

**ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ
С ОСНОВАМИ
ПАЛЕОНТОЛОГИИ**

Практикум

2010

УДК 551(076)
ББК 26.3я73
И90

Авторы-составители: доцент кафедры географии УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат геолого-минералогических наук, доцент **А.Н. Галкин**, доцент кафедры географии УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат геолого-минералогических наук, доцент **И.А. Красовская**

Рецензенты:

доцент кафедры геологии и разведки полезных ископаемых УО «ГГУ им. Ф. Скорины», кандидат географических наук, доцент *А.И. Павловский*, заведующий кафедрой зоологии УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат биологических наук, доцент *А.А. Лешко*

В практикуме приводятся задания к лабораторным работам по изучению геохронологической и стратиграфической шкал, определению возраста горных пород и содержащихся в них ископаемых остатков организмов, восстановлению физико-географической обстановки и тектонических движений в геологическом прошлом Земли.

Методическое пособие рассчитано для студентов специальности 1-31 01 01-02 «Биология (научно-педагогическая деятельность)», изучающих курс «Историческая геология с основами палеонтологии». Отдельные разделы пособия могут использоваться студентами географических специальностей при изучении курсов «Геология», «Основы палеогеографии».

УДК 551(076)
ББК 26.3я73

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ВОЗРАСТ ГОРНЫХ ПОРОД И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ	5
1.1. Периодизация геологической истории Земли	5
Лабораторная работа № 1. Стратиграфическая и геохронологическая шкалы	10
1.2. Метод руководящих форм	14
Лабораторная работа № 2. Палеонтологический метод определения геологического возраста горных пород – работа с руководящими формами	15
2. МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОШЛОГО ЗЕМНОЙ КОРЫ	16
2.1. Стратиграфический метод	17
Лабораторная работа № 3. Корреляционные схемы и стратиграфические колонки	20
2.2. Палеогеографический метод	22
2.2.1. Биомический (биофациальный) анализ	22
2.2.2. Литологический (литофациальный) анализ	27
2.2.3. Типы фаций	29
2.2.3.1. Морские фации	29
2.2.3.2. Фации лагун	34
2.2.3.3. Континентальные фации	35
Лабораторная работа № 4. Определение фаций и описание условий их образования	37
2.3. Палеотектонический метод	40
2.3.1. Анализ мощностей	41
2.3.2. Палеотектонические профили	41
2.3.3. Анализ перерывов и несогласий	45
Лабораторная работа № 5. Палеотектонический анализ мощностей	47
3. ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ И РАЗРЕЗЫ	49
Лабораторная работа № 6. Палеогеографические карты и разрезы, их построение	53
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	58
ПРИЛОЖЕНИЯ	59

ВВЕДЕНИЕ

Знания по исторической геологии и палеонтологии являются необходимой составной частью современного образования специалиста-биолога, поскольку изучение данной дисциплины способствует формированию диалектико-материалистического понимания природы в целом. Кроме того, многочисленные данные из области исторической геологии, сведения об эволюции различных форм организмов и истории органического мира тесно переплетаются в таких дисциплинах, как ботаника, зоология, экология.

Настоящее учебное издание составлено в виде единого практикума, предназначенного для лабораторно-практических занятий студентов биологических специальностей вузов, изучающих курс «Историческая геология с основами палеонтологии». Целью курса является ознакомление с методическими основами исторической геологии как науки и с историей Земли как системы. В ходе изучения курса студентам предлагается выполнить лабораторные работы, рассчитанные на 2–4 часа каждая, при выполнении которых они познакомятся с геохронологической и стратиграфической шкалами, научатся анализировать ископаемые организмы, составлять стратиграфические колонки, работать с литолого-фациальными и палеогеографическими картами и разрезами, восстанавливать физико-географические обстановки прошлого Земли и отдельных территорий.

