий в конкретном бассейне и если организмы этих групп реагируют на эти изменения одинаково.

Биостратиграфические подразделения всех видов используются для корреляции отложений в пределах определенной местности, фациальной зоны или региона, а также для определения возраста вмещающих отложений. Наибольшее значение имеют биозоны и ком-

плексные зоны, границы которых считаются *изохронными*. В практике стратиграфических исследований обычно приходится сталкиваться с тейльзонами, ранговыми зонами и экозонами, границы которых зависят от эколого-фациальных условий, перерывов и других внешних факторов. Корреляция с помощью таких подразделений возможна лишь на ограниченной площади, по существу, в тех пределах, в которых не удастся установить отклонение этих границ от других уровней, принимающихся за изохронные.

Вспомогательные биостратиграфические подразделения включают слои с фауной или флорой, которые в соответствии со Стратиграфическим кодексом (2019) определяются как отложения, содержащие остатки определенных организмов или сложенные ими. Причем эти остатки организмов или вовсе не встречаются в подстилающих и перекрывающих образованиях, или встречаются сравнительно редко. Слои с обильными и легко диагностируемыми палеонтологическими остатками выделяются как *маркирующие* и в некоторых случаях являются *картируемыми* стратиграфическими подразделениями. В отличие от других стратиграфических подразделений, определяемых биостратиграфическим методом, такие слои могут быть выделены среди немых отложений и для них необязательно присутствие органических остатков в подстилающих и перекрывающих образованиях.

7.1.3. Расчленение отложений биостратиграфическим методом заключается в определении рубежей, на которых происходит изменение состава ископаемых остатков организмов, и в выделении интервалов, содержащих характерные комплексы органических остатков. Намеченная таким образом последовательность смены органических остатков или их комплексов в разрезе служит основанием для его расчленения.

Комплексы ископаемых остатков, характерные для того или иного биостратиграфического подразделения, представлены формами, по-разному распределяющимися в разрезе и имеющими различное стратиграфическое значение.

Среди них могут быть:

1) формы, стратиграфическое распространение которых ограничивается возрастными пределами данного подразделения, т. е. формы, не выходящие за его нижнюю и верхнюю границы. Такие формы особенно важны. Среди них обычно выбираются так называемые руководящие формы или зональные роды или виды;

2) формы, встречающиеся преимущественно в данном стратиграфическом подразделении, а также редко в ниже и вышележащих отложениях. Такие формы могут служить лишь указанием на возможность (вероятность) принадлежности отложений к тому или иному стратиграфическому подразделению;

3) формы, встречающиеся в нижележащих отложениях и исчезающие около верхней границы данного стратиграфического подразделения, а также формы, которые появляются около его нижней границы и переходят в вышележащие отложения. Сочетание таких форм имеет большое значение в биостратиграфии, поскольку оно позволяет установить полный объем соответствующего подразделения;

4) транзитные (проходящие) формы, одинаково часто встречающиеся как в самом стратиграфическом подразделении, так и в подстилающих и перекрывающих отложениях. Эти формы не имеют стратиграфического значения и могут быть использованы лишь для общей характеристики соответствующего стратиграфического подразделения.

В практике биостратиграфических исследований при расчленении отложений встречаются и используются все эти случаи. Наибольшее значение для установления границ биостратиграфических подразделений имеют рубежи массового появления, а иногда и массового исчезновения (обусловленного вымиранием) таксонов, поскольку эти границы, помимо того, что они фиксируются эволюционным развитием определенных групп фауны или флоры, связаны обычно с крупными геосторическими этапами: трансгрессиями и регрессиями бассейнов, климатическими изменениями и др. Поэтому с подобными границами часто соотносятся границы стратиграфических таксонов регионального значения – горизонтов и лон, а иногда и подразделений общей шкалы.

Предпочтение при проведении биостратиграфических границ обычно отдается не исчезновению в разрезах тех или иных форм, связанному с их вымиранием, а появлению или массовому распространению отдельных таксонов, сообществ или их комплексов. Последнее особенно важно, так как часто только при массовом распространении и широком расселении соответствующие формы или комплексы приобретают определенное корреляционное значение.

В некоторых случаях первое появление в разрезах определенных таксонов (руководящих или зональных) служит основанием не только для проведения границ, но и для выделения соответствующих биостратиграфических подразделений. Полный объем таких подразделений определяется интервалом, ограниченным уровнями появления зональных таксонов двух смежных зон.

Так выделяются многие зоны, лоны и биостратиграфические подразделения по конодонтам и другой микрофауне.

Наиболее надежно расчленение отложений по фауне или флоре осуществляется в том случае, когда оно опирается на изменения в составе комплекса, обусловленные необратимостью эволюции фауны или флоры, т. е. на филогенетическую основу. В наиболее чистом виде они проявляются в однородных по вещественному составу толщах, свидетельствующих о

стабильности условий, на фоне которых эволюционирует та или иная группа фауны или флоры. Особенно ценно в этом отношении изучение последовательности в пределах отдельных таксонов ортостратиграфических групп, если в результате удастся наметить смену фаунистических зон, отражающую эволюцию соответствующей группы организмов.

Другое перспективное направление – это *экостратиграфические* исследования. В результате этих исследований выделяются фаунистические и флористические сообщества, характерные для различных частей бассейнов, и выявляются возрастная и латеральная системы стратиграфических подразделений, отражающих взаимосвязи эколого-фациальных обстановок и организмов в пределах конкретных бассейнов осадконакопления. На границах таких подразделений, называемых экостратиграфическими, вместе с изменением состава отложений меняется и состав органических остатков. С этих позиций «экостратиграфическими» по существу, являются все местные, частного обоснования и вспомогательные стратиграфические подразделения, но в отличие от экостратиграфических характеристики всех этих подразделений ограничиваются литологическими, фаунистическими (флористическими) или другими признаками, отражающими лишь отдельные стороны эколого-фациальной обстановки.

В одинаковых по типу осадков отложениях, несколько раз повторяющихся в разрезе, могут встречаться однотипные или близкие по составу комплексы ископаемых. Такое явление, объясняющееся миграцией фауны вслед за миграцией фаций в бассейне, называется *рекурренцией*, а сами фауны – *рекуррентными*.

При внимательном изучении в рекуррентных фаунах удастся установить различия, обусловленные эволюционным процессом, и в природе любое биостратиграфическое подразделение несет запечатленные в составе фауны или флоры признаки, отражающие влияние среды, и свидетельства необратимости эволюции. Задача биостратиграфии – выявить эти признаки и дать им надлежащую оценку.

При разработке местных детальных стратиграфических схем, основанных на выделении биостратиграфических подразделений, обычно используются те группы фауны и флоры, которые широко распространены в районе и быстро меняются в вертикальном разрезе.

Наряду с такими важными для детальной стратиграфии представителями, как аммоноидеи, граптолиты, планктонные фораминиферы, часто используются бентосные фораминиферы, радиолярии, кораллы, брахиоподы, двустворки, брюхоногие, трилобиты, остракоды, морские ежи, конодонты, позвоночные, нанопланктон, споры и пыльца растений, отпечатки листьев, древесина растений и т. д.

Таким образом, биостратиграфический метод для разработки детальной стратиграфии не имеет каких-либо ограничений в использовании групп фауны и флоры. Он позволяет

надежно обосновать последовательность в разрезе зон общей шкалы и региональных зон или лон, биостратиграфических зон, а в ряде случаев еще более тонких стратиграфических подразделений – подзон или слоев с фауной.

Детальность расчленения отложений биостратиграфическим методом зависит главным образом от скорости накопления расчленяемых отложений и от темпов изменения состава фауны или флоры, по которой оно осуществляется. Чем выше скорость накопления осадков (и соответственно мощность толщ), образовавшихся за время, фиксируемое изменениями выбранной для расчленения отложений группы, тем больше будет минимальная мощность, на которую удастся расчленить отложения биостратиграфическим методом. Чем быстрее сменялось во времени население бассейна осадконакопления, тем детальней можно осуществить расчленение его осадков по ископаемым органическим остаткам. Наиболее дробное расчленение отложений обычно удается осуществлять по ортостратиграфическим группам фауны или флоры. Но в некоторых случаях с меньшей детальностью оно может быть осуществлено и по другим группам. При расчленении осадочного чехла платформ, скорость накопления осадков которого в большинстве случаев была меньше, чем в геосинклинальных структурах, мощности зональных биостратиграфических подразделений обычно не превышают нескольких или первых десятков метров, а в складчатых областях они обычно колеблются от десятков до первых сотен метров. Таким образом, выделяя биостратиграфические зоны, почти всегда можно достичь детальности расчленения отложений, соответствующей требованиям крупномасштабного геологического картирования, и на этой основе обеспечить надежную корреляцию соответствующих отложений.

7.2. Каротаж скважин

7.2.1. Электрокаротаж

Это наиболее распространенный метод геофизического исследования скважин. Заключается он в непрерывном измерении¹ естественных (спонтанных) потенциалов², возникающих при взаимодействии промывочной жидкости и пластовых вод. Общепринятая аббревиатура для кривой получаемых значений – кривая ПС. Одновременно измеряется кажущееся удельное сопротивление горных пород, обусловленное удельным сопротивлением поровых вод и сопротивлением самой породы. Общепринятая аббревиатура – кривая КС. Измерение ПС производится двухэлектродной установкой, один электрод которой остается на поверхности, а второй опускается в скважину. Измерение КС выполняется четырехэлектрод-

¹ Измерение проводится по необсаженному стволу скважины.

² Синоним – потенциалы собственной (спонтанной) поляризации.

ной системой, три электрода которой образуют каротажный зонд, опускаемый в скважину, а четвертый устанавливается на поверхности вблизи ее устья.

Различия в физических свойствах горных пород [проницаемость, абсорбция, диффузия и др.] делают возможным диагностировать основные типы терригенных, глинистых и карбонатных отложений по кривым ПС и КС (рис. 33).

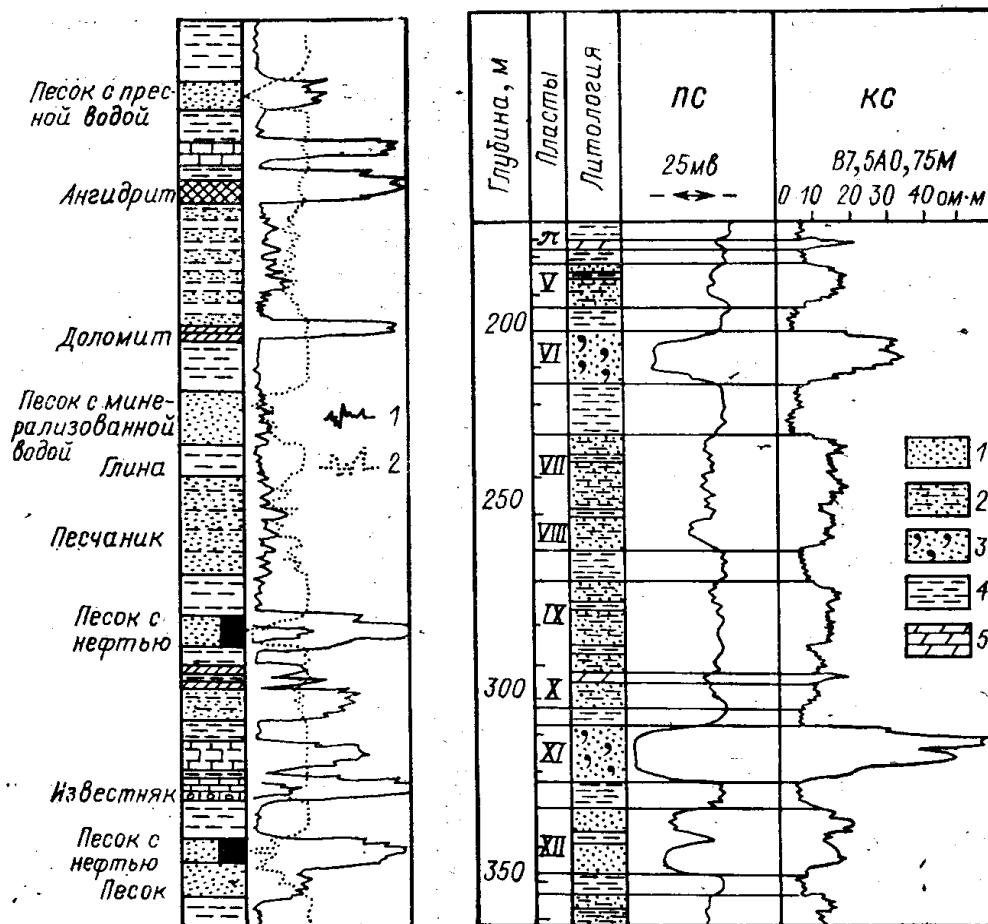


Рис. 33. Определение литологического состава пород, их водо- и нефтенасыщенности по данным электрокаротажа: (а) каротаж терригенных и карбонатных пород; 1 – КС, 2 – ПС; (б) каротаж песчано-глинистых пород, 1 – пески и слабосцементированные песчаники водоносные; 2 – глинистые пески и песчаники слабосцементированные; 3 – пески и песчаники нефтеносные; 4 – глины; 5 – мергели

В частности, максимальные значения на кривой ПС имеют глины. Пески и песчаники, а также пористые и трещиноватые карбонаты (из-за более легкой диффузии глинистого раствора и небольшой абсорбционной активности), выделяют на кривой ПС минимумами зна-

чений. Причем эти минимумы выражены тем отчетливее, чем меньше глинистого материала содержат песчаные или карбонатные пласты.

