

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Г. Ю. Пономарёва, И. Я. Илалтдинов

# ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ПАЛЕОНТОЛОГИИ

*Допущено методическим советом  
Пермского государственного национального  
исследовательского университета в качестве  
учебно-методического пособия для студентов,  
обучающихся по направлению подготовки бакалавров  
«Геология» и специальности «Прикладная геология»*



Пермь 2022

УДК 551.4/8:556(073.8)

ББК 26.33+28.1я7

П563

**Пономарёва Г. Ю.**

**П563** Историческая геология с основами палеонтологии : учебно-методическое пособие / Г. Ю. Пономарёва, И. Я. Илалтдинов ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Пермь, 2022. – 92 с.

ISBN 978-5-7944-3868-0

Издание включает материалы по дисциплине «Историческая геология с основами палеонтологии», необходимые студентам на практических занятиях, в процессе самостоятельной работы и подготовки к контрольным мероприятиям. В нем изложены вопросы палеонтологии, методы исторической геологии (методы палеогеографии и палеотектоники), содержатся методические рекомендации для макроскопического описания осадочных пород с целью их генетической типизации и характеристики палеогеографической обстановки. В первой части подробно рассмотрена современная Общая стратиграфическая (геохронологическая) шкала с учетом последнего Стратиграфического кодекса России, приведены определения стратонов и соответствующих геохронологических подразделений.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Геология» и специальности «Прикладная геология».

Ил. 86. Библиогр. 27 назв.

*Печатается по решению ученого совета геологического факультета  
Пермского государственного национального исследовательского университета*

*Рецензенты:* отдел геологии и лицензирования управления минеральных ресурсов Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края (начальник отдела **М. А. Лядов**);

канд. геол.-минерал. наук, старший научный сотрудник отдела активной сейсмоакустики ГИ УрО РАН **И. Ю. Герасимова**

ISBN 978-5-7944-3868-0

© ПГНИУ, 2022

© Пономарёва Г. Ю., Илалтдинов И. Я., 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>РАЗДЕЛ I. СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ И ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛЫ .....</b>	<b>5</b>
Глава I. 1. ОБЩАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА.....	5
Глава I. 2. ОБЩАЯ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА .....	10
<b>РАЗДЕЛ II. ПАЛЕОНТОЛОГИЯ.....</b>	<b>12</b>
Глава II. 1. ФОРМЫ СОХРАННОСТИ ИСКОПАЕМЫХ ОРГАНИЗМОВ.....	12
Глава II. 2. СРЕДА ОБИТАНИЯ И ОБРАЗ ЖИЗНИ ОРГАНИЗМОВ (основные термины) .....	15
Глава II. 3. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИСКОПАЕМЫХ ОРГАНИЗМОВ .....	17
Глава II. 4. ЦАРСТВО ЖИВОТНЫЕ. ZOA (ANIMALIA) .....	18
4.1. МИКРОПАЛЕОНТОЛОГИЯ .....	18
4.2. СКЕЛЕТЫ В ВИДЕ КОНИЧЕСКОЙ ТРУБКИ.....	23
4.3. СКЕЛЕТЫ В ВИДЕ КОНИЧЕСКОЙ ТРУБКИ, ЗАВИТОЙ В СПИРАЛЬ.....	30
4.4. СТОРКИ .....	37
4.5. ПАНЦИРИ .....	44
Глава II. 5. НАДЦАРСТВО ДОЯДЕРНЫЕ ОРГАНИЗМЫ. PROCARYOTA.....	49
Глава II. 6. НАДЦАРСТВО ЯДЕРНЫЕ ОРГАНИЗМЫ. EUCARYOTA. ЦАРСТВО РАСТЕНИЯ. RHUTA.....	49
6.1. Подцарство НИЖНИЕ РАСТЕНИЯ. Thallophyta .....	49
6.2. ПОДЦАРСТВО ВЫСШИЕ РАСТЕНИЯ. Telomophyta .....	51
<b>РАЗДЕЛ III. ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОТЕКТНИКА .....</b>	<b>57</b>
Глава III. 1. СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ЛИТОСФЕРЫ ЗЕМЛИ.....	57
Глава III. 2. ТЕКТНИЧЕСКАЯ СХЕМА .....	58
<b>РАЗДЕЛ IV. МЕТОДЫ ИСТОРИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ .....</b>	<b>63</b>
Глава IV. 1. МЕТОДЫ ПАЛЕОГЕОГРАФИИ .....	63
1.1. Генетический анализ осадочных пород («фаций»).....	64
1.2. Генетические признаки морских фаций .....	64
1.3. Генетические признаки переходных фаций .....	68
1.4. Генетические признаки континентальных фаций.....	70
Глава IV. 2. МАКРОСКОПИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД.....	74
2.1. Классификация и определение названия осадочных пород.....	74
2.2. Цвет.....	78
2.3. Структура.....	79
2.4. Вторичные изменения, примеси .....	81
2.5. Текстура .....	83
2.6. Плотность.....	87
2.7. Включения .....	87
2.8. Органические остатки.....	87
2.9. Примеры описания осадочных горных пород.....	87
Глава IV. 3. МЕТОДЫ ПАЛЕОТЕКТНИКИ .....	88
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>91</b>

## ВВЕДЕНИЕ

«Историческая геология с основами палеонтологии» относится к разряду фундаментальных учебных дисциплин геологического цикла высшего образования. Преподавание исторической геологии опирается на знания, полученные студентами в курсах общей геологии и минералогии. Одновременно историческая геология служит основой для освоения дисциплин «Геотектоника» и «Геология России».

Настоящее учебное пособие основано на многолетнем опыте преподавания дисциплины в Пермском госуниверситете, включает авторские материалы, а также некоторые методические приемы в построении курса палеонтологии профессора кафедры региональной и нефтегазовой геологии В.П. Ожгибесова, которому авторы искренне благодарны. Кроме этого, в тектоническом разделе используется тектоническая схема В.П. Ожгибесова с небольшими изменениями Г.Ю. Пономаревой.

Дисциплина включает в себя следующие разделы: палеонтология, методы исторической геологии, строение и закономерности развития Земли, особенности догеологического и геологического этапов, отдельных тектонических циклов развития Земли. Авторы не ставят целью осветить все разделы и аспекты исторической геологии. Учебное пособие включает материалы, используемые студентами на практических занятиях, в процессе самостоятельной работы и подготовки к контрольным мероприятиям. Для облегчения восприятия материалов хорошо структурирован, содержит множество схем и рисунков, выделены ключевые понятия, диагностические признаки.

Историческая геология читается студентам геологического факультета ПГНИУ на втором году обучения. Однако глава «Методы палеогеографии» подразумевает знание литологии, выходящей за рамки второго курса. По этой причине пособие содержит методические рекомендации для макроскопического описания осадочных пород с целью их генетической типизации и характеристики палеогеографической обстановки. Соответствующая глава написана доцентом кафедры минералогии и петрографии ПГНИУ И.Я. Илалтдиновым. Остальные главы составлены старшим преподавателем кафедры региональной и нефтегазовой геологии Г.Ю. Пономаревой.

## РАЗДЕЛ I. СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ И ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛЫ

Общая стратиграфическая шкала (ОСШ) в принципиальной основе была принята на II сессии Международного геологического конгресса (Болонья, Италия) в 1881 г. Решением этого конгресса утвержден дуализм шкалы, после чего официальный статус получили субстратные «стратиграфические подразделения» и эквивалентные им временные «геохронологические подразделения». Данные категории используются до настоящего времени и поддерживаются отечественными стратиграфическими кодексами и международными стратиграфическими справочниками. Стратиграфическая и геохронологическая шкала близки и адекватны друг другу, поэтому обычно их делают совмещенными. В этих случаях обычный текст относится к стратиграфической шкале, а текст в скобках – к геохронологической. Практически все стратиграфические (геохронологические) подразделения крупнее яруса (века) имеют единые международные наименования. Шкала служит для естественной периодизации истории Земли ([vsegei.ru/ru/info/stratigraphy/stratigraphic\\_scale/str\\_scale5\\_preview.jpg](http://vsegei.ru/ru/info/stratigraphy/stratigraphic_scale/str_scale5_preview.jpg)).

### Глава I. 1. ОБЩАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА

ОСШ утверждается Межведомственным стратиграфическим комитетом России и обязательна для использования в Российской Федерации.

**Общая стратиграфическая шкала** – совокупность общих стратиграфических подразделений, расположенных в порядке их стратиграфической последовательности и таксономической подчиненности (Стратиграфический кодекс России, 2019). Общие стратиграфические подразделения (стратона) имеют потенциально планетарное распространение. ОСШ синонимизируется с понятием «сводный разрез стратисферы», является субстратной конструкцией. Стратиграфические подразделения ОСШ обозначаются индексами.

Таксономическая шкала общих стратиграфических подразделений состоит из 7 единиц (табл. 1, 2).

Таблица 1

#### Соотношение подразделений Общей стратиграфической и геохронологической шкалы

Ранг	Общая стратиграфической шкала	Общая геохронологическая шкала
1	Акротема	Акрон
2	Эонотема	Эон
3	Эратема	Эра
4	Система	Период
5	Отдел	Эпоха
6	Ярус	Век
7	Хронозона	Фаза

- Общая стратиграфическая единица любого ранга представляет собой совокупность (толщу) горных пород, как слоистых, так и неслоистых, которая сформировалась в течение определенного интервала геологического времени. Названия акро-, эоно- и эратем отражают их относительную древность, соответствие важнейшим этапам геологического развития Земли и жизни на ней. Употребляются сокращенные названия акро-, эоно- и эратем: архей, протерозой, фанерозой, палеозой и т. д.

1. Акротема – толща горных пород, сформировавшихся за акрон, то есть примерно за 2 миллиарда лет. В ОСШ имеются только две акротемы – архейская и протерозойская. Символ (индекс) названия стратона образуется из двух букв латинского алфавита – первой и ближайшей к ней согласной (AR, PR).

## Общая стратиграфическая шкала (акротема–отдел)

Акротема	Эонотема		Эратема		Система	Отдел
	Фанерозойская <b>РН</b>	Кайнозойская <b>KZ</b>	Мезозойская <b>MZ</b>		Четвертичная (квартер) <b>Q</b>	Голоцен <b>Q<sub>h</sub></b>
					Неогеновая <b>N</b>	Плейстоцен <b>Q<sub>p</sub></b>
						Плиоцен <b>N<sub>2</sub></b>
						Миоцен <b>N<sub>1</sub></b>
					Палеогеновая <b>P</b>	Олигоцен <b>P<sub>3</sub></b>
						Эоцен <b>P<sub>2</sub></b>
						Палеоцен <b>P<sub>1</sub></b>
					Меловая <b>K</b>	Верхний <b>K<sub>2</sub></b>
						Нижний <b>K<sub>1</sub></b>
					Юрская <b>J</b>	Верхний <b>J<sub>3</sub></b>
						Средний <b>J<sub>2</sub></b>
						Нижний <b>J<sub>1</sub></b>
					Триасовая <b>T</b>	Верхний <b>T<sub>3</sub></b>
						Средний <b>T<sub>2</sub></b>
						Нижний <b>T<sub>1</sub></b>
		Палеозойская <b>PZ</b>	Верхнепалеозойская <b>PZ<sub>2</sub></b>	Пермская <b>P</b>	Верхний (татарский) <b>P<sub>3</sub></b>	
					Средний (биармийский) <b>P<sub>2</sub></b>	
					Нижний (приуральский) <b>P<sub>1</sub></b>	
				Каменноугольная <b>C</b>	Верхний <b>C<sub>3</sub></b>	
					Средний <b>C<sub>2</sub></b>	
					Нижний <b>C<sub>1</sub></b>	
				Девонская <b>D</b>	Верхний <b>D<sub>3</sub></b>	
					Средний <b>D<sub>2</sub></b>	
					Нижний <b>D<sub>1</sub></b>	
			Нижнепалеозойская <b>PZ<sub>1</sub></b>	Силурийская <b>S</b>	Пржидольский <b>S<sub>2</sub><sup>2</sup></b>	
					Лудловский <b>S<sub>2</sub><sup>1</sup></b>	
					Венлокский <b>S<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	
					Лландоверийский <b>S<sub>1</sub><sup>1</sup></b>	
				Ордовикская <b>O</b>	Верхний <b>O<sub>3</sub></b>	
					Средний <b>O<sub>2</sub></b>	
					Нижний <b>O<sub>1</sub></b>	
				Кембрийская <b>Є</b>	Верхний <b>Є<sub>3</sub></b>	
					Средний <b>Є<sub>2</sub></b>	
					Нижний <b>Є<sub>1</sub></b>	
Протерозойская <b>PR</b>	Верхнепротерозойская	Рифейская <b>RF</b>	Верхнерифейская (каратавий) <b>RF<sub>3</sub></b>			
					Среднерифейская (юрматиний) <b>RF<sub>2</sub></b>	
	Нижнепротерозойская (карельская) <b>PR<sub>1</sub></b>	Верхнекарельская <b>KR<sub>2</sub></b>				
				Нижнекарельская <b>KR<sub>1</sub></b>		
	Верхнеархейская (лопийская) <b>AR<sub>2</sub></b>					
			Среднеархейская <b>AR<sub>2</sub></b>			
Нижнеархейская (саамская) <b>AR<sub>1</sub></b>						
		Верхнеархейская (лопийская) <b>AR<sub>2</sub></b>				
				Среднеархейская <b>AR<sub>2</sub></b>		
Нижнеархейская (саамская) <b>AR<sub>1</sub></b>						

2. Эонотема – толща горных пород, сформировавшихся за эон, то есть примерно за 1 миллиард лет. Выделяют пять эонотем. В настоящее время архей и протерозой подразделяются на две эонотемы, они называются по их относительному положению в акротеме – нижняя и верхняя. Индекс (цифра более мелкого шрифта) присоединяется справа внизу к буквенному индексу акротемы. Эонотемы (снизу вверх, в исторической последовательности): нижнеархейская (AR<sub>1</sub>), верхнеархейская (AR<sub>2</sub>), нижнепротерозойская (PR<sub>1</sub>), верхнепротерозойская (PR<sub>2</sub>) и фанерозойская (РН). Формирование фанерозойской эонотемы еще не закончилось и продолжается в наше время. Следует обратить внимание на наличие в ОСШ еще одной эонотемы, которая не бросается в глаза и входит в состав верхнепротерозойской эонотемы, – рифейской (RF). Таким образом, верхнепротерозойская эонотема включает в себя рифейскую эонотему и вендскую систему. Индексы рифейской эонотемы образуются из двух букв латинского алфавита – первой и ближайшей к ней согласной.

3. Эратема – толща горных пород, сформировавшихся за эру, то есть за сотни миллионов лет. В фанерозойской эонотеке выделяются три эратемы: палеозойская (PZ), мезозойская (MZ) и кайнозойская (KZ). Самая большая палеозойская эратема делится еще на две эратемы: нижнепалеозойскую (PZ<sub>1</sub>) и верхнепалеозойскую (PZ<sub>2</sub>). Индекс стратона образуется из двух букв латинского алфавита – начальных букв каждой части сложного наименования.

4. Система – толща горных пород, сформировавшихся за период, то есть за десятки миллионов лет. В четырех эратамах фанерозоя выделяют 12 систем. Вендской системой завершается верхний протерозой. Название системы образуется из географического или этнического названия района ее широкого распространения или нахождения типовых разрезов. Индекс системы образуется из одной прописной буквы латинского алфавита. Две пары систем начинаются на одинаковую латинскую букву – кембрийская и каменноугольная, пермская и палеогеновая. В этом случае действует право приоритета, сохраняющее первоначальное название стратона, помещенное его автором в первой публикации. На этом основании к индексам систем, название которых опубликовано позднее, добавляется черточка: Ё (латинская «С» с черточкой) – кембрийская система и Р (латинская «Р» с черточкой) – палеогеновая система.

5. Отдел – толща горных пород, сформировавшихся за эпоху, продолжительность эпох составляет десятки миллионов лет (во всяком случае, больше десяти миллионов лет). Каждая система включает два или три отдела, за исключением силурийской системы, содержащей четыре отдела. Отделы получают названия по их относительному положению в системе: *нижний, средний, верхний* при трехчленном делении и *нижний, верхний* при двухчленном делении. В некоторых системах (силурийская, пермская, палеогеновая, неогеновая, четвертичная) применяются собственные наименования отделов (табл. 2). Индекс стратона (цифра, более мелкого шрифта) присоединяется справа к буквенному индексу системы. В четвертичной системе для обозначения отделов используются буквы латинского алфавита, которые присоединяются справа внизу к индексу квартала (Q<sub>p</sub> – плейстоцен, Q<sub>h</sub> – голоцен).

6. Ярус – основная таксономическая единица ОСШ, имеющая эталонные разрезы (стратотип и лимитотип). Он представляет собой толщу горных пород, сформировавшихся за век, продолжительность которого составляет несколько миллионов лет (табл. 3). Отделы включают от 2 до 6 ярусов. Названия стратонов производятся от наименования географических объектов, на территории которых находятся эталонные разрезы. Символ яруса строится следующим образом. Справа к индексу отдела прибавляется начальная буква латинизированного названия яруса. Если в системе названия нескольких ярусов начинаются с одинаковой буквы, то к начальной букве добавляется ближайшая согласная. В индексах ярусов неогеновой системы кайнозоя допускается использование трех букв латинизированного названия (N<sub>imes</sub> – мессинский ярус миоцена).

## Общая стратиграфическая шкала (эратема–ярус)\*

Эратема	Система	Отдел	Ярус
Кайнозойская KZ	Четвертичная (квартер) Q	Голоцен Q <sub>h</sub>	
		Плейстоцен Q <sub>p</sub>	Неоплейстоцен
			Эоплейстоцен
			Гелазский
	Неогеновая N	Плиоцен N <sub>2</sub>	Пьяченцкий
			Занклский
		Миоцен N <sub>1</sub>	Мессинский
			Тортонский
			Серравальский
			Лангийский
			Бурдигальский
			Аквитанский
	Палеогеновая P	Олигоцен P <sub>3</sub>	Хаттский
			Рюпельский
		Эоцен P <sub>2</sub>	Приабонский
			Бартонский
			Лютетский
			Ипрский
		Палеоцен P <sub>1</sub>	Танетский
			Зеландский
			Датский
Мезозойская MZ	Меловая K	Верхний K <sub>2</sub>	Маастрихтский
			Кампанский
			Сантонский
			Коньякский
			Туронский
			Сеноманский
		Нижний K <sub>1</sub>	Альбский
			Аптский
			Барремский
			Готеривский
			Валанжинский
			Берриасский
	Юрская J	Верхний J <sub>3</sub>	Титонский
			Кимериджский
			Оксфордский
		Средний J <sub>2</sub>	Келловейский
			Батский
			Байосский
			Ааленский
		Нижний J <sub>1</sub>	Тоарский
			Плинсбахский
			Синемюрский
			Геттангский
	Триасовая T	Верхний T <sub>3</sub>	Рэтский
			Норийский
			Карнийский
		Средний T <sub>2</sub>	Ладинский
			Анизийский
		Нижний T <sub>1</sub>	Оленёкский
			Индский

Эратема	Система	Отдел	Ярус
Палеозойская PZ	Верхнепалеозойская PZ <sub>2</sub>	Верхний (татарский) P <sub>3</sub>	Вятский
			Северодвинский
		Средний (биармийский) P <sub>2</sub>	Уржумский
			Казанский
		Нижний (приуральский) P <sub>1</sub>	Уфимский
			Кунгурский
			Артинский
			Сакмарский
			Ассельский
		Верхний C <sub>3</sub>	Гжельский
			Касимовский
		Средний C <sub>2</sub>	Московский
			Башкирский
		Нижний C <sub>1</sub>	Серпуховский
			Визейский
			Турнейский
	Девонская D	Верхний D <sub>3</sub>	Фаменский
			Франский
		Средний D <sub>2</sub>	Живетский
			Эйфельский
		Нижний D <sub>1</sub>	Эмский
			Пражский
			Лохковский
	Нижнепалеозойская PZ <sub>1</sub>	Силурийская S	Пржидольский S <sub>2</sub> <sup>2</sup>
			Лудловский S <sub>2</sub> <sup>1</sup>
			Лудфордский
			Горстийский
		Венлокский S <sub>1</sub> <sup>2</sup>	Гомерский
			Шейнвудский
		Лландоверийский S <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Теличский
			Аэронский
			Рудданский
		Ордовикская O	Хирнантский
			Катийский
			Сандбийский
			Дарривильский
			Дэпинский
		Нижний O <sub>1</sub>	Флоский
			Тремадокский
			Батырбайский
		Верхний Є <sub>3</sub>	Аксайский
			Сакский
		Средний Є <sub>2</sub>	Аюсокканский
			Майский
			Амгинский
		Нижний Є <sub>1</sub>	Тойонский
			Ботомский
			Атдабанский Є <sub>1</sub>
			Томмотский Є <sub>1</sub> t

\*Ярусная шкала дана по Стратиграфическому кодексу России, 2019

7. Хронозона – наименьшее подразделение ОСШ, имеющее планетарное распространение. В абсолютном большинстве случаев они выделяются палеонтологическим методом по первому появлению палеонтологического вида-маркера с установленными эволюционными связями. Хронозона имеет стратотип. Геохронологическим эквивалентом является фаза.

## Глава I. 2. ОБЩАЯ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА

**Общая геохронологическая шкала** – последовательный ряд геохронологических эквивалентов общих стратиграфических подразделений (табл. 4).

Таблица 4

**Общая геохронологическая шкала (акрон-эпоха)**

Акрон	Эон		Эра		Период	Эпоха		
	Фанерозойский РН		Кайнозойская  KZ		Четвертичный (квартер) Q	Голоцен Q <sub>h</sub>		
						Неогеновый N	Плейстоцен Q <sub>p</sub>	
							Плиоцен N <sub>2</sub>	
					Миоцен N <sub>1</sub>			
					Палеогеновый P	Олигоцен P <sub>3</sub>		
						Эоцен P <sub>2</sub>		
						Палеоцен P <sub>1</sub>		
					Мезозойская  MZ		Меловой K	Поздняя K <sub>2</sub>
								Ранняя K <sub>1</sub>
			Юрский J	Поздняя J <sub>3</sub>				
				Средняя J <sub>2</sub>				
				Ранняя J <sub>1</sub>				
			Триасовый T	Поздняя T <sub>3</sub>				
				Средняя T <sub>2</sub>				
				Ранняя T <sub>1</sub>				
			Палеозойская PZ				Позднепалеозойская PZ <sub>2</sub>	Пермский P
					Средняя P <sub>2</sub>			
					Ранняя P <sub>1</sub>			
					Каменноугольный C	Поздняя C <sub>3</sub>		
						Средняя C <sub>2</sub>		
						Ранняя C <sub>1</sub>		
					Девонский D	Поздняя D <sub>3</sub>		
						Средняя D <sub>2</sub>		
						Ранняя D <sub>1</sub>		
					Раннепалеозойская PZ <sub>1</sub>	Силурийский S	Пржидольская S <sub>2</sub> <sup>2</sup>	
							Лудловская S <sub>2</sub> <sup>1</sup>	
							Венлокская S <sub>1</sub> <sup>2</sup>	
							Лландоверийская S <sub>1</sub> <sup>1</sup>	
						Ордовикский O	Поздняя O <sub>3</sub>	
							Средняя O <sub>2</sub>	
						Ранняя O <sub>1</sub>		
			Кембрийский E	Поздняя E <sub>3</sub>				
				Средняя E <sub>2</sub>				
				Ранняя E <sub>1</sub>				
Протерозой- ский  PR	Позднепротеро- зойский  PR <sub>2</sub>	Рифейский RF	Позднерифейская (каратавий) RF <sub>3</sub>		Вендский V	Поздняя V <sub>2</sub>		
			Среднерифейская (юрматиний) RF <sub>2</sub>			Ранняя V <sub>1</sub>		
			Раннерифейская (бурзяний) RF <sub>1</sub>					
		Раннепротеро- зойский (карельский) PR <sub>1</sub>	Позднекарельская KR <sub>2</sub>					
			Раннекарельская KR <sub>1</sub>					
	Архейский AR	Позднеархейский (лопийский) AR <sub>2</sub>	Позднелопийская LP <sub>3</sub>					
			Среднелопийская LP <sub>2</sub>					
			Раннелопийская LP <sub>1</sub>					
		Раннеархейский (саамский) AR <sub>1</sub>						

**Геохронологические подразделения** – это интервалы геологического времени, в течение которых сформировались соответствующие стратиграфические подразделения. К единицам геохронологической шкалы следует обращаться в тех случаях, когда речь идет о геологических, палеонтологических событиях и процессах. Под хронологией понимают не исчисление времени годами и столетиями, а расчленение, вытекающее из содержания исторического процесса (Шиндевольф, 1975). Геохронологическая шкала отражает порядок свершения тех событий, которые используются в стратиграфии. Реальные геологические тела всегда содержат признаки, отражающие следы определенных обстановок и событий прошлого.

Иерархия геохронологических подразделений соответствует их продолжительности (оценивается в современных годах). Индексы каждой единицы Общей геохронологической шкалы тождественны индексам соответствующих стратонов.

1. Акрон (греч. ἄκρος – верхний, крайний) – самое крупное геохронологическое подразделение, соответствует временному интервалу длительностью около двух миллиардов лет. Начало геологической истории Земли, датированной горными породами, оценивается в 4,0 млрд лет. Акроны имеют аналогичные акротемам названия – архейский (AR) и протерозойский (PR).

2. Эон (греч. αἰών – век, эпоха, вечность) – часть акрона, время образования эонотемы, соответствует временному интервалу около 1 млрд лет. Фанерозойский эон продолжается в наши дни, его продолжительность оценивается в 541,0 млн лет. Эонов пять, их название формируются по времени следования в акроне: *ранний* и *поздний*.

3. Эра – время образования эратемы, длительность формирования существующих в ОСШ эратем составляет 122–289 млн лет. Эры имеют аналогичные эратемам названия. Палеозойская эра делится на раннепалеозойскую и позднепалеозойскую эры.

4. Период – время формирования системы. Продолжительность периодов составляет 20,4–79,0 млн лет. Периоды имеют аналогичные системам названия и индексацию.

5. Эпоха – часть периода, время формирования отдела. Длительность эпох составляет 2,75–44,5 млн лет. Каждый период включает две или три эпохи, за исключением силурийского периода, содержащего четыре эпохи. Эпохи получают названия по их времени следования в периоде: *ранняя*, *средняя*, *поздняя* при трехчленном делении и *ранняя* и *поздняя* при двухчленном делении периода. В силурийском, пермском, палеогеновом, неогеновом, четвертичном периодах применяются собственные наименования эпох (табл. 4).

6. Век – время формирования яруса, длительность формирования ярусов составляет 1,02–18,5 млн лет. Названия веков аналогичны наименованиям ярусов.

7. Фаза – время формирования хронозоны.

#### *Рекомендации студентам*

Шкала заучивается в исторической последовательности, снизу вверх. Причем нужно знать не только перечень стратиграфических и геохронологических подразделений шкалы, но и уметь объяснить сущность любого подразделения (к примеру, нужно понимать, что такое период, система, нижний или верхний отдел какой-либо системы; отличать стратиграфические подразделения от геохронологических). Преподаватель проводит опрос каждого студента в устной форме. Индексы стратиграфических (геохронологических) подразделений от акротемы (акрона) до отдела (эпохи) спрашиваются в письменной форме.

## РАЗДЕЛ II. ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

Палеонтология изучает органический мир прошлых геологических эпох. Объектами исследования являются любые ископаемые органические остатки. Для освоения дисциплины «Историческая геология» выбраны такие таксоны организмов (типы, классы, отряды), которые имеют наибольшее геологическое значение. Изучаемые организмы относятся к трем царствам: Животные, Цианобактерии, Растения.

Каждая тема (глава) этого раздела включает группы организмов с внешне похожими скелетами, имеющими близкие диагностические признаки. Студенты должны научиться обоснованно различать скелеты конвергентно сходных организмов. Успешное освоение этого раздела предполагает знание Общей геохронологической шкалы от акронов до эпох.

### Глава II. 1. ФОРМЫ СОХРАННОСТИ ИСКОПАЕМЫХ ОРГАНИЗМОВ

Палеонтология изучает любые ископаемые органические остатки. Общими терминами для них являются «окаменелости» = «ископаемые» = «фоссилии».






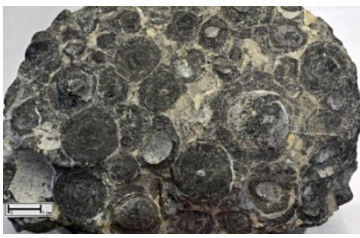
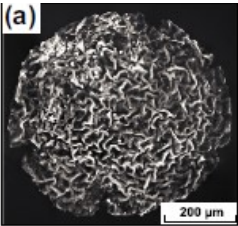
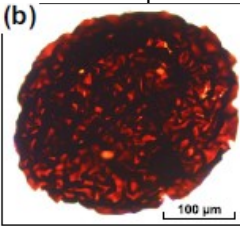
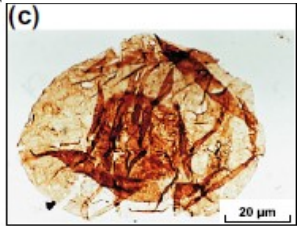
По степени полноты и специфики сохранности существуют следующие классификации ископаемых (табл. 5).

Таблица 5

**Классификация форм сохранности ископаемых организмов**

Современная классификация	Классификация, принятая в настоящей работе
<b>СУБФОССИЛИИ</b> (лат. <i>sub</i> – под, почти)	<p><b>I. Полностью сохранившийся скелет и мягкое тело – консервация.</b> Форма сохранности характерна для четвертичной системы (Q). <i>Консерванты: вечная мерзлота, битумы, эоловые пески, вулканический пепел, лава, торфяники, янтарь (условно).</i></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <p>Полностью сохранившееся тело мамонтенка</p> <p>Насекомые в янтаре</p> </div>
<b>ЭУФОССИЛИИ</b> (греч. <i>eu</i> – настоящий)	<p><b>II. Сохранившийся скелет (мягкие ткани отсутствуют).</b> Мягкое тело подвергается деструкции хищниками, падальедами, за счет бактериального, грибкового и прочего вмешательства.</p> <p><b>1. Неизменный скелет.</b> Форма сохранности характерна для четвертичной системы (Q). Отсутствуют следы фоссилизации: скелет легкий, пористый, сохранена прижизненная окраска.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <p>Раковины двусторчатых моллюсков</p> <p>Череп кошки</p> </div>

Современная классификация	Классификация, принятая в настоящей работе
ЭУФОССИЛИИ	<p><b>2. Измененный скелет:</b></p> <p>а) <b>окаменение</b> (окаменевший скелет), минеральный состав скелета не меняется, меняется кристаллическая решетка – скелет тяжелый, неокрашенный <math>\text{CaCO}_3</math> (арагонит) → <math>\text{CaCO}_3</math> (кальцит);</p> <div data-bbox="528 405 852 629">  </div> <div data-bbox="491 629 884 656">Окаменевший панцирь трилобита</div> <div data-bbox="1054 405 1318 629">  </div> <div data-bbox="978 629 1390 656">Окаменевшие раковины аммонитов</div> <p>б) <b>обугливание</b> (обугленный скелет) характерно для скелетов первично органического состава (целлюлоза, хитин, роговое вещество);</p> <div data-bbox="544 752 836 958">  </div> <div data-bbox="504 958 873 1016">Обугленный хитиновый покров насекомого</div> <div data-bbox="1034 752 1342 981">  </div> <div data-bbox="965 981 1404 1010">Обугленный лист наземного растения</div> <p>в) <b>псевдоморфозы</b> образуются при замещении первичного минерального вещества скелета другим минералом:  <math>\text{CaCO}_3</math> (кальцит) → <math>\text{SiO}_2</math> (халцедон) – окремнение; <math>\text{CaCO}_3</math> (кальцит) → <math>\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}</math> (гематит, лимонит) – ожелезнение; <math>\text{CaCO}_3</math> (кальцит) → <math>\text{FeS}_2</math> (пирит) – пиритизация.</p> <div data-bbox="531 1238 828 1507">  </div> <div data-bbox="451 1507 904 1536">Пиритизированная раковина аммонита</div> <div data-bbox="976 1238 1377 1507">  </div> <div data-bbox="1026 1507 1319 1536">Окремненные криноидеи</div>
	<p><b>III. Скелет и мягкое тело отсутствуют.</b></p> <p><b>1. Отпечаток</b> – уплощенный оттиск на поверхности осадка от организма или его скелета: а) отпечатки мягкого тела; б) отпечатки скелета.</p> <div data-bbox="440 1693 675 1906">  </div> <div data-bbox="448 1906 667 1962">Отпечатки мягкого тела вендобии</div> <div data-bbox="703 1693 919 1906">  </div> <div data-bbox="746 1906 869 1962">Отпечатки растений</div> <div data-bbox="938 1693 1160 1906">  </div> <div data-bbox="943 1906 1166 1962">Отпечаток пигидия трилобита</div> <div data-bbox="1198 1711 1406 1883">  </div> <div data-bbox="1185 1883 1417 1942">Отпечаток раковины аммонита</div>

Современная классификация	Классификация, принятая в настоящей работе
	<p><b>2. Ядра</b> – объемные слепки организмов или их скелетов.</p> <p>а) <b>внутреннее ядро</b> образуется за счет заполнения породой внутренних полостей скелета (внутренние ядра гладкие, имеются отпечатки внутренних элементов строения).</p>  <p>Внутреннее ядро раковины аммонита</p> <p>б) <b>внешнее ядро</b> образуется сложнее: заключенный в породе скелет растворяется, образовавшаяся полость заполняется рыхлым осадком (внешнее ядро шероховатое, ребристое, отражает наружную скульптуру скелета).</p>  <p>Внешнее ядро (слепок) раковины аммонита</p>
<p><b>ИХНОФОССИЛИИ</b> (греч. <i>ichnos</i> – след)</p>	<p><b>3. Следы жизнедеятельности</b> – следы ползания, зарывания, поедания грунта, сверления (оставляют черви, моллюски, губки), следы передвижения позвоночных.</p>  
<p><b>КОПРОФОССИЛИИ</b> (греч. <i>kopros</i> – помет, навоз)</p>	<p><b>4. Продукты жизнедеятельности</b> – продукты пищеварения илоедов, позвоночных животных. Процесс переработки осадка илоедами называется <i>биотурбация</i>. К этой форме сохранности относятся продукты жизнедеятельности бактерий и цианобактерий. Бактерии участвуют в образовании железных руд, графита, серы, нефти, газа и др. Цианобактерии образуют известковые слоистые постройки <i>строматолиты</i> и <i>онколиты</i>.</p>  <p>Строматолиты</p>  <p>Онколиты</p>
<p><b>ХЕМОФОССИЛИИ</b> (греч. <i>chemie</i> – химия)</p>	<p>Ископаемые молекулы бактериального, цианобактериального, растительного и животного происхождения.</p>    <p>Cryogenian microfossils: a) <i>Cerebrosphaera buickii</i> from Svanbergfjellet Formation; b) <i>Cerebrosphaera buickii</i> from the Hussar Formation; c) <i>Leiosphaeridia crassa</i> from the Kanpa Formation, Officer Basin, Australia (The Geologic Time Scale 2012)</p>

## Глава II. 2. СРЕДА ОБИТАНИЯ И ОБРАЗ ЖИЗНИ ОРГАНИЗМОВ (основные термины)

Среда обитания организмов представлена водным и наземным пространствами.