Практикум состоит из трех разделов: 1) возраст горных пород и геологическое время, 2) методы восстановления геологического прошлого земной коры, 3) палеогеографические карты и разрезы. Каждый раздел содержит минимальный объем теоретического материала, необходимого для последующего использования на лабораторных занятиях по соответствующим темам. В каждый раздел помещены лабораторные работы, расположенные в определенной последовательности, взаимно дополняющие друг друга и раскрывающие необходимый материал по каждой теме. Особенность такого расположения материала дает возможность студентам последовательно, от простых вопросов к более сложным, проработать все программные вопросы на лабораторных занятиях, а в случае пропуска студентом одного из занятий легко найти необходимый материал и отработать его самостоятельно, пользуясь инструктивными указаниями соответствующей разработки. Каждая лабораторная работа содержит вопросы для самоконтроля, что позволяет оценить степень проработки студентами каждой темы.

Авторы-составители стремились компактно и лаконично изложить основные разделы курса «Историческая геология с основами палеонтологии», выносимые на лабораторные занятия, и надеются, что настоящий практикум послужит также полезным руководством для внеаудиторной работы.

1. ВОЗРАСТ ГОРНЫХ ПОРОД И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ

1.1. Периодизация геологической истории Земли

История развития земной коры насчитывает 3,5–4 млрд лет. Это время в жизни Земли называют геологическим. Каждому слою соответствует определенный отрезок времени, в течение которого шло его образование. Различают геологический абсолютный и относительный возраст горных пород. Геологический абсолютный возраст выражается в годах. В качестве геологического хронометра используют процесс радиоактивного распада (аргоновый, свинцовый, радиоуглеродный и др.), скорость которого не зависит от внешнего воздействия. Относительная геохронология устанавливает последовательность геологических событий на основании данных стратиграфии и палеонтологии.

Определение относительного возраста горных пород возможно только в том случае, если они содержат остатки наиболее характерных для данного пласта ископаемых организмов, живших в эпоху его формирования. Виды, роды, классы, семейства животных или растительных организмов, которые являются определяющими при оценке возраста пластов, называются руководящими ископаемыми. Таким образом, каждому интервалу геологического времени отвечает довольно ограниченный комплекс руководящих форм, которые характеризуются:

- значительной изменчивостью во времени и недолговечностью существования;
- обилием особей и широким распространением на Земле;
- хорошей сохранностью и специфическими отличительными чертами твердых частей скелета.

Детальный анализ эволюции органического мира позволил разработать геохронологическую шкалу основных этапов истории Земли. В соответствии с геохронологией находится стратиграфическая шкала. Если геохронологическая шкала определяет длительность и закономерную последовательность этапов исторического развития Земли, то стратиграфическая шкала отражает последовательность отложений и их соподчиненность. В табл. 1 приведено соотношение основных геохронологических и стратиграфических подразделений, т.е. единиц времени и соответствующих комплексов пород, сформировавшихся в течение этого времени. Согласно принятой шкале в течение эры формировался комплекс пород, называемый группой (эратемой), в течение периода – комплекс, называемый системой, и т.д.

В истории Земли, разбитой на отрезки на основе анализа биологической эволюции, выделяют три крупнейших этапа – зоны, которые, в свою очередь, делятся на эры, периоды, эпохи, века и более дробные хронологические интервалы.

Таблица 1

**Соотношение геохронологических
и стратиграфических подразделений**

Геохронология	Стратиграфия
Эон	Эонотема
Эра	Группа (эратема)
Период	Система
Эпоха	Отдел
Век	Ярус

Первые два эона (эонотемы) – архейский (греч. «археос» – первоначальный) и протерозойский (греч. «протерос» – ранний, «зоикос» – жизненный), характеризовались появлением первых примитивных форм организмов – простейших, водорослей, червей. Эти организмы, как правило, не имели твердого скелета, и находки их в древних породах исключительно редки. Палеозойская (греч. «палайос» – древний), мезозойская («мезос» – средний) и кайнозойская («кайнос» – новый) эры характеризуются широким развитием скелетных форм организмов и объединяются в фанерозойский эон («фанерос» – явный) (табл. 2, 3, 4).