Напротив, кажущиеся сопротивления (кривая КС), прямо пропорциональные проницаемости пород, имеют максимальные значения у хорошо проницаемых пород – песков и песчаников, причем если в песчаных пластах вода замещается нефтью, то кажущееся сопротивление растет еще больше. Карбонатные породы также характеризуются максимумами на кривой КС, но их сопротивления могут резко меняться, так как трещиноватые зоны приводят к снижению значений.

Значения КС горных пород зависят от степени минерализации пластовых вод. Они значительно понижаются, если пласты содержат воды с высокой минерализацией. Вследствие этого сопротивления глин могут в отдельных случаях значительно превышать сопротивления песков с минерализованной водой (Итенберг, 1972).

7.2.2. Радиоактивный каротаж

Метод основан на измерении интенсивности естественного радиоактивного излучения осадочных пород (гамма-каротаж) или на изучении взаимодействия источников радиоактивного излучения и горной породы (нейтронный каротаж). Наибольшее значение при интерпретации геологических разрезов получил гамма-каротаж (ГК), применяемый как в необсаженных, так и в обсаженных скважинах. Гамма-каротаж сводится к измерению интенсивности гамма-излучения горных пород за счет содержащихся в них тория, урана и радиоактивного изотопа калия ^{40}K .

По значениям естественной радиоактивности осадочные породы делятся на три группы:

а) высокой радиоактивности; к ним относятся битуминозные глины, аргиллиты и глинистые сланцы, калийные соли, а также современные глубоководные осадки – глобигериновые и радиоляриевые илы;

б) средней радиоактивности – глины (морские и пресноводные), глинистые песчаники и известняки, мергели, глинистые доломиты;

в) низкой радиоактивности – ангидриты, гипсы, доломиты, известняки, песчаники, иногда каменные угли.

Наличие глинистого материала ведет к увеличению радиоактивности горных пород в связи с высокой адсорбционной способностью глин. Положительные аномалии ГК могут отмечаться и при проходке монацитовых и других обогащенных радиоактивными минералами песков. Несмотря на то, что в общем виде интенсивность гамма-излучения пород пропорци-

ональна содержанию в них радиоактивных минералов, она зависит и от плотности самой породы, так как с увеличением плотности возрастает поглощение гамма-излучения породой и соответственно уменьшается поток, измеряемый зондом. Наконец, на интенсивность гамма-излучения оказывает влияние радиоактивность пластовых вод. В частности, повышенной радиоактивностью характеризуются высокоминерализованные хлоридно-кальциевые воды.

Остальные виды гамма-каротажа применяются главным образом для решения специальных вопросов нефтяной геологии – определения местоположения пористых пластов и трещиноватых зон, зон нефтегазонасыщения и т. п. Этим же целям служат в основном акустический каротаж, термокаротаж и кавернометрия.

7.2.3. Использование каротажа для расчленения и корреляции разрезов скважин

Каротажные методы дают исключительно полные сведения о разрезе скважин. Непрерывность измерения различных физических показателей – основное преимущество этих методов. Отбор керна – всегда неполный, поэтому керн характеризует лишь отдельные интервалы пройденного разреза, каротажные диаграммы показывают строение разреза в целом.

Каротажные методы изучения скважин в общем виде дают возможность судить лишь о порядке чередования в разрезе различных типов пород и о мощности отдельных пластов и пачек. Поэтому использование каротажа для целей стратиграфии в принципе аналогично литологическим методам расчленения и корреляции разрезов. При этом, однако, следует учитывать, что при каротажных сопоставлениях разрезов, без использования каменного материала, геологи не имеют возможности судить о таких существенных параметрах, как цвет, текстура и минеральный состав породы. Поэтому совершенно очевидно, что сопоставление по каротажу необходимо увязывать с данными по изучению керна и что эти сопоставления будут тем достовернее, чем теснее такая увязка.

Каменный материал из скважин необходим и для правильной интерпретации самих каротажных диаграмм. Известно, что наиболее достоверные данные каротаж дает при бурении скважины в песчано-глинистых слабо уплотненных породах. При уплотнении горных пород их электрокаротажные характеристики становятся менее индивидуализированными, и, в частности, аргиллиты, крепкие мелкозернистые алевролиты и глинистые карбонатные породы представлены на диаграммах сходными кривыми.

В малопористых цементированных породах отличия электрокаротажных характеристик алевролитов, песчаников и карбонатов еще более стираются. В карбонатном разрезе геофизические исследования скважин дают возможность выделять лишь глинистые разности.

Ограниченность отдельных методов каротажа может быть преодолена их комплексированием (использованием комплекса методов), но в общем случае необходима корректировка каротажа данными по керну, по боковым пробам и шламу. Представляется необходимым в пределах каждой площади бурить скважину с достаточно полным отбором керна, а также отбирать его из ряда других скважин не только для суждения о коллекторских свойствах продуктивных пластов, но и для определения степени их выдержанности по комплексу литологических и палеонтологических данных. В этом случае каротаж действительно позволит составить полное представление о геологическом строении месторождения, даст возможность установить все взаимоотношения пород в пределах изучаемой структуры (рис. 34).

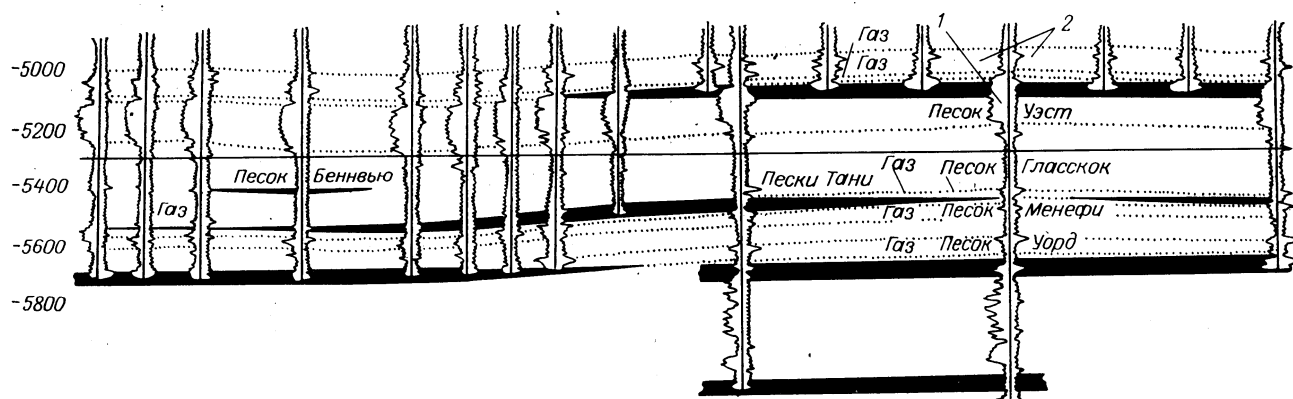


Рис. 34. Сопоставление скважин нефтегазового месторождения по электрокаротажу.

Слева – кривые ПС, справа – кривые КС;

1 – газ, нефть, вода; 2 – маргинулиновый песок (по Данбар, Роджерс, 1962)

Важно отметить, что каротаж является формальной регистрацией физических характеристик пород. В пределах ограниченного района³ (для которого известен сводный разрез, плотность пород, минерализация подземных вод и т. п.) эти характеристики, будут с большей долей вероятности связаны с определенными литологическими разностями. Но на соседних площадях с иным (даже в деталях) строением разреза, другой плотностью пород и минерализацией пластовых вод, эта связь исчезнет. Поэтому детальные каротажные сопоставления, оправдывающие себя при корреляции близко расположенных скважин, оказываются мало корректными при региональных построениях.

Поскольку отдельные пласты и пачки не имеют индивидуальной каротажной характеристики, а выделяются лишь по контрасту с выше- и нижележащими отложениями, их далекое прослеживание неизбежно может проводиться лишь способом отсчета от какого-либо

³ Обычно такой район отвечает одной нефтеносной структуре.

регионального репера. Естественно, что выклинивание какого-либо пласта может привести к ошибочным или неоднозначным и, следовательно, недостоверным сопоставлениям.

Однако результаты геофизического исследования скважин иногда могут применяться и для региональных стратиграфических корреляций, в частности для прослеживания границ выдержанных литологических тел. Проводя подобные сопоставления, следует учитывать, что речь идет только об идентификации литологической границы и что эта граница совершенно необязательно должна быть изохронной.

8. Стратиграфия центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции

Территория центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции является частью Волго-Уральской антеклизы, входящей в состав древней Восточно-Европейской платформы, образовавшейся около 1,9-2,0 млрд лет назад.

Восточно-Европейская (*или Русская – устаревший термин*) платформа – один из крупнейших малоподвижных участков континентальной земной коры. Она занимает территорию Восточной Европы между каледонскими горами Скандинавии на северо-западе, герцинскими сооружениями Урала на востоке и альпийскими хребтами Карпат, Крыма и Кавказа на юге.

Фундамент Восточно-Европейской платформы детально изучен как на *щитах*, так и на *плитах*. Он сложен древними архейскими и нижнепротерозойскими складчатыми кристаллическими – метаморфическими и магматическими – породами. Перекрывающий фундамент осадочный чехол представлен в основном терригенными и карбонатными породами позднепротерозойского, палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста. Они залегают почти горизонтально или с небольшим наклоном, образуя в осадочном чехле крупные структуры – *синеклизы* и *антеклизы*.

ДЛЯ ИНФОРМАЦИИ. Любая платформа состоит из двух этажей: нижний представляет собой *кристаллический фундамент*, а верхний – *осадочный чехол*. Приподнятые участки платформ, где породы фундамента выходят на дневную поверхность, называют *щитами*. На Восточно-Европейской платформе это Балтийский и Украинский щиты. Территории, на которых фундамент перекрыт осадочным чехлом, называют *плитами*. Плиты в свою очередь состоят из *антеклиз* и *синеклиз* – крупных изометричных областей, площадью в тысячи

квадратных километров. Их отличия состоят в том, что антеклиза имеет относительно тонкий (сотни метров), а синеклиза – мощный (несколько километров) осадочный чехол. Толщина чехла зависит от интенсивности прогибания того или иного участка фундамента во время формирования осадочных толщ, т.е. когда фундамент платформы был покрыт водным бассейном. В антеклизе слои горных пород наклонены к ее периферии и в центральной части на дневную поверхность выходят наиболее древние породы. В синеклизе, наоборот, слои горных пород наклонены к ее центру и в центральной части на дневную поверхность выходят наиболее молодые породы. Антеклизы образуются над сводами (приподнятыми частями) фундамента, синеклизы, напротив, формируются над глубокими древними грабенами.