**Водная среда обитания.** Основная среда обитания организмов на протяжении более 4 млрд лет. Водные бассейны состоят из двух частей (рис. 1): 1) дно – бенталь; 2) толща воды – пелагиаль.

Бенталь			Пелагиаль
			
Литораль, отлив	Шельф	Ложе океана	

Рис. 1. Водная среда обитания организмов

Относительно этих составляющих выделяются две группы организмов: 1) бентос – донные организмы; 2) пелагические организмы живут в толще воды.

Основные группы бентоса: *подвижный, прикрепленный, свободнолежащий, зарывающийся, сверлящий* (рис. 2).

Подвижный бентос	Прикрепленный бентос		Зарывающийся	Свободнолежащий	Сверлящий
					
Морской еж	Коралловые полипы	Морская лилия	Беззамковая брахиопода	Двустворчатый моллюск	Красная сверлящая губка

Рис. 2. Основные группы бентоса

Основные группы пелагических форм: *планктон, нектон, псевдопланктон* (рис. 3).

- Планктон – организмы, свободно парящие в воде, находятся в пелагиали во взвешенном состоянии. Удельный вес таких организмов меньше удельного веса воды. Могут передвигаться самостоятельно с помощью жгутиков, ресничек и других приспособлений.

- Нектон – активно плавающие организмы, неспособные к парению в воде без дополнительных усилий. Удельный вес таких организмов больше удельного веса воды.

- Псевдопланктон – сидячие организмы, прикрепляющиеся к плавающим предметам или другим планктонным формам.


Нектон			Планктон	Псевдопланктон
				
Головоногие моллюски	Рыбы	Млекопитающие	Граптолиты	Морские утки (рачки) крепятся к плавающим предметам

Рис. 3. Примеры пелагических организмов

Главные физические факторы среды обитания организмов: соленость бассейна, глубина, температура. Относительно солености выделяются следующие категории бассейнов: гиперсоленые ( $> 40\%$ ), нормальносоленые ( $34\text{--}40\%$ ), солоноватые ( $< 34\%$ ) и пресноводные ( $< 0,5\%$ ).

По отношению к условиям обитания выделяют две группы организмов (табл. 6):  
1) *эврибионтные* – приспособлены к широкому диапазону колебаний факторов среды;  
2) *стенобионтные* – приспособлены к очень узкому диапазону колебаний факторов среды.

Таблица 6

### Отношение организмов и среды обитания

Фактор среды	Стенобионтные организмы	Эврибионтные организмы
Соленость ( <i>halos</i> – соль)	стеногалинные	эвригалинные
Глубина ( <i>bathos</i> – глубина)	стенобатные	эврибатные
Температура ( <i>termos</i> – тепло)	стенотермные	эвритермные

Стеногалинные организмы являются индикаторами морских бассейнов нормальной солености ( $34\text{--}40\%$ ): коралловые полипы, фузулиниды, нуммулитиды, археоциаты, трилобиты, замковые брахиоподы, иглокожие.

Остатки стенотермных организмов показывают тропический климат: колониальные кораллы, фузулиниды, нуммулитиды, археоциаты.

Стенобатные организмы обитают на определенной глубине. Индикаторы глубины 20–50 м (мелкий шельф): водоросли, колониальные кораллы, археоциаты, фузулиниды и нуммулитиды. Ниже 50 м резко сокращается освещенность морского дна.

**Наземная среда обитания** составляет 29% поверхности Земли, подвержена солнечной радиации. Характерны резкие колебания физико-географических факторов. Освоение суши началось в середине силурийского периода. В девоне на сушу выходят ракоскорпионы и некоторые кистеперые рыбы. Наземные организмы обитают на поверхности земли, в почве, в воздушной среде (рис. 4); в наземных пресноводных водоемах (рис. 5). Воздушная среда является временной средой обитания организмов.

Наземное и водное пространство подчиняются климатической зональности. В настоящее время выделяются следующие широтные климатические зоны: тропическая (включая экваториальную), субтропическая, умеренная, полярная.

На поверхности земли			Воздушная среда	
				
Высшие растения	Брюхоногие моллюски	Наземные позвоночные	Насекомые	Птицы

Рис. 4. Примеры организмов, обитающих на суше

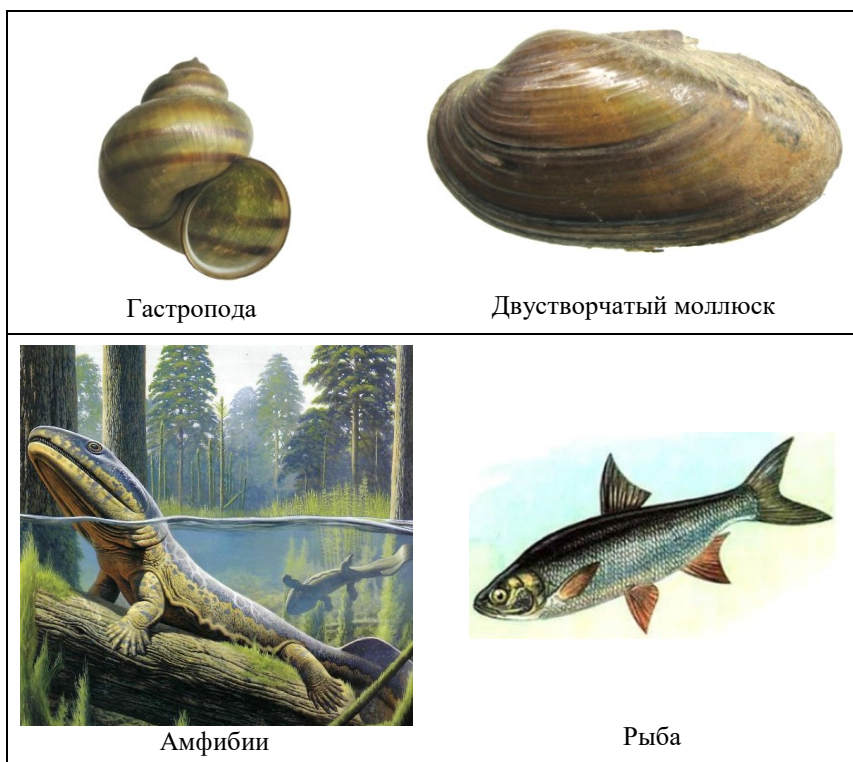


Рис. 5. Примеры организмов, обитающих в пресных водоемах

## Глава II. 3. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИСКОПАЕМЫХ ОРГАНИЗМОВ

1. **Стратиграфическое значение.** Зная время существования организмов, можно определить возраст породы, содержащей их остатки. Наибольшее стратиграфическое значение имеют организмы с высокими темпами эволюции и быстро расселяющиеся по поверхности Земли (с широким географическим распространением). К таковым относятся **пелагические организмы** (стеногалинный планктон и нектон): головоногие моллюски, граптолиты, конодонты, планктонные водоросли (рис. 6).

Граптолиты	Головоногие моллюски	Конодонты	Наннопланктон
		 Конодонтовое животное 	 Водоросли Кокколитофориды  Диатомовые водоросли

Рис. 6. Примеры организмов с высоким стратиграфическим значением

2. **Фациальное значение.** Зная условия существования и образ жизни организмов, можно определить условия образования породы, содержащей их остатки, и палеогеографическую обстановку. Наибольшее фациальное значение имеет морской бентос, так как он захороняется на месте обитания, поэтому остатки бентосных форм точно показывают палеогеографическую обстановку. Условия обитания совпадают с условиями захоронения. Наибольшее фациальное значение в этой связи имеют стенобионтные бентосные организмы, показывающие соленость, глубину и температуру бассейнов: колониальные кораллы, археоциаты, фузулиниды, нуммулитиды (рис. 7).

Пелагические организмы живут в толще воды, чаще в эвфотической зоне моря, после смерти опускаются на дно бассейна. Глубина захоронения может быть разная – от литорали до абиссали. Их условия обитания не соответствуют условиям захоронения.



Рис. 7. Примеры организмов с высоким фаціальным значенням

**3. Пороодообразующее значение.** Организмы участвуют в биогенном осадконакоплении. Осадки превращаются в органогенные породы. Органогенными называются породы, которые на 30–40% и более состоят из минеральных скелетов или образованы за счет биоминеральной деятельности бактерий и цианобионтов.

## Глава II. 4. ЦАРСТВО ЖИВОТНЫЕ. ZOA (ANIMALIA)

Питание осуществляется готовыми органическими продуктами (гетеротрофы). Клетки не имеют целлюлозной оболочки и различных пигментов, свойственных растениям.

### 4.1. Микрорпалеонтология

В тему объединены микроскопические одиночные или колониальные животные, наблюдаемые с помощью микроскопов.

Подцарство ПРОСТЕЙШИЕ, или ОДНОКЛЕТОЧНЫЕ. **Protozoa**

Тело состоит из одной клетки, выполняющей все жизненные функции.

Тип САРКОДОВЫЕ. **Sarcodina**

Клетка обладает псевдоподиями, или ложноножками (рис. 8).

Класс ФОРАМИНИФЕРЫ. **Foraminifera**

Имеют скелет в виде раковины. Выделяют до 52 отрядов.

Группа «крупные фораминиферы».

Раковины различимы невооруженным взглядом. Наибольшее значение имеют два отряда (табл. 7).

Отряд ФУЗУЛИНИДЫ. **Fusulinida** (С–Р – время существования)

Отряд НУММУЛИТИДЫ. **Nummulitida** (K<sub>2</sub>–Q (палеоген!) – время существования и расцвета)

Форма сохранности – окаменевший скелет, псевдоморфозы.

**Геологическое значение фузулинид и нуммулитид:**

Стратиграфическое значение одно из самых высоких среди животных. Возраст показывают отряды (С–Р (каменноугольная и пермская системы) – фузулиниды, палеогеновая система – нуммулитиды). Виды показывают возраст очень детально, по ним создаются стратиграфические шкалы.

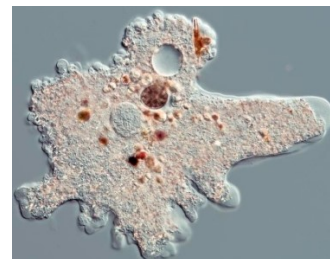



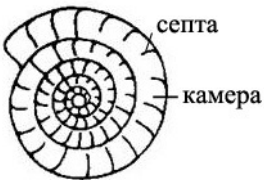
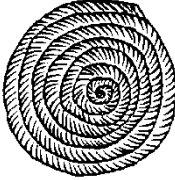


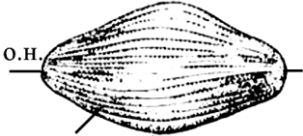


Рис. 8. Амеба, фото: pixels.com


Фациальное значение одно из самых высоких среди животных. Жили на мелком шельфе теплых морей (стеногалинный, стенотермный, стенобатный морской бентос), следовательно, показывают верхненеритовые (мелководные) морские фации, тропический климат, нормальную соленость.

Породообразующее значение очень большое. Из раковин образовались органогенные известняки.

Таблица 7

### Сравнительная характеристика строения раковин двух отрядов фораминифер

Отряд ФУЗУЛИНИДЫ. Fusulinida (C – P)	Отряд НУММУЛИТИДЫ. Nummulitida (K <sub>2</sub> – Q, расцвет P!)
<b>Сходство</b>	
1) раковина известковая (CaCO <sub>3</sub> )	
2) раковина плоскоспиральная (трубка закручивается в спираль в одной плоскости)	
	
3) раковина многокамерная (трубка поделена перегородками (септами) на камеры)	
 <p>Поперечное сечение фузулиниды</p>	 <p>Поперечное сечение нуммулитиды</p>
4) раковина инволютная (последний оборот перекрывает все предыдущие, снаружи виден только последний оборот, снаружи спираль не видна)	
   <p>Раковина фузулиниды, о.н. – ось навивания</p>	  <p>Раковина нуммулитиды</p>
<b>Отличия</b>	
<b>1. Форма раковины</b>	
<p>Раковина вытянута по оси навивания.</p> <p><b>1. Шаровидная</b> раковина (Д = Ш ≈ 5 мм)</p> <p>Д – диаметр раковины, Ш – ширина раковины</p>	<p>Раковина сжата по оси навивания.</p> <p>Форма раковины <b>дисковидная</b> (Д &gt;&gt; Ш)</p> <p>Д ≈ 2–3 см, Ш ≈ 2–3 мм.</p> <p>Раковина похожа на <b>монетку</b></p>

 <p>Раковина похожа на горошину, снаружи покрыта септальными бороздами (сб).</p> <p><b>2. Веретеновидная раковина</b> (<math>Д \ll Ш</math>)  <math>Д \approx 2-3</math> мм, <math>Ш \approx 1</math> см и больше.</p> <p>Раковина похожа на рисовое зернышко, снаружи покрыта септальными бороздами (сб)</p>	
<p><b>2. Форма септы (перегородки)</b>          складчатая</p>  <p>Осевое (продольное) сечение фузулиниды. Обороты заполнены арочками от складчатых септ</p>	<p><b>2. Форма септы (перегородки)</b>          плоская</p>  <p>Осевое (продольное) сечение нуммулитиды. Обороты не заполнены складками септ</p>

Подцарство МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ. **Metazoa**

Тип МШАНКИ. **Bryozoa**

Класс ГОЛОРОТЫЕ. **Gymnolaemata**. O–Q (O–T!)

Микроскопические колониальные животные, скелет **минеральный**,  $\text{CaCO}_3$ . Животное зооид имеет размеры менее 1 мм. Формы сохранности мшанок: 1) **окаменевший скелет**; 2) псевдоморфозы; 3) неизмененный скелет.

Скелет зооида, **зооэция**, имеет разную форму – трубочки, колбочки, бочонки (рис. 9). Скелет колонии достигает в размере 20 см.



Рис. 9. Внешний вид зооида и формы зооэций мшанок

**Массивная колония.** Имеет полусферическую (караваеобразную) форму. Зооэции в виде **трубочек** (диаметр меньше 1 мм). Снаружи, на поверхности колонии, видны только устья зооэций (рис. 10). Встречаются у мшанок, живших в О–Т.

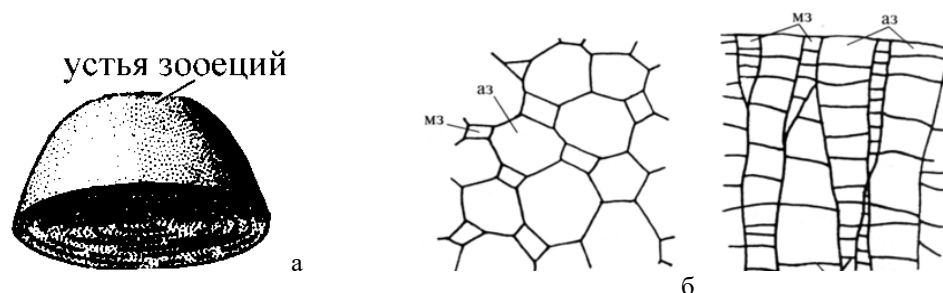


Рис. 10. Морфология массивных колоний голоротых мшанок:  
а – внешний вид колонии, б – внутреннее строение (Treatise ..., G, 1953)

Условные обозначения: аз – автозооэции, мз – мезозооэции

**Ветвистая колония.** Зооэции имеют форму **трубочек**. Снаружи, на поверхности колонии, видны только устья зооэций. Встречаются у мшанок, живших в О–Т. В колонии выделяют две зоны – зрелую и незрелую (рис. 11).

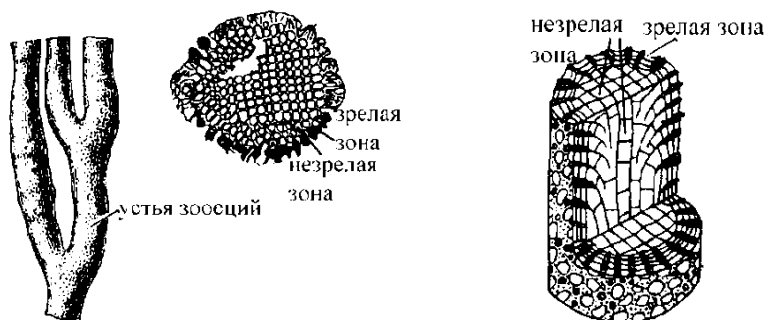


Рис. 11. Внешний вид и внутреннее строение ветвистых колоний голоротых мшанок (Бондаренко, Михайлова, 2011)

**Зрелая зона** выделяется по периферии, зооэции (трубочки) отгибаются к наружной поверхности колонии, имеют толстые стенки. **Незрелая зона** находится в центре ветки: зооэции (трубочки) ориентированы вертикально, стенки тонкие.

**Сетчатая колония.** Колония имеет форму плоского веера, состоит из **прутьев** и **перемычек**. В прутьях находятся микроскопические **колбовидные зооэции**. Снаружи, на поверхности колонии, видны только устья зооэций (рис. 12). Встречается у мшанок, живших в О<sub>2</sub>–Р.

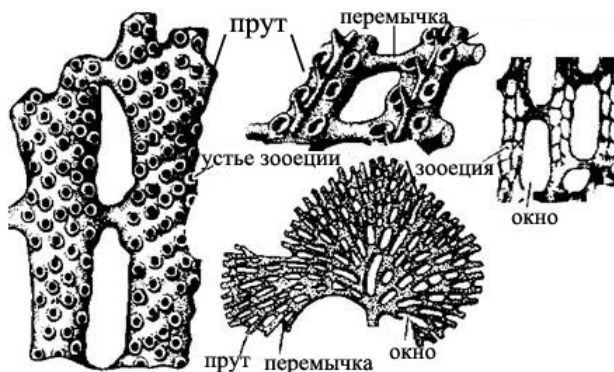


Рис. 12. Морфология сетчатых колоний голоротых мшанок  
(Бондаренко, Михайлова, 2011)

**Плёночные, обрастающие** колонии состоят из **бочонковидных**, яйцевидных **зооций** (рис. 13). Это процветающая группа современных мшанок (J–Q).

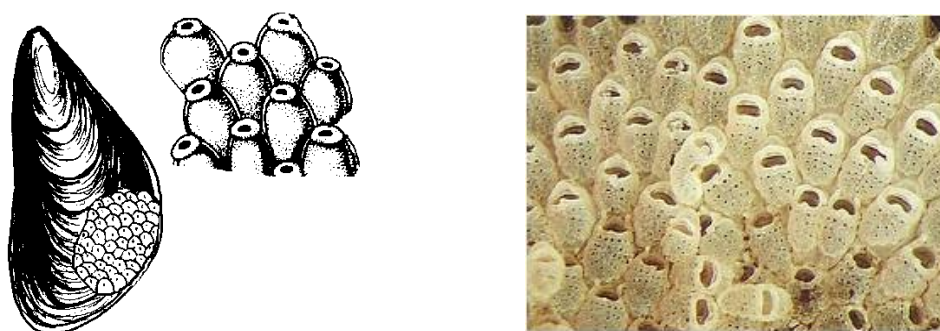


Рис. 13. Морфология пленочных колоний голоротых мшанок

#### **Геологическое значение:**

Стратиграфическое значение небольшое. Многие типы колоний показывают возраст пород палеозой. Имеются отдельные руководящие формы.

Фациальное значение. Мшанки – эвригалинный, эвритермный, эврибатный морской бентос, многие рифостроители, жили в морях разной солености и температуры. Фациальное значение небольшое. Мшанковый известняк показывает рифогенные морские фации.

Породообразующее значение: образуют мшанковые известняки.

Тип ПОЛУХОРДОВЫЕ. **Hemichordata**

Класс ГРАПТОЛИТЫ. **Graptolithina**

Морские колониальные животные. Скелет **органический**, состоит из полимеров белка. По форме колоний граптолиты похожи на сетчатых мшанок, по форме сохранности – на высшие растения.

Животное – микроскопический **зооид** (размер меньше 1 мм). Скелет зооида называется **тека** (рис. 14), скелет колонии – **рабдосома**.

Форма сохранности граптолитов – **обугливание**.

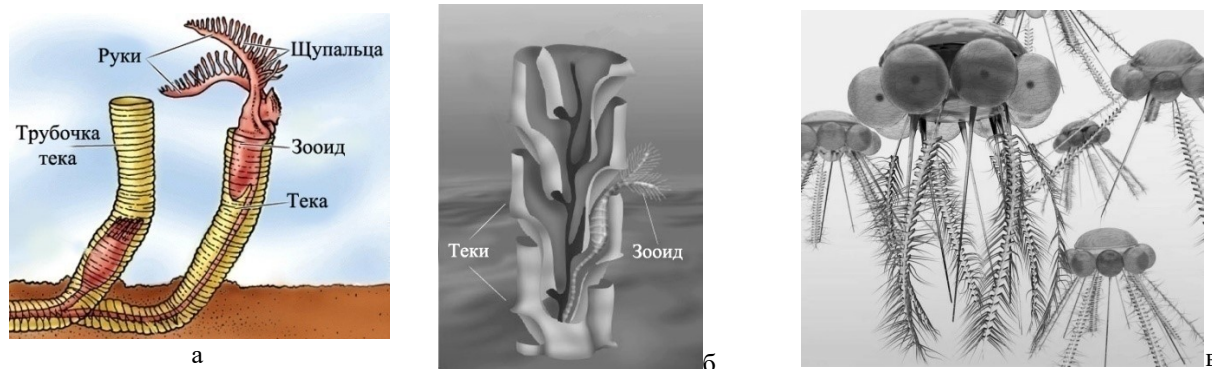


Рис. 14. Строение Полухордовых: а – современные *Rhabdopleura* (класс Крыложаберные); б – фрагмент колонии *Climacograptus* (Fossil Focus..., 2001); в – реконструкция планктонной рабдосомы с плавательными пузырями

Подкласс СТЕРЕОСТОЛОНАТЫ. **Stereostolonata**. E<sub>2</sub>–C

Колонии **древовидные** и **сетчатые** в форме веера. Теки микроскопические, располагаются на ветвях. Ветвей в колонии много (рис. 15).

Образ жизни – бентос, планктон, псевдопланктон.

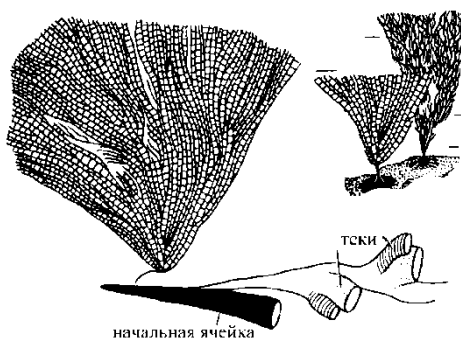


Рис. 15. Сетчатая и дендроидная (задний план) колонии стереостолонат (Михайлова, Бондаренко, 1997)

Подкласс ГРАПТОЛОИДЕИ (настоящие граптолиты). **Graptoloidea**. O–D (O, S!)

Колонии образованы прямыми или изогнутыми **ветвями**. Теки расположены в один или два ряда. У некоторых рабдосом был плавательный пузырь – пневматофор (рис. 16).

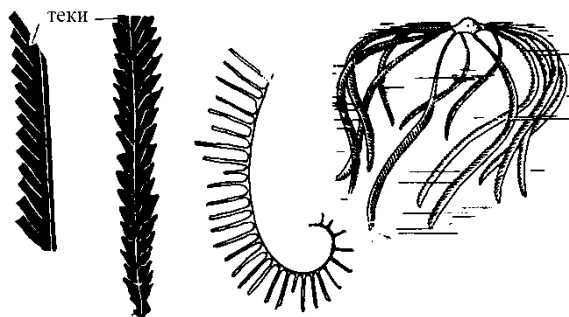


Рис. 16. Внешний вид рабдосомы и строение ветвей граптолоидей (Михайлова, Бондаренко, 1997)

#### Геологическое значение:

Стратиграфическое значение большое для ордовика и силура (O, S). Они быстро эволюционировали, как планктон имели планетарное распространение. Много руководящих форм. По ним создаются глобальные стратиграфические шкалы O и S.

Фациальное значение. Образ жизни: стеногалинный планктон, псевдопланктон. Пелагические организмы. Обычно приурочены к глубоководным (батиальным) морским фациям.

Породообразующее значение: скелеты граптолитов не образуют горной породы, но аргиллиты и глинистые сланцы с их скоплением называют **граптолитовыми сланцами**.

#### 4.2. Скелеты в виде конической трубки

В тему объединены животные, имеющие скелет в виде прямой конической трубки или коническую форму тела. Ведут прикрепленный образ жизни, поэтому скелетные элементы располагаются радиально.

Тип ПОРИФЕРЫ, или Пороносы. **Porifera**

Фильтраторы, тело пронизано многочисленными каналами и порами.

Класс ГУБКИ. **Spongia**. C–Q

Нет тканей и органов, клетки сохраняют свою самостоятельность, поэтому губки относятся к примитивным многоклеточным животным. Вода с пищевыми частицами попадает в тело губки через систему пор, а выходит вверх через отверстие – устье (рис. 17).

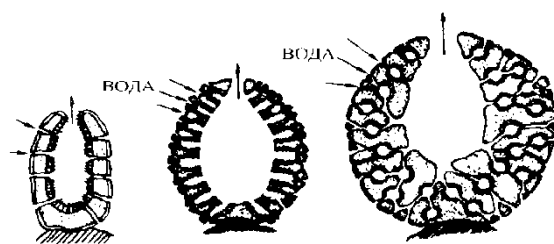


Рис. 17. Варианты ирригационной системы губок  
(Бондаренко, Михайлова, 2011)

Состав скелета у ископаемых губок кремневый ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), смешанный (кремне-известковый), известковый ( $\text{CaCO}_3$ ). Форма сохранности – окаменение.

!	<p>Главные диагностические признаки губок:</p> <p>1) нет различных скелетных элементов (<b>скелет не виден</b>, табл. 8);</p> <p>2) имеется система каналов, пронизывающих тело губки (рис. 18).</p>
---	--

Таблица 8

### Скелет губок (Михайлова, Бондаренко, 1997)

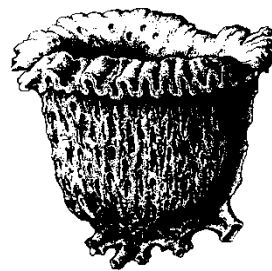
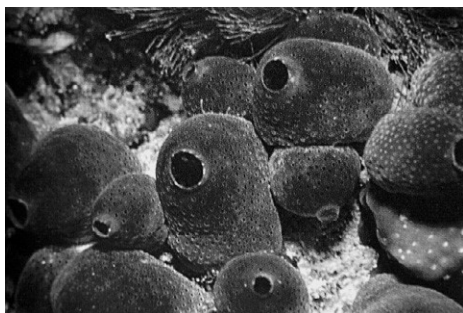
1. В виде отдельных спикул (игл), рассеянных в теле губки	2. В виде решетки, образующейся при слиянии спикул
<p>Спикулы могут быть одно-, трёх-, четырёх- и многоосные (размер несколько миллиметров)</p>	<p>Решетки</p>
<p>После смерти губки с несаянным скелетом рассыпаются на отдельные спикулы, их скопление превращается в горную породу спонголит (<math>\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}</math>)</p>	<p>Такие губки сохраняют в ископаемом состоянии форму тела.</p> <p>Форма тела губок (со скелетом в виде решетки)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;"> <p>кубко-видная</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>груше-видная</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>полусферическая</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>грибообразная</p> </div> </div>

### Геологическое значение:

Стратиграфическое значение низкое, мало используются для определения возраста горных пород. Имеются лишь отдельные руководящие формы (виды, рода).

Фациальное значение небольшое. Живут и жили в пресных водоемах, в морях разной солености от литорали до абиссали (эвригалинный, эвритермный, эврибатный бентос). Не показывают соленость и температуру. Кремневые губки более глубоководные, известковые губки мелководные.

Породообразующее значение: образуют известняки, спонголиты.



Руководящая форма *Ventriculites* для верхнего отдела меловой системы (K<sub>2</sub>)

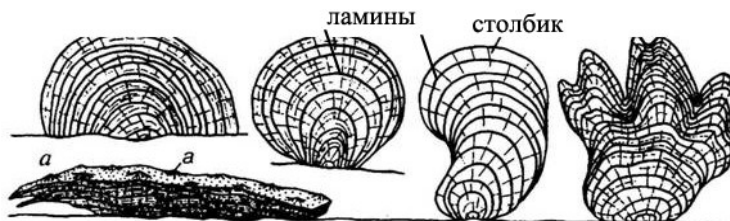
Рис. 18. Примеры современных и ископаемых губок

### Класс СКЛЕРОСПОНГИИ. *Sclerospongia*

#### Подкласс СТРОМАТОПОРОИДЕИ. *Stromatoporoidea*, O<sub>2</sub>–Q

Колониальные животные. Скелет известковый, CaCO<sub>3</sub>, состоит из параллельных пластин – **ламин**, наслаивающихся друг на друга. Ламины сшиты **столбиками**, **шипиками**. Колонии пластинчатой, полусферической или ветвистой формы. Ветвистые колонии имеют губчатое внутреннее строение (рис. 19).

Форма сохранности – окаменение.



Строматопоры

Ветвистая колония амфипор

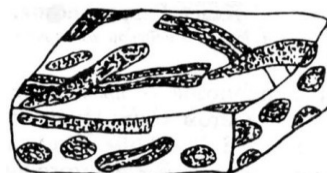


Рис. 19. Морфология строматопорат (Михайлова, Бондаренко, 1997)

### Геологическое значение:

Стратиграфическое значение небольшое, имеются отдельные руководящие формы (виды, рода).

Фациальное значение: эвригалинный, стенотермный, стенобатный морской бентос, свободнолежащие или прикрепленные. Не показывают соленость, показывают температуру – тропический климат и глубину (мелкий шельф). **Рифостроители** палеозоя.

Породообразующее значение: образуют известняки.

### Тип АРХЕОЦИАТЫ. *Archaeocyathi*. Є<sub>1</sub> (ранняя эпоха кембрийского периода)

Скелет имеет форму кубка, он минеральный, CaCO<sub>3</sub> (рис. 20). Все скелетные элементы пористые.

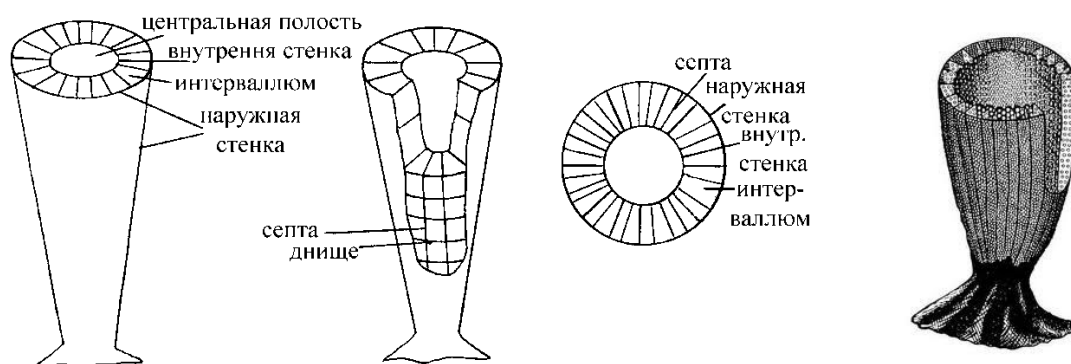


Рис. 20. Строение скелета и внешний вид кубка археоциат

Форма сохранности археоциат – окаменение.

!	<p><b>Диагностические признаки:</b></p> <p>а) кубок состоит из <b>двух стенок</b> – наружной и внутренней;</p> <p>б) вертикальные скелетные элементы (пластины) – <b>септы</b>, расположены радиально между двумя стенками;</p> <p>в) горизонтальные скелетные элементы – <b>днища</b>, расположены в пространстве между стенками.</p> <p>Пространство между стенками – интерваллюм</p>
---	---

#### Геологическое значение:

Стратиграфическое значение – одно из самых высоких среди животных. Показывают возраст  $\epsilon_1$ . Используются при создании глобальной стратиграфической шкалы кембрийской системы.