Подразделения стратиграфической шкалы, которой соответствует геохронологическая таблица, обычно имеют те же названия. Так, мезозойской эре отвечает мезозойская группа пород, в течение палеогенового периода происходило формирование палеогеновой системы и т.д. Для эпох с трехчленным делением обычны названия отделов верхний, средний и нижний (соответствующие поздней, средней и ранней эпохам), согласно последовательности их залегания в разрезе земной коры. Аналогично эпохам с двухчленным делением соответствуют верхний и нижний отделы. Так, разрез меловой системы делится на два отдела – верхний и нижний, а разрез юрской системы на три – верхний, средний и нижний. Отделы палеогеновой и неогеновой систем имеют специальные названия: соответственно палеоценовый, эоценовый, олигоценовый и миоценовый, плиоценовый. Собственные названия имеют также отделы юрской системы: лейас, доггер и мальм (снизу вверх).

Таблица 2

Геохронологическая шкала (по Н.В. Короновскому и др., 2006)

Эон (эоно- тема)	Эра (эра- тема, груп- па)	Период (система)	Эпоха (отдел)	Индекс	Абсолютное летоисчисление	
					длитель- ность, млн лет	датирова- ние рубе- жей, млн лет
ФАНАЕРОЗОЙ (FZ)	Кайнозойская (Kz)	Четвертичный	Голоцен	Q	1,8	1,8
			Плейстоцен			
		Неогеновый	Плиоцен	N ₂	21,2	23
			Миоцен	N ₁		
		Палеогеновый	Олигоцен	P ₃	42	65
			Эоцен	P ₂		
	Палеоцен		P ₁			
	Мезозойская (Mz)	Меловой	Поздняя	K ₂	80	145
			Ранняя	K ₁		
		Юрский	Поздняя	J ₃	54	199
			Средняя	J ₂		
			Ранняя	J ₁		
		Триасовый	Поздняя	T ₃	52	251
			Средняя	T ₂		
			Ранняя	T ₁		
		Палеозойская (Pz)	Пермский	Поздняя	P ₂	48
	Ранняя			P ₁		
	Каменно- угольный		Поздняя	C ₃	60	359
			Средняя	C ₂		
			Ранняя	C ₁		
	Девонский		Поздняя	D ₃	57	416
			Средняя	D ₂		
			Ранняя	D ₁		
	Силурийский		Поздняя	S ₂	27	443
			Ранняя	S ₁		
	Ордовикский		Поздняя	O ₃	45	488
			Средняя	O ₂		
			Ранняя	O ₁		
	Кембрийский		Поздняя	Є ₃	54	542
			Средняя	Є ₂		
		Ранняя	Є ₁			

Таблица 3

Геохронологическая шкала докембрия

Эон (эонотема)	Эра (эратема, группа)	Период (система)	Эпоха (отдел)	Индекс	Абсолютное летоисчисление	
					длитель- ность, млн лет	датирование рубежей, млн лет
Протерозой (PR)	Протерозой- ская (PR)	Поздний	Венд	V	80	650±80
			Рифей	R	1000	1650±50
		Ранний		PR ₁	850	2500±80
Архей (AR)	Архейская (AR)			AR	2000- 2200	4600±200

Таблица 4

Геохронологическая шкала докембрия (по Международной стратиграфической шкале, 2006)

	Эон (эонотема)	Эра (эратема)	Период (система)	Абсолютное летоисчисление		
				длитель- ность, млн лет	датиро- вание ру- бежей, млн лет	
Докем- брий	Протерозой	Неопротерозой	Эдиакарий	58	600	
			Криогений	250	850	
			Тоний	150	1000	
		Мезопротерозой	Стений	200	1200	
			Эктазий	200	1400	
			Калиммий	200	1600	
		Палеопротерозой	Статерий	200	1800	
			Орозий	250	2050	
			Риакий	250	2300	
			Сидерий	200	2500	
		Архей	Неоархей		300	2800
			Мезоархей		400	3200
			Палеоархей		400	3600
			Эоархей		~1100	~4700

Названия периодов (систем) имеют разное происхождение. Многие из них связаны с географическими названиями мест, где были изучены отложения этого возраста: пермская система (Пермская губерния России), девонская (графство Девоншир в Великобритании), юрская (Юрские горы во Франции), кембрийская (от древнего названия п-ова Уэльс – Кэмбрий). Названия силурийской и ордовикской систем даны по названиям древних племен – силуров и ордовиков, населявших Великобританию. Меловая и каменноугольная системы названы по характерным породам – писчелу мелу и каменному углю, имеющим здесь большое распространение. Название триасовой системы связано с ее четким трехчленным делением и т.д.