Территория центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции расположена в восточной части Восточно-Европейской платформы, в пределах Волго-Уральской антеклизы. В центре антеклизы фундамент находится на глубине 1,5–2 км, а на окраинах, осложненных крупными прогибами (авлакогенами), толщина осадочного чехла достигает 5 км.

Данные о строении и рельефе поверхности фундамента в пределах центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции были получены в результате всесторонних исследований глубоких и сверхглубоких скважин, проведенных в последние десятилетия по инициативе ПАО «Татнефть».

Первые сведения о породах, слагающих кристаллический фундамент центральной и восточной частей Восточно-Европейской платформы, были получены в 1940 г. в результате бурения трех опорных скважин (Боевской в Москве, Сызранской на Самарской Луке и Ардамовской в Башкирии). Пройдя осадочный чехол, все три скважины вскрыли сильно перемятые, раздробленные, глубокометаморфизованные мигматиты и гнейсы. Обработывали материалы ведущие отечественные геологи – Н.С. Шатский, В.И. Лучицкий, Ю.И. Половинкина, Р.М. Пистрак. В результате проведенных исследований возраст пород был определен как архейский (Лучицкий, Половинкина, 1940). Чем больше скважин достигало при бурении фундамента платформы, тем больше становился спектр слагающих его докембрийских образований. Вскоре было выяснено, что кроме архейских пород в состав фундамента входят менее измененные раннепротерозойские породы, а осадочный чехол платформы начинается с красноцветных песчаников верхнего протерозоя.

В настоящее время установлено, что на территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции фундамент сложен архейскими и нижнепротерозойскими породами, повсеместно измененными на границе с осадочным чехлом процессами древнего выветривания. Они представлены в основном гранулитами, гнейсами и мигматитами.

ми, сформировавшимися в результате глубокого преобразования более древних осадочных и магматических пород. Сложные складки кристаллического фундамента раздроблены многочисленными разрывными нарушениями. Образование фундамента длилось более полутора миллиардов лет и происходило, по радиометрическим данным, во временном интервале от 3,1 млрд до 1,9 млрд лет назад (Геология Татарстана, 2003, с. 29–31). Это было время сложных тектонических и магматических процессов, изменивших облик молодой планеты. Вначале были сформированы отдельные блоки континентальной земной коры, разделенные океанскими просторами и, следовательно, плитами океанской земной коры. Слияние отдельных блоков в единый огромный континентальный массив – Восточно-Европейскую платформу – завершилось примерно 1,9–2,0 млрд лет назад. После этого наступил длительный период относительного тектонического покоя с преобладанием процессов выветривания – разрушения ранее образованных горных сооружений и выравнивания рельефа. В раннем рифее (1,7–1,6 млрд лет назад), тектонические движения вновь активизировались и по зонам глубинных разломов произошли проседания крупных блоков земной коры. В результате платформа оказалась раздробленной на несколько частей, разделенных друг от друга линейно вытянутыми впадинами – *авлакогенами*.

ДЛЯ ИНФОРМАЦИИ. *Авлакоген* (от греч. *áulax* – борозда и *génos* – рождение), глубокий и узкий грабен в фундаменте древней платформы, перекрытый платформенным чехлом. Представляет собой древний рифт, заполненный осадками. Термин предложен в 1960 русским тектонистом Н.С. Шатским, который определил авлакоген как бороздовую сложную структуру между двумя одинаковыми зонами в платформе. Авлакогены представляют собой глубокие (с опусканием фундамента иногда до 5–10 км), узкие (от нескольких десятков до первых сотен км) и вытянутые в длину на сотни или первые тысячи км прогибы, ограниченные длительно развивающимися разломами. Могут пересекать всю платформу (сквозные авлакогены) или затухать в её пределах. В авлакогенах иногда наблюдаются проявления базальтового вулканизма и нередко накапливаются мощные соленосные толщи.

8.1. Архейская акрогема

На территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, также как и на всей территории России, согласно постановлениям Межведомственного стратегического комитета Российской Федерации (МСК) 2002 и 2008 гг. расчленение докем-

брийских образований производится на основе Общей стратиграфической шкалы докембрия (Корень, 2009; Стратиграфический кодекс..., 2019). Эта шкала существенно отличается от Международной шкалы геологического времени докембрия (Van Kranendonk et al., 2008), хотя вполне удовлетворительно сопоставляется с ней по изотопному возрасту основных границ (Корень, 2009).

В последнее время метаморфогенные образования кристаллического фундамента центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции относят к *отраденской* и *большечеремшанской* сериям позднеархейского возраста (Доплатформенные..., 1992, Кристаллический..., 1996, Геология Татарстана..., 2003 и др.).

Отраденская серия слагается метаморфитами гранулитовой фации, представленными в основном двупироксеновыми кристаллосланцами и гнейсами, а также гиперстен-плагноклазовыми гнейсами, превращенными в зонах диафтореза в амфиболиты, биотит-амфиболовые и биотит-пироксеновые гнейсы, а также другие породы.

ДЛЯ ИНФОРМАЦИИ. *Диафторез* (от греч. diaphtheiro – разрушаю) – повторный низкотемпературный и низкобарический метаморфизм горных пород, образовавшихся ранее в глубинных условиях земной коры при высоких температурах.

Большечеремшанская серия по отношению к отраденской занимает более высокое стратиграфическое положение, залегая на ней с перерывом или с постепенным переходом. Серия образована метаморфитами гранулитовой фации, представленными в основном высокоглиноземистыми биотит-гранат-кордиерит-силлиманитовыми, гранат-гиперстен-кордиеритовыми и пироксеновыми кристаллосланцами и гнейсами, эулизитами, а в зонах диафтореза – гранат-силлиманитовыми гнейсами, мусковитовыми и фибролитовыми кварцитами, амфиболитами и другими породами. Изотопный Sm–Nd возраст высокоглиноземистого гнейса этой серии составляет 3,017 млрд лет (Постников А.В., 1998 г.).

В нижней части разреза *большечеремшанской серией* распространены породы с высоким содержанием железа, которые считаются аналогами архейских железисто-кремнистых формаций – *джеспилитов* – других районов Восточно-Европейской платформы. Эти первично-осадочные образования иногда настолько обогащены магнетитом, что образуют крупные магнитные аномалии.

Кроме метаморфогенных пород, объединяемых в серии, кристаллический фундамент территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции содержит целый ряд ультраметагенных и плутоногенных образований, выделяемых в структурно-вещественные комплексы. Наиболее древний позднеархейский *свияжский комплекс* образо-

ван пироксеновыми диоритами, гранодиоритами, плагиогранитами и микроклиновыми гранитами возрастом 2740–2808 млн лет. *Нурлатский* и *колыванский* комплексы образуют тела чарнокитов, эндербитов и эндербито-гнейсов возрастом 2709–2738 млн лет. *Раннебакалинский* комплекс представлен породами диорит-плагиогранитной серии возрастом 2697–2709 млн лет. *Туймазинский* комплекс представляют габбро-нориты и анортозиты с возрастом 2622 млн лет (Постников А.В., 1998 г.).

ДЛЯ ИНФОРМАЦИИ. *Ультраметагенез* обычно понимается как стадия развития регионального метаморфизма, происходящая ниже геотермического уровня плавления горных пород гранитного состава. Она включает многообразные процессы: повышение температуры, изменение давления, воздействие летучих компонентов, интенсивное перераспределение химических компонентов, широкое перемещение возникающего расплава, перекристаллизацию и др.

Плутон – (πλουτων (олутон) – бог подземного царства у древних римлян) – самостоятельное глубинное тело магматического происхождения. К плутонам относят батолиты, штоки, лополиты и другие сравнительно крупные интрузивные массивы, сформировавшиеся на глубине и не имевшие связи с дневной поверхностью.

8.2. Протерозойская акрогема. Нижнепротерозойская (карельская) эонотема

Осадочные отложения карельской эонотемы представлены на территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции породами *воронцовской серии* раннепротерозойского возраста (Ситдигов, 1968, Доплатформенные..., 1992, Постников А.В., 1998 г. и др.). Наиболее примечательны породы с отчетливой псефитовой или псаммитовой структурой, которую создают окатанные зерна кварца и полевых шпатов, погруженные в мелкокристаллический цемент, преобразованный в условиях зеленосланцевой фации метаморфизма. Считают, что эти породы возникли за счет метаморфизма кварц-полевошпатовых и аркозовых песчаников и гравелитов.

В коллекции петрографических шлифов Б.С. Ситдикова, хранящейся в Геологическом музее Казанского федерального университета, подобные метапесчаники и метагравелиты обнаружены в скважинах, пробуренных в основном на северо-западе и, в меньшей мере, на севере территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, что позволяет оконтурить предполагаемую изначальную площадь их распространения. Совместно с метапесчаниками и метагравелитами встречаются, вероятно, метаалевролиты, представленные серицитовыми, биотит-мусковитовыми и углистыми сланцами (Геология Татарста-

на..., 2003). В фациальном отношении все перечисленные породы принадлежат, по видимому, к водно-континентальным фациям временных потоков, накапливавшимся в пределах обрамленной возвышенностями депрессии. В последующем они претерпели метаморфизм и деформации.

Раннепротерозойский возраст воронцовской серии определяется не только степенью метаморфизма ее пород, которая меньше, чем у более глубоко измененных архейских образований, и больше, чем у практически неметаморфизованных рифейских отложений. Считается, что воронцовская серия перекрывает метаморфиты не только верхнего архея, но и породы нижнепротерозойских *унийской* и *чеканской* толщ, представленных соответственно биотитовыми, биотит-турмалиновыми, андалузит-биотитовыми и амфиболовыми сланцами, а также двуслюдяными сланцами возрастом 1,778 – 1,948 млн лет (Ситдииков, 1968). Если опираться на эти датировки, то можно полагать, что время накопления воронцовской серии соответствует в Общей стратиграфической шкале докембрия России завершающему этапу позднекарельской эры. Мощность отложений воронцовской серии, унийской и чеканской толщ точно не определена. Немного сведений имеется также о степени и характере деформаций нижнепротерозойских образований. По аналогии с другими регионами, где протерозойские толщи выходят на дневную поверхность, можно полагать, что они дислоцированы слабее по сравнению с архейскими породами.

ДЛЯ ИНФОРМАЦИИ. *Псефитовая структура* – общий термин для обозначения структуры всех крупнообломочных пород (брекчий, конгломератов, галечников и др.); размер обломков от 1 мм и выше. Синоним: структура грубообломочная. *Псаммитовая структура* – структура, характеризующаяся окатанной формой обломочных зерен и их размерами от 0,1 до 1 мм. В зависимости от преобладающих размеров зерен выделяют мелко- (0,1–0,25 мм), средне- (0,25–0,5 мм), крупнозернистую (0,5–1 мм) структуры, а также разномерную при одновременном присутствии в горной породе всех трех групп зерен. Синоним: песчаная структура. *Метатерригенные образования* – метаморфические породы, возникшие в результате метаморфизации терригенных пород.