Фациальное значение – одно из самых высоких среди животных. Жили на мелком шельфе теплых морей (стеногалинный, стенотермный, стенобатный морской бентос), следовательно, показывают верхненеритовые (мелководные) и рифогенные морские фации, тропический климат, нормальную соленость. Являются древнейшими рифостроителями.

Породообразующее значение очень большое. Образуют археоциатовые известняки.

#### Тип СТРЕКАЮЩИЕ. **Cnidaria**

Книдарии – гидры, медузы, кораллы и др. – водные организмы, обладающие двумя особенностями, неизвестными у других животных. Первая – наличие стрекательных клеток (капсул с ядовитой нитью); вторая особенность – наличие двух жизненных форм (полип и медуза).

#### Класс СЦИФОИДНЫЕ. **Scyphozoa**

Основная жизненная форма – медуза.

#### Подкласс КОНУЛЯТЫ. **Conulata. V–J (?), Q, (S–D!)**

Одиночные организмы. Скелет имеет форму четырехгранной пирамиды размером 3–5 см (рис. 21). Скелет тонкий, состав хитиново-фосфатный. Внешняя поверхность скелета несет тонкие поперечные ребрышки. Вдоль углов и на гранях пирамиды имеются борозды. Во внутренней полости видны четыре вертикальные перегородки, отходящие от середины боковых стенок (рис. 22).

Форма сохранности – обугливание.

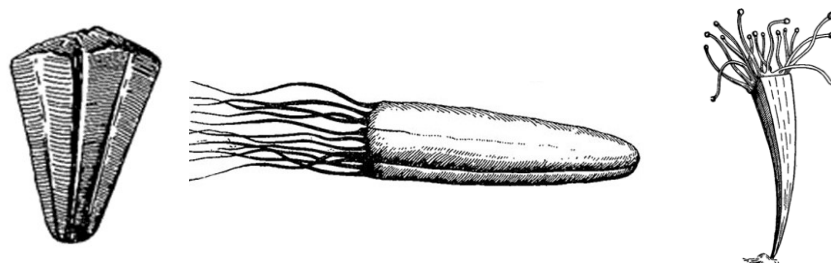


Рис. 21. Морфология скелета конулят

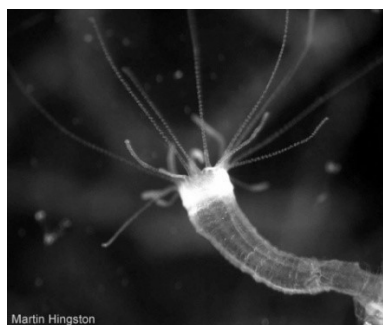
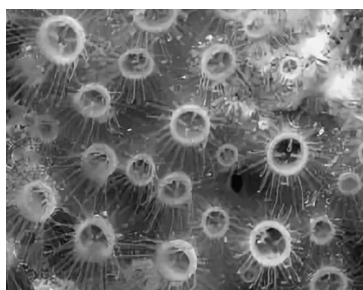


Рис. 22. Полипы современных корономедуз, ближайших родственников конулярий (reefcentral.ru). Видны четыре перегородки

### Геологическое значение:

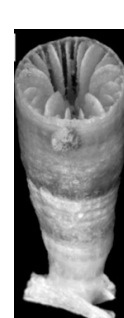
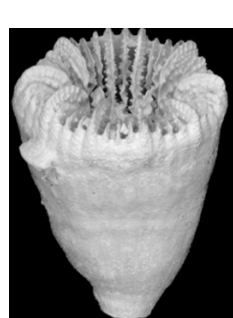
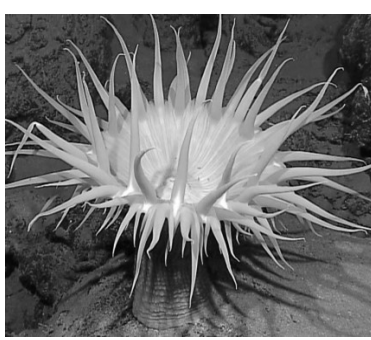
Стратиграфическое значение низкое, не используются для определения возраста горных пород.

Фациальное значение небольшое. Морские животные, вели планктонный или бентосный образ жизни, эвригалинные, эвритермные, эврибатные. Не показывают соленость и температуру. Чаще встречаются в нижнеритовых и батимальных фациях.

Породообразующее значение отсутствует.

### Класс КОРАЛЛОВЫЕ ПОЛИПЫ. **Anthozoa**

Жизненная форма представлена только полипами, медузоидная стадия отсутствует. Отдельная особь называется полипом, скелет полипа – кораллит (рис. 23).



Полипы

Кораллиты

Рис. 23. Морфология современных склерактиний (шестилучевые кораллы)

### Подкласс ТАБУЛЯТОИДЕИ. **Tabulatoidea**. $\text{Є}_2\text{--P}$

Вымершие колониальные кораллы. Одиночных форм нет. Скелет известковый  $\text{CaCO}_3$ .

Подкласс ЧЕТЫРЕХЛУЧЕВЫЕ КОРАЛЛЫ, или РУГОЗЫ (морщинистый коралл).

### **Tetracoralla**, или **Rugosa**. $\text{O--P}$

Палеозойские одиночные и колониальные животные. Скелет известковый  $\text{CaCO}_3$ .

### Подкласс ШЕСТИЛУЧЕВЫЕ КОРАЛЛЫ. **Hexacoralla**. $\text{T--Q}$

Современные одиночные и колониальные животные. Скелет известковый  $\text{CaCO}_3$ .

Формы сохранности кораллов:

- 1) табулятные и четырехлучевые кораллы – окаменение или псевдоморфозы;
- 2) шестилучевые кораллы – **неизмененный скелет**, окаменение и псевдоморфозы.

!	<p>Кораллы узнаются по скелетным элементам (рис. 24):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>одна стенка</b> (порядковый номер соответствует номеру на рисунке);</li> <li>2) вертикальные пластины – <b>септы</b>, расположены радиально;</li> <li>3) горизонтальные пластины – <b>днища</b>, имеют форму кольца или воронки</li> </ol>
---	---

Кораллиты могут также иметь изогнутые пластинки – **пузыри** (4) и осевую структуру – **столбик** (5) (рис. 24). Столбики бывают простые и сложные.

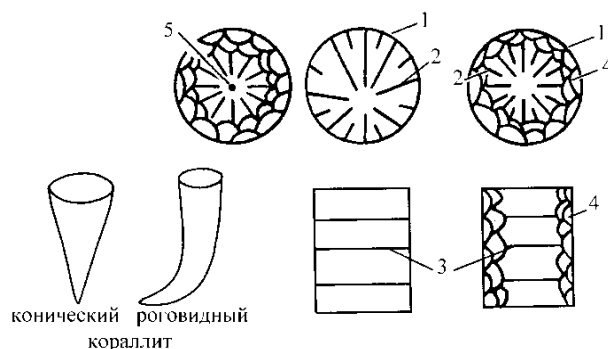


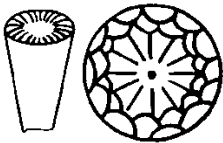
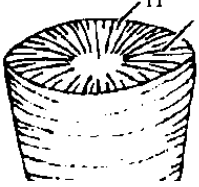

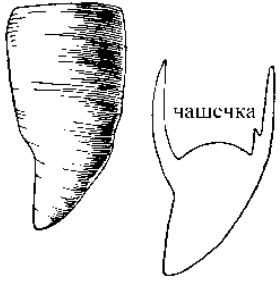
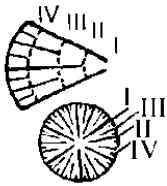

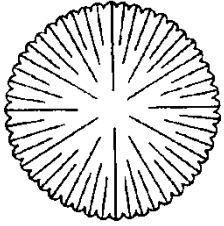
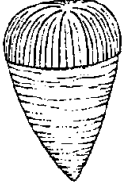
Рис. 24. Скелетные элементы коралловых полипов

Отличительные признаки **одиночных** кораллов рассмотрены в табл. 9.

Таблица 9

### Сравнительная характеристика одиночных кораллов

(П — признаки, С — систематические единицы)

П С	Главный признак – септы	Симметрия	Наличие чашечки (у целого кораллита)
П/кл Tetracoralla, или Rugosa	 <p>Кораллит с септами I порядка, все одинаковые по длине</p>  <p>Кораллит с септами I (большие) и II (малые) порядка, чередующимися друг с другом</p>	<p>противоположная септа</p>  <p>главная септа</p> <p>Часто наблюдается двусторонняя симметрия. Нарастание септ перистое. В плоскости симметрии расположены <b>главная</b> (самая короткая) и <b>противоположная</b> (самая длинная) <b>септы</b></p>	 <p>чашечка</p> <p>Стенка доходит до верхнего края кораллита. Имеется <b>чашечка</b></p>
П/кл Hexacoralla	 <p>Септы I, II, III, IV... порядков</p> 	 <p>Симметрия радиальная</p>	 <p>Стенка не доходит до верхнего края кораллита. Септы выступают наружу</p>

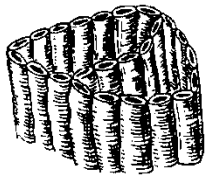
Признаки **колониальных** кораллов.

Подкласс ТАБУЛЯТОИДЕИ. *Tabulatoidea*

Представлены только колониальными формами (табл. 10).

Таблица 10

**Признаки колоний табулятных кораллов**

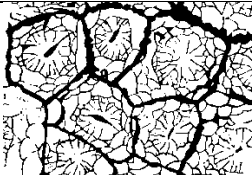

Типы колоний Строение	Массивная колония: сечение кораллитов многоугольное, кораллиты призматические	Кустистая колония: сечение кораллитов круглое, кораллиты цилиндрические	Цепочечная колония: овальное сечение кораллитов
Скелетные элементы: 1) нет септ; 2) есть <b>стенки</b> и <b>днища</b>		 Днища воронковидные. Кораллиты соединяются <b>перемычками</b>	  Мелкие размеры, диаметр кораллитов около 2 мм

Подкласс ЧЕТЫРЕХЛУЧЕВЫЕ КОРАЛЛЫ, или Ругозы. *Tetracoralla*, или *Rugosa*

У колониальных ругоз имеются 2 типа колоний – массивная и кустистая (табл. 11).

Таблица 11

**Признаки колоний четырехлучевых кораллов**

Типы колоний Строение	Массивная колония: сечение кораллитов многоугольное, кораллиты призматические	Кустистая колония: сечение кораллитов круглое, кораллиты цилиндрические
Может присутствовать полный набор скелет- ных элементов – стенка кораллита, септы, дни- ща, пузыри, столбик	 Наличием стенок отличаются от шестилучевых кораллов. Септами (I и II порядка) отличаются от табулятоидей	 В ответвлении один кораллит. Размеры кораллитов 0,5–1 см

Подкласс ШЕСТИЛУЧЕВЫЕ КОРАЛЛЫ. *Hexacoralla*

Шестилучевые кораллы имеют колонии массивного и ветвистого типов (табл.12).

Таблица 12

**Признаки колоний шестилучевых кораллов**

Типы колоний Строение	Массивная колония: сечение кораллитов многоугольное, кораллиты призматические	Ветвистая колония: в ветке кораллитов <u>много</u> . Кораллиты соединяются сетчатой промежуточной тканью
Отсутствует стенка кораллита. Септы одного кораллита переходят в септы другого кораллита	 Септы общие. У кайнозойских форм кораллиты часто сливаются	 Число септ 6 или 12. Кораллиты мелкие

### Геологическое значение:

Стратиграфическое значение большое. В целом подклассы показывают возраст PZ (табулятные и четырехлучевые кораллы) или MZ, KZ (шестилучевые кораллы). Много руководящих форм. По ним создаются региональные стратиграфические шкалы.

Фациальное значение большое. Особенно велико у колониальных кораллов. Являются **стенобионтными** организмами: стеногалинный, стенотермный, стенобатный бентос. Показывают мелководные (верхненеритовые) морские фации, нормальную соленость, тропический климат. Рифостроители.

Породообразующее значение: образуют органогенный (коралловый) известняк.

### 4.3. Скелеты в виде конической трубки, завитой в спираль

В тему объединены животные, имеющие скелет в виде конической трубки, иногда завитой в спираль. Ведут подвижный образ жизни, поэтому скелетные элементы расположены в двусторонней симметрии. У некоторых форм симметрия отсутствует.

#### Тип КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ. *Annelides*. V–Q

Мягкотелые животные, тело состоит из множества сегментов – колец. В ископаемом состоянии чаще представлены ихнофоссилиями (следы ползания, проедания грунта, вертикальные норки – фукоиды, биоглифы, рис. 25).

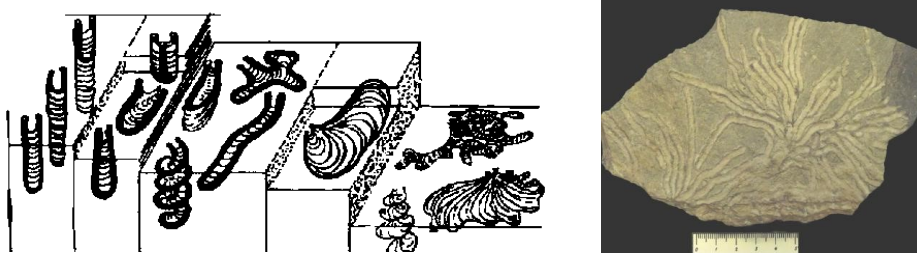


Рис. 25. Различные ихнофоссилии, определяющиеся глубиной бассейна

У морских форм имеются скелеты в виде **известковых трубочек**, змеевидно изгибающихся или плоскоспиральных (рис. 26).



Рис. 26. Трубки червей *Serpula* (а) и *Spirorbis* (б)

Формы сохранности: следы жизнедеятельности (ихнофоссилии), неизменный скелет, окаменение.

### Геологическое значение:

Стратиграфическое значение низкое, мало используются в стратиграфии для определения возраста горных пород.

Фациальное значение небольшое. Живут в разных широтах, на суше, в пресных водоемах, в морях разной солености от литорали до абиссали (эвригалинный, эвритермный, эврибатный бентос, редко нектон). Следы ползания и норки червей показывают глубину бассейна (рис. 25). Серпулит может соответствовать рифогенным фациям.

Породообразующее значение: морские черви могут образовывать известняки-серпулиты.

Тип МОЛЛЮСКИ. **Mollusca**

Класс БРЮХОНОГИЕ МОЛЛЮСКИ. **Gastropoda**. Є–Q, (KZ!)

Тело гастропод длинное, червеобразное, занимает всю раковину. Оно подразделяется на голову, туловище и ногу. У многих отсутствует симметрия.

!	Главный диагностический признак гастропод: тело моллюска занимает всю раковину, раковина пустая внутри, в ней <b>нет перегородок</b> (септ) и камер (рис. 27)
---	--

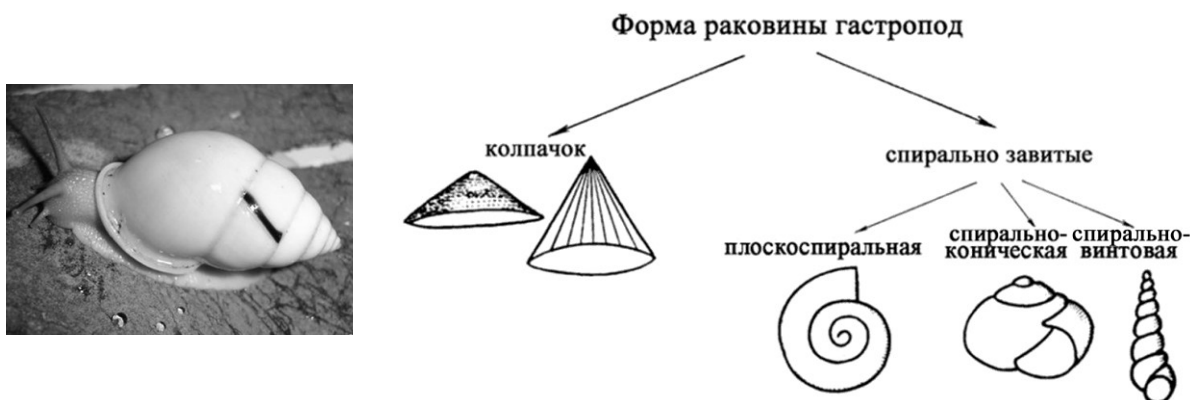


Рис. 27. Внешний вид и форма раковины брюхоногих моллюсков

Если в спирально завитых раковинах обороты не соприкасаются, то в центральной части образуется **пупок**, если соприкасаются, то внутри формируется **столбик** (рис. 28).

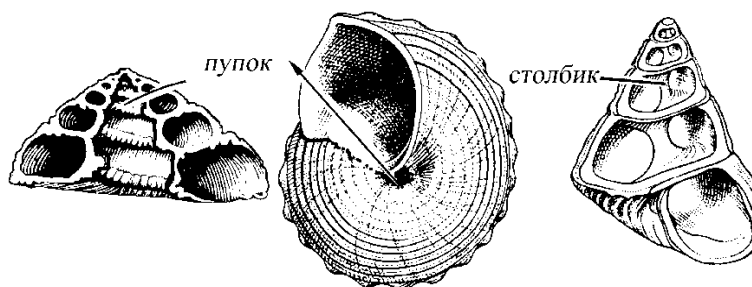


Рис. 28. Внутреннее строение раковины гастропод

Формы сохранности: внутреннее ядро, неизменный скелет, окаменение.

**Геологическое значение:**

Стратиграфическое значение небольшое, отдельные руководящие формы (рода и виды). Сильно возрастает в кайнозое, для этого возраста – много руководящих форм.

Фациальное значение. Гастроподы – эвригалинный, эвритермный, эврибатный бентос, живут в бассейнах разной солености и на суше. Фациальное значение небольшое. Гастроподовый известняк-ракушечник показывает фации опресненных (солонатоводных) бассейнов.

Породообразующее значение: образуют известняки-ракушечники.

## Класс ГОЛОВОНОГИЕ МОЛЛЮСКИ. *Cephalopoda*

Характеризуются высокоразвитой нервной системой, получили название «приматы моря». У большинства тело имеет раковину с двусторонней симметрией. Движение осуществляется за счет воронки реактивным способом.



Раковина разделена **перегородками** (септами) на камеры. Тело занимает конечную часть раковины, которая называется **жилая камера**. Септы прикрепляются изнутри к стенке раковины, образуя перегородочную (лопастную) линию (рис. 29)

От заднего конца тела животного через все обороты протягивается трубка – сифон. Перегородочная (лопастная) линия видна только на поверхности внутреннего ядра, т. е. когда удален раковинный слой.



Рис. 29. Морфология раковины цефалопод на примере современного наутилуса:

а) положение тела животного в раковине; б) строение раковины; в) скелет наутилуса с удаленной раковиной, по краю септ темно-серым цветом выделена перегородочная линия

Для определения систематической принадлежности цефалопод наибольшее значение имеют три признака: 1) форма раковины, 2) тип перегородочной линии, 2) положение сифона.

**Перегородочная линия зарисовывается** отдельно от раковины следующим образом. Раковина ориентируется устьем (жилой камерой) вверх. У раковины различают брюшную, боковую и спинную стороны (рис. 30). Посередине брюшной стороны проходит плоскость симметрии, стрелкой показывается направление к жилой камере. Лопастная линия зарисовывается от плоскости симметрии, т. е. от середины брюшной стороны, через боковую сторону до спинной стороны. Брюшной элемент лопастной линии рисуется полностью.

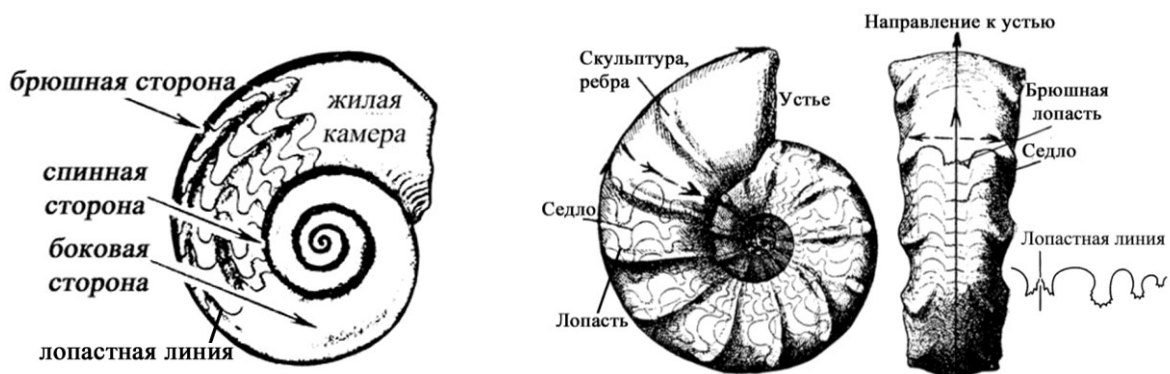


Рис. 30. Морфология внутреннего ядра (слепка) раковины аммоноидей и схема зарисовки лопастной линии

Изгибы лопастной линии, направленные к жилой камере, называются **седла**; изгибы, направленные от устья (в противоположную сторону), называются **лопасти**. В большинстве случаев в плоскости симметрии находится брюшная лопасть с небольшим скульптурным украшением.

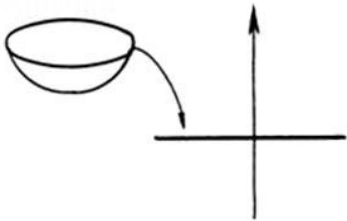
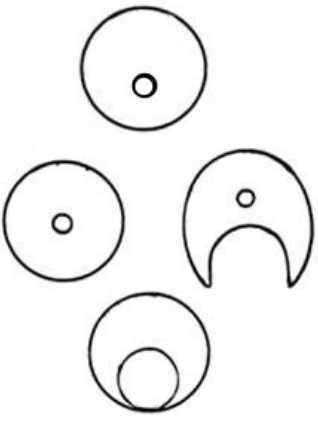
Систематика рассматривается очень упрощенно.

#### Подкласс НАУТИЛОИДЕИ. **Nautiloidea**. $\text{Є}_2\text{--Q}$

К этому подклассу условно отнесены несколько таксонов головоногих моллюсков (Бондаренко, Михайлова, 2011), особенности скелета которых соответствуют указанным ниже признакам: наутилоидеи, ортоцератоидеи, эндоцератоидеи, актиноцератоидеи. Рекомендуется определять отношение  $l/d$ , где  $l$  – расстояние между септами,  $d$  – диаметр трубки. У наутилоидей эта величина составляет  $1/4\text{--}1/8$ . От представителей подкласса *Ammonoidea* отличаются следующими морфологическими особенностями (табл. 13).

Таблица 13

#### Диагностические признаки подкласса **Nautiloidea**

Форма раковины	Перегородочная линия	Положение сифона (показано сечение раковины или оборота)
 <p>1) прямая коническая трубка, 2) изогнутая трубка, 3) плоскоспиральная с несо- прикасающимися оборотами, 4) плоскоспиральная эволютная, 5) плоскоспиральная инволют- ная</p>	 <p>Септа блюдцеобразная, перегородочная линия прямая</p> <p>Источник: Ammonit.ru</p>	 <p>Сифон узкий субцентральный (смещен к брюшной стороне), узкий центральный или широ- кий брюшной</p>

#### Подкласс АММОНОИДЕИ. **Ammonoidea**

Девять отрядов аммоноидей (Бондаренко, Михайлова, 2011) условно отнесены (для облегчения работы студентов) лишь к четырем отрядам:

Отряд Гониатиты. **Goniatitida**, D–P.

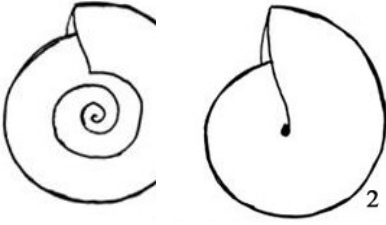
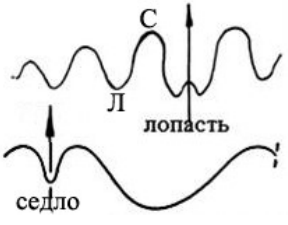

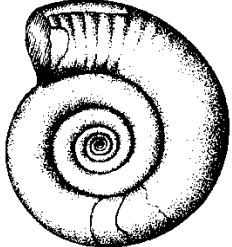

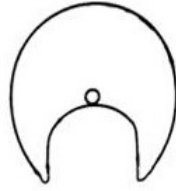
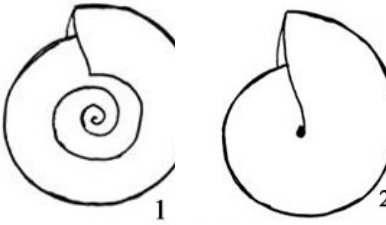


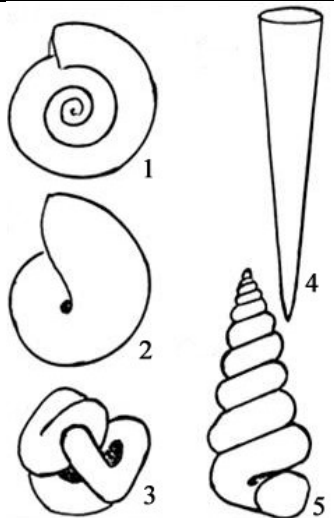
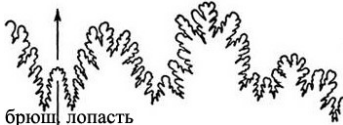
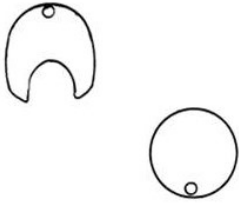
Отряд Клименииды. **Climeniida**, D<sub>3</sub>.

Отряд Цератиты. **Ceratitida**, P–T.

Отряд Аммониты. **Ammonitida**, T–K.

Диагностические признаки отрядов аммоноидей рассмотрены в табл. 14.

Диагностические признаки подкласса Ammonoidea

Признаки Отряд	Форма раковины	Перегородочная линия	Положение сифона (показано сечение оборота или раковины)
Goniatitida, D-P	 <p>1) плоскоспиральная эволютная, 2) плоскоспиральная инволютная</p>	 <p>Лопастная линия <b>гониатитовая</b> или <b>агониатитовая</b>. Боковые седла округлые, а лопасти округлые или заостренные</p>	 <p>Сифон узкий брюшной</p>
Climeniida, D <sub>3</sub>	 <p>Раковина плоскоспиральная эволютная</p>	 <p>Лопастная линия <b>гониатитовая с седлом</b> в плоскости симметрии</p>	 <p>Сифон узкий спинной</p>
Ceratitida, P-T	 <p>1) плоскоспиральная эволютная, 2) плоскоспиральная инволютная</p>	 <p>Лопастная линия <b>цератитовая</b>: седла цельные, лопасти зазубрены</p>	 <p>Сифон узкий брюшной</p>
Ammonitida, T-K	 <p>1) плоскоспиральная эволютная, 2) плоскоспиральная инволютная, 3) клубкообразная, 4) прямая коническая трубка, 5) спирально-винтовая</p>	 <p>Лопастная линия <b>аммонитовая</b>: седла и лопасти зазубрены</p>	 <p>Сифон узкий брюшной</p>

## Подкласс КОЛЕОИДЕИ. *Coleoidea*. C–Q

Относятся высшие головоногие моллюски с хорошо обособленной головой и отлично развитыми органами чувств. Раковина внутренняя, нередко отсутствует. К этому подклассу принадлежат современные осьминоги, кальмары, каракатицы и др. Это активные морские хищники, нектон.

### Отряд БЕЛЕМНИТЫ. *Belemnitida*. J–K

Скелет состоит из двух частей: ростра и фрагмокона. В ископаемом состоянии чаще сохраняются ростры. **Ростр** – массивная цилиндрическая или коническая раковина, сложенная концентрическими слоями игольчатого кальцита. На переднем конце имеется углубление – альвеола. **Фрагмокон** – раковина белемнита конической формы, имеющая камеры. Фрагмокон располагается в альвеоле ростра, имеет узкий брюшной сифон и спинной щиток проостракум (рис. 31, 32).



Рис. 31. Схема строения белемнитов

Септы фрагмокона расположены часто, в отличие от наутилоидей (табл. 15). Величина  $l/d$  равна  $1/8$ – $1/16$ .

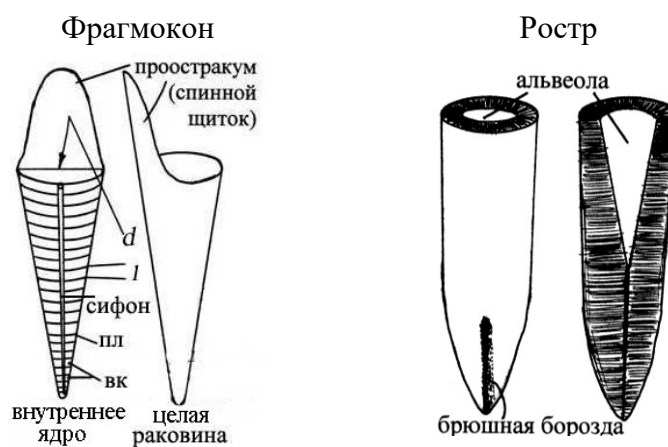


Рис. 32. Схема строения раковины белемнита.

Условные обозначения:  $l$  – расстояние между септами,  $d$  – диаметр раковины, пл – перегородочная линия, вк – воздушные камеры

Форма сохранности – окаменевший скелет, ядра.

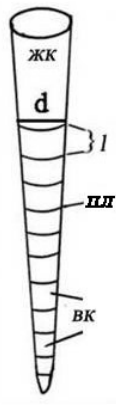
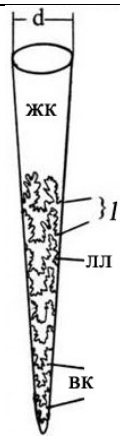
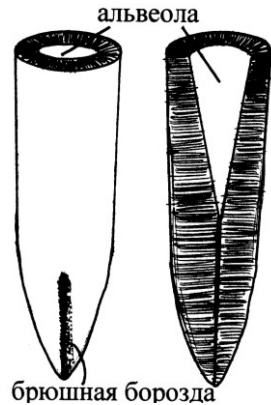
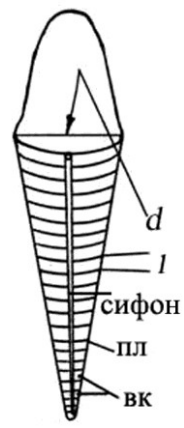
### Геологическое значение головоногих моллюсков:

Стратиграфическое значение одно из самых высоких среди животных. Возраст показывают отряды. Виды показывают возраст очень детально, по ним создаются глобальные стратиграфические шкалы.

Фациальное значение. Головоногие моллюски – пелагические организмы, поэтому встречаются во всех морских фациях. Стеногалинный нектон, иногда планктон. Условия обитания не соответствуют условиям захоронения. Не показывают глубину и температуру бассейна, показывают нормальную соленость.

Породообразующее значение: иногда формируют известняки-ракушечники.

**Сравнительная характеристика прямых раковин головоногих моллюсков**  
(условные обозначения см. на рис. 32, а также жк – жилая камера, лл – лопастная линия)

Таксоны Признаки	п/кл Nautiloidea, Є <sub>2</sub> –Q	п/кл Ammonoidea, от. Ammonitida T–K	п/кл Coleoidea, отр. Belemnitida. J–K.	
			Ростр	Фрагмокон
Морфология раковины				
Стенка раковины	Тонкая	Тонкая	Толстая, состоит из игольчатого кальцита	Тонкая
Наличие септ	Есть	Есть	Отсутствуют	Есть
Наличие жилой камеры	Есть	Есть	Отсутствует	Отсутствует
Величина l/d	1/4–1/8	1/4–1/8	–	1/8–1/16
Перегородочная (лопастная) линия	Прямая	Аммонитовая	–	Прямая
Положение сифона	Узкий центральный или широкий брюшной	Сифон узкий брюшной	–	Сифон узкий брюшной

**Класс ТЕНТАКУЛИТЫ. Tentaculita. S–P**

Скелет представлен **маленькой** (2–5 мм, до 30 мм) известковой **раковиной**, напоминающей шурупчик или иглу. Раковина имеет скульптуру в виде концентрических ребер, изредка раковина гладкая. Внутренняя полость разделена перегородками на камеры (рис. 33). Тентакулиты не имели сифона, и камеры не сообщались друг с другом.

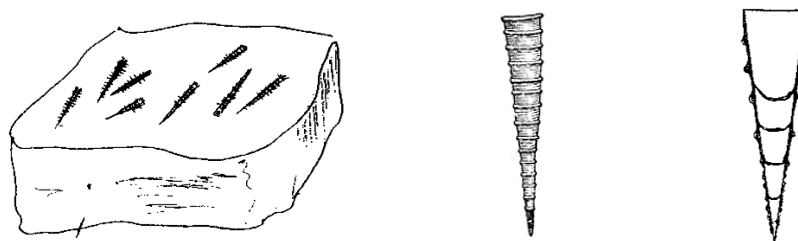


Рис. 33. Внешний вид и продольное сечение раковин тентакулитов

Форма сохранности – окаменевший скелет.

**Геологическое значение тентакулитов:**

Стратиграфическое значение большое. Показывают возраст S–P.

Фациальное значение: тентакулиты вели пелагический образ жизни. Это морские стеногалинные организмы, поэтому встречаются во всех морских фациях. Условия обитания не соответствуют условиям захоронения. Показывают бассейны нормальной солености, не показывают глубину и температуру бассейнов.