Для подразделений стратиграфической шкалы установлены буквенные (индексы) и цветовые обозначения, которые приняты на международных геологических конгрессах и используются во всех странах (унифицированная система индексов). Например, девонские отложения обозначаются буквой D и закрашиваются на картах и разрезах в коричневый цвет, меловые – K – в зеленый, неогеновые – N – в желтый и т.д. (табл. 5).

Таблица 5

**Цветовые обозначения возраста пород в порядке
геохронологической стратификации**

Название стратиграфического подразделения	Индекс	Цвет
Системы:		
Четвертичная	Q	желтовато-серый
Неогеновая	N	желтый
Палеогеновая	P	оранжево-желтый
Меловая	K	зеленый
Юрская	J	синий, голубой
Триасовая	T	фиолетовый
Пермская	P	оранжево-коричневый
Каменноугольная	C	серый
Девонская	D	коричневый
Силурийская	S	серо-зеленый (светлый)
Ордовикская	O	оливковый
Кембрийская	Є	сине-зеленый (темный)
Группы:		
Кайнозойская	Kz	желтый
Мезозойская	Mz	светло-фиолетовый
Палеозойская	Pz	светло-коричневый
Протерозойская	PR	розовый
Архейская	AR	сиренево-розовый
Докембрийская (нерасчлененная)	PЄ	розовый (темный)

Индексы отделов состоят из индексов систем, справа от которых внизу даны арабские цифры 1, 2, 3 для нижнего, среднего и верхнего отделов при трехчленном делении системы и 1, 2 – при двухчленном делении. Например, J₃ – верхний отдел юрской системы, P₁ – нижний отдел пермской системы. Цветовые обозначения отделов соответствуют принятым цветовым обозначениям для систем, но для нижних отделов применяются более темные оттенки, чем для верхних.

Лабораторная работа № 1

Тема: Стратиграфическая и геохронологическая шкалы.

Задание.

1. Уяснить сущность стратиграфической и геохронологической шкал и критерии выделения их подразделений.

2. Вычертить на листе плотной бумаги геохронологическую таблицу. Длину таблицы рассчитать, исходя из количества указанных в ней стратонов, выделив для каждого из них полосу заданной ширины (например, 1–1,5 см).

3. Закрасить колонку, соответствующую периоду (системе), в принятые стандартные цвета, согласно табл. 5.

4. Рядом с геохронологической таблицей вычертить колонку (прямоугольник), разделив ее горизонтальными линиями пропорционально длительности отдельных геохронов. Пользуясь схемами геологического распространения животных и растительных организмов (рис. 1, 2, 3) в колонке отобразить главные моменты в развитии органического мира.

Оборудование: лист плотной бумаги, чертежные принадлежности, цветные карандаши, схемы геологического распространения животных и растительных организмов.

Вопросы для самоконтроля.

1. Что понимают под абсолютным и относительным возрастом горных пород и как он определяется?
2. Для какой цели составляется геохронологическая шкала, и из каких подразделений она состоит?
3. В чем отличие геохронологической шкалы от стратиграфической?
4. Каково соотношение геохронологических и стратиграфических подразделений?
5. Какие существуют зоны и эратемы?
6. На какие периоды разделяются палеозой, мезозой, кайнозой?
7. Когда появились организмы с твердым скелетом?
8. Какие события в развитии органического мира произошли на границе палеозоя и мезозоя?
9. Что произошло в развитии органического мира на границе мелового и палеогенового периодов?
10. В чем заключается главная особенность четвертичного периода?