8.3. Верхнепротерозойская зонотема

В пределах центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции верхнепротерозойские отложения слагают нижние горизонты осадочного чехла. Современная Общая стратиграфическая шкала (ОСШ) этих отложений была принята в 1990 г. на совещании в г. Уфе и утверждена МСК в январе 1991 г. За прошедшие два десятилетия в шкалу не было внесено каких-либо конструктивных изменений, но была расширена изотопно-

геохронологическая, био- и хемотратиграфическая характеристика ее подразделений и уточнен изотопный возраст их границ. Верхний протерозой в ОСШ докембрия России рассматривается как эонотема. В ней выделен несколько меньший по стратиграфическому объему рифей, который расчленен на три эратемы (нижнерифейскую, среднерифейскую и верхнерифейскую). Завершает шкалу вендская система, которая не входит в состав рифея и представляет собой терминальное подразделение верхнепротерозойской эонотемы (Состояние изученности..., 2008).

В рифейское время бóльшая часть территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции представляла собой область *субаэральная денудации*. Осадконакопление происходило в основном в Сергиевско-Абдуллинском и Камско-Бельском авлакогенах, захватывающих небольшие участки на юго-восточной и северо-восточной окраинах рассматриваемой территории и примыкающие к ней районы Оренбургской области, Республики Башкортостан и Удмуртии (Геология Татарстана..., 2003). Условия осадконакопления в течение рифея менялись, в связи с чем выделяют две стадии накопления осадков: раннерифейскую и средне-позднерифейскую.

ДЛЯ ИНФОРМАЦИИ. *Субаэральная денудация* (denudare – обнажать) – снос, удаление продуктов выветривания в воздушной среде. Главной движущей силой в процессах денудации является сила тяжести, проявляющаяся либо непосредственно, либо через движение различных подвижных сред, например, водных потоков.

8.3.1. Нижнерифейская эратема

Начавшие свое развитие в раннем рифее Камско-Бельский и Сергиевско-Абдуллинский авлакогены несколько различны по литолого-фациальным особенностям нижнерифейских отложений.

В Камско-Бельском авлакогене (северо-восточная и восточная окраина Татарстана) разрез нижнерифейских отложений четко подразделяется на две части: нижняя сложена, вероятно, континентальными фациями песчаников, алевролитов и подчиненных им доломитов, а верхняя – доломитами, доломитовыми мергелями и, в меньшей мере, аргиллитами и алевролитами, накопившимися, видимо, в морском бассейне. Интересно, что на территории соседнего Башкортостана возрастные аналоги рассматриваемых отложений считаются целиком морскими, отвечающими соответственно мелководно-морским и несколько более глубоководным фациям.

В северо-восточной части Сергиевско-Абдуллинского авлакогена, занимающей юго-восточную окраину территории Татарстана, разрез нижнерифейских отложений подразделя-

ется на три части. Нижнюю часть образуют континентальные толщи, в составе которых доминируют пестроцветные песчаники, подчиненные им гравелиты и еще более редкие аргиллиты. В средней части – залегают алевролиты и песчаники с подчиненными доломитами и мергелями, в совокупности характеризующие, возможно, как континентальные, так и морские фации. Верхняя часть разреза представлена доломитами и алевролитами мелководно-морских фаций.

Палеонтологические данные из нижнерифейских отложений центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции немногочисленны. Лишь в карбонатных породах верхней части разреза Сергиевско-Абдуллинского авлакогена обнаружены остатки онколитов и катаграфий *Osagia uchurica* Nar., *Vesicularites rotundus* Z.Zhur., *Glebosites magnus* Nar. и др., а также строматолиты *Stratifera omachtella* Kom., *Gongulina diferenciata* Kom. (Геология Татарстана..., 2003).

Общая мощность нижнерифейских отложений колеблется на территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции от 745 до 2020 м.

8.3.2. Средне- и верхнерифейская эратемы

Рубеж раннего и среднего рифея в Сергиевско-Абдуллинском и Камско-Бельском авлакогенах ознаменовался длительным перерывом в накоплении осадков. По одним данным этот перерыв охватывал заключительный этап раннерифейской эратемы и часть среднерифейской эратемы (Стратиграфическая схема..., 2000), по другим – начавшись в конце рифея перерыв продолжался в течение всей среднерифейской эратемы (Геология Татарстана..., 2003). Такой долговременный перерыв был обусловлен перестройкой бассейнов седиментации. Если в раннем рифее это были линейные рифтогенные бассейны, то уже в среднем рифее они стали превращаться в пологие внутриконтинентальные эпиплатформенные бассейны. В связи с этой перестройкой базальные слои среднерифейских отложений в пределах рассматриваемых авлакогенов залегают на разных горизонтах нижнего рифея, а на территории всей Волго-Уральской области перекрывают с размывом и несогласием нижнепротерозойские и верхнеархейские кристаллические породы (Стратиграфическая схема..., 2000).

Наиболее полный разрез отложений среднего и верхнего рифея зафиксирован на юго-восточной окраине центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции в северо-восточной части Сергиевско-Абдуллинского авлакогена. Здесь на нижнерифейских породах залегают песчаники с прослоями алевролитов, гравелитов и более редких аргиллитов. Разрез наращивается аргиллитами и алевролитами, с подчиненными прослоями песчаников, доломитов и доломитовых мергелей и завершается пестроцветными песчаниками, алевроли-

тами и аргиллитами. Таким образом, разрез представлен в основном терригенными (алевролито-песчаными), терригенно-глинистыми (алевролито-глинистыми) и более редкими карбонатно-терригенными (доломитово-алевролито-песчаными) фациями. На территории соседнего Башкортостана большая их часть считается мелководно-морскими образованиями, сформировавшимися в восстановительных или окислительных (пестроцветные породы) условиях. Только красноцветные верхнерифейские отложения рассматриваются в качестве континентальных фаций.

На восточной окраине центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, в пределах Камско-Бельского авлакогена известны лишь отложения, относимые к среднему рифею. Возможно, более высокие горизонты рифея здесь были размывы в вендское время.

На территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции в отложениях среднего и верхнего рифея палеонтологические остатки до сих пор не обнаружены. В разрезах Башкортостана они содержат представительные комплексы строматолитов и микрофоссилий.

Общая мощность средне- и верхнерифейских отложений колеблется на территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции от 280 до 660 м (Козлов В.И., 2001 г.), но уже на западе соседнего Башкортостана резко возрастает до 4000 м.

8.3.3. Вендская система

На протяжении раннего венда преобладающая часть территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции представляла собой сушу. Только в позднем венде небольшая восточная и юго-восточная окраины центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции совместно с прилегающими к ним с востока и северо-востока площадями Башкортостана и Удмуртии были заняты бассейнами осадконакопления.

Во второй половине вендского периода осадконакопление на рассматриваемой территории прошло четыре последовательных стадии: ингрессивную, трансгрессивную, регрессивную и трансгрессивную (Геология Татарстана..., 2003). В течении ингрессии сформировались существенно гравийные и песчаные фации, перекрывающие с несогласием верхнеархейские и нижнепротерозойские породы кристаллического фундамента и осадочные отложения рифея. В следующую трансгрессивную стадию образовались преимущественно сероцветные песчаные и туффитово-алевролито-глинистые фации, перекрывающие либо вендские, либо рифейские отложения. В стадию регрессии накопились красноцветные алевроли-

тово-песчаные фации. Завершающая поздневендский седиментогенез трансгрессивная стадия вновь привела к образованию алевролитово-глинистых фаций.

Считается, что терригенный комплекс венда сохраняет специфику своего состава и строения на всей площади своего распространения, охватывающей Татарстан, Башкортостан и юг Удмуртии (Козлов В.И., 1999 г.). В связи с тем, что распространенные на территории Башкортостана верхневендские отложения относятся к числу прибрежно-морских и мелко-водно-морских осадков, то отложения верхнего венда территории Татарстана также обычно рассматривают как преимущественно морские (прибрежные и мелководные) фации.

Из пород венда на территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции известны только остатки микрофоссилий. Эти же образования и гораздо более редкие остатки эдиакарской фауны характерны для отложений венда Башкирии (Стратиграфическая схема..., 2000).

Общая мощность верхневендских отложений возрастает по направлению к восточным окраинам центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции и достигает 1700 м (Козлов В.И., 1999 г.).

ДЛЯ ИНФОРМАЦИИ. Ингрессия (от лат. *ingressio* – вхождение), проникновение морских вод в понижения рельефа прибрежной суши при повышении уровня моря или погружении берега.

8.4. Фанерозойская эонотема

(542,0 млн лет – ныне)

Образования фанерозоя слагают верхнюю часть осадочного чехла платформы и представлены отложениями палеозойской, мезозойской и кайнозойской эратем.

8.4.1. Палеозойская эратема

(542,0 – 251 млн лет)

На территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции палеозойская эратема представлена девонской, каменноугольной и пермской системами. Девонские, каменноугольные и нижнепермские отложения изучены преимущественно по скважинам. Средний и верхний отделы пермской системы выходят на дневную поверхность и образуют множество живописных обнажений.

Девонская система

(416,0 – 359,2 млн лет)

Разрез девона центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции включает в себя отложения среднего (частично) и верхнего отделов системы. Таким образом,

перерыв между накоплением осадочных толщ вендской и девонской систем составляет около 145 млн лет. Стратиграфическое расчленение системы принимается согласно последним Постановлениям МСК, отображенным на рис. 35 и 36 (Состояние изученности..., 2008).

Средний отдел девонской системы. Эйфельский и живетский ярусы

Эйфельский ярус развит на небольших участках северо-запада и юго-востока территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Они трансгрессивно налегают на породы верхнего протерозоя и складчатые метаморфизованные толщи кристаллического фундамента. Нижняя часть разреза эйфельских отложений представлена гравелитами и кварцевыми песчаниками (пласт D_v), включающими подчиненные прослой глины, алевролитов и сидерит-шамозитовых пород. Верхняя часть разреза эйфельского яруса состоит из карбонатно-глинистой пачки, содержащей прослой известняка мощностью 2–5 м (каротажный репер «нижний известняк»). Принадлежность пород к эйфельскому ярусу определена на основании находок характерных видов морских остракод. Общая мощность эйфельских отложений невелика и колеблется в пределах от первых метров до 40 м.

Живетский ярус развит значительно шире, представлен всеми тремя подъярусами и включает в себя ряд региональных подразделений – надгоризонтов и горизонтов (рис. 35). Отложения яруса представлены преимущественно терригенными породами, содержащими подчиненные прослой глины и известняков, выделяемых в качестве маркирующих горизонтов и каротажных реперов (Геология Татарстана..., 2003). Стоит, обратить внимание на тот факт, что согласно современной стратиграфической схеме (Состояние изученности..., 2008) к живетскому ярусу отнесены отложения пашийского и (под вопросом) и нижней части тиманского (= кыновского) горизонтов, ранее (Геология Татарстана..., 2003 и др.) включавшихся в состав франского яруса верхнего отдела девонской системы.

По преобладающему составу горных пород эйфельские и живетские отложения территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции часто называют «терригенным девоном». Их общая мощность достигает 200 м.

Формирование осадков терригенного девона происходило в морском бассейне, в условиях, сравнимых со средним шельфом современных морей – в зоне открытого моря с преобладанием деятельности течений. Дно бассейна представляло собой относительно ровное плато, на котором происходило одновременное накопление песчаного, алевролитового и глинистого материала. Накопление осадков всех типов происходило во время трансгрессии морского бассейна. Регрессия моря приводила к эрозии и разрушению уже сформированных осадков (Силантьев и др., 2023).