Породообразующее значение: иногда формируют известняки.

#### 4.4. Створки

В главе рассматриваются животные, имеющие раковину, состоящую из двух створок. Для определения их систематической принадлежности нужно оценить три признака:

- 1) положение плоскости симметрии;
- 2) состав скелета и форма сохранности;
- 3) наличие скульптуры в виде линий роста или ребер.

Тип МОЛЛЮСКИ. **Mollusca**

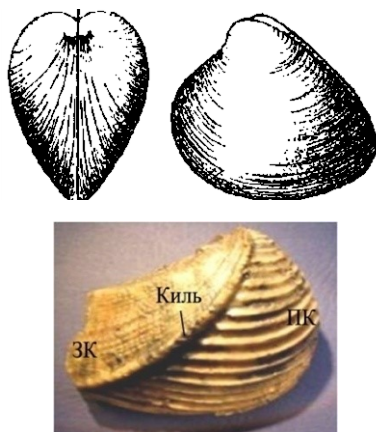
Класс ДВУСТВОРЧАТЫЕ МОЛЛЮСКИ. **Bivalvia**. Є–Q, расцвет **MZ, KZ**

Скелет представлен двустворчатой раковиной.

!	<p>Главные диагностические признаки двустворок (рис. 34):</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Раковина имеет симметрию. Плоскость симметрии проходит между створками, створки равные (левая и правая), каждая в отдельности <b>створка асимметрична</b>.</li><li>2. Раковина по составу известковая (<math>\text{CaCO}_3</math>), в ископаемом состоянии окаменеет.</li><li>3. На поверхности раковины имеется разнообразная скульптура, обязательно присутствуют линии роста</li></ol>
---	--

На внутренней поверхности раковины находится замок для скрепления створок (система зубов и ямок), видны мантийная линия, отпечатки мускулов-замыкателей (ОПМЗ – отпечаток переднего мускула-замыкателя, ОЗМЗ – отпечаток заднего мускула-замыкателя). У некоторых двустворок зубы отсутствуют (отряд *Dysodonta*). Форма створок чаще всего овальная или округлая.

Положение плоскости симметрии  
и морфология внешней стороны створок



Строение внутренней стороны створок

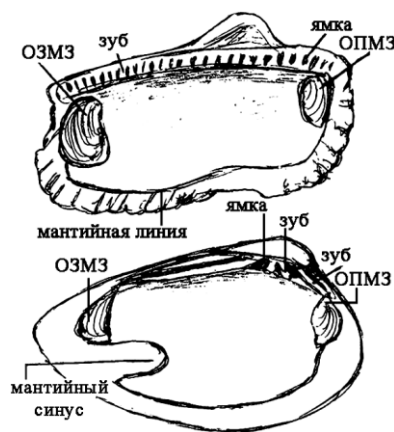


Рис. 34. Строение раковины двустворчатых моллюсков

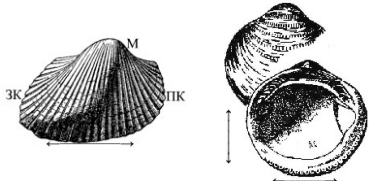

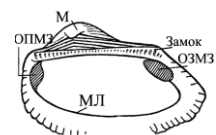
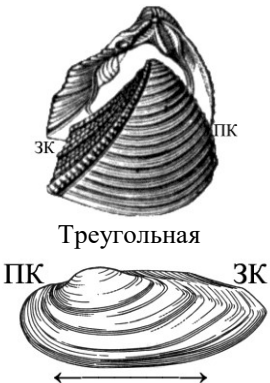


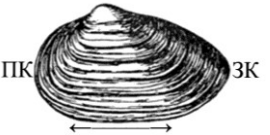

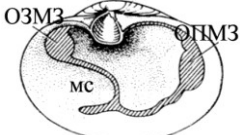
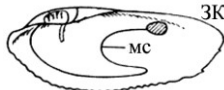


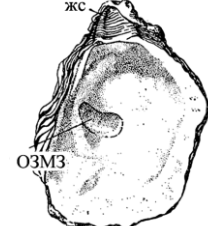
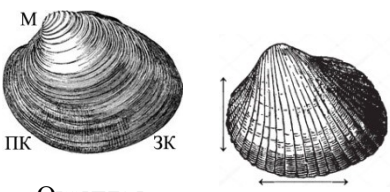

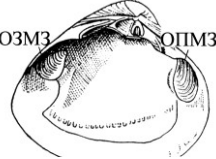
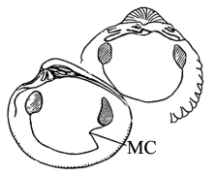
Створки называются **левая** и **правая**. Чтобы определить их название, нужно найти макушку и задний край. Макушка – начальная обособленная часть створки (это фиксируется скульптурой), чаще всего наклонена вперед или назад. Признаки заднего края (ЗК) створки: 1) ЗК часто оттянут; 2) мантийный синус всегда находится у ЗК; 3) при наличии на створке кия, он всегда располагается ближе к ЗК; 4) часто отпечаток заднего мускула-замыкателя крупнее переднего; 5) если на створке один мускул-замыкатель, то он всегда задний. Далее производим **стандартную ориентировку створки**: ЗК поворачиваем на себя (передний край вперед), макушкой вверх. В какую сторону (руку) обращена наружная сторона створки, такое у нее и название.

Класс Двустворчатые моллюски делится на отряды по типу замка (табл. 16):

Отряд РЯДОЗУБЫЕ. **Taxodonta**. Є – Q.  
 Отряд РАСЩЕПЛЕННОЗУБЫЕ. **Schisodonta**. O – Q.  
 Отряд СВЯЗКОЗУБЫЕ. **Desmodonta**. O – Q.  
 Отряд БЕЗЗУБЫЕ. **Dysodonta**. O – Q.  
 Отряд РАЗНОЗУБЫЕ. **Heterodonta**. S – Q.  
 Отряд ТОЛСТОЗУБЫЕ, или Рудисты. **Pachyodonta**. J<sub>3</sub>–K.

Таблица 16

**Диагностические признаки отрядов двустворчатых моллюсков**

Приз. Отр.	Форма и габитус створки	Замок	Мускулы-замыкатели	Мантийная линия
Taxodonta		Рядозубого типа 	 Почти равные	Цельная, без синуса
Schisodonta	 Треугольная	Расщепленнозубого типа  Массивный расщепленный зуб с поперечными насечками	 Равные	Цельная, без синуса
Desmodonta		Выступ для поддержания связки или внутренних органов 	 Почти равные	 С глубоким синусом
Dysodonta	 Створки часто разные по форме и размеру	Отсутствует 	 Один отпечаток заднего мускула замыкателя	Цельная, без синуса
Heterodonta	 Округлая	Разнозубого типа с кардинальными и пластинчатыми латеральными зубами 	 Равные	 Цельная или с мелким синусом

Сокращения в табл. 16: М – макушка, ЗК – задний край, ПК – передний край, ОПМЗ – отпечаток переднего мускула-замыкателя, ОЗМЗ – отпечаток заднего мускула-замыкателя, мл – мантийная линия, мс – мантийный синус, уш – ушко, жс – желобок для связки (Михайлова, Бондаренко, 1997)

Формы сохранности двустворчатых моллюсков: 1) окаменевший скелет, 2) неизменный скелет, 3) ядра.

#### Геологическое значение:

Стратиграфическое значение небольшое. Сильно возрастает в **мезозое**, для этого возраста – много руководящих форм.

Фациальное значение. Двустворчатые моллюски – эвригалинный, эвритермный, эврибатный бентос, живут в бассейнах разной солености. Фациальное значение небольшое. Но известняк-ракушечник показывает фации опресненных (солончатоводных) лагун.

Породообразующее значение: образуют известняки-ракушечники.

Отряд **ТОЛСТОЗУБЫЕ**, или Рудисты. **Pachyodonta**. J<sub>3</sub>–K

Резко отличаются от типичных двустворчатых моллюсков, напоминают одиночные кораллы. Створки неравные. Часто одна створка коническая, а вторая плоская с массивными зубами (рис. 35). Иногда обе створки имеют роговидную форму.



Рис. 35. Отряд Толстозубые (Михайлова, Бондаренко, 1997).  
На фото – риф с рудистами

#### Геологическое значение:

Стратиграфическое значение большое. В целом отряд показывает возраст J<sub>3</sub>–K. Много руководящих форм.

Фациальное значение большое. Стенотермный, стенобатный прикрепленный морской бентос. Показывают мелководные (верхненеритовые) и рифогенные морские фации, тропический климат. Рифостроители.

Породообразующее значение: образуют органогенный известняк.

Тип **БРАХИОПОДЫ**. **Brachiopoda**. C–Q, расцвет **PZ**

Скелет – двустворчатая раковина. Напоминают двустворчатых моллюсков.

!	<p>Главные диагностические признаки брахиопод (рис. 36):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Плоскость симметрии проходит <b>посередине створки</b> через макушку, створки разные (брюшная и спинная), отдельная створка <b>симметричная</b>.</li> <li>2. Состав раковины известковый или хитиново-фосфатный (см. ниже в характеристике классов).</li> <li>3. На поверхности раковины имеется разнообразная скульптура, обязательно присутствуют линии роста.</li> </ol>
---	--

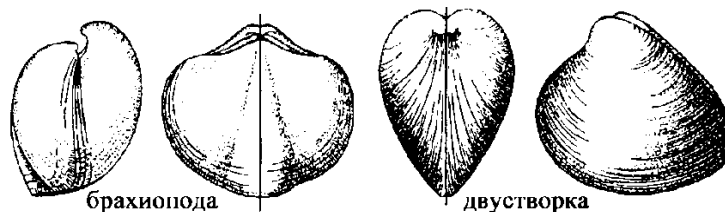


Рис. 36. Положение плоскости симметрии у брахиопод и двустворчатых моллюсков (Бондаренко, Михайлова, 2011)

## Класс БЕЗЗАМКОВЫЕ БРАХИОПОДЫ. *Inarticulata*

Отсутствует замок (зубы, пластины и т. п.), ручной аппарат (скелет рук). Форма раковины: удлинненно-язычковая (овальная), округлая, лопатовидная, низкоконическая (рис. 37).

!	Главные диагностические признаки брахиопод инартикулят: 1. Плоскость симметрии проходит посередине створки через макушку. 2. Состав раковины органический (хитиново-протеиновый, хитиново-фосфатный). Форма сохранности – <b>обугливание</b> . 3. На поверхности раковины имеется скульптура в виде линий роста
---	--

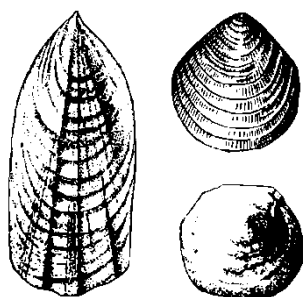


Рис. 37. Общий вид раковин различных беззамковых брахиопод

### Геологическое значение:

Стратиграфическое значение небольшое. Увеличивается для **Є** и **О**, для этого возраста есть руководящие формы.

Фациальное значение небольшое. Беззамковые брахиоподы – эвригалинный, эвритермный, эврибатный бентос, живут в морских бассейнах разной солености. Современные формы могут выносить значительные опреснение и загрязнение среды, обычно зарываются в грунт.

Породообразующее значение отсутствует.

## Класс ЗАМКОВЫЕ БРАХИОПОДЫ. *Articulata*

Раковина имеет замок (зубы, пластины и т. п.), ручной аппарат (скелет рук – брахидиум).

!	Главные диагностические признаки брахиопод артикулят: 1. Плоскость симметрии проходит посередине створки через макушку. Створки называются <b>брюшная</b> и <b>спинная</b> . 2. Состав раковины известковый ( $\text{CaCO}_3$ ). Форма сохранности – <b>окаменение</b> . 3. На поверхности раковины имеется разнообразная скульптура. 4. Имеется внутренний скелет (замок, ручной аппарат)
---	--

Определяем название створки. Почти во всех случаях брюшная створка крупнее спинной, часто имеет в плоскости симметрии углубление синус, а под макушкой – арею с отверстием для выхода ножки. На спинной створке находится возвышение – седло (рис. 38, табл. 17). Макушка брюшной створки всегда возвышается над макушкой спинной.

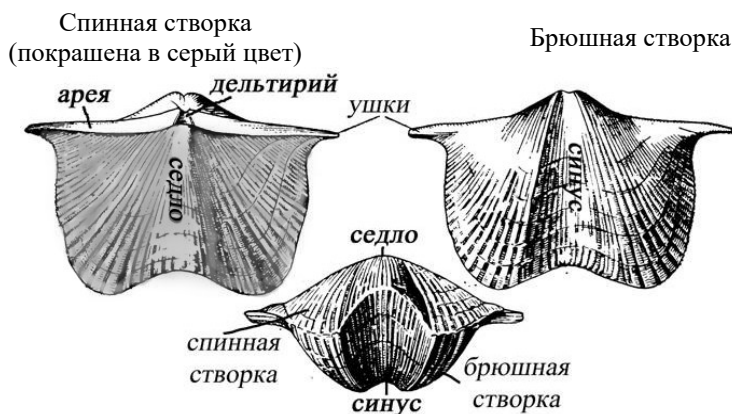



Рис. 38. Наружное строение раковины замковой брахиоподы (Бондаренко, Михайлова, 2011)

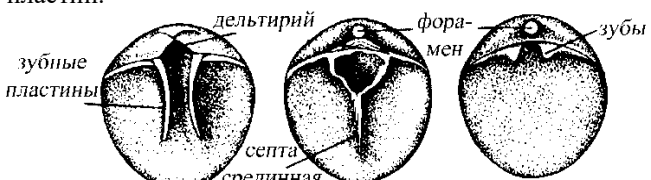


## Внешнее строение раковины замковых брахиопод

Брюшная створка	Спинная створка (на рисунке слева показана серым цветом)
1. <b>Синус</b> – углубление посередине брюшной створки, расширяющееся от макушки к краю створки (рис. 38)	1. <b>Седло</b> – возвышение посередине спинной створки
2. <b>Арсия</b> – треугольная площадка под макушкой брюшной створки	—
3. Отверстие для выхода ножки: а) <b>дельтирий</b> – треугольное отверстие, расположенное под макушкой брюшной створки; б) <b>форамен</b> – круглое отверстие, расположенное в макушке брюшной створки.	—
 <p>Спс – спинная створка (серая)</p>	

Внутренняя полость раковины разделена перегородкой диафрагмой на две части: большую переднюю и меньшую заднюю. В передней части находится лофофор (руки с щупальцами). Руки часто поддерживает опорный скелет. Итак, в отличие от двустворчатых моллюсков, у брахиопод внутри раковины имеется известковый скелет: замок и ручной аппарат (табл. 18).

Таблица 18

## Внутреннее строение раковины замковых брахиопод

Брюшная створка	Спинная створка
<b>1. Замок:</b> а) 2 зуба (выступы); б) зубные пластины; в) срединная септа (образуется при слиянии зубных пластин).	<b>1. Замок:</b> 2 ямки, куда входят зубы брюшной створки
	<b>2. Ручной аппарат</b>  <p>От формы ручного аппарата зависит <b>выпуклость спинной створки</b></p> 

От строения ручного аппарата зависит форма раковины (рис. 39).



Рис. 39. Форма раковины брахиопод.  
Обозначения: с – спинная створка, б – брюшная створка

Формы сохранности замковых брахиопод: 1) окаменение, 2) псевдоморфозы.

### Геологическое значение:

Стратиграфическое значение большое. Много руководящих форм. Используются при создании региональных стратиграфических шкал в палеозое.

Фациальное значение большое. Жили и живут на шельфе морей нормальной солености (**стеногалинный, эвритермный, стенобатный морской бентос**), следовательно, показывают неритовые морские фации, нормальную соленость.

Породообразующее значение очень большое, образуют брахиоподовые известняки.

### Тип ЧЛЕНИСТОНОГИЕ. *Arthropoda*

Самый многочисленный тип в царстве Животных. Тело защищено снаружи скелетом **панцирем**, иногда **створками**.

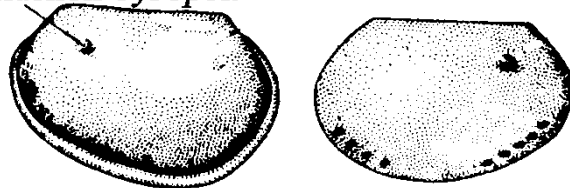
### Подтип РАКООБРАЗНЫЕ. *Crustaceomorpha*

### Класс РАКУШКОВЫЕ РАЧКИ. *Ostracoda*. Є – Q

Тело рачка защищено двустворчатой раковиной микроскопических размеров (1–2 мм), палеозойские формы достигали 3 см (рис. 40). Створки напоминают по типу симметрии двустворчатых моллюсков.

!	<p>Главные диагностические признаки остракод:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Плоскость симметрии проходит между створками. Створка асимметричная.</li> <li>2. Раковина известковая (<math>\text{CaCO}_3</math>), в ископаемом состоянии окаменеет.</li> <li>3. На створке нет скульптуры в виде концентрических линий роста, так как рачки сбрасывали раковину во время линьки. Створки гладкие. В передней части имеется глазной бугорок. Иногда присутствует скульптура в виде бугорков</li> </ol>
---	---

глазной бугорок



Живая остракода

Рис. 40. Строение раковины остракод (Михайлова, Бондаренко, 1997)

Форма сохранности – окаменение.

**Геологическое значение:**

Стратиграфическое значение большое. Используются для стратиграфии нефтегазоносных районов (мелкие, многочисленные). Много руководящих форм.

Фациальное значение. Остракоды – эвригалинный, эвритермный, эврибатный бентос, живут в бассейнах разной солености. Фациальное значение небольшое.

Породообразующее значение: образуют известняки.

**Класс ЛИСТОНОГИЕ РАЧКИ. *Phyllopoda*. D–Q**

Тело рачка защищено **двустворчатой раковиной** микроскопических размеров (1–3 см). Створки напоминают по типу симметрии двустворчатых моллюсков.



Главные диагностические признаки филлопод:

1. Плоскость симметрии проходит между створками. Створка асимметричная.
2. Состав раковины органический (хитиновый, хитиново-фосфатный). Форма сохранности – **обугливание**.
3. На створке имеется микроскульптура и тонкие линии роста (рис. 41)



Рис. 41. Морфология листоногих рачков

**Геологическое значение:**

Стратиграфическое значение отсутствует.

Фациальное значение. Раковинные листоногие рачки (конхостраки) обитали в мелких пресноводных водоемах континентов. Показывают континентальные озерные фации.

Породообразующее значение отсутствует.

**Класс УСОНОГИЕ РАЧКИ. *Cirripedia*. Є–Q**

Усоногие рачки обладают известковым скелетом (домиком), состоящим из шести пластинок. Домик имеет форму усеченного конуса с крышечкой (4 пластинки) часто около 1 см (рис. 42).



Рис. 42. Домики усоногих рачков

**Геологическое значение:**

Стратиграфическое значение отсутствует.

Фациальное значение небольшое. Эвригалинный, эврибатный, эвритермный морской бентос, некоторые прикрепляются к плавающим предметам (псевдопланктон). Обитатели разных глубин морских и солоноватоводных бассейнов.

Породообразующее значение небольшое.

## 4.5. Панцири

Панцирь – скелет беспозвоночных животных, иногда подвижный, полностью или частично покрывающий тело. Возникает из минерализованного хитинового покрова или известковых пластинок.

Тип ЧЛЕНИСТОНОГИЕ. **Arthropoda**

Класс ТРИЛОБИТЫ. **Trilobita**. Время существования Є–Р, расцвет Є, О

Палеозойские морские членистоногие. Скелет – **панцирь**. Тело защищено панцирем только со спинной стороны. Состав скелета хитиновый, сильно минерализован фосфатом или карбонатом кальция. Размер панциря от 1 до 70 см.

!	Главный диагностический признак трилобитов – панцирь вдоль и поперек делится на <b>три лопасти</b> .
---	--

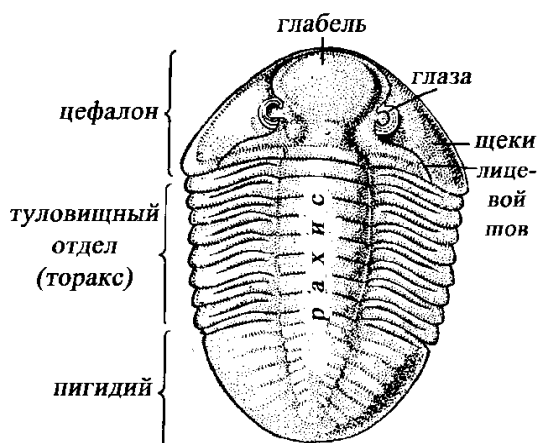


Рис. 43. Строение панциря многочленистых трилобитов (Бондаренко, Михайлова, 2006)

Вдоль панцирь трилобита делится на следующие части: 1) головной щит (цефалон); 2) туловищный отдел (торакс), состоящий из сегментов (от 2 до 44); 3) хвостовой щит (пигидий) (рис. 43).

В поперечном направлении в головном щите выделяют осевую часть **глабель** и две боковые – **щеки**. Щеки отделены от остальной части цефалона лицевыми швами. В тораксе и пигидии выделяются более выпуклая центральная часть **рахис** и две боковые лопасти **плевры**. На головном щите по бокам от глабеля расположены глаза. На пигидии (хвостовом щите) прослеживается остаточная сегментация в виде насечек.

Трилобиты могли сворачиваться, смыкая головной и хвостовой щиты (рис. 44).

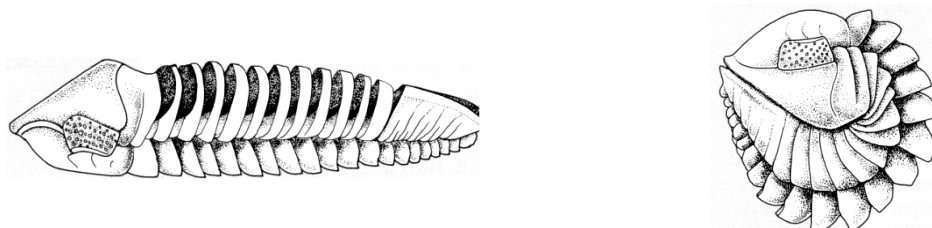


Рис. 44. Продольный профиль трилобита и свернутый панцирь

По числу сегментов в туловищном отделе выделяются 2 подкласса.



Рис. 45. Подкласс *Miomera*

### Подкласс МАЛОЧЛЕНИСТЫЕ. **Miomera**

Панцирь **маленький** (0,4–1 см) с 2–3 сегментами в туловищном отделе. Глаза и лицевые швы отсутствуют (рис. 45).

Время существования **Є, О**.

### Подкласс МНОГОЧЛЕНИСТЫЕ. **Polymera. Є–Р**, расцвет **Є, О**

Панцири средних и крупных размеров. Туловищный отдел (**торакс**) состоит из 5–44 сегментов.

Формы сохранности: **окаменение**, ядра (слепки), отпечатки.

#### **Геологическое значение:**

Стратиграфическое значение большое для кембрийской и ордовикской систем.

Много руководящих форм. Используются при создании общей (глобальной) стратиграфической шкалы кембрийской системы.

Фациальное значение большое. Жили на шельфе морей нормальной солености, стеногалинный, эвритермный, стенобатный морской бентос (были и планктонные формы), следовательно, показывают неритовые морские фации, нормальную соленость.

Породообразующее значение отсутствует.

### Класс МЕРОСТОМОВЫЕ. **Merostomata**

#### Подкласс ЭВРИПТЕРОИДЕИ. **Eurypteroidea. О–Р**, расцвет **S, D**

Панцирь органический (хитиноидный), полностью покрывающий тело. Размер 10–20 см до 2 м.



Главный диагностический признак ракоскорпионов:

Панцирь делится на головогрудь и брюшко. Похожи на трилобитов, но **нет деления на три части**.



Рис. 46. Строение панциря эвриптероидей (Бондаренко, Михайлова, 2006)

Головогрудь представляет собой единый щит. В передней части расположены пара сложных глаз и пара простых глазков. Конечности обычно не сохраняются. Брюшко состоит из 12 сегментов, последний называется тельсон, он имеет форму шипа или лопасти (рис. 46).

Формы сохранности: ядра (слепки), отпечатки.

#### **Геологическое значение:**

Стратиграфическое значение большое для S, D.

Фациальное значение. Ракоскорпионы обитали в теплых морских и опресненных бассейнах на небольших глубинах, эвригалинный, стенобатный, стенотермный подвижный бентос. Чаше показывают фации опресненных (солончатоводных) лагун.

Породообразующее значение отсутствует.

### Тип ИГЛОКОЖИЕ. **Echinodermata**

Имеют три важные особенности, отличающие их от других животных: а) пятилучевая симметрия; б) наличие амбулакральной системы – системы каналов, выполняющих функции движения, дыхания, осязания; в) каждый скелетный элемент (табличка, игла, членик) представляет собой один кристалл кальцита, дает ровный скол по ромбоэдру (стеклянный **блеск на сколе**). Этот признак позволяет отличать иглокожих по любым фрагментам скелета от других ископаемых.

## Класс МОРСКИЕ ПУЗЫРИ. *Cystoidea*. O–D, расцвет O

Скелет цистоидей состоит из **чашечки**, брахиолей (**рук**) и короткого **стебля**. Определяются по чашечке. Чашечка имеет шарообразную или грушевидную форму.

!	Главный диагностический признак цистоидей: Чашечка состоит из большого числа <b>беспорядочно</b> расположенных многоугольных <b>табличек</b>
---	---

Пятилучевая симметрия проявляется в строении анальной пирамидки, состоящей из пяти треугольных табличек (рис. 47). Анальная пирамидка расположена сбоку от ротового отверстия. Руки сохраняются редко.

Формы сохранности: окаменение, псевдоморфозы, ядра (слепки).

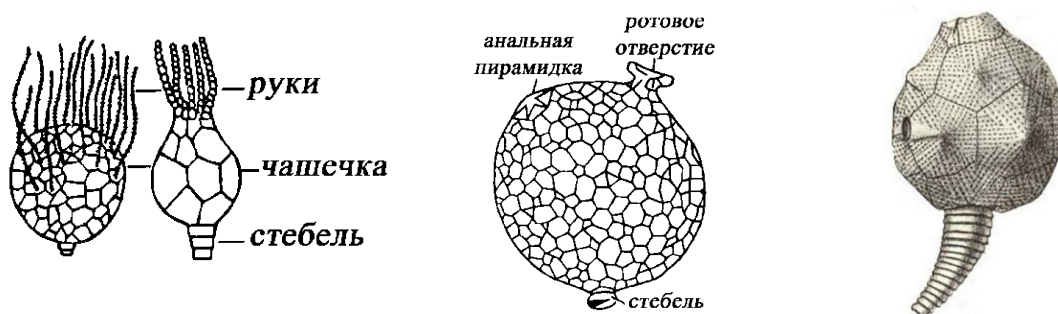


Рис. 47. Строение скелета морских пузырей (Михайлова, Бондаренко, 1997)

### Геологическое значение:

Стратиграфическое значение большое для ордовикской системы (O). Много руководящих форм.

Фациальное значение большое. Жили на шельфе морей нормальной солености (**стеногалинный, эвритермный, стенобатный морской бентос**), следовательно, показывают верхненеритовые морские фации, нормальную соленость.

Породообразующее значение большое. Образуют органогенные известняки.

## Класс МОРСКИЕ ЛИЛИИ. *Crinoidea*. O–Q

Скелет криноидей состоит из **чашечки**, брахиолей (**рук**) и длинного около 1 м (до 20 м) **стебля** (рис. 48). В ископаемом состоянии чаще всего сохраняются стебли, реже чашечки, еще реже руки.



Рис. 48. Строение криноидей

!	Главный диагностический признак криноидей: Чашечка состоит <b>табличек</b> . Таблички расположены горизонтальными <b>поясами</b> в пятилучевой симметрии, в каждом поясе по пять табличек
---	--

**Двухпоясная чашечка:** верхний пояс сложен радиальными табличками (р), ниже расположен пояс базальных табличек (б).

**Трехпоясная чашечка:** верхний пояс сложен радиальными табличками (р), ниже расположен пояс базальных табличек (б), в основании выделяется пояс инфрабазальных табличек (иб) (рис. 49).

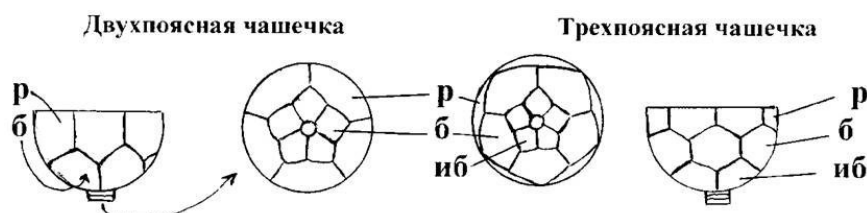


Рис. 49. Строение чашечки морских лилий

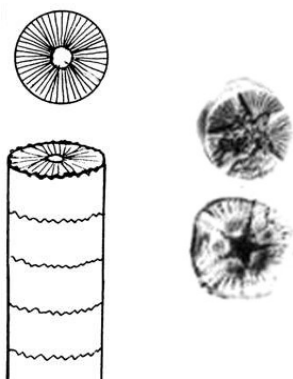


Рис. 50. Строение  
стебля морских лилий

Стебель морских лилий чаще всего представляет собой цилиндр, иногда может иметь звездчатое сечение. Внутри находится центральный осевой канал. **Стебель** состоит из подвижно соединенных **члеников**. Поверхности сочленения имеют скульптуру (рис. 50). На сколе членики стебля блестят (скол по ромбоэдру кальцита).

Формы сохранности: окаменение, псевдоморфозы, ядра (слепки).

#### Геологическое значение:

Стратиграфическое значение небольшое. Отдельные руководящие формы.

Фациальное значение. В палеозое жили на шельфе морей нормальной солености (стеногалинный, стенобатный, эвритермный морской бентос). С мезозоя освоили все морские глубины до абиссали (бентос, планктон, псевдопланктон). Показывают морские фации, нормальную соленость. Ныне господствуют бесстебельчатые виды.

Породообразующее значение очень большое, формируют криноидные известняки.

#### Класс МОРСКИЕ ЕЖИ. Echinoidea. O–Q

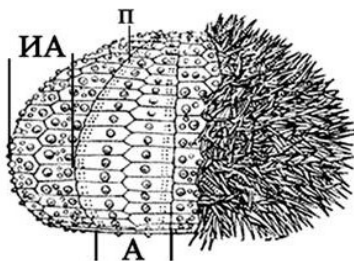
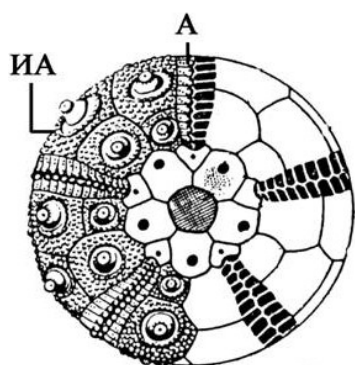
Подвижные иглокожие. Скелет – панцирь, в эволюции морских ежей прослеживается переход от пятилучевой симметрии к двусторонней. В учебной практике мы используем искусственную классификацию с выделением нескольких формальных групп.



Диагностические признаки морских ежей:

Панцирь состоит из множества известковых табличек. Таблички расположены полями в пятилучевой или двусторонней симметрии. Выделяются 5 **амбулакralных** (А) и 5 **интерамбулакralных** (ИА) полей (рис. 51)

Амбулакralные таблички пронизаны порами для выхода амбулакralных ножек (рис. 51). Амбулакralные поля узкие. Интерамбулакralные поля образованы более крупными табличками, на которых расположены бугорки для крепления игл.



а



б


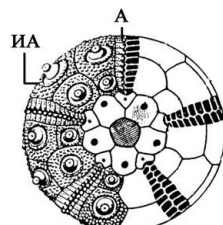
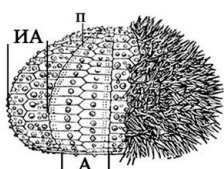
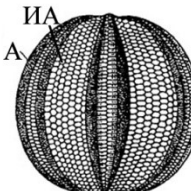

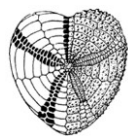
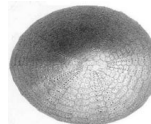
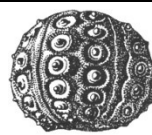

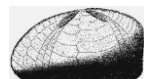
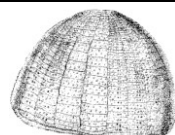
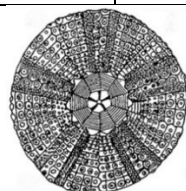
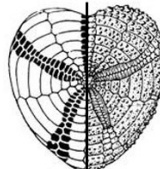
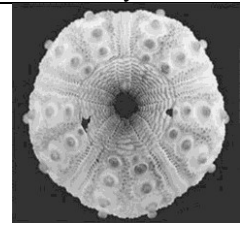
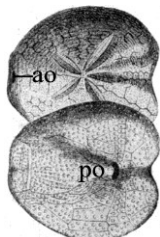
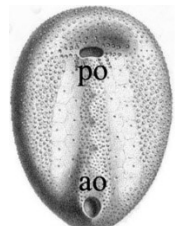


в

Рис. 51. Строение панцирей новых морских ежей (а–б);  
в – амбулакralные ножки и иглы

Морские ежи делятся на две группы – древние (O–P) и новые (T–Q), отличающиеся количеством рядов табличек в интерамбулакralных полях (табл. 19). Новые ежи также делятся на две группы – правильные (T–Q) и неправильные (J–Q).