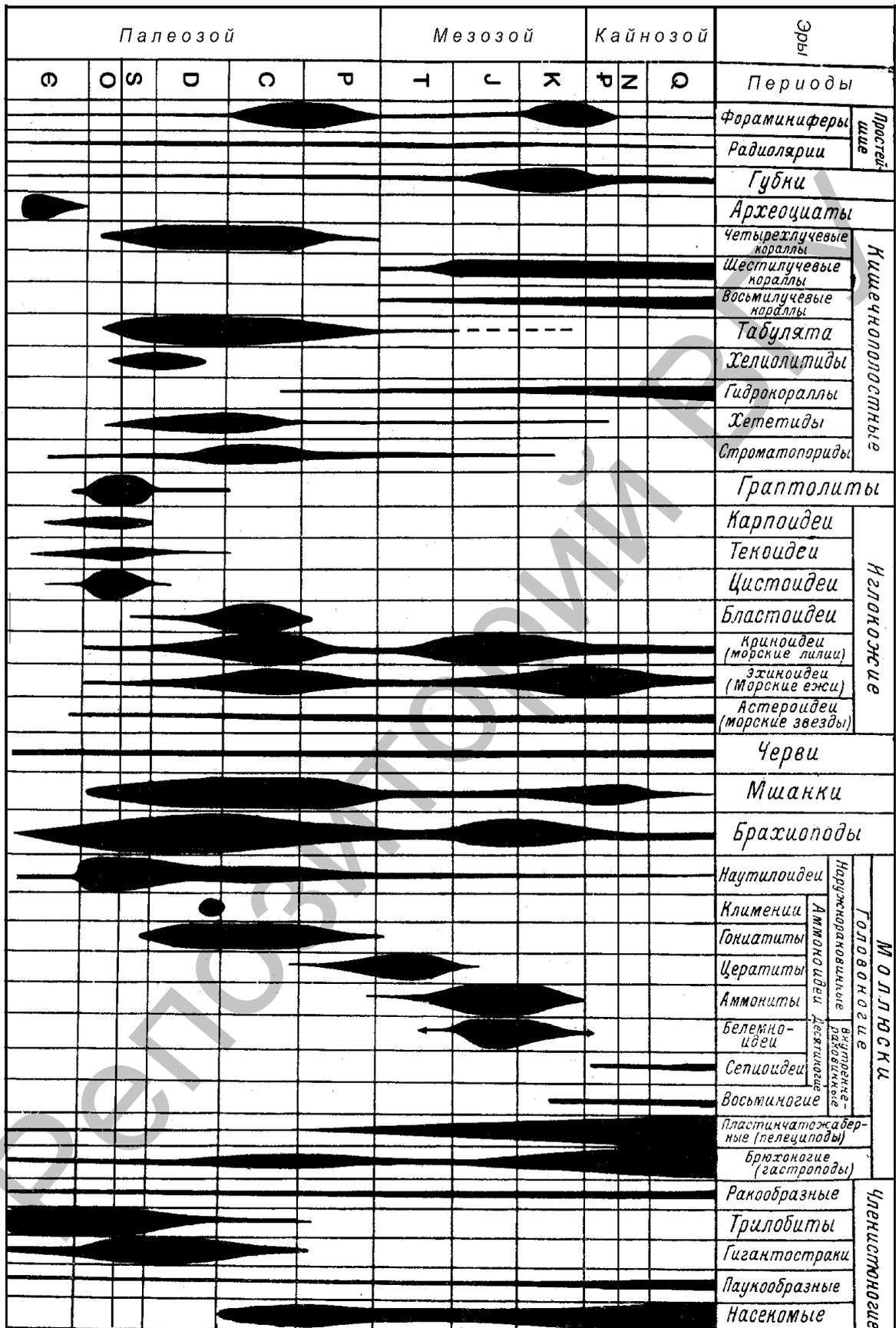


Рис. 1. Схема геологического распространения беспозвоночных.