Международная (Окленд) стратиграфическая шкала, 2004 *		Биозональный стандарт				Биостратиграфические зоны	Восточно-Европейская платформа		Урал						
Система	Отдел	Ярус	Подъярус*	Возраст, млн лет	Конodontы Ziegler, Sandberg, 1990		Граптолиты и амmonoидеи Koren, Kim, Walliser, 2007; Becker, House, 2000; House, 2002	Решения МСС..., 1990 с уточн.	Решения МСС..., 1993	Надгоризонт, горизонт	Надгоризонт, горизонт				
ДЕВОНСКАЯ	Средний	Эффельский	Верхний	391,8	<i>Klapperina disparilis</i>	III	D	<i>Pharciceras</i>	Коми	Пашийский	Ряужьинский	Пашийский			
					<i>Schmidtognathus hermanni</i> - "Po." <i>crisatus</i>		C								
					<i>Po. latifossatus</i> - <i>Ozarkodina semialternans</i>		B								
					<i>Polygnathus ansatus</i>	A									
					<i>Po. varcus</i>	D	<i>Maenioceras</i>						Старососольский	Ардатовский	Чеславский
					<i>Po. rhenanus</i> - <i>Po. varcus</i>	C									
		<i>Polygnathus timorensis</i>	B												
		<i>Polygnathus hemiansatus</i>	A												
		<i>Polygnathus xylius ensensis</i>	F	<i>Pinacites</i>	Афонинский	Лозьвинский		Афонинский							
		<i>Tortodus k. kockelianus</i>	E												
		<i>Tortodus k. australis</i>	D												
		<i>Polygnathus c. costatus</i>	C												
	<i>Polygnathus c. partitus</i>	B													
	<i>Polygnathus c. patulus</i>	A													
	Нижний	Эмский	397,5	IV	<i>Polygnathus serotinus</i>	IV	<i>Anarcestes</i>	Глушанковский	Бийский	Юртищенский	Бийский				
					<i>Polygnathus inversus/ laticostatus</i>							C			
					<i>Polygnathus nothoperbomus</i>							B			
					<i>Polygnathus gronbergi/ excavatus</i>	A									
					<i>Polygnathus kitabicus</i>	E									
					<i>Polygnathus pirenese</i>	D						<i>Anetoceras</i>	Юртищенский	Вязовский	
		<i>Eognathodus s. kindlei</i>	C												
		<i>Eognathodus s. sulcatus</i>	B												
		<i>Monograptus pacificus</i>	A												
		<i>Monograptus yukonensis</i>	D												
<i>Monograptus thomasi</i>		C													
Праздский		407,0	II	<i>Monograptus fanicus</i>	II	<i>Anetoceras</i>	Глушанковский	Койвенский	Юртищенский	Вязовский					
	<i>Monograptus falcarius</i>			B											
	<i>Monograptus hercynicus</i>			A											
	<i>Monograptus prehercynicus</i>			E											
	<i>Monograptus uniformis</i>			D											
	<i>Monograptus uniformis</i>			C											
Лохковский	411,2	I	<i>Monograptus uniformis</i>	I	<i>Anetoceras</i>	Глушанковский	Такатинский	Юртищенский	Такатинский	Иргизлинский					
			<i>Monograptus uniformis</i>								B				
			<i>Monograptus uniformis</i>								A				
			<i>Monograptus uniformis</i>								E				
			<i>Monograptus uniformis</i>								D				
			<i>Monograptus uniformis</i>								C				
Лохковский	416,0	I	<i>Monograptus uniformis</i>	I	<i>Anetoceras</i>	Глушанковский	Такатинский	Юртищенский	Такатинский	Иргизлинский					
			<i>Monograptus uniformis</i>								B				
			<i>Monograptus uniformis</i>								A				
			<i>Monograptus uniformis</i>								E				
			<i>Monograptus uniformis</i>								D				
			<i>Monograptus uniformis</i>								C				

* - Подъярусное деление не утверждено.

Рис. 35. Стратиграфическая схема ниже- и среднедевонских отложений Восточно-Европейской платформы и Западного склона Урала (Состояние..., 2008)

Система стратиграфическая шкала, 2004 *	Международная (= Общая) стратиграфическая шкала, 2004 *			Возраст млн лет	Биозональный стандарт		Биостратиграфические зоны		Восточно-Европейская платформа		Западный склон Урала																																																			
	Эра	Период	Эпоха		Конodontы Ziegler, Sandberg, 1990	Аммоноидеи Becker, House, 2000; House, 2002	Остракоды Groos-Uffenorde, Lethiers, Blumenstengel, 2000; House, Gradstein, 2004	Позвоночные Ginter, Ivanov, 2000	Решения МРСС..., 1990 с уточн.		Страт. схемы Урала, 1993																																																			
									Надгоризонт, горизонт, подгоризонт		Надгоризонт, горизонт																																																			
ДЕВОНСКАЯ	Верхний	Фаменский	359,2	<i>Siphonodella praesulcata</i>	F E D C B A	<i>Kalocylenia Wocklumeria</i>	<i>Maternella (M.) hemisphaerica/ Richterina (R.) latior</i> Interregnum	<i>Phoebodus limpidus</i>	Заволжский	Зиганский	Лытвинский																																																			
				<i>Palmatolepis gracilis expansa</i>	V C B A							<i>Chymenia</i>	<i>Maternella (M.) hemisphaerica-Maternella (M.) dichotoma</i>	Хованский	Озерский																																															
				<i>Palmatolepis perlobata postera</i>	IV B A											<i>Platyclymenia</i>	<i>Phoebodus gothicus</i>	Орловский	Оптуховский	Кушелгинский																																										
				<i>Palmatolepis rugosa trachytera</i>	III C B A																<i>Prolobites</i>	<i>Richterina (Fossirichterina) intercostata</i>	Лепецкий	Лебедянский	Мурзакаевский																																					
				<i>Palmatolepis m. marginifera</i>	I H G F																					<i>Cheiloceras</i>	<i>Richteria serratostrata-Nehdentomis nehdensis</i>	Липецкий	Елецкий	Макаровский																																
				<i>Palmatolepis rhomboidea</i>	E D																										<i>Entomoprimitia (E.) sartenaeri</i>	<i>Franklinella (F.) sigmoidale</i>	Донской	Задонский	Барминский																											
				<i>Palmatolepis crepida</i>	II C B																															<i>Waldeckella cicatricosa/Rabienella ? barrandei</i> Int.	<i>Phoebodus typicus</i>	Волгоградский	Речицкий	Мендымский																						
				<i>Palmatolepis triangularis</i>	A																																				<i>Waldeckella cicatricosa/Rabienella ? barrandei</i> Int.	<i>Phoebodus bifurcatus</i>	Росийский	Семилукский s. l.	Доманиковский																	
				Верхний	Верхний																																									374,5	<i>Palmatolepis linguiformis</i>	L	<i>Manticoceras</i>	<i>Waldeckella cicatricosa</i>	<i>Phoebodus latus</i>	Росийский	Саргаевский	Саргаевский								
																																															<i>Palmatolepis rhenana</i>	K J							<i>Waldeckella cicatricosa/ Franklinella (F.) torleyi</i> Int.	<i>Phoebodus latus</i>	Саргаевский	Саргаевский				
																																															<i>Palmatolepis jamieae</i>	I											<i>Franklinella (F.) torleyi</i>	<i>Phoebodus latus</i>	Саргаевский	Саргаевский
																																															<i>Palmatolepis hassi</i>	H G														
	<i>Palmatolepis punctata</i>	F E D	<i>Franklinella (F.) torleyi</i>			<i>Phoebodus latus</i>	Саргаевский	Саргаевский																																																						
	<i>Palmatolepis transitans</i>	C		<i>Franklinella (F.) torleyi</i>	<i>Phoebodus latus</i>				Саргаевский	Саргаевский																																																				
	Нижний	Нижний									385,3	<i>Mesotaxis falsiovalis</i>	B A	<i>Pharciceras</i>	<i>Phoebodus latus</i>	<i>Phoebodus latus</i>	Коми	Тиманский	Кыновский																																											
												<i>Skeletognathus norrisi</i>	III E							<i>Pharciceras</i>	<i>Phoebodus latus</i>	Коми	Тиманский	Кыновский																																						

* - Подъярусное деление не утверждено.

Рис. 36. Стратиграфическая схема верхнего девона (Состояние..., 2008)

ЭТО ИНТЕРЕСНО. Терригенные отложения (от латинского terra – земля и греч. genes – рождающий, рожденный) или обломочные горные породы состоят из снесённых с суши обломков пород и минеральных зёрен. Образуются как в водоёмах (морских и пресноводных), так и в наземных условиях. Нередко включают прослой пород глинистого и карбонатного состава. В терригенных отложениях девона Татарстана очень часто встречаются остатки растений и их многочисленные споры. Изучение растительных остатков дает возможность восстановить облик суши того времени. Споры растений извлекают из горных пород путем длительной химической обработки. Дальнейшее изучение спор проводят под специальными микроскопами.

С момента своего появления на Земле растения производят огромное количество спор и пыльцы, которые оседают на ее поверхности и благодаря высокой стойкости своих оболочек хорошо сохраняются на сотни миллионов и даже на миллиарды лет. Изучение спор позволило ученым-палеоботаникам реконструировать древние растения и воссоздать ландшафты, царившие на территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции в среднедевонскую эпоху.

Верхний отдел девонской системы. Франский и фаменский ярусы

Отложения верхнего отдела девонской системы, относящиеся к франскому и фаменскому ярусам, повсеместно развиты на территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции и представлены преимущественно карбонатными толщами, включающими подчиненные прослой кремнистых, кремнисто-карбонатных, а в верхней части – сульфатных пород. Расчленение разреза основано на таких ископаемых остатках как остракоды, аммоноидеи, конодонты (рис. 36).

ДЛЯ ИНФОРМАЦИИ. В пределах территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, так же, как и в других районах Восточно-Европейской платформы и Урала, пограничные слои живетского и франского ярусов представлены мелководными шельфовыми фациями. Из-за этого в них отсутствуют характерные конодонты родов *Mesotaxis* и *Ancyrodella*, что в свою очередь не позволяет установить точное положение границы не только между ярусами, но и между средним и верхним отделами девонской системы. Разные исследователи проводят эту границу на разных уровнях: от основания пашийского горизонта, повсеместно трансгрессивно залегающего на подстилающих отложениях, до основания саргаевского горизонта. По мелководным конодонтам эту границу предлагается (см. рис. 36) проводить в основании *верхнетиманского подгоризонта* Восточно-Европейской платформы (Состояние изученности..., 2008 и др.).

Франский ярус представлен на территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции всеми тремя подъярусами, в состав которых входят региональные стратиграфические подразделения – надгоризонты и горизонты (рис. 3). Отложения франа представлены преимущественно карбонатными породами: мергелями, известняками и доломитами, формировавшимися в различных обстановках морского бассейна. Для яруса характерно наличие так называемых «доманикоидных фаций» – тонкослоистых битуминозных окремненных известняков темно-серого и черного цвета, встречающихся на разных стратиграфических уровнях (Геология Татарстана..., 2003). Общая мощность яруса достигает 300 м.

Фаменский ярус слагается мощной толщей доломитизированных известняков и доломитов, включающих пласты гипса и ангидрита. Разрезы, формировавшиеся в пределах глубоководных впадин (средней мощностью около 50 м), представлены темно-серыми битуминозными окремненными известняками «доманикоидных фаций», содержащими многочисленные конодонты. В разрезах, сформированных на бортах впадин и прогибов, фаменский ярус (мощностью до 500 м) сложен светло-серыми органогенно-детритовыми и сферовозорчатými известняками с остатками водорослей, фораминифер, остракод и брахиопод. В более мелководных условиях отложения фаменского яруса представлены рифовыми фациями.

Граница франского и фаменского ярусов совпадает с основанием конодонтовой зоны *Palmatolepis triangularis*, отвечающей событию *Кельвассер* – одному из крупнейших вымираний в фанерозое.