Сравнительная характеристика основных групп морских ежей

Группы Признаки	Древние ежи	Новые ежи				
		Правильные ежи		Неправильные ежи		
Количество рядов табличек в ИА полях	 <p>Всегда больше двух</p>	  <p>Два ряда табличек в ИА</p>				
Форма или очертание панциря	 <p>Шаровидный</p>	Сверху	 <p>Круглый</p>		 <p>Сердцевидный</p>	 <p>Овальный</p>
		Сбоку	 <p>Круглый</p>	 <p>Уплощенный</p>	 <p>Уплощенный</p>	 <p>Конический</p>
Тип симметрии	Пятилучевая	 <p>Пятилучевая</p>		 <p>Двусторонняя</p>		
Положение ротового и анального отверстий	Ротовое отверстие расположено в центре нижней стороны. Ао расположено в центре верхней стороны	 <p>Рот расположен в центре нижней стороны. Ао расположено в центре верхней стороны</p>		 <p>ао смещено назад</p>  <p>Оба снизу</p>		

Обозначения: ИА – интерамбулакральные поля, А – амбулакральные поля, п – поры, ао – анальное отверстие, ро – ротовое отверстие. Источник рисунков (Бондаренко, Михайлова, 2011)



Рис. 52. Иглы морских ежей

В ископаемом состоянии иглы сохраняются отдельно от панциря. Иглы обычно булабовидной формы и имеют скульптуру (рис. 52): продольные ребра, бугорки, шипы. Скол иглы ровный, со стеклянным блеском.

Форма сохранности: окаменение, внутренние ядра.

#### Геологическое значение:

Стратиграфическое значение: много руководящих форм в юрской и меловой системах.

Фациальное значение. Морские ежи – обитатели морей нормальной солености; стенога-линный, эврибатный, эвритермный бентос. Освоили все морские глубины (до абиссальных). В ископаемом состоянии показывают морские фации, нормальную соленость.

Породообразующее значение: иглы и панцири образуют известняки.

## Глава II. 5. НАДЦАРСТВО ДОЯДЕРНЫЕ ОРГАНИЗМЫ. PROCARYOTA

### Царство ЦИАНОБАКТЕРИИ. *Cyanobacteria*. AR–Q

Ранее их называли «сине-зеленые водоросли» (греч. *kyanos* – синий). Клетка цианобактерий не имеет ядра, имеет пигменты, содержит хлорофилл, способна к фотосинтезу. Одиночные или колониальные организмы. Покрываются слизистой оболочкой. В самом организме, на его поверхности, в слизистой оболочке могли накапливаться карбонаты. В ископаемом состоянии сохраняются не клетки, а **продукты жизнедеятельности** (рис. 53). Онколиты – неправильно-округлые образования, строматолиты – желваки и столбики, имеющие слоистое строение.



а



б

Рис. 53. Морфология онколитов (а) и строматолитов (б)

**Образование.** На неровности субстрата нарастает колония цианобионтов. В слизистой оболочке выделяется кальцит, извлечённый из воды. Формируется карбонатная корочка. Процесс повторяется от сезона к сезону в связи с колебаниями климата. Суммарная мощность построек может достигать нескольких метров.

#### **Геологическое значение:**

**Стратиграфическое значение** для PR (можно определять возраст протерозойских осадочных толщ по строматолитам).

**Фациальное значение:** эвригалинный, эвритермный, эврибатный бентос. Чаще всего обитают на морском побережье (в литорали), в зоне приливов и отливов. Показывают литоральные морские фации, подвижный гидродинамический режим, тропический климат, не показывают солёность.

**Породообразующее значение:** известняки и доломиты.

## Глава II. 6. НАДЦАРСТВО ЯДЕРНЫЕ ОРГАНИЗМЫ. EUCARYOTA.

### ЦАРСТВО РАСТЕНИЯ. RHUTA

Одноклеточные и многоклеточные автотрофные (создают органическое вещество в процессе фотосинтеза) организмы. Систематические таксоны отличаются от царства Животных.

Ц. Животные:	тип → класс → отряд → семейство → род → вид
Ц. Растения:	отдел → класс → порядок → семейство → род → вид

#### 6.1. Подцарство низшие растения. *Thallophyta*

Тело (таллом) не дифференцировано на ткани, отсутствуют корни, стебли и листья. К подцарству относятся водоросли. Скелет минеральный.

#### Отдел КРАСНЫЕ ВОДОРОСЛИ. *Rhodophyta*. Є – Q

Многоклеточные водоросли. При жизни часто красного цвета (иногда сохраняется в окаменелостях). Тело покрывается известковой корочкой, формируются кальцитовые кусти-

ки и корочки, похожие на кораллы. **Отличие:** на сколах нет скелетных элементов (стенок, перегородок и т. д.) (рис. 54).



Рис. 54. Род *Lithothamnium*

**Геологическое значение:**

Стратиграфическое значение небольшое, так как мало менялись в процессе эволюции, мало руководящих форм, показывающих возраст горных пород.

Фациальное значение: эвригалинный (95% морские), эвритермный бентос, обитают от зон прибоя до 200 м (самые глубоководные из водорослей). Часто показывают литоральные, неритовые и рифогенные морские фации, теплый климат, не показывают соленость.

Породообразующее значение: образуют известняки.

**Отдел ЗОЛОТИСТЫЕ ВОДОРΟΣЛИ. Chrysophyta. T–Q (K!)**

Одноклеточные растения золотисто-бурой окраски. Наибольшее геологическое значение имеют КОККОЛИТОФОРИДЫ. Клетка имеет известковый ( $\text{CaCO}_3$ ) чехол (коккосфера), состоящий из пластинок кокколитоов (рис. 55). После гибели оседают на дно и распадаются на отдельные элементы. Входят в состав белого писчего мела.

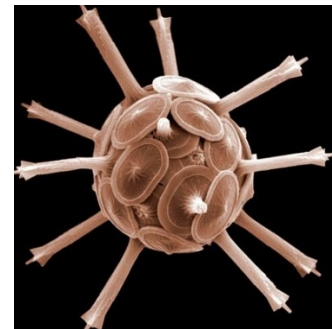
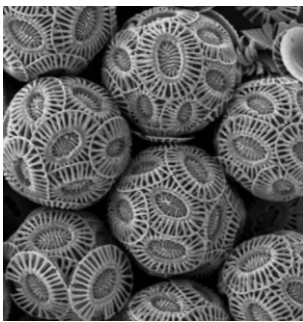


Рис. 55. Морфология коккосфер

**Геологическое значение:**

Стратиграфическое значение большое. Используются для зонального расчленения меловых и более молодых отложений.

Фациальное значение: морской стеногалинный планктон, жили у поверхности воды в эвфотической зоне. Показывают тропический климат, чаще всего глубоководные морские фации.

Породообразующее значение: образуют карбонатный ил до глубин 4000 м (глубже кальцит растворяется), впоследствии ил становится писчим мелом.

**Отдел ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ. Diatomeae. K–Q, N!**

Греч. *diatome* – рассеченный надвое

Одноклеточные растения бурого цвета. Клетка окружена кремневым панцирем ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). Панцирь имеет форму коробки или шкатулки, состоящей из двух пористых створок. Форма створок разнообразна (рис. 56).

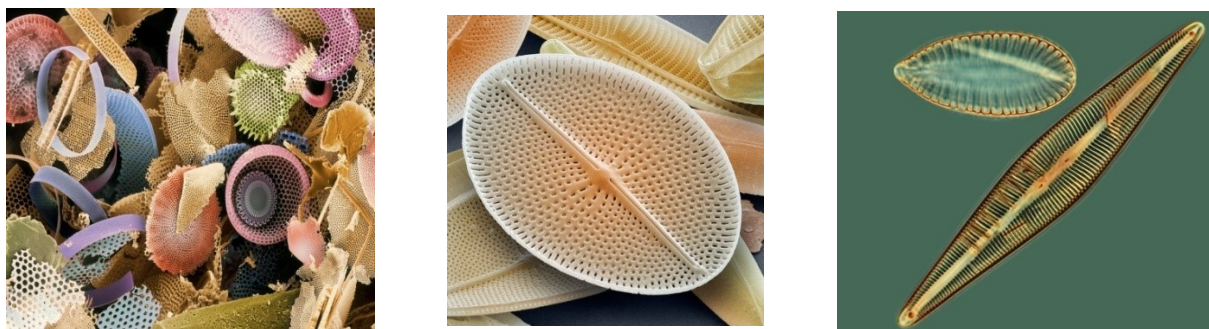


Рис. 56. Панцири диатомовых водорослей

#### Геологическое значение:

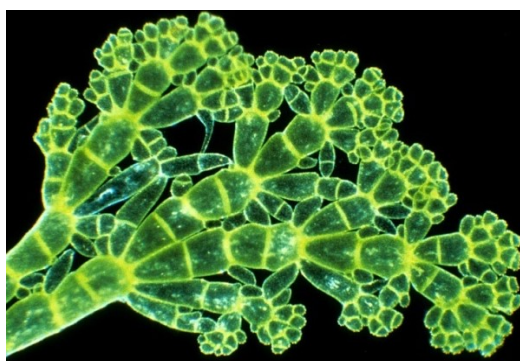
Стратиграфическое значение большое. Используются для зонального расчленения молодых отложений (N–Q).

Фациальное значение: обитают в пресных и морских водоемах умеренного и арктического климата (холодноводные), планктон, бентос. Показывают холодный климат, чаще всего глубоководные, батимальные морские фации.

Породообразующее значение: образуют диатомиты, трепела, опоки.

#### Отдел ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ. *Chlorophyta*. Є – Q

Многочелюстные водоросли. При жизни часто зеленого цвета (среди пигментов преобладает хлорофилл). Наибольшее значение имеют мутовчатые сифонии (дазикладовые). Тело покрывается известковой корочкой с многочисленными отверстиями (рис. 57). Оно ветвится делением надвое (дихотомически).



а



Кукерсит с  
*Gloeocapsomorpha*

б



в



г

Рис. 57. Современные (а) и ископаемые (б–г) зеленые водоросли.

Источники: а – [www.nikonsmallworld.com](http://www.nikonsmallworld.com); б – [geolvgl.blogspot.com](http://geolvgl.blogspot.com); в, г – Иванова, 2013

#### Геологическое значение:

Стратиграфическое значение: большое для палеозоя. Много руководящих форм.

Фациальное значение: эвригалинный, эвритермный, стенобатный бентос, обитают до глубины 50 м, часто показывают верхненеритовые и **рифогенные** морские фации, тёплый климат, не показывают солёность.

Породообразующее значение: образуют известняки.

#### 6.2. Подцарство высшие растения. *Telomophyta*

Тело расчленено на корень, стебель, листья и органы размножения. Имеются ткани: основная, покровная, проводящая, образовательная, механическая. Среда обитания наземная.

## Надотдел СПОРОВЫЕ РАСТЕНИЯ. *Sporophyta*

Размножаются спорами. Спора представляет собой специализированную клетку, участвующую в половом размножении растений.

### Отдел ПЛАУНОВИДНЫЕ. *Lycopodiophyta*. S<sub>2</sub>?, D–Q (C,P!)

Жизненные формы: деревья, кустарники и травянистые формы. Стебель покрыт чешуевидными листьями, которые опадали по мере роста дерева, обнажая правильный рельеф: листовые подушки с листовыми рубцами (рис. 58). Подземная часть ствола образует стигмарию (некоторые исследователи используют термин ризафор от латинизир. греч. rhiza – корень и phoros – несущий). Стигмарию по положению соответствуют корням и служили опорой ствола. От стигмарию отходили аппендиксы – придатки, выполняющие функцию корней. После отпадения аппендиксов оставался небольшой округлый рубец с рубчиком проводящего пучка.



Рис. 58. Реконструкция (а), рельеф коры (б) и стигмарию (в) древних плауновидных.

Источники: а и в – Бондаренко, Михайлова, 2011 (том 1); б

### Геологическое значение:

Стратиграфическое значение: большое для континентальных отложений верхнего палеозоя PZ<sub>2</sub>.

Фациальное значение: показывают континентальные фации, тропический, влажный климат.

Породообразующее значение: главные углеобразователи PZ.

### Отдел ХВОЩЕВИДНЫЕ. *Equisetophyta*. D<sub>3</sub>–Q (C–T!)

Жизненные формы: деревья, лианы и травянистые формы. Стебель покрыт продольными ребрами и имеет членистое строение, состоит из **узлов** и **междоузлий**. В литературе эти растения часто называют членистостебельные. Листья растут только в узлах. Такое расположение листьев называется мутовчатым (рис. 59).

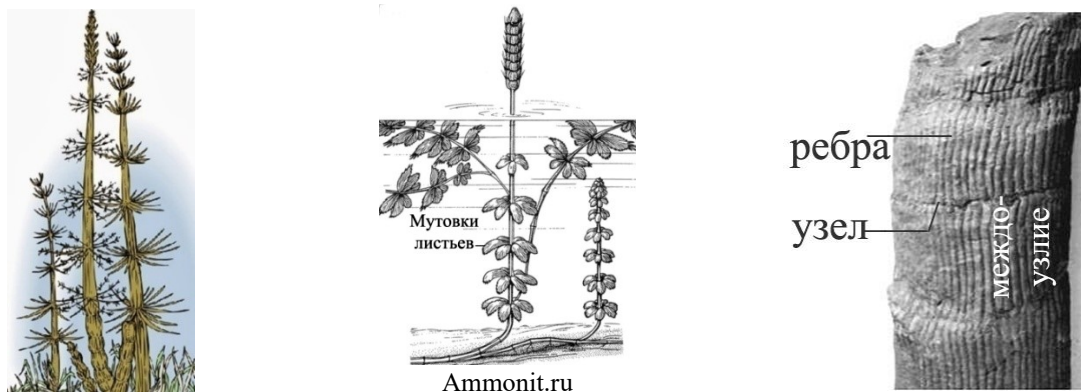


Рис. 59. Внешний вид хвощевидных растений и сердцевина ствола с ребрами

**Геологическое значение:**

Стратиграфическое значение: большое для расчленения континентальных отложений верхнего палеозоя, PZ<sub>2</sub>.

Фациальное значение: показывают континентальные фации, тропический, влажный климат.

Породообразующее значение: главные углеобразователи PZ.

Отдел ПАПОРОТНИКОВИДНЫЕ (настоящие папоротники). **Polypodiophyta. D<sub>2</sub>–Q**

Жизненные формы: деревья, лианы и травянистые формы. Узнаются по листьям. Лист (вайя) сложно рассеченный, состоит из перьев, которые отходят от основной оси (рис. 60). На нижней стороне листа иногда сохраняются спорангии.

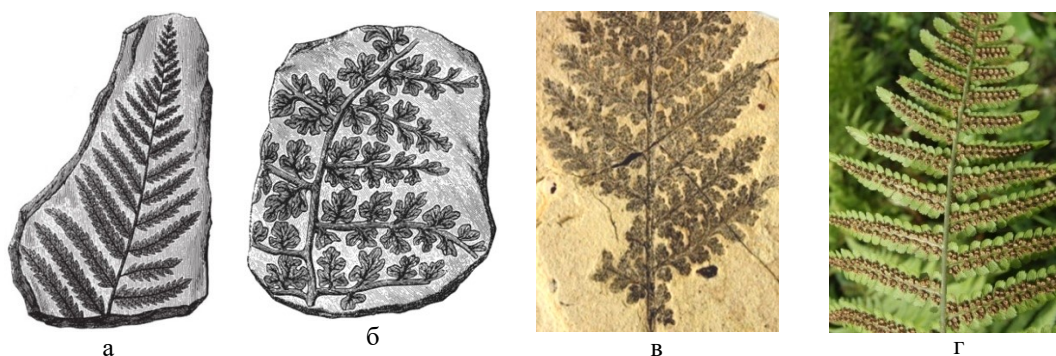


Рис. 60. Сложно рассеченные вайи папоротников и вайя со спорангиями (г)

**Геологическое значение:**

Стратиграфическое значение: отдельные руководящие формы (виды, по которым определяют возраст пород).

Фациальное значение: живут в разных климатических поясах. Показывают континентальные фации, влажный климат.

Породообразующее значение: участвовали в углеобразовании PZ, MZ, KZ.

Надотдел СЕМЕННЫЕ РАСТЕНИЯ. **Spermatophyta**

Размножаются семенами.

Группа отделов ГОЛОСЕМЕННЫЕ. **Gymnospermae. D<sub>3</sub>–Q**

Семя голое, не покрыто плодом.

Отдел «Семенные папоротники» или ПТЕРИДОСПЕРМЫ. **Pteridospermophyta.**

**D<sub>3</sub>–K<sub>1</sub> (C, P!)**

Вымершие древесные растения. Чаще сохраняются фрагменты листьев, практически не отличимые от настоящих папоротников (рис. 61). Семена располагались непосредственно на листьях.

**Геологическое значение:**

Стратиграфическое значение: большое для расчленения континентальных отложений верхнего палеозоя PZ<sub>2</sub>.

Фациальное значение: показывают континентальные фации, тропический климат.

Породообразующее значение: углеобразователи PZ.



Рис. 61. Реконструкция растения (Криштофович, 1957) и отпечаток перышка птеридосперма ([www.ammonit.ru](http://www.ammonit.ru))

### Отдел ЦИКАДОВЫЕ. *Cycadophyta*. Т–Q (MZ!)

Напоминают по внешнему виду пальмы и папоротники. Они имеют низкий расширенный ствол с кроной крупных перистых листьев. Узнаются по листьям. Листья цельные и рассеченные. **Жилки** на них **параллельны друг другу** и почти **перпендикулярны** главной жилке (рис. 62).

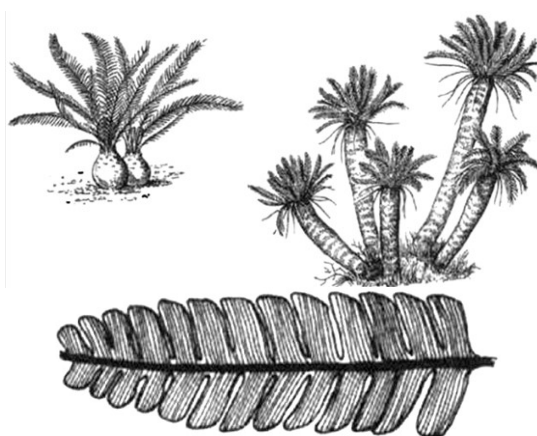


Рис. 62. Внешний вид цикадовых растений и характер жилкования листа (Михайлова, Бондаренко, 1997)

#### **Геологическое значение:**

Стратиграфическое значение: большое для расчленения континентальных отложений МЗ.

Фациальное значение: показывают континентальные фации, тропический климат.

Породообразующее значение: углеобразователи МЗ.

### Отдел ГИНКГОВЫЕ. *Ginkgophyta*. Р–Q (MZ!)

Вымирающие растения. Листопадные деревья с раскидистой кроной. Единственный вид сохранился в Китае. Узнаются по листьям. Листья веерообразные, цельные или рассечённые, двулопастные (разделённые надвое). Жилкование листьев параллельно-дихотомическое (рис. 63). В древесине наблюдаются годовичные кольца.

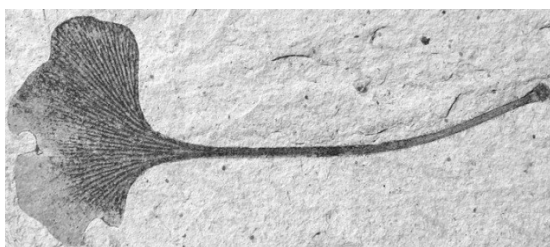


Рис. 63. Углефицированный отпечаток листа гинкгового и внешний вид дерева

**Геологическое значение:**

Стратиграфическое значение: большое для расчленения континентальных отложений MZ.

Фациальное значение: показывают континентальные фации, умеренный или субтропический климат.

Породообразующее значение: углеобразователи MZ.

**Отдел ПИНОФИТЫ. *Pinophyta***

Стройные высокие деревья. Листья линейные, ланцетные, игловидные.

**Класс КОРДАИТОВЫЕ. *Cordaitopsida*. C, P**

Высокие деревья до 30 м. Достоверно установлено, что кордаитовые являются предками хвойных. Узнаются по листьям. Форма листьев языковидная, эллиптическая, ланцетовидная. Жилкование почти параллельное (рис. 64). Обитали преимущественно в жарком климате.

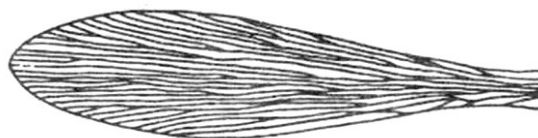
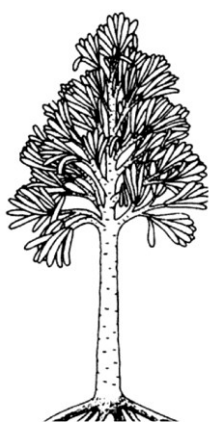


Рис. 64. Реконструкция и особенности листьев кордаитовых растений.  
Источник: фото – [www.ammonit.ru](http://www.ammonit.ru); рисунки – Михайлова, Бондаренко, 1997

**Геологическое значение:**

Стратиграфическое значение: используются для расчленения континентальных отложений верхнего палеозоя PZ<sub>2</sub>.

Фациальное значение: обитали преимущественно в жарком климате. Показывают континентальные фации теплый климат.

Породообразующее значение: углеобразователи PZ.

**Класс ХВОЙНЫЕ. *Pinopsida*. C–Q**

Высокие деревья и кустарники. Узнаются по веткам (побегам), покрытым игольчатыми или чешуевидными листьями (рис. 65).

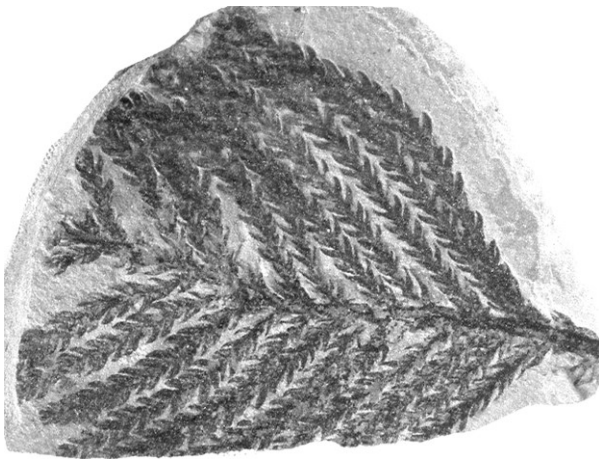


Рис. 65. Побег хвойного растения  
(<http://www.fossilmall.com>)

Семена собраны в шишки. Имеются смоляные ходы (каналы) – межклеточные пространства, заполняемые эфирными маслами, смолой, располагаются в древесине и коре.

#### **Геологическое значение:**

Стратиграфическое значение: отдельные руководящие формы. Для определения возраста используется пыльца хвойных.

Фациальное значение: обитают в разном климате. Показывают континентальные фации.

Породообразующее значение: участвовали в углеобразовании PZ, MZ, KZ. Янтарь (мел, палеоген).

Группа отделов ПОКРЫТОСЕМЕННЫЕ. **Angiospermae. K–Q (KZ!)**

Отдел МАГНОЛИОФИТЫ. **Magnoliophyta**

Самые высокоорганизованные растения. Имеют цветок и плод. Делятся на два класса – двудольные и однодольные. Первые более многочисленны.

Класс ДВУДОЛЬНЫЕ. **Dicotyledones**

75% всех цветковых растений. Травы, кустарники, лианы, деревья. Узнаются по листьям. Листья характеризуются **сетчатым** жилкованием (рис. 66).

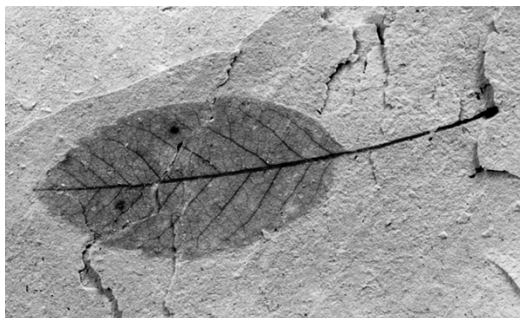


Рис. 66. Углефицированный отпечаток  
листа с сетчатым жилкованием  
([collectingfossils.org](http://collectingfossils.org))

#### **Геологическое значение:**

Стратиграфическое значение: используются для стратиграфии континентальных отложений кайнозоя.

Фациальное значение: обитают в разном климате. Показывают континентальные фации.

Породообразующее значение: углеобразователи KZ.

## РАЗДЕЛ III. ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОТЕКТОНИКА

Геотектоника изучает крупные тектонические единицы глобального масштаба. Историческая геотектоника – составной элемент исторической геологии. Ее задача состоит в выделении этапов и стадий развития структуры литосферы, что важно для понимания закономерностей эволюции Земли.

### Глава III. 1. СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ЛИТОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

В современной структуре верхней части твердой Земли различают два уровня – литосферный и коровый (Хаин, Халилов, 2009). Литосферный план определяется разделением литосферы на плиты, разграниченные осями спрединга (срединно-океанические хребты), зонами субдукции (глубоководные желоба) или трансформными разломами.

В данном разделе рассматривается **коровый уровень** строения Земли, в котором основное значение имеет разделение на континенты и океаны. Структурные элементы земной коры отличаются составом коры, строением и толщиной (табл. 20).

Таблица 20

**Крупнейшие структуры земной коры**

Структуры I порядка	Океаны	Континенты	
Структуры II порядка	1. Стабильные участки – <b>океанические плиты</b> (абиссальные равнины, талассократоны)	1. Стабильные участки – <b>платформы</b> (кратоны – древние платформы* + молодые платформы**)	
	2. Подвижные пояса – <b>Срединно-океанические хребты (СОХ)</b>	2. Подвижные пояса:	2а) <b>эпигеосинклинальные</b> (первичные) <b>орогены</b> – складчато-глыбовые горы. Их образованию предшествует осадконакопление
			2б) <b>эпиplatformенные</b> (вторичные) <b>орогены</b> – глыбовые горы. Их образованию не предшествует осадконакопление

\* К древним платформам отнесены устойчивые части континентов с докембрийским фундаментом (AR, PR).

\*\* У молодых платформ в фундаменте находится PR<sub>2</sub> и часть фанерозоя

Кроме этого существуют **переходные зоны активного типа** (подвижные пояса, пограничные между континентами и океанами). Ранее они назывались **геосинклинальные пояса** (ГСП). В нашей учебной практике используется старая номенклатура для понимания закономерностей развития земной коры и литосферы. По строению выделяют два типа ГСП (табл. 21).

Таблица 21

**Строение действующих ГСП**

Типы геосинклинальных поясов	
<p><b>А. Западно-Тихоокеанский тип:</b> окраинные моря, вулканические и невулканические островные дуги, глубоководные желоба</p>  <p style="text-align: center;">А</p>	<p><b>В. Восточно-Тихоокеанский (Андский) тип</b> состоит из глубоководного желоба. Зона субдукции наклонена под континент. Край континента надстроен вулканно-плутоническим поясом</p>  <p style="text-align: center;">В</p>

Сокращения: К – континент, ОМ – окраинное море, ОД – островные дуги, СОХ – срединно-океанические хребты, ВПП – вулканно-плутонический пояс

- Океаническая кора и океаны образуются в срединно-океанических хребтах благодаря спредингу и базальтовому вулканизму. Это первичная земная кора.

- Преобразование тонкой океанической коры происходит в геосинклинальных поясах. Здесь, благодаря конвергентному движению плит, гранитизации, горообразованию, образуются континентальная кора и континенты.

Земля развивается **направлено и необратимо** (см. схемы ниже).

Краткая схема направленного и необратимого развития Земли  
(эволюционный ряд крупнейших тектонических структур I порядка)

### **ОКЕАН→ГЕОСИНКЛИНАЛЬНЫЙ ПОЯС→КОНТИНЕНТ**

Схема направленного и необратимого развития Земли  
(эволюционный ряд тектонических структур II порядка)

**ОКЕАН:** 1) СОХ (образование рифта, спрединг, базальтовый вулканизм) → 2) океанические плиты → **ГЕОСИНКЛИНАЛЬНЫЙ ПОЯС:** 3) глубоководные желоба (зоны субдукции) + 4) окраинные моря (необязательный элемент) + 5) вулканические и невулканические островные дуги (необязательные элементы) → **КОНТИНЕНТ:** 6) эпигеосинклинальный ороген (движущиеся складчато-глыбовые горы) → 7) платформа → 8) эпиплатформенный ороген (движущиеся глыбовые горы; необязательный элемент).

Первопричиной эволюции крупнейших структур Земли являются движения литосферных плит. Геологическая история (эволюция) Земли начинается с рубежа 4 млрд лет, с этого времени проявляются все характерные для нее эндогенные и экзогенные процессы. Земля развивается **циклично**. В геологической истории планеты насчитывается восемь крупных тектонических циклов (циклы М. Бертрана): **AR<sub>1</sub>** – саамский, **AR<sub>2</sub>** – беломорский, **PR<sub>1</sub>** – карельский, **PR<sub>2</sub>** – байкальский, **PZ<sub>1</sub>** – каледонский, **PZ<sub>2</sub>** – герцинский, **MZ** – киммерийский (тихоокеанский), **KZ** – альпийский. Начиная с раннего архея (**AR<sub>1</sub>**) наша планета «выбрала» особый путь развития, только на ней происходит образование континентальной коры. В позднем архее (**AR<sub>2</sub>**) на Земле заработала тектоника плит, что подтверждается палеомагнитными данными. От одного тектонического цикла к другому площадь континентальной коры необратимо увеличивается.

## **Глава III. 2. ТЕКТОНИЧЕСКАЯ СХЕМА**

Для освоения темы и лучшего запоминания тектонических структур, а также последовательности их образования каждый студент самостоятельно создает свой экземпляр тектонической схемы.

Алгоритм действий

1. Получить основу для создания тектонической схемы – контурную карту мира с обозначенными границами тектонических структур.

2. Каждый студент вручную (цветными карандашами) раскрашивает свой «портативный» экземпляр тектонической схемы. Раскрашивать континенты рекомендуется в исторической последовательности (а не по принципу, какой карандаш ближе лежит): **красный** и **розовый** цвет (эпикарельские платформы, включающие структуры **AR** и **PR<sub>1</sub>**) → **синий** (или **фиолетовый**) цвет (эпибайкальские платформы, **PR<sub>2</sub>**) → **коричневый** цвет (эпикаледонские платформы, **PZ<sub>1</sub>**) → **серый** цвет (эпигерцинские платформы, **PZ<sub>2</sub>**) → **зеленый** цвет (эпитихоокеанские, или эпикиммерийские, платформы, **MZ**) → **желтый** цвет (альпийские эпигеосинклинальные орогены, **KZ**). Обязательно раскрашивается легенда карты.

3. На практических занятиях все структуры подписываются. Список включает восемь древних платформ и пять фанерозойских геосинклинальных поясов и их части (рис. 67). Из всех крупных тектонических структур современности на схематической карте не обозначены лишь эпиплатформенные орогены.

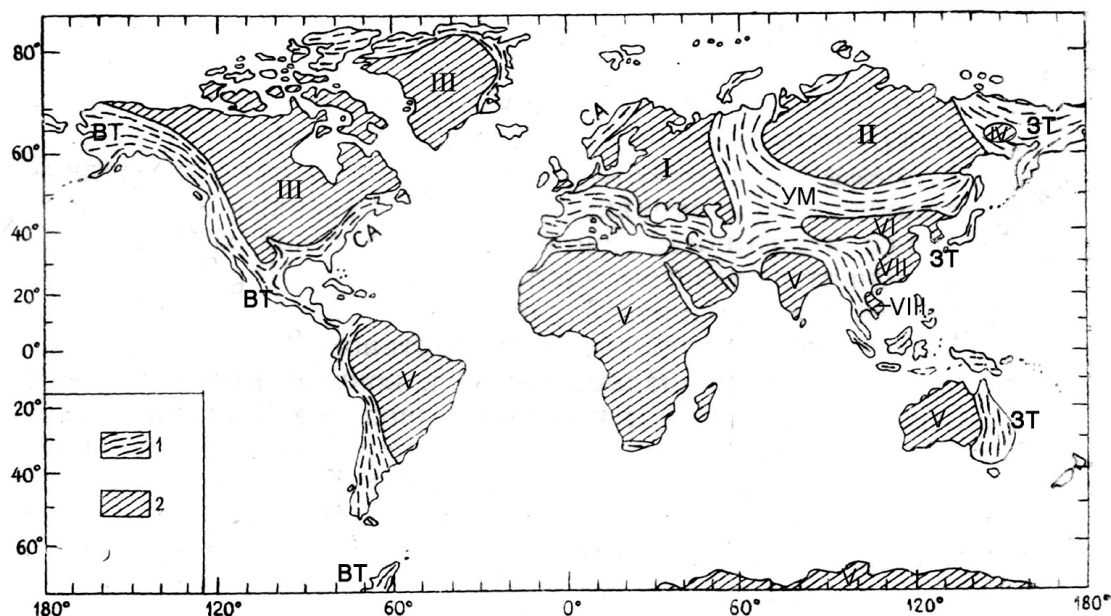


Рис. 67. Основные структурные элементы земной коры (Хаин, Ломизе, 1995)  
с изменениями:

- 1 – фанерозойские геосинклинальные пояса: СА – Северо-Атлантический, УМ – Урало-Монгольский, С – Средиземноморский, ВТ – Восточно-Тихоокеанский, ЗТ – Западно-Тихоокеанский.
- 2 – древние платформы (кратоны): I – Восточно-Европейская, II – Сибирская, III – Северо-Американская, IV – Колымский массив, V – Гондвана, VI – Корейско-Китайская, VII – Южно-Китайская, VIII – Индосинийская (Индокитайская)

4. Далее переходим к списку орогидрографии (см. ниже). На физической карте мира необходимо найти границы всех платформ, их щитов, разновозрастных элементов геосинклинальных поясов, используя географические наименования из списка. Древние платформы имеют изометричные очертания, поэтому объекты в списке перечислены по часовой стрелке примерно от «12 часов».