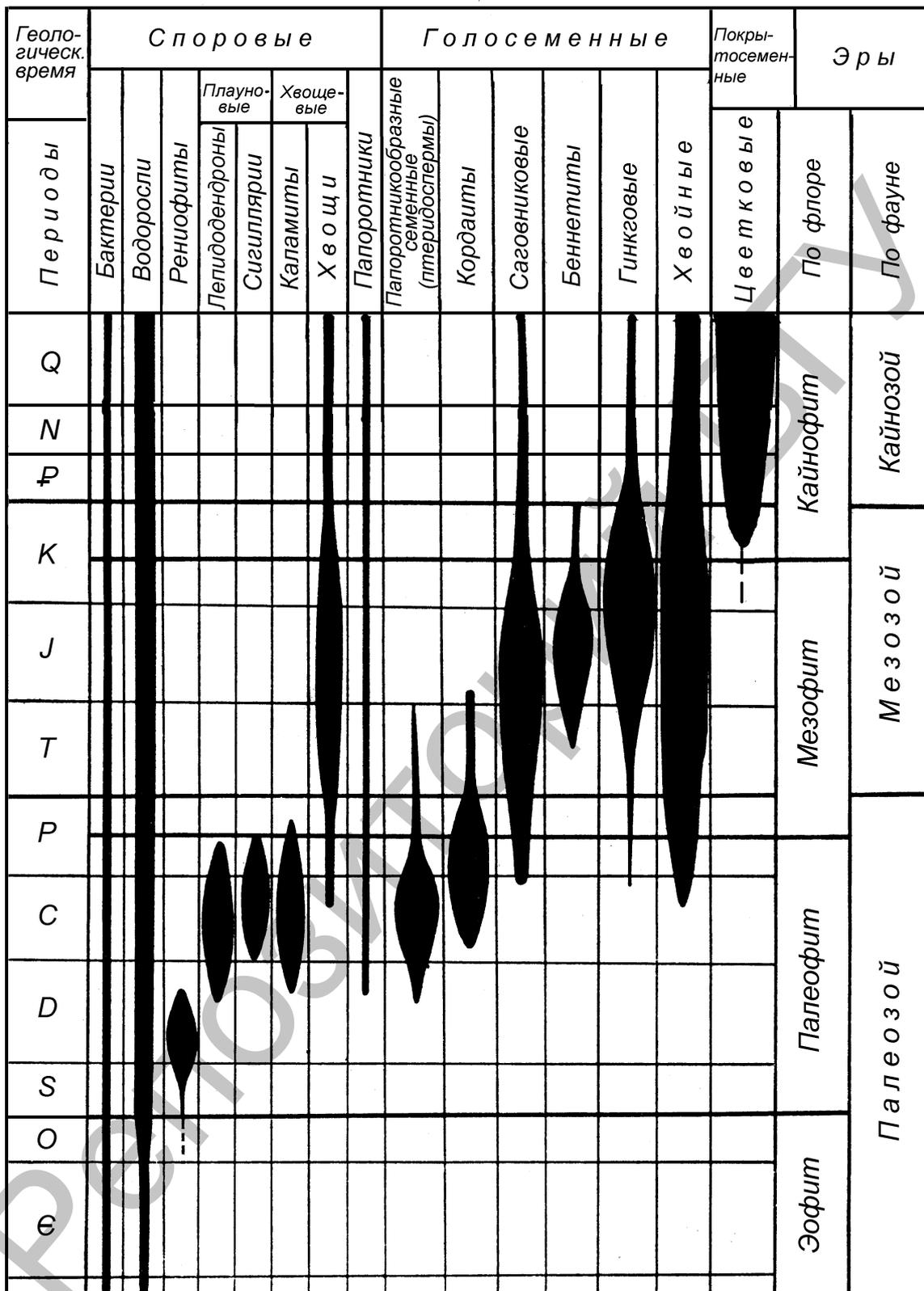


Рис. 3. Схема геологического распространения растения.

1.2. Метод руководящих форм

Как уже отмечалось, относительное геологическое летоисчисление основано главным образом на результатах палеонтологического анализа – определении геологического возраста отложений по содержащимся в них органическим остаткам (окаменелостям, ископаемым).