ДЛЯ ИНФОРМАЦИИ. С начала среднефранского времени вдоль Прикамской системы разломов северо-восточного простирания начала развиваться Камско-Кинельская система крупных (Усть-Черемшанский, Нижнекамский, Актаныш-Чишминский) и небольших (Казанбашский и др.) прогибов. Среднефранские и фаменские доманикоидные отложения осевых частей прогибов характеризуются малой мощностью и представлены относительно глубоководными битуминозными кремнисто-глинисто-карбонатными фациями, содержащими большое количество органического вещества. Доманикоидные отложения осевых частей прогибов с большим количеством органического вещества считаются нефтематеринскими породами. Считается, что эти осадки формировались в условиях интенсивного прогибания дна бассейна, не компенсированным осадконакоплением. Одновозрастные накопления бортовых зон прогибов имеют большую (иногда на порядок) мощность и принадлежат к слабо битуминозным глинисто-карбонатным или глинисто-известняковым фациям. Рифогенные отложения этого же возраста формировались на соседствующих с прогибами мелководных

участках морского бассейна, приуроченных к сводам (или сводовым поднятиям) кристаллического фундамента – Южно-Татарскому, Северо-Татарскому и Токмовскому.

Каменноугольная система

(359,2 – 299,0 млн лет)

Разрез каменноугольной системы (или карбона) центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции (суммарной мощностью около 1300 м) включает в себя отложения всех трех отделов и семи ярусов системы, принимаемых в Общей стратиграфической шкале России. Положение в этой шкале 33 региональных стратонов (горизонтов) Восточно-Европейской платформы (рис. 37 и 38), 29 из которых прослеживается на территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, определяется на основании зональных схем по аммоноидеям (17 зон), фораминиферам (33 зоны), конодонтам (36 зон), с использованием данных по другим группам фауны и флоры – остракодам, брахиоподам, спорам и пыльце растений и др. (Состояние изученности..., 2008).

Последовательность каменноугольной системы осложнена на территории центральной части Волго-Уральской провинции двумя региональными перерывами в осадконакоплении. Первый из них прослеживается на границе турнейского и визейского ярусов (в некоторых разрезах могут выпадать 4 горизонта), второй – на границе нижнего и среднего отделов системы (из разреза повсеместно выпадают 4 горизонта).

ДЛЯ ИНФОРМАЦИИ. В турнейском веке раннекаменноугольной эпохи произошло постепенное (359,2-340,0 млн лет) заполнение Камско-Кинельской системы прогибов осадочным материалом и уже к концу первой половины визейского века эти прогибы перестали существовать. Считается, что с этого времени накопление осадков перестало контролироваться резкими различиями глубины бассейна, уменьшавшейся от осевых частей прогибов к их бортам и далее к сводовым поднятиям. Рельеф дна бассейна стал более ровным, и осадконакопление определялось главным образом обширной региональной трансгрессией моря (Геология Татарстана..., 2003).

Нижний отдел. Турнейский, визейский и серпуховский ярусы

Турнейский ярус распространен повсеместно на территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, согласно перекрывая отложения фаменского яруса девонской системы. Во впадинах Камско-Кинельской системы прогибов турнейские отложения (мощностью 350–500 м) представлены главным образом темно-серыми и черными глинистыми известняками, включающими линзы кремней и прослои известковых пиритизированных аргиллитов.

МСШ				ОСШ		Биостратиграфические зоны, принятые в России			Горизонты	
Система	Подсистема	Отдел	Ярус	Отдел	Ярус	Возраст, млн. лет	Аммоноидеи	Фораминиферы		Конодонты
Каменноугольная	Миссисипская	Верхний	Серпуховский	Нижний	Серпуховский	318,1	<i>Uralopronorites - Cravenoceras</i>	<i>Monotaxinoides transitorius</i>	<i>Gnathodus bilineatus bollandensis</i>	Запалтубинский
								<i>Eostaffellina paraprotvae</i>		
							<i>Hypergoniatites - Ferganoceras</i>	<i>Neoarchaediscus postrugosus</i>	<i>Lochriea cruciformis</i>	Стешевский
		Средний	Визейский			326,4	<i>Beyrichoceras - Goniatites</i>	<i>Endothyranopsis crassa - Archaeodiscus gigas</i>	<i>Lochriea nodosa</i>	Веневский
								<i>Endothyranopsis compressa - Paraarchaediscus kokjubensis</i>	<i>Gnathodus bilineatus bilineatus</i>	Михайловский
							<i>Uralodiscus rotundus</i>	<i>Gnathodus texanus</i>	Алексинский	
	345,3				<i>Merocanites - Ammonellipsites</i>	<i>Eoparastaffella simplex - Eoendothyranopsis donica</i>	<i>Gnathodus texanus</i>	Тульский		
						<i>Endothyra elegia - Eotextularia diversa</i>	<i>Scaliognathus anchoralis</i>	Бобриковский		
						<i>Spinoendothyra costifera</i>	<i>Dollymae bouckaerti</i>		Радаевский	
	Турнейский	Турнейский	359,2		<i>Protocanites - Pericyclus</i>	<i>Paleospiroplectammina tchernyshinensis</i>	<i>Siphonodella isosticha</i>	Черепетский		
						<i>Chernyshinella disputabilis</i>	<i>Siphonodella quadruplicata</i>			
					<i>Protocanites - Gattendorfia</i>	<i>Bisphaera malevkensis - Earlandia minima</i>	<i>Siphonodella belkai</i>	Упинский		
<i>Tournayellina pseudobeata - Septatournayella njumylga</i>				<i>Siphonodella duplicata</i>		Малевский				
				<i>Siphonodella sulcata</i>	Гумеровский					

Рис. 37. Стратиграфическая схема нижнего карбона (Состояние..., 2008)

Это так называемые «доманикоидные фации» впадинных разрезов внешне очень сходные с подстилающими породами фамена и франа. Нижняя граница турне проводится по появлению каменноугольных фораминифер *Quasiendothyra kobeitusana*; встречаются также радиолярии, спикулы губок, конодонты. В разрезах сводового типа турнейский ярус (мощность до 100 м) сложен более светлыми коричневато-серыми органогенно-обломочными известняками с фораминиферами и брахиоподами. Завершает разрез турнейского яруса терригенная толща (110-130 м) темно-серых аргиллитов (косьвинский горизонт), содержащая остатки морской фауны: остракод, брахиопод, головоногих моллюсков. Эта толща распространена только в осевых частях впадин. На сводах и бортах прогибов она отсутствует либо из-за размыва, либо из-за отсутствия осадконакопления. Произошедшая в конце турнейского века смена повсеместного карбонатного осадконакопления на терригенное свидетельствует о регрессии морского бассейна. Впоследствии эта регрессия привела к региональному перерыву, длившемуся несколько миллионов лет, к образованию обширных областей размыва уже сформированных осадочных образований и к накоплению угленосных осадков в пресноводных водоемах – болотах и озерах (Силантьев и др., 2023).

Визейский ярус (суммарной мощностью до 300 м) залегает на подстилающих отложениях с размывом, который в осевых частях прогибов является незначительным, а на сводах может достигать объема четырех и более горизонтов.

Нижняя часть разреза визейских отложений представлена толщей терригенных пород (биотурбированные глины, алевролиты и песчаники) и толщей угленосных пород (пласты угля от 1 до 40 м, углистые глины и алевролиты).

В настоящее время доказано (Силантьев и др., 2023), что накопление и сохранение терригенных и торфяных (угленосных) отложений различны по продолжительности (0,1 млн лет против 1,5–2 млн лет) и связаны с трансгрессивными и регрессивными этапами развития территории. Накопление терригенных отложений включает: (а) трансгрессивные эпизоды – кратковременные ингрессии морского бассейна на эродированную поверхность изолированной карбонатной платформы, сопровождавшиеся накоплением алевролитовых и песчаных, хорошо сортированных биотурбированных осадков, часто с разнообразными ихнофоссилиями морских донных организмов; (б) регрессивный этап – преимущественная эрозия отложений на своде; сохранение осадков во врезках.

Накопление торфяных (угленосных) отложений включает: (а) регрессивный этап – формирование обильного растительного покрова на обширной территории востока Волго-Уральской области и устойчивых болотных обстановок торфонакопления в понижениях

(врезах) турнейской поверхности; (б) трансгрессивный этап – перекрытие торфа во врезях трансгрессивными морскими алевро-песчаными осадками; захоронение торфа; его уплотнение и преобразование в уголь. Чередование в разрезе угленосных и трансгрессивных интервалов свидетельствует о цикличности этих процессов.

Интенсивное заполнение прогибов Камско-Кинельской системы терригенным материалом привело к середине визейского века к их исчезновению. Последовавшая трансгрессия привела к смене терригенного осадконакопления на карбонатное. В результате разрез верхней части визейского яруса (около 100 м) представлен известняками и доломитами с многочисленными кораллами и брахиоподами.

Серпуховский ярус (до 120 м) представлен на территории Татарстана только своей нижней частью. Верхняя часть – размыта из-за регионального перерыва, объемом в четыре горизонта (из разреза выпадает 1 горизонт серпуховского и 3 горизонта вышележащего башкирского яруса). Разрез представлен светло-серыми и белыми известняками и доломитами с многочисленными массивными колониями кораллов и брахиоподами. В верхней части выделяется маркирующая толща белых сахаровидных известняков с окремненными участками, примазками пестроцветных глин, с неровной закарстованной поверхностью.

Средний отдел каменноугольной системы. Башкирский и московский ярусы

Среднекаменноугольные отложения (суммарной мощностью до 380 м) залегают на подстилающих толщах со значительным (из разреза выпадают четыре горизонта) стратиграфическим несогласием, отвечающим региональному перерыву осадконакопления.

Башкирский ярус (мощность в среднем 35-45 м) представлен только своей верхней половиной, да и та не всегда присутствует в полном объеме, так как верхние слои яруса в сводовых разрезах обычно размыты (отсутствует верхний *мелекесский* горизонт). Породы яруса – преимущественно светлые органогенно-обломочные известняки – содержат многочисленные окаменелости: фораминиферы (*Schubertella*, *Ozawainella*, *Verella*), кораллы, брахиоподы, морские лилии, конодонты.

В конце башкирского века территория Восточно-Европейской платформы испытала кратковременный подъем, в результате которого образовалась поверхность эрозионного размыва, местами врезавшаяся в толщу башкирского яруса на 30-35 м (Геология Татарстана..., 2003).

Московский ярус (мощность около 300 м) начинается зеленовато-серыми и красновато-бурыми терригенными породами, с размывом перекрывающими башкирские отложения. Выше по разрезу распространены светло-серые известняки и доломиты, включающие (в верхней части) подчиненные прослои и линзы гипса, ангидрита. Ископаемые остатки много-

численны в тех породах, которые были сформированы в нормальных морских условиях, и включают фораминиферы (*Aljutovella*, *Fusulinella*, *Fusulina*), кораллы, брахиоподы (*Choristites mosquensis* Fischer, *Ch. kazanensis* Kusn.), морские лилии, мшанки, конодонты.

ЭТО ИНТЕРЕСНО. На территории Республики Татарстан породы среднекаменноугольного возраста представлены в основном серыми органогенными известняками. Наличие в известняках окаменевших фораминифер, кораллов, брахиопод, мшанок, криноидей (рис. 15) свидетельствует о формировании этих пород в море. «Белый камень» мячковского возраста (по названию села Мячково на Москве реке) – древнейший строительный материал. Благодаря своей однородной и пористой структуре, «белый камень» обладает неоценимыми в строительстве свойствами. Он прочен и легко обрабатывается (пилится, режется, шлифуется), химически стоек, так как покрывается пленкой выветривания, которая предотвращает его разрушение. «Белый камень» долговечен. Владимиро-Суздальские и Московские князья использовали его для возведения особенно важных построек – храмов и дворцов.

В городе Казани, на берегу реки Казанки находится прекрасный памятник истории Казанский Кремль, являющийся образцом военно-оборонительного и крупного административного центра. Большинство древних сооружений Казанского Кремля имеют белокаменный облик, так как построены из мячковского известняка, специально привезенного из подмосковных карьеров в XVI–XVII веках.