5. Следующий этап освоения темы – построение схематичных геологических разрезов любого участка континентов Земли. Задание выполняется вместе с преподавателем на практических занятиях. Рекомендуется все пояснения к схеме и рисунки выполнять с изнаночной стороны листа тектонической схемы. Студенты должны знать строение платформ и орогенов, иметь представление об эволюции крупных структур земной коры, уметь определять их возраст.

Таким образом, в результате освоения этой темы (это контрольное мероприятие) студенты должны знать и уметь:

- 1) названия тектонических циклов и их геохронологию;
- 2) список древних платформ и фанерозойских геосинклинальных поясов, бегло показывать их на тектонической схеме;
- 3) на физической карте мира показывать, оговаривая наименованиями из списка орогидрографии, границы всех изучаемых структур;
- 4) строить геологический разрез любой точки континентов.

При желании сдать тему на более высокий бал (61–100%) необходимо отвечать на контрольные вопросы по данной теме. Примерный список вопросов приводится ниже.

1. Показать на тектонической схеме Уральские горы (Скандинавские горы, Кордильеры и пр.), назвать тектоническую структуру (при ответе на подобные вопросы нужно использовать легенду карты).

2. Объяснить, почему один регион на тектонической схеме назван двумя разными тектоническими структурами (в легенде схемы и в списке структур с изнаночной стороны листа схемы). Так, Уральские горы по легенде карты являются молодой эпигерцинской платформой, а с другой стороны относятся к Урало-Монгольскому геосинклинальному поясу. Отвечать на подобные вопросы нужно, используя схему эволюции крупных тектонических структур Земли (см. главу III. 1).

3. На примере острова Новая Гвинея, где соседствуют два цвета (розовый и желтый) разных по возрасту тектонических структур, назвать мощности палеогеновой системы (юрской, каменноугольной и пр.) в пределах этих структур и характер ее залегания (субгоризонтальное, складчатое). Студенты должны иметь представление о порядке мощностей систем в осадочном чехле древних и молодых платформ, в пределах складчатых поясов (фундамент платформ и эпигеосинклинальные орогены). Нужно помнить, что в пределах щитов платформ осадочный чехол отсутствует (мощность равна нулю).

4. Показать на тектонической схеме две точки разного цвета, где мощность юрской системы (к примеру) составляет несколько километров (5–10 км).

## ОРОГИДРОГРАФИЯ К ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СХЕМЕ

### ДРЕВНИЕ ПЛАТФОРМЫ (эпикарельские и эпибайкальские)

**I. Восточно-Европейская платформа** (по часовой стрелке). Побережье Баренцева моря, западный склон Пай-Хоя и Уральских гор, р. Эмба, север п/о-ва Мангышлак, р. Волга, р. Дон (к устью), Крымский перешеек, р. Днестр (восточный склон Карпат), верховье р. Вислы (г. Варшава), Германо-Польская низменность, устье р. Рейн, р. Темза (г. Лондон), Бристольский залив, залив Уош, юго-восточный склон Скандинавских гор, Побережье Баренцева моря.

IA. Балтийский щит. Кольский п-ов, Онежское озеро, Ладожское озеро, Балтийское море, Скандинавский п/о-в без Скандинавских гор.

IB. Украинский щит. Изгиб р. Днепр южнее г. Киева (Приднепровская возвышенность).

Байкалиды (эпибайкальские платформы). 1. Побережье Баренцева моря, западный склон Пай-Хоя, Полярного и Северного Урала, Тиманский Кряж. 2. Германо-Польская низменность, часть Британских о-в.

**II. Сибирская платформа.** Побережье моря Лаптевых, правый берег р. Лены и р. Алдан (часть), побережье Охотского моря (хр. Джугджур), южный склон Станового хребта, р. Витим (между Витимским плоскогорьем и Яблоновым хребтом), юг оз. Байкал, Восточные Саяны, по р. Енисей (без устья), южнее п/о-ва Таймыр, побережье моря Лаптевых.

IIA. Анабарский щит. Среднее и верхнее течение р. Анабар.

IIБ. Алданский щит. Алданское плоскогорье (верховье р. Алдан), Становой хребет.

Байкалиды. Правый берег р. Енисей, Енисейский Кряж, Восточный Саян, горы Забайкалья (Патомское нагорье, Становое нагорье, Витимское плоскогорье).

**III. Северо-Американская платформа.** Устье р. Маккензи, севернее о-ва Виктория по островам Канадского Арктического архипелага, о-в Гренландия (исключая северное и восточное побережье), залив Св. Лаврентия, р. Св. Лаврентия, р. Огайо, р. Миссисипи (часть), р. Арканзас, верхнее течение р. Рио-Гранде, восточный склон Скалистых гор, р. Маккензи.

ША. Канадский щит. Южнее о-ва Виктория, о-в Баффинова Земля, п/о-в Лабрадор, залив Св. Лаврентия, р. Св. Лаврентия, Великие Американские озера, море Бофорта.

ШБ. Гренландский щит. Южнее и западнее границ платформы.

**IV. Колымский массив.** Хребет Черского между рр. Индигирка и Колыма.

**V. Гондвана.** Южный склон Атласа, побережье Средиземного моря, между рр. Евфрат и Тигр, Персидский залив, юго-западный склон гор Хаджар (Оманские горы), р. Инд, южный склон Гималаев, дельта рр. Ганг и Брахмапутра, Зондский желоб, низменная часть о-ва Новая Гвинея, восточнее мыса Йорк (Австралия), западный склон Восточно-Австралийских гор (Большой Водораздельный хребет), Антарктида без Антарктического п/о-ва, северный склон Капских гор на юге Африки, р. Рио-Колорадо, восточный склон Андийских гор, устье р. Ориноко, Южный склон Атласа.

**VI. Корейско-Китайская платформа.** Пустыня Гоби, залив Петра Великого (г. Владивосток), п-ов Корея, устье р. Янцзы, среднее течение р. Хуанхэ, северный склон хребтов Циньлин, Наньшань, Алтынтаг, Куньлунь, восточный склон Памира, южный склон Тянь-Шаня.

VIА. Таримская платформа. Пустыня Такла-Макан.

VIБ. Северо-Китайская платформа. Северная Корея, устье р. Янцзы, р. Хуанхэ (южная и северная меандры).

Байкалиды. 1. Южная Корея. 2. Горы Бэйшань.

**VII. Южно-Китайская платформа.** Левый берег р. Янцзы (без устья), западный склон гор Уишань, Тонкинский залив, Сычуаньская впадина.

## ГЕОСИНКЛИНАЛЬНЫЕ ПОЯСА ФАНЕРОЗОЯ

### 1. Северо-Атлантический геосинклинальный пояс

1а. Аппалачская ветвь. **Каледониды:** северо-восточная часть гор Аппалачи, о-в Ньюфаундленд. **Герциниды:** п/о-в Юкатан, вдоль р. Рио-Гранде, р. Арканзас, р. Миссисипи, р. Огайо, юго-западная часть гор Аппалачи, п/о-в Флорида, побережье Мексиканского залива.

1б. Гренландская ветвь. **Каледониды:** восточное и северное побережье о-ва Гренландия. **Герциниды:** северные о-ва Канадского Арктического Архипелага.

1в. Грампианская ветвь. **Каледониды:** о-в Ирландия, большая часть Британских о-в (Грампианские горы, Пеннины, Кембрийские горы), Скандинавские горы.

### 2. Урало-Монгольский геосинклинальный пояс

2а. Урало-Тяньшаньская ветвь. **Байкалиды:** горы Бырранга, Северная Земля. **Каледониды:** Казахский мелкосопочник, хр. Каратау, северный Тянь-Шань. **Герциниды:** Новая Земля, побережье Карского моря, южный склон гор Бырранга, р. Хатанга, левый берег р. Енисей, Тянь-Шань, Мугоджары, Урал, Пай-Хой.

2б. Монголо-Охотская ветвь. **Каледониды:** Западный Саян, Алтай, Яблоновый хребет. **Герциниды:** на севере, огибая каледонские структуры, южнее Станового хребта, западный склон Сихотэ-Алиня, залив Петра Великого, пустыня Гоби.

### 3. Средиземноморский геосинклинальный пояс

3а. Альпийская ветвь. **Альпиды:** север Атласа, Андалузские горы, Пиренеи, левый берег р. Рона, по р. Дунай (захватывая горы Юра, Альпы, Апеннины), Западные Карпаты, Восточные Карпаты, Южные Карпаты, Стара-Планина, Крымские горы, Кавказ, п-ов Малая

Азия, о-ва Кипр и Крит, Балканский п-ов. **Герциниды**: Большая часть Атласа, Пиренейский п-ов (без Андалузских гор и Пиренеев), Центральный Французский массив, Армориканский массив (п-ов Бретань), Вогезы, горы севернее Дуная: Арденны, Рейнские Сланцевые горы, Тюрингенский Лес, Рудные горы, Судеты; Нижнедунайская низменность, низменная часть Крымского п-ова; р. Дон, р. Волга, северный склон Кавказа.

3б. Гималайская ветвь. **Альпиды**: хр. Копет-Даг, Иранское нагорье, южный Памир, Гималаи, вдоль р. Иравади. **Тихоокеанские структуры**: Тибетское нагорье, междуречье рр. Иравади и Мекконга, п/о-в Малакка. **Герциниды**: хр. Кунь-Лунь и Циньлин. **Каледониды**: хр. Алтынтаг и Наньшань.

3в. Индонезийская ветвь. **Тихоокеанские структуры**: низменная часть Зондских островов (Калимантан и Суматра). **Альпиды**: горная часть Зондских островов.

#### **4. Западно-Тихоокеанский геосинклинальный пояс**

4а. Верхояно-Чукотская ветвь. **Тихоокеанские структуры**: побережье моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря (с островами), Чукотский п-ов, северный и западный склон Корякского нагорья, северное побережье Охотского моря, Верхоянский хребет.

4б. Камчатско-Новозеландская ветвь. **Каледониды**: горы Уишань. **Герциниды**: Большой водораздельный хребет, о-в Тасмания. **Тихоокеанские структуры**: Сихотэ-Алинь. **Альпиды**: Корякское нагорье, п-ов Камчатка, Курильские о-ва, о. Сахалин, Японские о-ва, о-в Тайвань, Филиппинский архипелаг, горная часть о-ва Новая Гвинея, Соломоновы о-ва, о-ва Новая Зеландия.

#### **5. Восточно-Тихоокеанский геосинклинальный пояс**

5а. Кордильерская ветвь. **Тихоокеанские структуры**: Кордильеры, Скалистые горы. **Альпиды**: Алеутские хр., Аляскинский хр., Береговые хр., п-ов Калифорния.

5б. Андская ветвь. **Герциниды**: часть Южной Америки между р. Рио-Колорадо и Андами (Патагония), Капские горы (юг Африки). **Альпиды**: Анды, Антарктический п-ов.

## РАЗДЕЛ IV. МЕТОДЫ ИСТОРИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

Рассматриваются методы палеогеографии и палеотектоники.

### Глава IV. 1. МЕТОДЫ ПАЛЕОГЕОГРАФИИ

Методы палеогеографии базируются на понятии «фация». Основоположником современного понимания термина «фация» считается швейцарский геолог Аманц Грессли (A. Gressly). Он рассматривал толщи осадочных пород одинакового возраста (1836, 1838), прослеживал каждый слой в горизонтальном протяжении как можно дальше. Происхождение фаций А. Грессли связывал с различными условиями образования пород. Он ввел в геологию также понятие фациального анализа как сравнительного метода полевых исследований. Сходные мысли были высказаны независимо от Грессли французским ученым Констаном Прюво (C. Pruvost) в 1837–1838 гг. Основная мысль Прюво сводилась к тому, что есть такие типы отложений, которые не связаны с определенной эпохой, а образуются во все эпохи. Таким образом, с середины XIX в. оформились два основных направления в понимании фаций – гресслиевское, в относительном смысле, как участки слоя или формации (геологические тела), и общее генетическое, в которое вкладывалось более широкое понимание. Со второй половины XIX в. начинается триумфальное шествие принципа и метода фаций Грессли в геологии всех стран. В России их поддержал и развил Н.А. Головкинский (1869). Он назвал различные по составу пород и организмов разновозрастные отложения фациями и русифицировал этот термин. Становление генетического направления связывают с именами швейцарского ученого Е. Реневье и немецкого исследователя И. Вальтера. Они предложили генетическую классификацию фаций. Крайнее выражение генетического направления получило в работах А.П. Павлова (1888, 1903 и др.) и его последователей, которые совсем отказались от термина «фация», и ввели понятие генетического типа, как отложений, образовавшихся в результате работы определенных геологических агентов. Суть понятия «генетический тип» сводится к способу образования осадка.

В настоящее время существуют сотни определений фации, однако происходит закономерное возвращение к первоначальному понятию А. Грессли. Корректное определение фации должно содержать четыре признака:

- 1) вещественный (фация – это горная порода, геологическое тело);
- 2) генетический (фация содержит информацию об условиях образования осадков на площади);
- 3) стратиграфический (фация относится к определенному стратиграфическому уровню);
- 4) сравнительный (сравниваются смежные разновозрастные отложения по петрографическим и палеонтологическим признакам).

● Фация – осадочная горная порода, часть стратиграфического горизонта, которая отличается от соседних разновозрастных отложений (соседних фаций) литологическим составом и комплексом органических остатков, определяемых палеогеографической обстановкой (рис. 68).

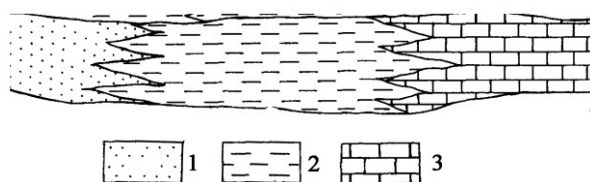


Рис. 68. Схема соотношения фаций в пределах одного стратиграфического горизонта (Короновский и др., 2008).

Условные обозначения: 1 – песчаники с остатками наземных растений;  
2 – глины с остатками прибрежно-морских бентосных беспозвоночных;  
3 – известняки с морской фауной

К числу наиболее общих методов восстановления палеогеографических условий относятся: 1) фациальный анализ и 2) генетический анализ. Фациальный анализ – это полевой метод, который осуществляется путем изучения отдельных разрезов и осадочных пород определенного стратиграфического интервала и прослеживания найденных изменений на площади; выявление и исследование в разрезах латеральных переходов одновозрастных отложений, т. е. фаций. Фациальный анализ устанавливает закономерные изменения фаций и обстановок на строго определенных стратиграфических уровнях разреза и региона. Термин «генетический анализ» говорит об изучении происхождения пород какого-либо разреза, бассейна осадконакопления, региона, способа их образования (Мизенс, 1997).

### 1.1. Генетический анализ осадочных пород («фаций»)

Для правильного установления генезиса (табл. 22) важен анализ совокупности признаков или комплексное исследование горных пород. При генетическом анализе подлежат исследованию следующие группы признаков (Крашенинников, 1971):

I. Петрографические и физические признаки: 1) цвет; 2) структура; 3) текстура – слоистость, особенности поверхностей напластования; 4) минеральный состав; 5) цемент: состав и тип цементации; 6) конкреции и включения; 7) пористость.

II. Палеонтологические признаки: 1) систематический состав органических остатков; 2) сохранность; 3) распределение; 4) экологические: условия обитания, условия захоронения.

Таблица 22

**Генетическая классификация «фаций», принятая в настоящей работе**

Морские фации	Переходные фации	Континентальные фации
1. Литоральные.	1. Фации речных устьев – дельт, эстуариев и лиманов.	1. Элювий.
2. Неритовые: а) верхнеритовые, б) нижнеритовые.	2. Лагунные: а) солоноватоводные (опресненные лагуны), б) солоноводные (соленые лагуны)	2. Коллювий.
3. Рифогенные.		3. Эоловые.
4. Батиальные.		4. Делювий.
5. Абиссальные		5. Проллювий.
		6. Аллювий.
		7. Озерные.
		8. Болотные.
		9. Подземноводные.
		10. Ледниковые: а) гляциальные, б) флювио-гляциальные, в) лимно-гляциальные

Значительную роль при генетическом анализе играет изучение палеонтологических признаков. Органические остатки создают литологические признаки горных пород, являются индикатором среды обитания и условий осадконакопления.

### 1.2. Генетические признаки морских фаций

Общие признаки морских фаций:

- 1) большая мощность;
- 2) значительная протяжённость;
- 3) литологически выдержаны по площади и в разрезе (по мощности).

В морях, океанах преобладают процессы осадконакопления. Денудация осуществляется главным образом в литоральной зоне. Морские отложения представлены чаще всего обломочными, глинистыми и карбонатными органогенными породами. Большая часть осадков поступает с суши или образуется за счет морской абразии. Из органических остатков преоб-

ладает **стеногалинный морской бентос**. В отличие от переходных (лагунных) фаций характерно разнообразие органических остатков.

Осадконакопление в морских бассейнах зависит от глубины. Выделяют следующие батиметрические области (рис. 69): 1) литоральная (прибрежная с глубинами 0–20 м); 2) неритовая (соответствует шельфу с глубинами 20–200 м); 3) батимальная (соответствует материковому склону с глубинами 200–3000 м); 4) абиссальная (соответствует ложу океана с глубинами более 3000 м).

В морях и океанах холодного и умеренного климата накапливаются обломочные и глинистые породы. В морях и океанах тропического климата накапливаются преимущественно карбонатные (биогенные, в меньшей степени биохеомогенные), реже обломочные и глинистые породы.



Рис. 69. Батиметрические зоны морей и океанов

**1. Литоральные фации.** Для литоральной зоны характерны активный гидродинамический режим (волнения, приливы, отливы), проникновение света, окислительная среда. За нижнюю границу литоральной зоны принимается глубина, на которой перестает сказываться взмучивающая осадок работа волн. Осадконакопление зависит от рельефа дна. Выделяют следующие типы литорали: а) клифы (обрывы) и бенчи (горизонтальная поверхность), где обнажается скальный грунт, б) пляжи, береговые валы, бары и подводные гряды (скопление обломочного материала или оолитов в зоне прибоя), в) заливы и бухты (илистые участки, защищенные от волн).

*Литолого-петрографические признаки литоральных фаций.* 1. Крупно- и среднеобломочные породы с окатанными обломками (такие структуры показывают активный гидродинамический режим): конгломераты, гравелиты, песчаники. 2. Хеомогенные породы – оолитовые пески, оолитовые известняки. Оолитовая структура показывает активный гидродинамический режим, состав показывает соленость около 40‰, жаркий, засушливый климат (рис. 70).

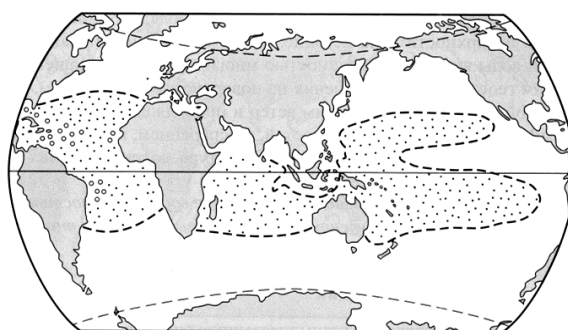


Рис. 70. Распределение современных карбонатных осадков в теплых водах. Окапыши (точки) и оолиты (кружки) характеризуют тропические воды (Бижу-Дюваль, 2012)

3. Органогенные породы: а) строматолитовые известняки, представляющие собой продукты жизнедеятельности цианобактерий, формируются в условиях приливов и отливов в жарком климате; б) известняки-ракушечники состоят из окатанного детрита раковин морских моллюсков.

*Палеонтологические признаки литоральных фаций.* Преобладает эвригалинный морской бентос: двустворчатые и брюхоногие моллюски, мшанки, вертикальные норки червей-пескожилов (рис. 71). В теплом и жарком климате раковины моллюсков толстые, богато скульптурированные, украшены ребрами, складками, шипами (рис. 72).

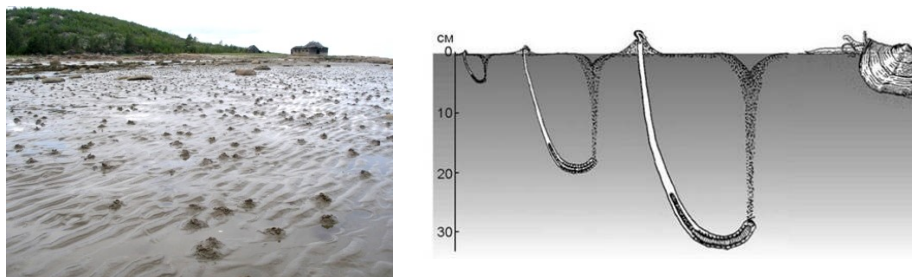


Рис. 71. Вертикальные норки червей-пескожилов в зоне приливов и отливов

Часто встречаются окатанные фрагменты стеногалинного бентоса, выносимого с шельфа волнами: кораллы, фузулиниды, членики стеблей морских лилий, иглы морских ежей, замковые брахиоподы. Остатки стеногалинного бентоса показывают нормальную соленость морского бассейна.

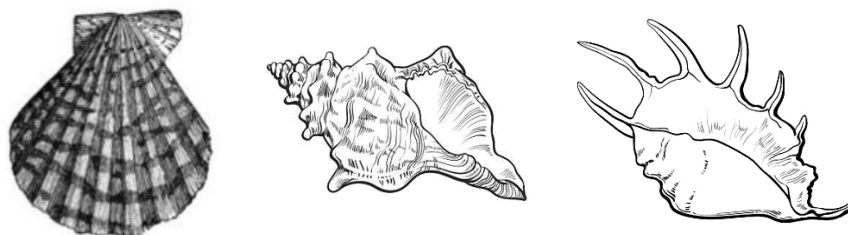


Рис. 72. Морфология раковин морских моллюсков литоральной зоны тропического климата

На берегах с сильными волнениями, не защищенными от океанских волн, формируется литораль «твердое дно». Характерны формы рельефа клифы (береговые скалы) и бенчи (горизонтальные поверхности). Признаки: на всех породах, обломках наблюдаются следы сверлящих и прикрепляющихся животных (норки сверлящих моллюсков, домики червей-трубкожилов (серпул и спирорбисов) и усоногих рачков (баланусов, морских уточек)), плечные колонии мшанок. Характерны брекчии. В цементе литоральных брекчий должна присутствовать морская фауна.

Фации литорали-бухты представлены глинистыми породами, алевролитами с прослоями и линзами углистых и битуминозных пород.

**2. Неритовые фации.** Неритовая зона (сублитораль) тянется до внешнего края шельфа. За нижний уровень зоны (200 м) принимается нижний предел обитания красных водорослей (индикаторы света, но наиболее глубоководные). Особенно сильно различаются верхняя (а) и нижняя (б) части неритовой зоны.

**2а.** Верхняя часть на всем протяжении представляет собой хорошо освещенное, почти ровное, морское дно с глубинами 20–50 м. Волны проникают слабо, поэтому отсутствуют крупнообломочные породы. Наиболее благоприятная для морского бентоса среда обитания.

*Литолого-петрографические признаки верхнеритовых фаций.* Мелко- и тонкозернистые песчаники, алевролиты, биогенные известняки. Структура известняков а) органогенная; б) органогенно-детритовая (обломки скелетов морских организмов). Цвет пород любой (белый, светло-серый до черного). Текстура массивная, плотная или горизонтально слоистая. Часто присутствует в виде примеси минерал глауконит (зеленая глина исключительно морского происхождения).

*Палеонтологические признаки верхнеритовых фаций.* Органические остатки обильны и разнообразны, но доказываются ритовые фации по присутствию стеногалинного морского бентоса. **Стеногалинный морской бентос:** коралловые полипы, фузулиниды, нуммулитиды, археоциаты, трилобиты, замковые брахиоподы, иглокожие (остатки этих организмов показывают нормальную соленость 35‰). Колониальные кораллы, фузулиниды, нуммулитиды, археоциаты, являясь **стенотермными животными**, показывают тропический климат. **Стенобатные организмы** обитают на определенной глубине (индикаторы глубины): водоросли, колониальные кораллы, археоциаты, фузулиниды и нуммулитиды.

**26.** Относительно глубоководные обстановки (от 50 м до 200 м) располагаются на внешнем крае шельфа. Здесь отсутствует постоянное волнение, резко сокращается освещенность. Органический мир обеднен.

*Литолого-петрографические признаки нижнеритовых фаций.* Характерны алевролиты, аргиллиты, мергели, микрозернистые и мелкодетритовые известняки, опоки, спонголиты, фосфориты. Текстуры толсто-, средне- и тонкослоистые, горизонтальные. Породы часто содержат органическое вещество (битумоиды).

*Палеонтологические признаки нижнеритовых фаций.* Состав смешанный – бентос и пелагические организмы. Из донных организмов встречаются кремневые губки, мелкие одиночные кораллы, конулярии, мелкие двустворчатые моллюски и брахиоподы, мшанки, иглокожие, обильны горизонтальные ходы илоедов. Возрастает количество пелагических организмов – тентакулитов, головоногих моллюсков, рыб, граптолитов (Кузнецов, 2021).

**3. Рифогенные фации.** Рифогенные массивы образуются на мелком шельфе (рис. 73). Ископаемые органогенные постройки представляют собой массивные тела с крутыми склонами, образованные скелетами колониальных животных и растений, захороненных в прижизненном положении (риффы, биогермы, биостромы).

*Литолого-петрографические признаки рифогенных фаций.* Известняки с органогенной структурой, обычно светло-серые. Характерна массивная кавернозная текстура (так как организмы захоронены в прижизненном положении). Каверны заполнены крустификационными корочками кальцита.

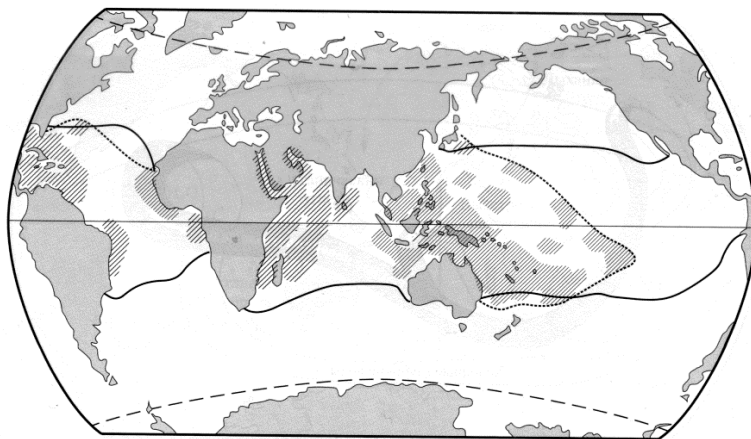


Рис. 73. Распространение рифовых образований в тропических океанских водах. Сплошная линия соответствует изотерме 20°C (Бижу-Дюваль, 2012)

*Палеонтологические признаки рифогенных фаций.* Доказываются по наличию скелетов организмов-рифостроителей: водоросли, сетчатые и ветвистые мшанки, строматопораты, археоциаты, колониальные кораллы.

Присутствуют организмы-рифоллюбы (поселяющиеся на рифах): замковые брахиоподы, криноидеи, двустворчатые моллюски, гастроподы, трилобиты, наутилоидеи, кораллы, фузулиниды.

**4. Батимальные фации.** Батимальная зона характеризуется глубинами 200–3000 м, спокойным гидродинамическим режимом, отсутствием света, низкими температурами, восстановительной средой (этим объясняется бедность или отсутствие донных организмов), часто развиты крутые склоны, уступы, каньоны, образуются глубоководные конусы выноса, оползни.

*Литолого-петрографические признаки батимальных фаций.* Нет движения воды, поэтому характерны мелко- и тонкообломочные породы, карбонатные илы: алевролиты, аргиллиты, мергели, глинистые микрозернистые известняки. Цвет пород преимущественно черный (из-за присутствия рассеянного пирита или битумоидов). Текстура пород тонкая, горизонтально слоистая. Характерно повышенное содержание органического вещества. Относительно глубоководным образованием (глубина сотни метров) является белый пясчий мел, состоящий из микроскопических скелетов планктонных золотистых водорослей кокколитофторидов.

Для склоновых отложений характерны турбидитовые песчаники с градационной текстурой, глинисто-алевритовые (неотсортированные) отложения с гальками (олистостромы), деформация пластов в форме оползневых складок и др. Разрезы конусов выноса имеют циклическое строение (флишевые формации).

*Палеонтологические признаки батимальных фаций.* Характерны остатки пелагических организмов (стеногалинный планктон и нектон): головоногие моллюски, тентакулиты, граптолиты, радиолярии, рыбы. Редко в небольшом количестве встречается глубоководный бентос с тонким скелетом – беззамковые брахиоподы, остракоды, конулярии, кремневые губки. Итак, на глубоководное происхождение породы может указать не систематический состав организмов, а 1) соотношение остатков пелагических и бентосных форм, 2) смена состава скелета бентосных форм с известкового на органический (хитиновый) или кремневый.

**5. Абиссальные фации** имеют самое широкое распространение в настоящее время (75% морского дна). Ископаемые абиссальные отложения достоверно установлены лишь в единичных случаях. Причины: 1) низкая скорость осадконакопления (миллиметры за тысячу лет); 2) небольшая мощность, что объясняется уплотнением на стадии диагенеза. Абиссальными осадками можно считать кремнистые аргиллиты, кремни, яшмы, содержащие раковины радиолярий (простейшие животные), конодонты и остатки других пелагических животных.

### **1.3. Генетические признаки переходных фаций**

#### **1. Фации речных устьев (дельт, эстуариев, лиманов).**

Речные устья – промежуточная континентально-морская зона. Их образование обусловлено сочетанием двух основных факторов – выноса реками значительных масс обломочного материала и переработка его морскими волнениями и течениями. Кроме обломочного материала на контакте пресных и соленых вод происходит массовая коагуляция коллоидного вещества. Здесь осаждается 70–90% растворенного железа, меди, алюминия и др. На характер устья и его отложений влияют рельеф дна водоема, тектонические движения, климат, преобладание русловых, волновых, приливно-отливных течений, количество приносимого материала. Имеют сложное строение. *В общих чертах представляют собой чередование слоев континентального (речного и озерного) и морского происхождения.* Этим фациям прису-

щи мелко- и тонкозернистые отложения – песчаники, алевролиты, аргиллиты; встречаются бокситы и железные руды с оолитовой структурой. Грубый обломочный материал развит ограниченно. Характерна сильная фациальная изменчивость, косая слоистость и знаки ряби, тонкая горизонтальная слоистость. Органические остатки: большое количество растительно-го детрита, кости наземных позвоночных, солоноватоводная и морская фауна. Фации определяются по форме геологических тел, ориентированы перпендикулярно береговой линии.

## 2. Лагунные фации.

Лагуна – часть моря, отделённая пересыпями, барами, органогенными постройками. От заливов лагуны отличаются большей изолированностью от моря (рис. 74). Осадконакопление в лагунах зависит от климата. Во влажном климате или при впадении реки лагуны опресняются (солёность < 35‰). В сухом и жарком климате – становятся солёными (солёность >35‰), органический мир в таких условиях угнетён и не оказывает существенного влияния на осадкообразование.

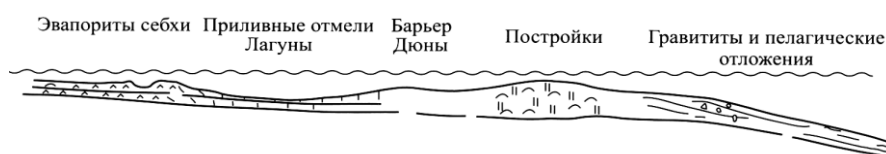


Рис. 74. Обобщенная схема распределения фаций на берегах лагунного типа (Бижу-Дюваль, 2012)

Лагуны представляют собой мелководные бассейны (глубина обычно несколько метров до первых десятков метров). Бывают и исключения (глубоководные лагуны). Больших волн в них не бывает, течения отсутствуют или имеют местный характер. В лагунных фациях отсутствуют крупнообломочные породы (конгломераты, гравелиты). Структура пород мелко- и тонкообломочная. Характерна горизонтальная слоистость (такая текстура показывает спокойный гидродинамический режим).

### Фаии опресненных (солоноватоводных) лагун

*Литолого-петрографические признаки.* Характерны мелко- и тонкозернистые песчаники, алевролиты, аргиллиты, мергели, известняки-ракушечники. Структура пород показывает спокойный гидродинамический режим. Текстура пород массивная, тонко- и средне-слоистая, горизонтально-слоистая.

*Палеонтологические признаки.* Эвригалинный морской бентос: двустворчатые и брюхоногие моллюски, ходы червей. Видовой состав очень бедный (1–2 вида моллюсков). Раковины часто толстые, богато скульптурированные, неокатанные. Встречаются остатки наземных растений.

**Фаии солоноводных лагун** образуются в зонах жаркого пустынного климата, при этом испарение значительно превосходит поступление в лагуну морских вод.

*Литолого-петрографические признаки.* Характерны мелко- и тонкозернистые песчаники, алевролиты, аргиллиты (структура показывает спокойный гидродинамический режим) и **хемогенные** породы. Встречаются смешанные породы: мергели, глинистые известняки, за-гипсованные алевролиты и т. д. Садка солей и кристаллизация происходит из насыщенных растворов в полуизолированном бассейне с активным испарением при постоянном подтоке новых порций морской воды, а также на границе раздела атмосфера/рассол и в интерстициальной воде, заключенной в осадке. Тип химических осадков, возникающих в результате прямого осаждения на дно из пересыщенного столба воды, называется **эвапоритами**.