Верхний отдел каменноугольной системы. Касимовский и гжельский ярус

Отложения верхнего отдела каменноугольной системы распространены на всей территории Татарстана, но изучены не так детально, как нижележащие образования, так как в них отсутствуют месторождения углеводородного сырья. Наиболее мощные (до 260 м) и стратиграфически полные разрезы верхнего карбона располагаются в Мелекесской впадине и сложены светлыми органогенно-обломочными известняками и доломитами с многочисленными фораминиферами-фузулидами (*Protriticites*, *Rauserites Globifusulina* и др.), часто имеющими породообразующее значение. На Южно-Татарском своде верхний карбон (около 190 м) представлен доломитами с включениями и подчиненными прослоями ангидритов.

В промысловой геофизике нижняя граница верхнекаменноугольных отложений обычно принимается по подошве мергельно-глинистой пачки. Разрезы (мощностью до 200–220 м), включающие такой глинистый интервал, распространены в западных районах рассматриваемой территории – на западном склоне Северо-Татарского свода и на северо-восточном склоне Токмовского свода.

МСШ				ОСШ			Возраст, млн. лет	Биостратиграфические зоны, принятые в России			Горизонты	
Система	Подсистема	Отдел	Ярус	Отдел	Ярус	Подъярус		Аммоноидеи	Фораминиферы	Конодонты		
Каменноугольная	Пенсильванская	Верхний	Гжельский	Верхний	Гжельский		303,9	<i>Shumardites-Vidrioceras</i>	<i>Daixina bosbytauensis-Globifusulina robusta</i>	<i>Streptognathodus wabaunsensis</i>	Мелеховский	
									<i>Daixina sokensis</i>	<i>Streptognathodus bellus</i>	Ногинский	
									<i>Jigulites jigulensis</i>	<i>Streptognathodus virgicus</i>	Павловопосадский	
		<i>Dunbarites-Parashumardites</i>	<i>Rauserites rossicus-Rauserites stuckenbergi</i>		<i>Streptognathodus vitali</i> <i>Streptognathodus simulator</i> <i>Streptognathodus firmus</i>	Добрятинский						
			<i>Rauserites quasiarcticus</i>		<i>Idiognathodus toretzianus</i>	Дорогомиловский						
			<i>Montiparus montiparus</i>		<i>S. cancellosus</i> <i>Idiognathodus sagittalis</i>	Хамовнический						
	Средний	Московский	Мячковский	Средний	Касимовский	Мячковский	306,5	<i>Pseudoparalegoceras - Wellerites</i>	<i>Fusulina cylindrica-Protriticites ovatus</i>	<i>Neognathodus roundyi</i>	Мячковский	
									<i>Fusulinella bocki</i>	<i>Neognathodus inaequalis</i>		
									<i>Fusulinella colaniae - F. vozgalensis-Beedeina kamensis</i>	<i>I. podolskensis-N.medexultimus</i>		Подольский
		<i>Paralegoceras - Eowellerites</i>	<i>Fusulinella subpulchra</i>		<i>S. concinnus - I. robustus</i> <i>Neognathodus medadulturnus</i>	Каширский						
			<i>Priscoidella priscoidea</i>		<i>Neognathodus bothrops</i>							
			<i>Diaboloceras - Winslowoceras</i>		<i>Aljutovella aljutovica</i>			<i>Str. transitivus</i>	Верейский			
	<i>D. donetzianus - Idiognathoides postsulcatus</i>											
	<i>Diaboloceras - Axinolobus</i>	<i>Verella spicata - T (=A.). tikhonovitchi</i>		<i>Declinognathodus marginodosus</i>		Мелекесский						
		<i>Branneroceras - Gastroceras</i>	<i>Profusulinella rhombiformis</i> <i>Profusulinella primitiva - Pseudostaffella gorskyi</i>		Черемшанский							
	Нижний	Башкирский	Аскавасский	Средний	Башкирский	Аскавасский	311,7	<i>Bilinguites-Cancelloceras</i>	<i>Pseudostaffella praegorskyi - Staffellaeformes staffellaeformis</i>	<i>Idiognathodus sinuosus</i>	Прикамский	
									<i>Pseudostaffella antiqua</i>	<i>Neognathodus askynensis</i>	Северо-кельтменский	
								<i>Reticuloceras - Bashkortoceras</i>	<i>Semistaffella variabilis - S. minuscularia</i>	<i>Idiognathoides sinuatus</i>	Краснополянский	
Сюранский			318,1					318,1	<i>Homoceras-Hudsonoceras</i>	<i>Plectostaffella bogdanovkensis</i>	<i>Declinognathodus noduliferus</i>	Вознесенский

Сокращения: D. - *Declinognathodus* Ps. - *Pseudostaffella* St. - *Staffellaeformes*
 Аск. - Аскавасский E. - *Eostaffella* Pl. - *Plectostaffella* S. - *Semistaffella* Y. - *Yanophylloides*
 A. - *Aljutovella* Kn. - *Knoxiporites* Pr. - *Praeobsoletes* Sch. - *Schubertella* T. - *Tikhonoviella (=Aljutovella)*

Рис. 38. Стратиграфическая схема среднего и верхнего карбона (Состояние ..., 2008)

ЭТО ИНТЕРЕСНО. На территории Республики Татарстан верхнекаменноугольные отложения представлены преимущественно светло-серыми органогенными известняками, которые содержат большое количество окаменевших раковин фораминифер, преимущественно из отряда фузулинид.

Фораминиферы в основном морские организмы. Большинство фораминифер являются бентосными формами: свободноживущими или прикрепленными, обитающими на разных глубинах. Некоторые ведут прикрепленный образ жизни на других животных (мшанках, губках, кораллах). На протяжении карбона и перми фузулиниды (вымершая группа фораминифер) являлись доминирующими организмами. Они очень быстро развивались. Приурочены они в основном к мелководным карбонатным органогенным фациям, где встречаются в массовом количестве и нередко являются пороодообразующими.

Современные фораминиферы (Foraminifera) – одноклеточные простейшие, лишенные внутреннего скелета, по внешнему виду напоминающие амебу (рис. 18 А). Передвигаются они с помощью временных выростов цитоплазмы – псевдоподий, или ложноножек. Почти все фораминиферы облачены в раковину, которая может быть органической, а чаще либо известковой, либо построенной из песчинок. Это довольно крупные для простейших существа: в среднем их размер – 0,1-1 мм, но встречались в этой группе и поистине гиганты – фузулиниды (до 3 см, рис. 17) и нуммулитиды (рис. 19), чья раковина достигала 10 или более сантиметров.

Фораминиферы принимали участие в формировании горных пород. Так, Египетские пирамиды сложены известняками, образованными раковинами этих организмов (рис. 20).

Пермская система

(299,0 – 251,0 млн лет)

Пермская система – единственная, установленная на территории России. Многие типовые разрезы системы – татарского отдела, казанского яруса и др., располагаются на территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. В настоящее время в Международной стратиграфической шкале и в Общей стратиграфической шкале, действующей на территории России, принято деление пермской системы на три отдела (рис. 39), имеющие собственные наименования. В Татарстане пермские отложения выходят на дневную поверхность практически повсеместно, и их суммарная мощность достигает 700 м.

Приуральский (нижний) отдел.

Ассельский, сакмарский, артинский, кунгурский и уфимский ярусы

На территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции отложения Приуральского отдела (суммарной мощностью 500 м) представлены отложениями всех пяти ярусов. Как явствует из самого названия отдела, входящие в него ярусы установлены по разрезам Предуральского предгорного прогиба, являвшегося в раннепермскую эпоху основной областью накопления осадков. Стратиграфическая полнота нижнепермских толщ увеличивается в восточном направлении и их мощность в Предуральском прогибе достигает 18 000 метров. Отложения ассельского и сакмарского ярусов осложнены древними карстовыми процессами, происходившими в артинском веке из-за поднятия территории и ее выхода из-под уровня моря (Тихвинский, 2003).

На территории центральной части Волго-Уральской провинции нижнепермские отложения четко подразделяются на три толщи. *Нижняя толща* представлена преимущественно породами морского происхождения – сероцветными известняками и доломитами с морской фауной фузулинид, кораллов, моллюсков, брахиопод. Этой части разреза отвечает ассельский ярус. *Средняя толща*, включающая сакмарский, артинский и кунгурский ярусы, сложена породами лагунного происхождения – сероцветными доломитами, гипсами и ангидритами. Морская фауна присутствует в этих разрезах в отдельных пластах пород. *Верхняя толща* представлена красноцветными континентальными образованиями уфимского яруса, образовавшимися в озерных и речных обстановках. В уфимских породах – песчаниках, алевролитах, глинах, мергелях и известняках – встречаются только остатки пресноводных животных (остракоды, моллюски, рыбы) и отпечатки растений.

Нижняя граница ассельского яруса (и пермской системы в целом) проводится по появлению в разрезе первых раковин фузулинид рода *Schwagerina* (или сферических пустот от этих раковин) – руководящей фауны ассельского яруса. Сакмарский ярус отличается от ассельского специфическими видами массивных колониальных кораллов. В артинских и кунгурских отложениях Татарстана встречены лишь немногочисленные, часто неопределимые фораминиферы и мелкорослые моллюски. Континентальная природа уфимского яруса и отсутствие в нем морской фауны являются причинами дискуссий о его самостоятельности и условности его отнесения к Приуральскому отделу. К отложениям уфимского яруса приурочены крупные месторождения природных битумов.

Международная Стратиграфическая шкала, 1997, 2004				Общая (Восточно-Европейская) шкала, 1965		Региональная схема Восточно-Европейской платформы, 1990		Обновленная Общая (Восточно-Европейская) шкала, 2006					
Система	Отдел	Ярус	Биостратиграфический маркер	Отдел	Ярус	Горизонты		Отдел	Ярус	Подъярус	Биостратиграфический маркер		
Пермская	Лопингский	Чансинский *	<i>Clarkina wangi</i>	Верхний	Татарский	Верхний	Вятский	Татарский	Вятский	Верхний	<i>Wjatellina fragiloides-Suchonella typica</i>		
		Вучапинский *	<i>Clarkina postbitteri</i>								Северодвинский	Северодвинский	Верхний
		Кетпенский *								<i>Jinogondolella postserrata</i>			
		Вордский *	<i>Jinogondolella aserrata</i>							Казанский	Верхний	Поволжский	Уржумский
	Роудский *	<i>Jinogondolella nankingensis</i>	Нижний		Сокский	Биярмийский	Казанский		Верхний				
	Приуральский	Кунгурский								<i>Neostreptognathodus pnevi</i>	Уфимский	Кунгурский	Иренский
			Аргинский		<i>Sweetognathus whitei</i>	Аргинский	Филипповский		Саранинский				
		Сакмарский								<i>Sweetognathus aff. merrilli</i>	Сакмарский	Саргинский	Стерлитамакский
			Ассельский *		<i>Streptognathodus isolatus</i>	Ассельский	Иргинский		Тастубский				
		Бурцевский								Сакмарский	Шиханский	Приуральский	Ассельский
			Холодноложский	Ассельский	Холодноложский	Приуральский	Ассельский	Ассельский	<i>Streptognathodus isolatus</i>				

* - Утвержденные точки глобальных стратотипов границ

Рис. 39. Стратиграфическая схема пермских отложений Восточно-Европейской платформы (Геологические памятники..., 2007)

Биармийский (средний) отдел. Казанский и уржумский ярусы

Биармийские отложения (суммарной мощностью 300 м) покрывают 2/3 территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, слагая поверхность дочетвертичного рельефа (Сунгатуллин, 2007). На юго-западе центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции они подстилают породы мезозоя, а в долинах крупных рек размыты неогеновыми образованиями.

Казанский ярус установлен в 1915 г. профессором Казанского университета А.В. Нечаевым на основе разрезов Приказанского Поволжья. Наиболее известным из них является разрез на правом берегу р. Волги у с. Печищи – стратотип верхнего подъяруса казанского яруса. Эталонные разрезы нижнеказанского подъяруса располагаются в юго-восточной части территории Татарстана и в смежных с ними районах Самарской области в верховьях р. Сок. Оба стратотипа представлены отложениями мелководного замкнутого морского бассейна, испытывавшего время от времени опреснение и осолонение. В восточной части территории Татарстана большая верхняя часть разреза казанского яруса представлена континентальными фациями, так называемой *белебеевской свиты*. В разрезах Волги и Камы на протяжении 200 км наблюдается постепенный переход светло-серых лагунно-морских отложений яруса в серые опресненно-лагунные и далее в красноцветные континентальные образования. Это делает территорию Татарстана потенциально пригодной для создания Национального геологического парка федерального значения (Vdovetz, Silantiev, Mozherin, 2010).

Уржумский ярус широко распространен на территории Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, слагая многие водораздельные пространства (Сунгатуллин, 2007). В западной части территории нижняя граница яруса проводится по литологическому признаку – по смене сероцветных доломитов казанского яруса красноцветными терригенными породами. В восточной части территории нижняя граница уржумского яруса проводится внутри красноцветной континентальной толщи на основании появления в породах характерных видов остракод и двустворок. На территории Татарстана отложения яруса содержат несколько уникальных местонахождений (Ишеево и др.) наземных позвоночных (Геологические памятники..., 2007).

Татарский (верхний) отдел. Северодвинский и вятский ярусы

Татарский отдел пермской системы как отдельный этап исторического развития Земли был установлен в 1886 году известным российским геологом С.Н. Никитиным. Название отдела указывает на то, что его типовые разрезы располагаются на территории Татарстана, где их суммарная мощность достигает 150–200 м.

Отложения отдела представлены пестроцветной (преимущественно красноцветной) континентальной формацией. В нее входят породы, образовавшиеся в речных долинах (песчаники, алевролиты, глины), в крупных бассейнах озерного типа (глины, мергели, известняки), на суше (древние почвы).

Нижняя граница татарского отдела проводится по смене уржумского комплекса остракод, моллюсков, рыб и наземных позвоночных представительной фауной более молодого татарского облика (Геологические памятники..., 2007).

Верхняя часть татарского отдела на территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции размыта в результате длительного перерыва в накоплении осадков: полностью отсутствуют отложения триасовой системы, нижнего отдела юрской системы, ааленского и байосского ярусов среднего отдела юрской системы (длительность перерыва около 80 млн лет). В восточной части территории татарские отложения перекрываются породами четвертичной системы, а в юго-западной – образованиями юрской и меловой систем мезозойской эратемы.

8.4.2. Мезозойская эратема

Мезозойские отложения распространены на юго-западе территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции и представлены отложениями юрской и меловой систем, суммарная мощность которых достигает 300 м. Опорный разрез мезозойских отложений вскрыт и детально изучен в скважине, пробуренной в конце 1990-х годов у с. Татарские Шатрашаны в Дрожжановском районе Татарстана. Интерес к мезозойским отложениям Татарстана обусловлен в значительной мере тем важным обстоятельством, что в непосредственной близости от границ республики располагается один из известнейших разрезов юрской системы планеты – детально изученный лектостратотип волжского (титонского) яруса юрской системы у д. Городищи (Ульяновская область, Ундорский район). В юрских и меловых отложениях Татарстана найдены уникальные остатки головоногих моллюсков, ихтиозавров, плезиозавров, плиозавров, морских крокодилов. Эти находки экспонируются в Геологическом музее Казанского федерального университета, в Музее естественной истории Татарстана в Казанском Кремле (с 2009 г.), в Ундоровском палеонтологическом музее.

Юрская система

(199,6 – 145,5 млн лет)

Юрская система представлена средним (батский и келловейский ярусы) и верхним (оксфордский, кимериджский и волжский ярусы) отделами. Разрез сложен серыми тонкослоистыми глинами и мергелями с подчиненными прослоями алевролитов, песков и горючих

сланцев. Породы содержат линзы фосфоритовых конкреций, кристаллы гипса и пирита. В породах встречаются многочисленные фораминиферы, аммониты, белемниты, кости позвоночных животных.

Меловая система

(145,5 – 65,5 млн лет)

Меловая система представлена нижним (берриасский, готеривский, барремский, аптский и альбский ярусы) и верхним (коньякский, сантонский и кампанский ярусы) отделами. Ярусы нижнего отдела сложены темно-серыми («черными») глинами с прослоями глауконитовых песчаников, линзами желваковых фосфоритов и горючих сланцев. Верхний отдел сложен преимущественно светлоокрашенными породами: мергелями (нередко цеолитсодержащими) с подчиненными прослоями опок и песков, линзами фосфоритовых конкреций. Характерны остатки многочисленных белемнитов и крупных двустворчатых моллюсков рода *Inoceramus*.

8.4.3. Кайнозойская эратема

На территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции кайнозойская эратема представлена отложениями неогеновой и четвертичной (квартер) систем. Это преимущественно континентальные образования, за исключением маломощных морских (солонатоводных) пластов акчагыльского яруса. Перерыв между накоплением осадков мезозойской и кайнозойской эратем составляет около 65 млн лет.

Неогеновая система

(23,03 – 1,806 млн лет)

Неоген в пределах рассматриваемой территории представлен образованиями плиоценового отдела (5,332-2,558 млн лет), включающего породы морского, речного, озерного и болотного происхождения, суммарной мощностью более 300 м. В плиоценовую эпоху начали развиваться долины рек Волги и Камы, стал формироваться современный рельеф территории центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

Плиоценовый отдел включает образования киммерийского, акчагыльского и, возможно, апшеронского ярусов, которые выполняют глубокие врезы в палеоруслах Волги, Камы и их крупных притоков. В западной части территории плиоценовые отложения представлены песками и гравийно-галечными отложениями с прослоями глин; в восточной части территории республики разрез плиоцена, наоборот, преимущественно глинистый, включающий подчиненные прослои алевролитов и песков.

Верхний подотдел плиоцена (главным образом акчагыльский ярус) выходит за пределы врезов древних долин и имеет площадное распространение. В акчагыльских отложениях встречается морская фауна остракод и моллюсков, что связывается с ингрессией на рассматриваемую территорию Каспийского моря (Бутаков, 2003).

Четвертичная система

(1,806 – 0,000 млн лет)

Плащеобразный покров четвертичной системы (с 1998 г. синоним – *квартер*) распространен практически на всей территории центральной части Волго-Уральской нефтегазональной провинции. Исключение составляют лишь крутые склоны речных долин и оврагов, в которых обнажаются более древние «коренные» горные породы.

Четвертичные образования характеризуются большим разбросом мощностей (от дециметров до 120 м), разнообразием литологического и фациального состава, сложностью пространственного залегания геологических тел.

Формирование четвертичных образований зависело от рельефа территории, от состава размываемых пород, от характера тектонических движений и, самое главное, от климатических условий, характеризующихся широким развитием оледенений в средних и северных широтах. Кроме этого, последние столетия развития человеческой цивилизации наложили свой отпечаток на ландшафт территории и характер осадконакопления. Четвертичные отложения представлены исключительно континентальными образованиями: аллювием, элювием, делювием, пролювием; солифлюкционными, эоловыми, озерными и болотными отложениями.

В отложениях четвертичной системы центральной части Волго-Уральской нефтегазональной провинции встречены уникальные местонахождения фауны Ледникового периода – мамонты, шерстистые носороги, благородные олени, бизоны, гиены и др. Их остатки экспонируются в Геологическом музее Казанского федерального университета и Музее естественной истории Татарстана в Казанском Кремле (с 2009 г.).

Заключение

Геология – наука о вечно меняющейся Земле. Это определение подчеркивает сложность изучения нашей планеты, при котором нам следует учитывать разные процессы, меняющиеся вместе с Землей, следует помнить о миллиардах живых существ, населявших и населяющих ее.

Учебное пособие содержит материал, который постепенно усложняется от раздела к разделу. Первые три раздела доступны для студентов первого курса и старшеклассников. Четвертый, пятый, шестой разделы более подходят для студентов второго и третьего курсов, освоивших основные геологические дисциплины и учебные полевые практики. Седьмой раздел, кратко описывающий стратиграфический разрез центральной части Волго-Уральской нефтегазоносной провинции будет полезен выпускникам бакалавриата, занимающимся подготовкой выпускных квалификационных работ. Студенты, которым имеющийся материал кажется недостаточным или устаревшим, могут использовать указанные ниже литературные источники, а также многочисленные научные работы, имеющиеся в традиционных и электронных библиотеках.

Литература

1. Геологические памятники природы Республики Татарстан / под ред. И.А. Ларочкиной; науч. ред. В.В. Силантьев. – Казань: Акварель-Арт. 2007. – 297 с.
2. Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника. – М.: ГЕОС, 2003. – 402 с.
3. Дoplатформенные комплексы нефтегазоносных территорий СССР. – М.: Недра, 1992. – 305 с.
4. *Бутакoв Г.П.* Кайнозой. Неогеновая система / Г.П. Бутакoв // Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника. – М.: ГЕОС, 2003. – С. 227–240.
5. *Корень Т.Н.* Международная стратиграфическая шкала докембрия и фанерозоя: принципы построения и современное состояние / Т.Н. Корень. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. – 40 с.
6. Кристаллический фундамент Татарстана и проблемы его нефтегазоносности / Под ред. Р. Х. Муслимова, Т. А. Лапинской. – Казань: Дента, 1996. – 487 с.
7. *Ситдиков Б.С.* Петрография и строение кристаллического фундамента Татарской АССР / Б.С. Ситдиков. – Казань: Изд-во КГУ, 1968. – 434 с.
8. Состояние изученности стратиграфии докембрия и фанерозоя России. Задачи дальнейших исследований. Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 38. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. – 131 с.
9. Стратиграфическая схема рифейских и вендских отложений Волго-Уральской области. Объяснительная записка / Отв. ред. Е.М. Аксенов, В.И. Козлов. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2000. – 81 с.

10. Стратиграфический кодекс России. Издание пятое / под ред. А. И. Жамойды. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2019. – 96 с.
11. Сунгатуллин Р.Х. Основные черты геолого-геоморфологического строения территории Республики Татарстан. Стратиграфия / Р.Х. Сунгатуллин // Геологические памятники природы Республики Татарстан / Под ред. И.А. Ларочкиной; науч. ред. В.В. Силантьев. – Казань: Акварель-Арт. 2007. – С. 15–19.
12. Тихвинский И.Н. Пермская система. Стратиграфическое расчленение. Нижний отдел / И.Н. Тихвинский // Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника. – М.: ГЕОС, 2003. – С. 130–150.
13. Van Kranendonk M.J. Precambrian / M.J. Van Kranendonk, J. Gehling, G. Shields / J. G. Ogg, G. Ogg and F. Gradstein (eds) // Geologic Time Scale. – Cambridge University Press, 2008. – P. 23–36.
14. Vdovets M.S. A national geopark in the Republic of Tatarstan (Russia): a feasibility study / M.S. Vdovets, V.V. Silantiev, V.V. Mozzherin // Geoheritage. – 2010 – №2(1). – P. 25–37.

Фондовая

15. Козлов В.И. Перспективы нефтегазоносности верхнего докембрия востока Татарстана и смежных территорий / В.И. Козлов. – Уфа: ИГУНЦ РАН, 1999 г.
16. Козлов В.И. Верхний протерозой северо-востока Татарстана и прилегающих районов юга Удмуртии и северо-запада Башкирии: стратиграфия и перспективы нефтегазоносности/ В.И. Козлов. – Уфа: ИГУНЦ РАН, 2001 г.
17. Постников А.В. Петрология, стратиграфия, рифейская тектоника фундамента Татарстана и его воздействие на осадочный чехол. Отчет о НИР Ин-та нефти и газа им. Губкина. – М.: Институт нефти и газа им. Губкина, 1998 г.

Учебное издание

Силантьев Владимир Владимирович
Мифтахутдинова Динара Надировна

Практическая стратиграфия
(на примере центральной части
Волго-Уральской нефтегазоносной провинции)

Учебное пособие