Осаждение хемогенных пород происходит по мере увеличения солёности. Первыми осаждаются карбонатные породы известняки и доломиты (солёность бассейна 50–65‰), за-

тем – сульфатные породы гипс и ангидрит (соленость бассейна 120–135‰). При увеличении солености бассейна до 350‰ и более осаждаются каменная и калийная соли. Современные условия отложения эвапоритов не могут служить объяснением наличия больших мощностей сульфатов и солей в геологических бассейнах прошлого. Мощные пласты соли формировались при сочетании быстрого погружения бассейна с неоднократным поступлением рассола. Бассейн при этом был глубоководным. Такие отложения относят к формации морских эвапоритов (Мизенс, 1997).

Эвапориты испытывают ранние диагенетические преобразования из-за присутствия интерстициальных вод, циркулирующих внутри отложений. Образуются включения, происходят минеральные замещения. Иногда хемогенные образования полностью растворяются. В породах часты текстуры наслоения: трещины усыхания, глиптоморфозы (псевдоморфозы) по кристаллам гипса и соли. Встречаются пустоты от растворившихся кристаллов гипса и соли (рис. 75). Текстура пород тонкая и средняя горизонтально- или волнисто-слоистая.

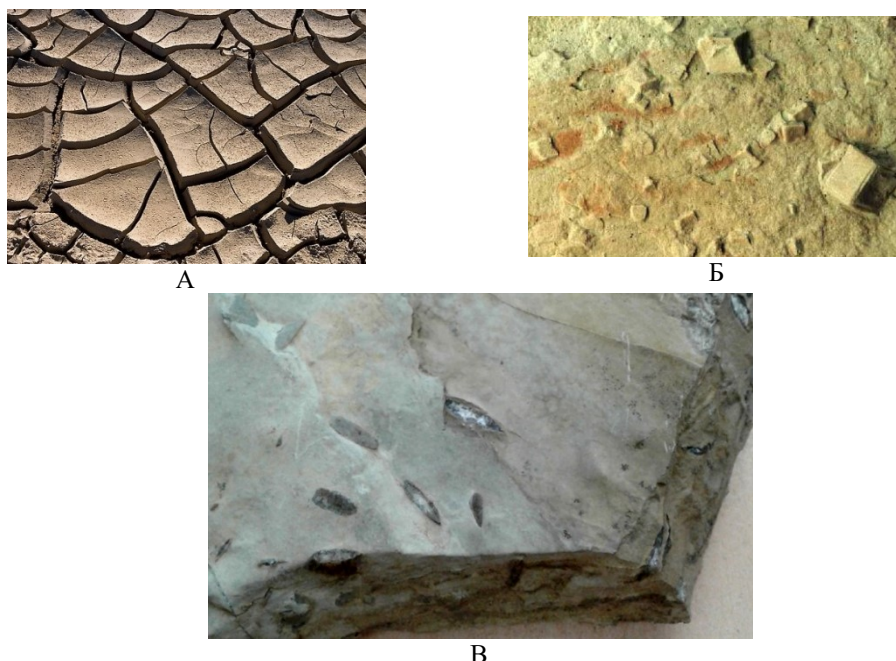


Рис. 75. Различные текстуры наслоения в фациях солоноводных лагун:  
А – трещины усыхания, Б – глиптоморфозы по кристаллам соли.  
В – кристаллы гипса в мергеле

*Палеонтологические признаки солоноводных фаций.* Органический мир в таких условиях угнетен. Органические остатки отсутствуют, могут встречаться обугленные остатки наземных растений.

#### 1.4. Генетические признаки континентальных фаций

Общие признаки:

- 1) чаще всего небольшая мощность;
- 2) небольшая протяженность;
- 3) по площади часто выклиниваются или замещаются другими фациями, так как континентальные условия изменчивы.

На суше преобладают процессы денудации, осадконакопление осуществляется главным образом в небольших водоемах – озерах и реках. Весьма резко на характер континентальных отложений оказывает влияние климат. Континентальные отложения представлены чаще все-

го обломочными и глинистыми породами, из органических остатков преобладают наземные растения и кости позвоночных.

**1. Элювий** (кора выветривания) – продукты разрушения горных пород, оставшиеся на месте своего образования. *Кора выветривания* – закономерно построенный профиль, развивающийся на материнских породах путем преобразования их под влиянием поверхностных агентов. На состав более всего влияют климат и состав материнских пород. В качестве примера приводятся профили коры выветривания в разном климате (рис. 76). Текстура всегда массивная (отсутствует слоистость), структура у бокситов часто остаточная обломочная.

Элювий широко распространен в ископаемом состоянии. Элювий – это не осадок, поэтому в разрезе свидетельствует о длительных остановках в осадконакоплении.

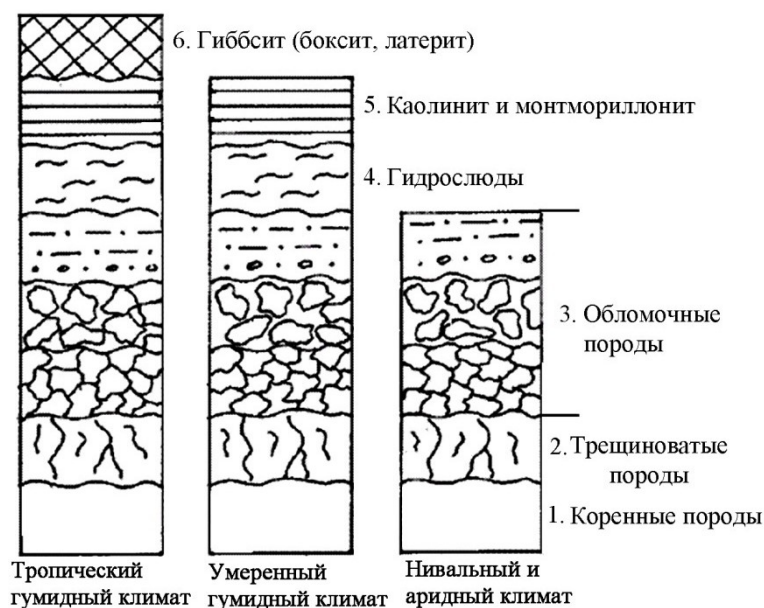


Рис. 76. Профиль коры выветривания в разных климатических поясах

**2. Коллювий** (коллювий обрушения и коллювий оползания). Породы (продукты разрушения), скапливающиеся у подножия склона под действием силы тяжести (результат обвалов, осыпей, оползней и т. п.).

Диагностируется только в четвертичных отложениях (за исключением оползневых тел). В настоящее время коллювий представлен обломочными породами, неокатанными, неотсортированными, неслоистыми – глыбы, щебень, дресва.

**3. Делювий.** Породы (продукты разрушения), которые скапливаются у подножия склона в результате смыва дождевыми или талыми водами. Диагностируется только в четвертичных отложениях. Представлен мелкообломочными породами, неотсортированными, неслоистыми, несцементированными – супеси, суглинки.

**4. Пролувий.** Отложения временных потоков (ручьев и селей), образуют конусы выноса на предгорных равнинах и в долинах крупных рек. Расстояние переноса – несколько километров. Вследствие быстрого переноса сохраняется форма обломков (не окатываются или слабо окатываются), сортировка по величине обломков слабая. Широко распространён среди древних континентальных отложений.

*Литолого-петрографические признаки пролювия.* Полимиктовый состав, крупнообломочная структура, плохая сортировка, плохая окатанность – брекчии, конглобрекчии.

**5. Аллювий.** Речные отложения, один из самых распространенных типов континентальных отложений. Аллювий приурочен к долинам рек или образует аллювиальные равни-

ны. В наиболее полном виде набор аллювиальных фаций включает русловой, пойменный и старичный типы (рис. 77).

### **Русловой аллювий**

*Литолого-петрографические признаки.* Характерна крупно- и среднеобломочная, хорошо окатанная структура: конгломераты, гравелиты, песчаники, реже алевролиты. Текстуры пород косослоистая и линзовиднослоистая (такие текстуры показывают подвижный гидродинамический режим). Речная косая слоистость однонаправленная. Угол наклона косых слоев обычно составляет  $20^{\circ}$ – $30^{\circ}$ .

*Палеонтологические признаки.* Органические остатки встречаются в больших количествах: обугленные обломки (детрит) наземных растений, часто в виде растительной пыли; кости наземных позвоночных, раковины пресноводных организмов (двустворчатые и брюхоногие моллюски, остракоды).

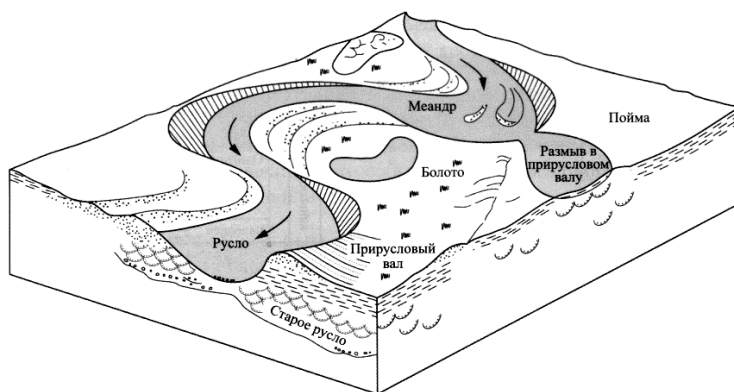


Рис. 77. Аллювиальные отложения в меандрирующей речной системе (Бижу-Дюваль, 2012)

**Пойменные** отложения формируются в пойме реки в периоды половодий при менее активной и непостоянной гидродинамике. Осадки более тонкозернистые, менее отсортированные: песчаники, алевролиты с прослоями аргиллитов. Текстура волнистослоистая, горизонтальная, характерны знаки ряби на поверхностях наслоения.

**Старичные** отложения формируются в отшнурованных участках старых русел, занятых старичными озерами или болотами. По литологическим признакам напоминают озерные и болотные фации. Обычно это глинистые отложения с тонкими прослоями и линзами торфа, угля.

**6. Озерные (лимнические) фации** широко распространены в ископаемом состоянии. Осадконакопление идет в спокойных гидродинамических условиях, зависит от климата.

*Литолого-петрографические признаки пресноводных озерных фаций.* Характерна структура, показывающая спокойный гидродинамический режим. Преобладают мелко- и тонкообломочные породы: мелко- и тонкозернистые песчаники, алевролиты, аргиллиты, мергели. Текстура пород тонкая, горизонтально-слоистая, микрослоистая (такая текстура показывает спокойный гидродинамический режим). Кроме основных осадков в озерах могут образовываться магнезит, сидерит, гидроксиды железа.

*Палеонтологические признаки.* Сохранность органического материала очень хорошая: остатки наземных растений, обугленные раковины листоногих рачков (Phyllopoda), насекомые, рыбы, скелеты амфибий.

В зонах аридного климата формируются озера с повышенной минерализацией. Здесь могут образоваться прослои известняков, доломитов, реже гипса, ангидрита и солей.

**7. Болотные фации** широко распространены в ископаемом состоянии, выделяются высоким содержанием органического вещества.

*Литолого-петрографические признаки.* Характерны органогенные породы, состоящие из наземных растений: торф, бурый уголь, каменный уголь. Встречаются также обломочные и глинистые породы – углистые алевролиты и аргиллиты.

*Палеонтологические признаки.* Растения-углеобразователи: плауновидные, хвощевидные, кордаитовые, папоротники. Древесные формы плауновидных и хвощевидных растений показывают тропический влажный климат.

**8. Эоловые (ветровые) фации.** Встречаются в пустынях, полупустынях и на побережьях крупных водоемов.

*Литолого-петрографические признаки.* Представлены эоловыми песками и лёссами, в ископаемом состоянии – кварцевые песчаники мелко- и тонкозернистые. Характерна косая перекрещивающаяся слоистость (рис. 78). Не встречаются органические остатки.

Лёсс представляет собой образования, состоящие из известковой пыли, перенесенной ветром из перигляциальных областей или холодной степи.

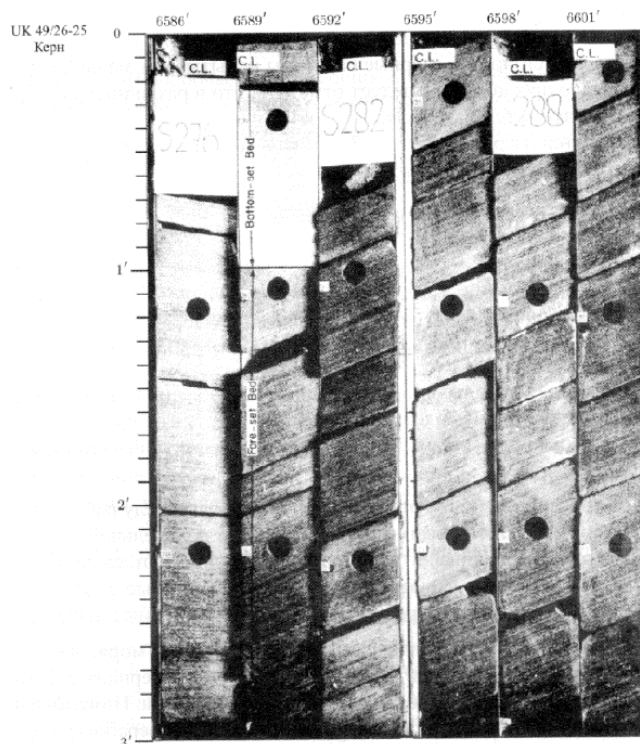


Рис. 78. Пример косой слоистости эоловых фаций («красный лежень» на севере Европы) (Бижу-Дюваль, 2012)

**9. Фации подземных вод.** К этой группе относятся а) пещерные отложения и б) отложения источников.

*Литолого-петрографические признаки.* Различные натечные формы, карстовые брекчии, известковые туфы.

*Палеонтологические признаки.* Встречаются отпечатки листьев наземных растений, раковины пресноводных моллюсков. Диагностируются в четвертичной системе.

**10. Ледниковые фации** известны с протерозоя. Разновидности ледниковых фаций: 1) гляциальные отложения – отложенные морены: глины с валунами, глыбами и щебнем; 2) флювиогляциальные отложения – отложения талых вод: хорошо отсортированные пески с линзами галечников; 3) лимногляциальные отложения – озерно-ледниковые отложения (ленточные глины с сезонной слоистостью). Древние моренные отложения называются «тиллиты».

## Глава IV. 2. МАКРОСКОПИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Макроописание осадочных пород должно проводиться по одной схеме, с соблюдением определенной последовательности признаков:

- 1) название породы;
- 2) цвет породы с оттенками;
- 3) структура (характеристика составных частей породы);
- 4) вторичные изменения, примеси;
- 5) текстура (характер расположения составных частей породы);
- 6) текстуры напластования (если имеются);
- 7) плотность, пористость, кавернозность;
- 8) наличие включений (галек, конкреций и т. д.) и стилолитовых швов;
- 9) органические остатки (палеонтологическая характеристика).

### 2.1. Классификация и определение названия осадочных пород

При описании пород очень важно использовать подходящие классификации. Существующие классификации осадочных пород, в том числе и иностранные, которые основаны как на объективных петрографических признаках, так и на генетических представлениях, в той или иной мере эклектичны и плохо прикладываются к реальным объектам.

В течение многих десятилетий советские геологи и литологи пользовались классификацией М.С. Швецова (1958), сменившей классификацию В.И. Лучицкого (1949).

М.С. Швецов пошел дальше по пути преодоления генетического признака, хотя и не отказался от него полностью. Все осадочные породы он подразделил на три группы: 1) обломочные, 2) глинистые, 3) химические и биохимические. Несмотря на генетическое название, первая группа выделяется объективно, так как основывается на структуре – морфологически выраженном, объективном признаке. Поэтому в слове «обломочные» можно видеть не только генезис, но и «структуру». Глинистые породы прямо названы по минеральному составу. Только название третьей группы алогично, оно генетическое (Фролов, 1992).

Рассмотренная ниже классификация осадочных пород дана по М.С. Швецову (1958).

#### Обломочные горные породы

**Обломочными** называют образования, сложенные более чем на 50% обломками минералов или минеральных агрегатов преимущественно кварцево-силикатного состава. Им свойственны обломочные (кластические) структуры.

Название рыхлым осадкам, состоящим из отдельных обломков, и сцементированным породам дается в зависимости от размера и формы обломков в соответствии с наиболее популярной у отечественных литологов классификацией, приведенной в табл. 23 (Япаскурт, 2008).

Обломки размером менее 0,005 мм называются пелитовыми и относятся к глинистым породам.

Если в межзерновом пространстве рыхлых осадков химическим способом возникли какие-либо аутигенные («рожденные на месте») минералы – такие, например, как опал, халцедон, кварц, кальцит, глинистые или иные минералы, то их агрегаты называются цементом, а сами породы – сцементированными. **Цемент** – характерная структурная часть осадочных пород, которая типична в первую очередь для обломочных пород (кластолитов).

Классификация обломочных пород по структурам

Подгруппа пород		Размер	Название			
			Обломков рыхлых осадков		Сцементированных пород	
			Форма обломков		Форма обломков	
			Неокатанные	Окатанные	Неока- танные	Окатанные
Песчистые	Глыбово- валунные	200 мм – 10 или 20 мм	Глыбы	Валун (валунник)	Глыбовая брекчия	Валунный конгломерат
	Щебнево- галечные	10–200 мм	Щебень (щебенка)	Галька (галечник)	Брекчия	Конгломерат
	Дресвяно- гравийные	2–10 мм	Дресва (дресвяник)	Гравий (гравийник)	Дресвит	Гравелит
Песчаные (псаммитовые)		0,05–2 мм	Песок		Песчаник	
Пылеватые (алевритовые)		0,005–0,05 мм	Алеврит		Алевролит	

Следует различать *цемент* и *цементацию*. Последняя отвечает более широкому понятию, так как осуществляется не всегда с помощью цемента. Цементация без цемента возникает при механическом сжатии и приспособлении друг к другу (механическая конформность), а также при растворении в твердом состоянии и сближении зерен по стилолитовым (зубчатым) контактам.

### Глинистые породы

Главным критерием принадлежности пород к классу глинистых служит не размерность, а состав компонентов. Они состоят в основном из частичек слоистых силикатов – глинистых минералов: каолинита, различных смектитов (монтмориллонита, бейделлита, нонтронита, сапонита и др.), гидрослюд, различных хлоритов; реже ленточных силикатов (пальгорскита, сепиолита и др.). Наряду с глинистыми минералами, придающими глинистым породам основное их отличительное свойство, породы также содержат обломки минералов пелитовой размерности менее 0,005 мм (Япаскурт, 2008).

Классификация по минеральному составу – основная, так как этот признак системный, выражающий сущность глин. По минеральному составу выделяются мономинеральные, олигомиктовые (малосмешанные), мезомиктовые (среднесмешанные) и полимиктовые (сильносмешанные) группы. Наиболее часто встречаются каолинитовые, монтмориллонитовые, гидрослюдистые и полиминеральные глины, представленные различным сочетанием первых трех типов.

#### Классификация глинистых пород по степени литифицированности

1. *Илы глинистые* – водонасыщенные осадки с пористостью свыше 80–90%, обладающие свойством текучести, что выражается в способности растекания тонким или толстым слоем под действием собственного веса (массы), т. е. они жидкие или вязкие; характеризуются пределом текучести.

2. *Глины* – размокающие в воде пластичные породы с пористостью около 80–40%, различающиеся по степени липкости, текучести, пластичности.

3. *Уплотненные глины*, размокающие только через несколько часов после смачивания (промежуточная порода между глинами и аргиллитом).

4. *Аргиллиты* – неразмокающие глинистые породы полутвердого физического состояния, имеющие пористость от 5 до 2%.

Пластичность – отличительное физическое свойство глин по отношению к другим видам глинистых пород по степени литифицированности. В частности, аргиллиты – сцементированные и уплотненные породы, как правило, не размокают в воде и непластичны.

Для точной диагностики глинистых минералов и определения минерального типа глин применяют физико-химические и физические методы исследования: термический фазовый анализ, рентгеноструктурный анализ, электронную микроскопию (Логвиненко, 1984).

### Химические и биохимические породы

Группа включает карбонатные, кремневые, фосфатные (фосфориты), соляные, алюминиевые, железные, марганцевые породы, каустобиолиты. Ниже рассмотрены самые распространенные осадочные породы этой группы.

#### *Карбонатные породы*

К карбонатным породам, или карбонатолитам, относятся породы, сложенные кальцитом либо арагонитом ( $\text{CaCO}_3$ ), доломитом ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ), сидеритом ( $\text{FeCO}_3$ ), магнезитом ( $\text{MgCO}_3$ ), анкеритом ( $\text{Ca}(\text{Mg,Fe})(\text{CO}_3)_2$ ) и др. Некоторые карбонатные породы традиционно относятся к другим группам пород: сложенные родохрозитом ( $\text{MnCO}_3$ ) – к марганцевым породам, или манганолитам, сода (десятиводная  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  и семиводная  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) – к солям, или эвапоритам.

Основной классификацией карбонатолитов является минералогическая. Все карбонатные породы делятся на:

- 1) *известняки*, сложенные кальцитом или арагонитом;
- 2) *доломиты*, сложенные минералом того же названия – доломитом;
- 3) *сидериты*, состоящие из минерала сидерита;
- 4) *магнезиты* – из магнезита.

Широко развитым **смешанным** карбонатно-глинистым и глинисто-карбонатным породам издавна присвоен особый термин – *мергели*. При обособлении этой группы был нарушен общепринятый принцип породной группировки по наличию 50% и более породообразующего компонента. К мергелям стали относить смеси, содержащие карбонатного вещества (известкового либо доломитового) от 75 до 25% и глинистого вещества, соответственно, от 25 до 75%. При этом смешанные породы делили при явном преобладании того или иного компонента на «мергели известковые», «мергели доломитовые» и «мергели глинистые». Авторы современных классификаций стремятся как-то обособить 50 %-ный барьер. Они именуют «истинными» или «чистыми» мергелями только те породы, которые содержат 50–75% карбонатного и, соответственно, 50–25% глинистого материала (Фролов, 1993). Однако добиться такого ранжирования на практике полевых геологических наблюдений практически невозможно. Даже оптическая микроскопия не позволит нам точно разделить микритовый карбонатный и тонкопелитовый глинистый материал. Для этого необходим анализ методом «мокрой химии» – растворением породных навесок в крепких кислотах и взвешиванием нерастворимых остатков (Япаскурт, 2008).

#### *Соляные породы*

Соляными породами, или эвапоритами (от лат. *evaporare* – «пересыхать»), именуют образования, состоящие преимущественно из легко или заметно растворимых в воде минералов, которые относятся к нижеследующим видам солей: хлориды (*галит*  $\text{NaCl}$ , *сильвин*, или *ка-*

лийная соль  $KCl$ , караналлит  $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ , бишофит  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ); сульфаты (*гипс*  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , *ангидрит*  $CaSO_4$ , мирабилит, или глауберова соль  $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$  и др.); легко-растворимые карбонаты (сода – десятиводная  $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$  и семиводная  $Na_2CO_3 \cdot 7H_2O$ ); нитраты (селитра натриевая, или чилийская  $NaNO_3$ , селитра калиевая  $KNO_3$ ); бораты (борацит  $Mg_3ClB_7O_{13}$ , гидроборацит  $MgCaB_6O_{11} \cdot 6H_2O$ , бура  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$  и др.) и фториды (флюорит  $CaF_2$ ), причем последние, как и нитраты, не растворимы. Примеси: глинистый материал, оксиды и сульфиды железа, доломит. У большинства сложенных этими минералами пород названия одинаковы с господствующими минеральными видами.

Названия минералов и пород солей часто не отделены друг от друга, и название минерала используется и для названия породы (Фролов, 1992).

### **Алюминиевые породы**

Алюминиевые (глиноземистые) породы – это исключительно экзогенные образования с пелитоморфными, бобовыми (оолитовыми), реже обломочными структурами, состоящие более чем на 50% из минералов свободного глинозема диаспора и бемита  $AlO(OH)$ , гиббсита (гидраргиллита)  $Al(OH)_3$ , а также алюмосиликатов (каолинита, галлуазита, бертьерина и др.), гидроксидов и оксидов железа (гетита, гидрогетита, гематита) и в меньшей степени титана (анатаза, рутила и др.). Все минералы алюминия и железа присутствуют в тонкодисперсном состоянии, поэтому диагностируются в результате лабораторных исследований. Их главные представители: *аллиты* – по Г. Гарросовцу (1926), *бокситы* – по Бертье (1820), *латериты* – по Ф. Бьюкенену (1807).

Содержание  $Al_2O_3$  колеблется в широких пределах, в промышленных рудах низшей категории не менее 28%, а в наивысшей – более 52% (Япаскерт, 2008).

**Бокситы** классифицируются в основном по структурам и примесям, а классификации по минеральному составу остаются подчиненными. Структуры бокситов довольно разнообразны: пелитоморфные и зернистые. Первые – аморфные, коллоидально-волокнистые и микрозернистые. Зернистые бокситы более разнообразны: оолитовые, бобовые, желваковые, обломочные, варьирующие от щебнисто-галечных и гравийно-дресвяных до песчаных и алевритовых, относящихся уже к пелитоморфным. Эти структурные типы и служат для выделения главных типов бокситов. По примесям различают чистые, кремневые, железистые, глинистые и песчаные бокситы.

По внешнему виду и окраске бокситы весьма разнообразны: красные, красно-бурые, бурые, реже белые, серые, зеленовато-серые и пестрые. Бокситы иногда напоминают аргиллиты, яшмы, железные руды и не обладают пластичностью. Преимущественно бокситы за счет интенсивной окраски тонкодисперсными окислами железа имеют красную, красно-бурую окраску и оставляют аналогичный цвет черты на фарфоровой пластинке.

### **Каустобиолиты**

*Каустобиолитами* (греч. *καυστός* – «горючий», *βίος* – «жизнь» и *λίθος* – «камень»), или горючими, а также органическими породами называются геологические образования, больше чем наполовину состоящие из органических «минералов» или компонентов. Это особая группа горных пород, наиболее специфичная для нашей планеты, включающая наряду с твердыми также и жидкие горные «породы» – нефти (возможно, и газ). Каустобиолиты формируются за счет тел организмов (животных и растений), которые, в свою очередь, строят органическое вещество своих тел из атмосферных газов и воды под влиянием энергии Солнца.

Твердые горючие ископаемые представлены гумолитами, сапропелитами и органо-флюидолитами (Амосов и др., 1987). Вместе с ними удобно рассмотреть и горючие сланцы, в

которых органическое вещество хотя и не преобладает, но как полезные ископаемые, т. е. как «руды», горючие сланцы тяготеют к каустобиолитам.

*Гумолитами*, называют *угли* (*бурые, каменные, антрацит*), образовавшиеся из остатков высших наземных растений, главным образом из их лигнино-целлюлозных тканей, при недостатке кислорода во влажной среде, сначала в результате микробиологических процессов преобразования – *гумификации*, а потом в результате термобарических превращений – *углефикации*, или метаморфизации органического вещества.

*Сапропелиты* или *сапропелевые угли* (греч. σαπρός – «гнилой», πηλός – «глина, ил»), образовавшиеся в основном из зоо- и фитопланктона в застойных водоемах типа лагун и озер с весьма ограниченным водообменом. От гумусовых углей они резко отличаются отсутствием слоистости, т. е. изотропностью, однородностью, высокой прочностью, а также большим содержанием водорода, дают много газа и смолы, т. е. являются каустобиолитами битумного или нефтяного ряда. Они светло- и темно-коричневые, матовые, массивные, пелитоморфные, имеют раковистый излом, вязкие, загораются от спички.

*Органофлюидолиты* довольно редкие и мало изученные (на 1993 г.) образования, гетерогенные, имеющие лишь одно общее – флюидную фазу, обычно вторичную, нередко весьма позднюю, метаморфогенную.

Горючими ископаемыми являются и неорганические по преимущественному составу горные породы – *горючие сланцы*, которыми считаются чаще всего глинистые, карбонатные или кремневые пелитоморфные горные породы, обогащенные органическим, в основном сапропелевым, веществом на 15–40% или более строго литологически – до 50%. Органическое вещество сланцев обычно называется *керогеном*, т. е. «воск рождающим» (с греческого).

Жидкие и газовые горючие ископаемые, или *нефть* и *газ*, – это своеобразные каустобиолиты, большей частью встречающиеся не в твердом состоянии. Поэтому отнесение их к «-литам» довольно условно, хотя в принципе правильно. Их чаще всего называли «битумами», «битумными образованиями», что подчеркивало их общее свойство – поведение как битумного вещества, т. е. растворимость в органических растворителях – хлороформе и спирт-обензольной смеси. Узкое понятие «битумы» не включает углеводородные газы, так как это жидкие (нефти), полужидкие (мальта) и твердые их производные (асфальт, асфальтит, озокерит т. д.). Термин «битумоиды», обозначающий углеводородистые вещества, содержащиеся в осадках и породах и обладающие способностью, как и нефть, растворяться в органических растворителях, по сути, не включает битумы, а только другие битумоподобные вещества и потому не является общим. В последнее время (с 90-х гг.) входит в употребление термин «нафтиды» – общее название для нефтей и их природных дериватов, постепенно вытесняющий термин «битумы». Под термином «нафтиды» объединяются природные органические вещества (за исключением ископаемых углей), находящиеся в недрах в различных физических состояниях: газообразном, жидком, твердом, растворенном или сорбированном. К ним относятся: углеводородные газы, газоконденсаты, нефти, природные битумы и газогидраты.

## 2.2. Цвет

Цвет – важнейшая характеристика осадочных пород. Чистые осадочные породы без хромофоров, как правило, имеют светлые окраски. Белая и светло-серая окраски характерны для известняков, доломитов, каолинистых глин, каменной соли, гипса, ангидрита, кварцевых песчаников.

По цвету можно судить о составе породообразующих минералов и незначительных примесей. Примеси окрашивают породу в характерные цвета:

- а) красный, розовый, охристо-желтый – окислы железа;
- б) черный, серый – окислы марганца, пирит, органическое вещество (битумоиды);
- в) зеленый – малахит, глауконит, хлорит и другие минералы с закисными (двухвалентными) соединениями железа и меди;
- г) желтый – ярозит, лимонит;
- д) голубой – азурит и т. д.

Красный цвет и присутствие окислов железа и алюминия показывают тропический жаркий климат. Часто необходимо фиксировать цвет выветрелой породы, например корки выветривания карбонатов (карбонатолитов): безжелезистые породы, в частности известняки, отбеливаются, хотя на свежем изломе они могут быть черными; при содержании двухвалентного железа корка выветривания становится красной. По интенсивности цвета судят и о количестве этого катиона. Распределение окраски по объему породы (равномерное или неравномерное) подчеркивает, а иногда и выявляет скрытую текстуру, например слоистость. Отмечаются пятнистость, полосчатость, ритмичность (кольца Лизеганга, «зебровые» породы). Следует определять и причину окраски, даже в предположительной форме (Фролов, 1992).

Таким образом, при описании окраски необходимо придерживаться следующих правил (Агафонова и др., 2015):

- 1) пользоваться главными цветовыми тонами – белым, серым, черным, красным, коричневым, желтым, зеленым, синим;
- 2) при необходимости дополнить основной цвет оттенком (зеленовато-серый, красновато-коричневый);
- 3) указать интенсивность окраски (темно-серый, светло-коричневый);
- 4) отметить равномерность окраски;
- 5) если окраска неравномерная, то определить характер неравномерности (пятнистая, полосчатая, зональная).

Цвет обломочных пород определяется составом обломков, материала-заполнителя (для крупнообломочных пород) и цемента.

### **2.3. Структура**

*Структура* – характеристика составных частей породы, определяемая размерами, формой, взаимоотношением и степенью кристалличности компонентов.

Взаимоотношение компонентов показывает способ образования породы и, в частности, решает вопрос, возникли ли минералы на месте залегания породы или были сюда принесены.

#### ***Структура обломочных пород***

При макроописании фиксируются обломочные (кластические) структуры, размер и форма компонентов (табл. 24).

## Структуры обломочных пород

Подгруппа (класс) пород		Название структур		
		Размер	Форма обломков	
			Неокатанные	Окатанные
Песчистые, крупнообломочные	Глыбово-валунные	5,0–10/20 м 1,0–5,0 м 0,5–1,0 м 0,2–0,5 м	Грубоглыбовая Крупноглыбовая Среднеглыбовая Мелкоглыбовая	Грубовалунная Крупновалунная Средневалунная Мелковалунная
	Щебнево-галечные	10–20 см 5–10 см 1–5 см	Крупнощебеночная Среднещебеночная Мелкощебеночная	Крупногалечная Среднегалечная Мелкогалечная
	Дресвяно-гравийные	10–5 мм 5–2 мм	Крупнодресвяная Мелкодресвяная	Крупногравийная Мелкогравийная
Песчаные, среднеобломочные (псаммитовые)		2–1 мм 1–0,5 мм 0,5–0,25 мм 0,25–0,1 мм 0,1–0,05 мм	Грубозернистая, грубопсаммитовая Крупнозернистая, крупнопсаммитовая Среднезернистая, среднепсаммитовая Мелкозернистая, мелкопсаммитовая Тонкозернистая, тонкопсаммитовая	
Пылеватые, мелкообломочные (алевритовые)		0,05–0,025 мм 0,025–0,01 мм 0,01–0,005 мм	Крупноалевритовая Среднеалевритовая Мелкоалевритовая	

## Структура глинистых пород

Размер глинистых частиц, как правило, близок к 0,001 мм и меньше. Образованная ими структура именуется пелитовой (от греч. *pelos* – «глина»). Наряду с глинистыми минералами, придающими глинистым породам основное их отличительное свойство, породы также содержат обломки минералов пелитовой размерности менее 0,005 мм (Япаскурт, 2008). Глины визуально незернисты, тем не менее они различаются по сильно варьирующему размеру микрочастиц – чешуек, а также по их взаимоотношению. Глинистые кристаллы варьируют от 1–2 до 0,0001 мм и, возможно, более мелкого размера. В.Т. Фролов (1993) приводит следующий диапазон размеров: *крупнопелитовая* 0,005–0,001 мм и *мелкопелитовая* 0,001–0,0001 мм.

Интересен макроскопический принцип определения глин различной структуры. В мелкопелитовых при растирании в пальцах, пробе на зуб или резании ножом не ощущается примесь алевритовых или песчаных частиц, чем их можно отличить от крупнопелитовых. Кроме того, при скатывании в сыром виде они дают длинные шнуры толщиной менее 0,5 мм, а крупнодисперсные – более короткие и толстые.

## Структура химических и биохимических пород

Как отмечают Б.К. Прошляков и В.Г. Кузнецов (1991), единой классификации для хемогенных (химических по М.С. Швецову) пород, имеющих кристаллически-зернистое строение, не существует. Для хемогенных пород они предлагают следующую классификацию структур (табл. 25).

Оолиты – это сферические зерна диаметром менее 2 мм, обладающие концентрически-зонарным строением вокруг какого-нибудь мелкого зародышевого фрагмента.

Сферолиты – это сильно перекристаллизованные оолиты.

Пизолиты – особо крупные разновидности сферолитов (диаметром более 2 мм – с горошину).

## Классификация структур хомогенных пород

Критерий выделения структур	Структура	Краткая характеристика
Размер кристаллических зерен	Крупнозернистая	Зерна величиной, мм: >1–0,5
	Среднезернистая	0,5–0,25
	Мелкозернистая	0,25–0,1
	Тонкозернистая	0,1–0,01
	Микрозернистая	<0,01
	Пелитоморфная	<0,005
	Разнозернистая	Имеются зерна различных размеров
Форма зерен и их агрегатов	Волокнистая ориентированная	Зерна удлиненной формы, однонаправленно ориентированные
	Волокнистая беспорядочная	Зерна удлиненной формы, беспорядочно расположенные
	Оолитовая	В массовом количестве присутствуют оолиты, диаметр 0,01–2,0 мм
	Сферолитовая	Внешне не отличима от оолитовой, но в разрезе сферолита под микроскопом видно радиальное строение
	Пизолитовая	В массовом количестве присутствуют пизолиты – округлые образования концентрического строения, диаметр зерен >2 мм
	Бобовая	Внешне подобна пизолитовой, но бобовины имеют неконцентрическое строение
Степень кристаллизации	Аморфная	Смолы, парафины, воски

Биохимические (органогенные) породы, в которых большое участие принимают остатки организмов (свыше 20–30% объема породы), имеют следующие структуры:

1. *Органогенная* – в случае хорошей сохранности скелетных остатков организмов.
2. *Органогенно-детритовая* – порода почти полностью состоит из скелетных обломков размером крупнее 0,1 мм (обычно более 1 мм).
3. *Шламная* – скелетные остатки находятся в раздробленном состоянии (обломки мельче 0,1 мм).

#### 2.4. Вторичные изменения, примеси

Все изменения, совершающиеся в уже сформированной породе, называют вторичными или постдиагенетическими. Вторичные изменения – весьма частый признак экзогенных накоплений, не только изменяющих физические свойства пород, но и проливающих свет на состав и генезис. К основным вторичным процессам относятся растворение, минералообразование, метасоматоз, конкрецееобразование.

Продуктами растворения являются пустоты разных форм и размеров. Продуктом растворения и уплотнения являются стилолиты. Синтез новых минералов происходит на диагенетической стадии превращения осадков в породу. Метасоматоз – замещение вещества породы с изменением ее химического состава, при котором одновременно происходит растворение минералов и отложение новых. В течение всего процесса породы остаются в твердом состоянии. Метасоматоз проявляется в виде окремнения, сульфатизации, доломитизации, кальцитизации и засоления.

*Окремнение* – образование в карбонатных породах минералов группы кремнезема (кварца, халцедона) за счет выделения  $\text{SiO}_2$  из кислых подземных вод, циркулирующих в карбонатах, частично растворяя их и метасоматически замещая отдельные участки. В пределах таких окремненных участков различаются реликты первичного строения.

*Сульфатизация* – образование сульфатных минералов при вносе соответствующих соединений сульфатными водами. Гипс часто встречается в виде рассеянных кристаллов, заполняет трещины, прорастает отдельные участки пород.

*Доломитизация* – замещение известковой массы кристаллами доломита. При сильной доломитизации известняков образуются однородные тонкозернистые доломиты. При метасоматическом замещении доломитом кальцитовых масс увеличивается пористость за счёт сокращения объёма породы. Вторичные доломиты лишены собственного биоценоза, в них присутствуют те же палеонтологические остатки, что и в известняках.

*Кальцитизация* – появление в породах новообразованного кальцита (Хворова, 1958), способствует запечатыванию седиментационных пор и пустот. Перекристаллизация особенно отчетливо протекает в крупнофрагментарных известняках. В породах появляется большое количество относительно крупных кристаллов кальцита.

*Засоление* – замещение породной массы кристаллами соляных минералов, заполнение ими пустотного пространства.

*Глауконит* – глинистый минерал зеленого цвета, морского происхождения, часто встречается в песчаных и алевроитовых породах в виде зерен овальной или неправильно округлой формы, иногда связан с органическими остатками. Часто является индикатором умеренного климата.

*Пирит* присутствует в темноцветных породах, образуется в восстановительных условиях (бескислородная обстановка, отсутствие движения воды). Особенно его много в породах, обогащенных органическим веществом, в тонкозернистых глинистых известняках.

*Битумоиды* – рассеянное органическое вещество (содержание в породах 0,1–16% и более), образуется в процессе преобразования остатков фито-, зоопланктона, лигнифицированных частиц наземных растений, которые испытали осаждение вместе с рыхлыми осадком, а затем глубокое погребение.

*Медные минералы* (малахит, азурит, халькозин, куприт) присутствуют в виде цемента (землистые массы), налетов, корочек, конкреций в обломочных и глинистых породах (до 20%), реже в известняках (до 1,5%). Медные примеси образуются в тропическом засушливом климате.

В процессе выветривания известняки отбеливаются на поверхности, доломиты обычно становятся желтыми, анкериты красными в результате окисления двухвалентного железа, сидериты покрываются темно-красной коркой.

## 2.5. Текстура

Текстура – свойство осадочной горной породы, характеризующее ориентировку и расположение структурных компонентов в пространстве.

Текстуры разделяются на две большие группы (Фролов, 1992) – текстуры внутренние, присущие всему объему породы (группа А), и текстуры поверхностей слоев, кровли и подошвы (группа Б).

### А. Текстуры внутренние, присущие всему объему породы

**І. Текстуры наложения первичные** (внутрислоевые, середины пласта), формирующиеся одновременно с седиментацией.

1. Массивная (беспорядочная, неслоистая).
2. Слоистая с тремя морфологическими типами слоистости:
  - а) горизонтальная;
  - б) волнистая;
  - в) косая:
    - однонаправленная,
    - разнонаправленная.

Степень выраженности слоистости может быть и слабая – тогда текстура переходит в *неслоистую*, или *беспорядочную*.

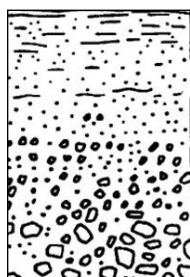
**Массивная (беспорядочная)** – характеризуется хаотическим внутренним распределением компонентов породы (Япаскурт, 2008).

**Слоистая** – характеризуется явной дифференцированностью компонентов породы по размерам или составу или однообразной ориентированностью удлинённых частиц (Япаскурт, 2008). Слоистая текстура обусловлена чередованием слоев нескольких разновидностей породы (Прошляков, Кузнецов, 1991).

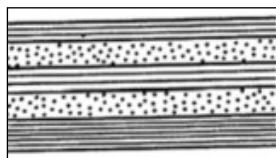
**Горизонтальная слоистость** представляет собой чередование слоев и слойков, параллельных плоскости напластования. Эта текстура образуется при горизонтальном положении ровной поверхности наложения. Горизонтальная слоистость отвечает отсутствию движения вещества среды (рис. 79).

**Волнистая слоистость** характеризуется криволинейной формой слойков, образуется при волнистой поверхности наложения колебательными (волновыми) или пульсационными движениями (порывами) воды или воздуха. Наиболее распространенной разновидностью является **линзовидная слоистость** (рис. 79).

Горизонтальнослоистые текстуры



Градационная

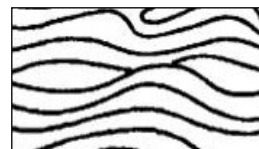


Горизонтальная

Волнистослоистые текстуры



Волнистая



Линзовидная

Рис. 79. Горизонтальная и волнистая слоистости и их разновидности

**Косая слоистость** формируется течением или воздушным перемещением зерен песка и гравия, реже – гальки. Наклон косой слоистости направлен в сторону течения, которое точно определяется по своему вектору, силе и характеру движения среды (водной или воздушной)

(рис. 80 а, б). Основной морфологический тип может быть осложнен комбинацией разных типов слоистости. *Косоволнистая слоистость* объединяет признаки волнистой и косой слоистости и образуется при волнении, генерирующем поступательное перемещение воды – течения (рис. 80 в)

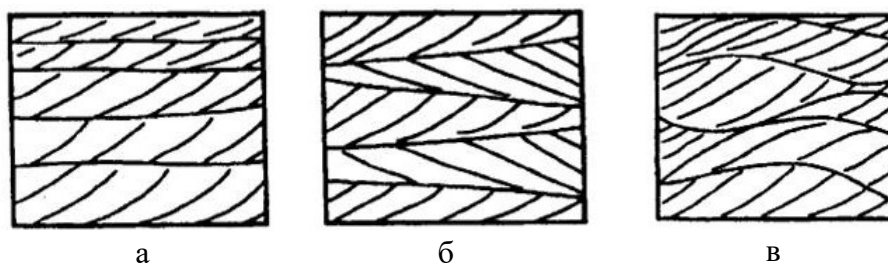


Рис. 80. Косая слоистость однонаправленная (а) и разнонаправленная (б) и косоволнистая слоистость (в)

При характеристике особенностей породы используются термины «слоек» и «прослой». Прослой – это слой, залегающий внутри другого слоя. Его мощность составляет не более 1–2 см. Термин «слоёк» надо использовать в случае, когда приходится противопоставлять более крупные слои и им подчиненные мелкие слойки.

#### *Масштаб текстур наложения*

По мощности выделяются следующие типы слоистости (Прошляков, Кузнецов, 1991; с уточнениями по Фортунатовой и др., 2008):

- массивнослоистая (более 50 см);
- толстая (20–50 см);
- средняя (5–20 см);
- тонкая (0,1–5 см);
- микрослоистая (менее 0,1 см).

#### **II. Текстуры наложенные (синседиментационные)**

Формируются либо одновременно с осадком, либо сразу после его отложения.

1. *Биогенная текстура образована в результате жизнедеятельности организмов:*

- а) илоядная, или биотурбационная,
- б) корневая комковатая.

2. *Текстура взмучивания* образуется при воздействии штормовых волн без существенного горизонтального переноса осадка.

3. *Текстура оползания и оплывания* образована в результате движения пластичного обводнённого осадка по склону.

4. *Элювиальные, или сингенетично-метасоматические* – заполнение открытых трещин материалом, инъецирование вещества снизу вверх.

#### **III. Текстуры наложенные (постседиментационные)**

Формируются в течение всей истории породы при диа-, ката-, мета-, гипергенезе, а также тектогенезе.

1, 2. *Скорлуповатая и конкреционная* текстуры, внешне похожие друг на друга, но в первом случае чисто коллоидными и иными физико-химическими силами лишь переорганизуется строение тонкого алевроитового, реже тонкопесчаного осадка с возникновением концентрической отдельности, а во втором происходит еще и стягивание конкрецееобразователя – карбонатов, кремнезема, окислов, фосфатов, солей и т. д. (рис. 81).

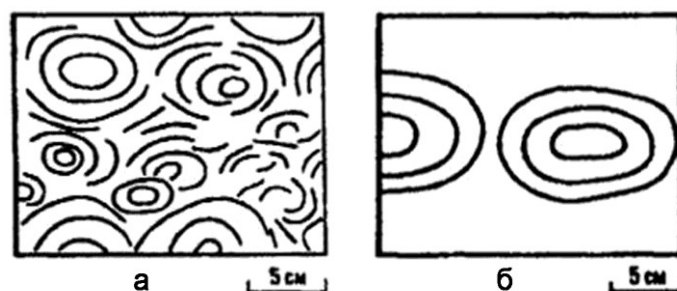


Рис. 81. Текстуры: скорлуповатая (а), конкреционная (б)

3. *Фунтиковая текстура* – это одна из редких форм сочленения подстилающих и перекрывающих слоев (рис. 82 а). На одной из контактирующих поверхностей имеются выступы конической формы, а на второй в соответствующих местах – углубления такой же формы («фунтики»). Высота конусов составляет от долей до нескольких сантиметров (Прошляков, Кузнецов, 1991).

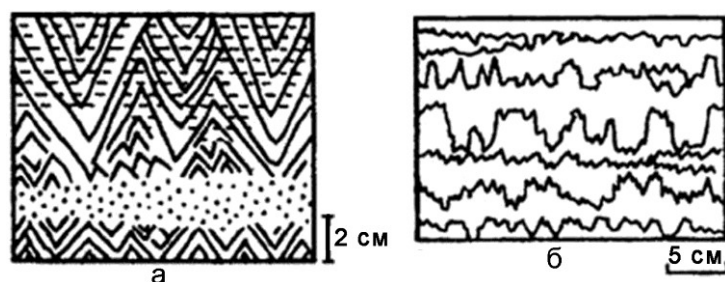


Рис. 82. Фунтиковая (а) и стилолитовая (б) текстуры осадочных пород

4. *Стилолитовая текстура* – это субгоризонтальные, реже косые или субвертикальные (если давление было боковым) зубчатые, сутурные контакты между плитами одной породы, соединяющимися часто неразъемно (рис. 82 б). Высота зубцов колеблется от долей до 2–3 см и даже более. Чем выше (длиннее) зубцы, тем толще слой глины, располагающийся по шву. Это нерастворимый остаток. При образовании стилолита нерастворимое глинистое вещество, в противоположность карбонатному, не могло быть вынесено.

5. *Зебровая текстура, или кольца Лизеганга*. При формировании колец Лизеганга меняется химическая форма минерала или вещества, которому предстоит быть кольцообразующим. Например, при окислении железистых минералов (сидерита, пирита и др.) происходит частичное перемещение и микроконцентрация по контурам фронтов движущегося межгранулярного потока.

6. *Сланцеватая (сланцевая) текстура* выражается макроскопически в плитчатой и листоватой отдельности, в шелковистом и слюдистом блеске плоскостей сланцеватости. Возникает в осадочных породах на стадии метазенеза и развивается только в глинистых и алевролитовых породах, которые метаморфизуются раньше песчаников и более грубых пород.

7. *Полосчатая текстура* – подобие слоистости или даже сама слоистость, но устанавливаемая неуверенно, т. е. допускающая в конкретном случае иное толкование происхождения. Надо избегать называть полосчатостью ясно выраженную слоистость.

## Б. Текстуры поверхностей слоев (текстуры напластования)

1. *Знаки ряби* представляют собой систему параллельных валиков на поверхности осадка, перпендикулярных направлению водного или воздушного потока (рис. 83).

*Симметричная рябь* возникает в результате волнений и представляет собой чередование пологих желобков и острых гребней. Симметричная рябь распространена мало. Длина симметричной ряби 0,9–200 см, высота 0,3–23 см, индекс 4–13, преимущественно 6–7. Гребни часто острые, чего не бывает в ряби течения. Расстояние между гребнями ряби волнений возрастает с увеличением глубины.

*Асимметричная рябь* образуется под влиянием ветра или течений. У асимметричной ряби волнения много общего с прямолинейной мелкой рябью течения: подветренный склон круче наветренного. Длина ряби 1,5–105 см, высота 0,3–20 см, индекс ряби 5–16, преимущественно 6–8, индекс асимметрии 1,1–3,8.

*Рябь течения* практически всегда асимметрична. Условно различается мелкая (длиной меньше 60 см, но чаще 30 см, высота до 6 см, индекс ряби 5–10), крупная (длина больше 60 см, до 30 м, высота 1,5 м, индекс 10–20) и гигантская (длина больше 30 м, до 1 км, высота до 15 м, индекс ряби 20–60).

*Ветровая рябь* имеет большой индекс (30–70), редко снижающийся до 10–15 (в плохо сортированных песках), длину 6–15 см, иногда от 2,5 до 25 см, высоту обычно 0,5–1 см.

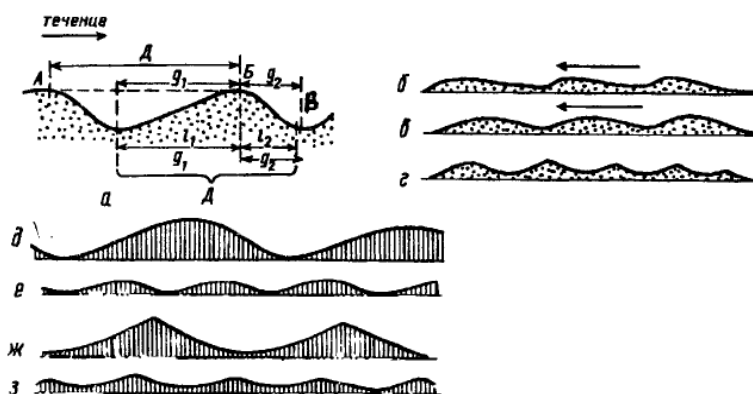


Рис. 83. Знаки ряби на кровле пластов:

а, б, в, д, е – асимметричная рябь; г, ж, з – симметричная рябь, или рябь колебательных движений (в заводях); а – рябь течения с элементами: длиной (D), высотой (B) или амплитудой, с длинным ( $q_1$ ) или ( $l_1$ ) и коротким ( $q_2$  или  $l_2$ ) склонами, или крыльями; б – эоловая; в – водно-флювиальная; г – волновая; д – почти симметричная водно-флювиальная с низким (+5) индексом (отношение длины ряби к высоте D/B); е – эоловая с высоким (+14) индексом; ж – волновая с низким (+5) индексом; з – волновая с высоким (+14) индексом

2. *Трещины усыхания (такыры)* образуются в глинистом или известковом осадке, накопившемся при последующем высыхании его на воздухе. Трещины имеют V-образный профиль, реже с параллельными стенками, шириной от 1–2 мм до нескольких сантиметров, глубиной до десятков сантиметров. В плане трещины образуют полигоны в диаметре от 0,5–1 м до нескольких сантиметров, причем в крупные часто вписано несколько систем более мелких полигонов. Трещины заполнены выше наслоенным осадком.

3. *Гиптоморфозы кристаллов солей, льда* размером до 3–5 см обычно представлены псевдоморфозами илистого осадка по кубам каменной соли, тонким пластинкам и иголкам льда, кристаллам гипса и т. д. Наличие соли и гипса естественно свидетельствует об аридном седиментогенезе, а льда – о холодном климате.

4. *Следы струй течения и стекания* – разветвленная, как крона дерева, система мелких (миллиметры и сантиметры) углублений на поверхности песчаного осадка, морфологически весьма разнообразных.

5. *Следы волочения* – прямолинейные борозды, оставляемые предметами, переносимыми волнением или течениями у дна.

6. *Следы зарывания и сверления* наиболее широко распространены в приливной зоне и представляют собой вертикальные трубки, часто U-образные. На поверхности осадка образуются холмы, конусы – вулканчики и воронки, иногда отверстия окружены шариками песка – копролитами.

7. *Следы размыва и элювирования* на суше выражены перерывом и уничтожением части разреза, неровной границей, значительным воздействием на сохраняющиеся породы агентов внешней среды – их твердением, химическими и минеральными преобразованиями, часто расчленением на блоки и щебень.

## **2.6. Плотность**

Плотность пород – степень пористости или отсутствие пористости у плотных пород.

В обломочных породах пористость определяется по впитыванию воды в породу, по прилипанию к языку – в случае капиллярной пористости, по весу породы (объемному весу) и рыхлости.

В карбонатных породах описание полостей выполнено по Г.А. Максимовичу и В.Н. Быкову (1969): крупные поры 0,5–1,0 мм, каверны – 1,0–10 мм; малые полости – 10–100 мм, небольшие полости – 100–1000 мм.

## **2.7. Включения**

По количеству включения являются несущественными и часто инородными компонентами по отношению к основному составу породы.

К минеральным включениям относятся конкреции и отдельные минералы. *Конкреции* представляют собой минеральные стяжения разнообразной формы, отличающиеся от вмещающих пород составом, структурой, цветом и т. п. При описании конкреций и отдельных минералов надо обращать внимание на состав, размер, морфологическую форму, цвет.

## **2.8. Органические остатки**

Характеристика остатков ископаемых организмов включает в себя видовой состав, степень сохранности, размер, положение в слое, ориентацию и количество. При перечислении органических остатков вполне достаточно использовать название типов, классов, иногда отрядов. У колониальных форм необходимо определять тип колонии. Например, кустистые ругозы, массивные табулятоидеи, ветвистые мшанки и т. п.

## **2.9. Примеры описания осадочных горных пород**

1. Известняк светло-серый, почти белый, органогенно-детритовый, неравномерно окремнённый, горизонтально толстослоистый, плотный, трещиноватый, с остатками криноидей, замковых брахиопод, ветвистых и сетчатых мшанок, кремневых губок.

2. Переслаивание известняков и глин. Известняки серые, микрозернистые, глинистые, горизонтально тонкослоистые, с редкими остатками замковых брахиопод, ветвистых мшанок, с мелким обугленным растительным детритом. Глины желто-бурые, крупнопелитовые, известковые, тонкослоистые.

### Глава IV. 3. МЕТОДЫ ПАЛЕОТЕКТОНИКИ

Методы палеотектоники восстанавливают тектонические движения прошлого.

Метод фаций и метод мощностей позволяют оценить характер и амплитуду вертикальных тектонических движений.

**МЕТОД ФАЦИЙ** – основной метод палеотектонического анализа. Он позволяет судить о характере вертикальных тектонических движений – опусканий и поднятий.

Анализируются литолого-палеогеографические карты определённого временного интервала. Распределение фаций одного стратиграфического горизонта по площади дает информацию о размещении областей погружения и поднятия в соответствующее время.

- **Области накопления осадков – это зоны опускания.**

Так как палеорельеф обычно не сохраняется, то о расположении и интенсивности поднятий можно судить лишь по косвенным признакам.

- **Областями поднятия считаются участки, где мощность рассматриваемого стратиграфического горизонта равна 0 (суша).**

Об амплитуде поднятий судят на основе анализа полосы осадков, окаймляющих сушу (примыкающих к нулевой изопахите) по следующим признакам: 1) величина обломков; 2) мощность осадков.

- **Чем крупнее обломки и больше мощность отложений, окаймляющих сушу, тем выше были поднятия.** Ответ может звучать таким образом: горная суша или небольшое островное поднятие. По объему крупнообломочного материала, снесенного с горных возвышенностей и переотложенного в сопряженных прогибах, вычисляют высоту горных массивов прошлого. Так, было вычислено, что высота Уральских гор в пермском периоде составляла около 6 км, как у современных Альп.

**МЕТОД МОЩНОСТЕЙ.** Позволяет дать количественную оценку нисходящим тектоническим движениям (прогибаниям).

- **Мощность осадков достаточно точно отвечает амплитуде прогибания дна бассейна.**

Условие. Бассейн должен оставаться мелководным на протяжении всего интервала осадконакопления (шельфы, эпиконтинентальные моря). Это **компенсированное осадконакопление**. При компенсированном осадконакоплении **разрез полностью сложен мелководными фациями с мелководной фауной и флорой.**

В центральных частях глубоководных бассейнов погружение опережает поступление осадочного материала (мощность рассматриваемого стратиграфического горизонта меньше амплитуды опускания в несколько раз). Это **некомпенсированное осадконакопление**. Признаком его в разрезах древних бассейнов седиментации служит смена вверх по разрезу мелководных фаций всё более **глубоководными отложениями**. В районе с некомпенсированным осадконакоплением применять метод мощностей нельзя. Об амплитуде погружения судят по косвенным признакам, например по мощности рифогенных массивов, окружающих глубоководную впадину.

Таким образом, при анализе вертикальных палеотектонических движений определенной территории необходимо использовать следующие методы (рис. 84).

Опускание территории	→ Качественная оценка. МЕТОД ФАЦИЙ
	→ Количественная оценка. МЕТОД МОЩНОСТЕЙ (при компенсированном осадконакоплении)
Поднятие территории	→ Качественная оценка. МЕТОД ФАЦИЙ
	→ Количественная оценка. МЕТОД ФАЦИЙ (анализируется полоса отложений, примыкающих к нулевой изопахите)

Рис. 84. Методы оценки вертикальных тектонических движений

Для освоения этой темы студентам выдается литолого-палеогеографическая карта. Задача – оценить вертикальные движения в конкретных геологических разрезах (например, в точках 1 и 15) в соответствующее время (например, артинский век ранней перми). Вопросы по карте:

1. Фактический материал. Распределение какого стратона показано на карте?
2. Качественно оценить вертикальные движения в разрезе X (например, точке 1) в соответствующее геологическое время.
3. Какой метод используется для качественной оценки опускания или поднятия?
4. Как работает выбранный метод? Объясните свои выводы.
5. Количественно оценить вертикальные движения в разрезе X (например, точке 1) в соответствующее геологическое время.
6. Какой метод используется для количественной оценки опускания или поднятия?
7. Как работает выбранный метод? Объясните выводы.

**АНАЛИЗ ПЕРЕРЫВОВ И НЕСОГЛАСИЙ** – старейший метод палеотектоники. **Угловые несогласия** соответствуют **фазам складчатости** (горообразования). Они возникают в том случае, если участок земной коры под воздействием тектонического движения сначала выводится из зоны осадконакопления, затем подвергается горообразованию, денудации, а впоследствии опускается, и на нём отлагаются более молодые отложения (рис. 85).

**Перерывы** соответствуют остановкам в осадконакоплении. Могут сопровождаться размывом ранее образовавшихся отложений. Признаки перерывов: 1) поверхность размыва неровная, волнистая; 2) наличие коры выветривания; 3) признаки карстообразования; 4) прослой пород со следами корневой системы растений; 4) прослой конгломератов.

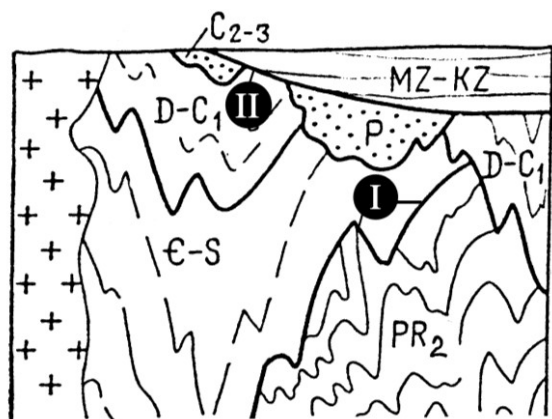
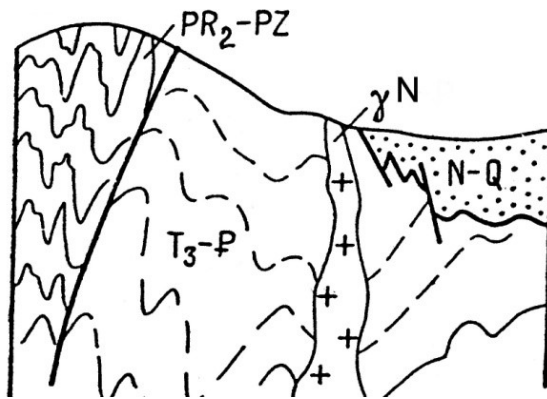


Рис. 85. Анализ геологического разреза с целью установления фаз горообразования

На рис. 85 представлен схематичный разрез молодой эпигерцинской платформы. В фундаменте римскими цифрами выделены два угловых несогласия, соответствующие **байкальской** (I, конец PR<sub>2</sub>) и **уральской** (II, конец ранней эпохи пермского (P) периода) фазам складчатости, т. е. эпохам горообразования.

АНАЛИЗ ФОРМАЦИЙ имеет значение для определения тектонического режима. Формации – это крупные комплексы горных пород, образованные при определенных тектонических (геодинамических) обстановках. Из определения следует, что формации являются индикаторами тектонического режима. Так **молассовые** (осадочные) геосинклинальные формации и **гранитные батолиты соответствуют фазам складчатости** (горообразования), или орогенному этапу развития геосинклинальных поясов или их частей. (рис. 86).



На рис. 86 представлен схематичный разрез альпийского эпигеосинклинального орогена (складчато-глыбовые горы). Возраст молассовой формации (показана точками) и гранитного батолита ( $\gamma$  и знак «+») напрямую показывает время горообразования – неогеновый и четвертичный периоды, т. е. горообразование продолжается и в настоящее время.

Рис. 86. Анализ геологического разреза методом формаций

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агафонова Г.В., Варламов А.И., Асташкин Д.А. Методика изучения пород нефтегазоносных комплексов (детальное макроскопическое описание керна скважин). М.: ФГУП «ВНИГНИ», 2015. 172 с.
2. Амосов И.И. и др. Петрология органических веществ в геологии горючих ископаемых. М., 1987. 333с.
3. Бижу-Дюваль Б. Седиментационная геология. М. – Ижевск: ин-т компьютерных исследований, 2012. 704 с.
4. Бондаренко О.Б., Михайлова И.А. Палеонтология: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, 2006. 592 с.
5. Бондаренко О.Б., Михайлова И.А. Палеонтология. В 2 т.: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Академия, 2011. Т. 1. 208 с.
6. Бондаренко О.Б., Михайлова И.А. Палеонтология. В 2 т.: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Академия, 2011. Т. 2. 272 с.
7. Иванова Р.М. Известковые водоросли карбона Урала. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 244 с.
8. Короновский Н.В., Хаин В.Е., Ясаманов Н.А. Историческая геология: учебник для студ. вузов. 4-е изд., стер. М.: Академия, 2008. 464 с.
9. Крашенинников Г.Ф. Учение о фациях: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1971. 368 с.
10. Криштофович А.Н. Палеоботаника. 4-е изд. Л.: Гостоптехиздат, 1957. 650 с.
11. Кузнецов В.Г. Фации и фациальный анализ в нефтегазовой геологии: учебник для вузов. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2012. 244 с.
12. Максимович Г.А., Быков В.Н. Классификация карбонатных коллекторов // Труды Перм. филиала Гипровостокнефть. Пермь. 1969. Вып. 4. С. 103–123.
13. Мизенс Г.А. Верхнепалеозойский флиш Западного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 230 с.
14. Михайлова И.А., Бондаренко О.Б. Палеонтология: учебник. М.: Изд-во МГУ, 1997. Ч. 1. 448 с.
15. Прошляков Б.К., Кузнецов В.Г. Литология: учебник для вузов. М.: Недра, 1991. 444 с.
16. Стратиграфический кодекс России. Изд.-е третье, испр. и доп. СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2019. 96 с. (МСК России, ВСЕГЕИ).
17. Фортунатова Н.К., Иванов Ю.А., Афанасьева М.С. и др. Методические рекомендации по обработке, инвентаризации, систематизации, хранению и аналитическим исследованиям керна опорных и параметрических скважин. М.: ВНИГНИ, 2008. 160 с.
18. Фролов В.Т. Литология: учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ, 1992. Кн. 1. 336 с.
19. Фролов В.Т. Литология: учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ, 1993. Кн. 2. 432 с.
20. Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики: учебник. М.: Изд-во МГУ, 1995. 480 с.
21. Хаин В.Е. Халилов Э.Н. Цикличность геодинамических процессов: ее возможная природа. М.: Научный мир, 2009. 520 с.
22. Хворова И.В. Атлас карбонатных пород среднего и верхнего карбона Русской платформы. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1958. 171 с.
23. Шиндевольф О. Стратиграфия и стратотип. М.: Мир, 1975. 136 с.
24. Япаскурт О.В. Литология: учебник для студ. вузов. М.: Академия, 2008. 336 с.
25. Fossil Focus: Graptolites. Earthwise is a trademark of the British Geological Survey, Keyworth, Nottingham NG12 5GG, 2001.
26. The Geologic Time Scale 2012. F. M. Gradstein, J. G. Ogg, M. D. Schmitz and G. M. Ogg. Published by Elsevier BV, 2012. Printed and bound in China. 1139 p.
27. Treatise on Invertebrate Paleontology / Ed. R. Moore, C. Teichert. Geol. Soc. America and Kansas University Press, 1953–1981. Part G, 1953. 253 p.

*Учебное издание*

**Пономарева Галина Юрьевна**  
**Илалтдинов Ильдар Ягфарович**

## **Историческая геология с основами палеонтологии**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Е. В. Шумилова*  
Корректор *В. Е. Пирожкова*  
Компьютерная верстка: *Г. Ю. Пономарева*

---

Подписано в печать 29.08.2022. Формат 60×84/8  
Усл. печ. л. 10,7. Тираж 300 экз. Заказ 136

---

Издательский центр  
Пермского государственного  
национального исследовательского университета  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Типография ПГНИУ  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15