Существует несколько методов определения возраста по палеонтологическим данным. О некоторых из них можно узнать из учебников «Историческая геология» под редакцией Г.В. Немкова (М.: Недра, 1986. С. 15) и «Историческая геология» Н.В. Короновского, В.Е. Хаина, Н.А. Ясаманова (М.: Академия, 2006. С. 22–28). Один из методов заключается в определении возраста по руководящим ископаемым – **метод руководящих форм**.

Руководящими формами называют остатки вымерших животных и растений, которые отвечают определенным требованиям: они должны иметь небольшое вертикальное распространение по разрезу пород, но широкое в горизонтальном направлении (географическое), встречаться в слоях в достаточно большом количестве экземпляров, иметь хорошую сохранность и характерные особенности строения, позволяющие легко их определить. Обычно руководящие формы приурочены только к определенному слою, поэтому по ним легко определить относительный возраст слоя, в котором они находятся.

Этот метод является первым палеонтологическим методом, который был введен в стратиграфию. Он возник на рубеже XVIII и XIX веков и был впервые применен У. Смитом при расчленении и корреляции юрских отложений Англии. Научное обоснование этот метод получил в середине XIX столетия, когда немецкий палеонтолог Г. Бронн ввел понятие о руководящих формах и составил первый атлас руководящих форм беспозвоночных.

Можно назвать многие виды вымерших организмов (аммонитов, белемнитов, брахиопод, граптолитов, трилобитов, фораменифер), которые отвечают всем перечисленным выше требованиям. Так, например, аммонит *Cardioceras cordatum* является руководящим для оксфордского яруса верхней юры; белемнит *Belemnitella mucronata* – для кампанского яруса верхнего мела. Роды и более крупные систематические группы (семейства, отряды и даже типы) также могут быть руководящими для более крупных, чем ярус, стратиграфических подразделений – отделов, систем. К таким ископаемым относятся, например, археоциаты (*Archaeocyathi*), составляющие самостоятельный тип вымерших раннекембрийских организмов.

Сущность метода руководящих форм состоит в том, что из общего количества окаменелостей, встреченных в определенном слое разреза, выбирают один или 2–3 характерных для этого слоя видов, которые от-

вечают указанным выше требованиям. Эти виды и будут руководящими формами для рассматриваемого слоя. Согласно этому методу одновозрастными будут слои, содержащие идентичный или близкий состав руководящих форм.

Лабораторная работа № 2

Тема: Палеонтологический метод определения геологического возраста горных пород – работа с руководящими формами.

Задание.

1. Пользуясь списком руководящих ископаемых, приложениями А-Э, Кратким определителем ископаемых беспозвоночных и Малым атласом руководящих ископаемых определить предложенный преподавателем набор окаменелостей.

2. Разложить определенные окаменелости в колонку по возрасту, наиболее древние должны быть внизу.

3. После проверки определений преподавателем в хронологической последовательности зарисовать окаменелости, записать их диагностические признаки в тетрадь для лабораторных занятий.

Оборудование: рабочая коллекция окаменелостей, список руководящих форм, «Краткий определитель ископаемых беспозвоночных» О.Б. Бондаренко, И.А. Михайловой (М.: Недра, 1984), «Малый атлас руководящих ископаемых» В.И. Бодылевского (М.: Недра, 1990), лупы, иглы препарировальные, скальпель.

Вопросы для самоконтроля.

1. В чем заключается палеонтологический метод?
2. Что называют руководящими формами?
3. Каким требованиям должны отвечать руководящие формы?
4. Когда возник метод руководящих форм?
5. Кто и с какой целью впервые применил метод руководящих форм?
6. В чем состоит заслуга немецкого палеонтолога Г. Бронна?
7. В чем заключается сущность метода руководящих форм?

2. МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОШЛОГО ЗЕМНОЙ КОРЫ

Восстановление (реконструкция) последовательного хода развития земной коры и жизни на ней от древнейшего состояния до современного – основная задача исторической геологии.

Для того, чтобы восстановить физико-географические и тектонические условия, существовавшие на определенной территории в отдельные этапы ее развития, и на их основе проследить всю цепочку историко-геологических событий, используются три основных метода: *стратиграфический, палеогеографический и палеотектонический*.

В основу этих методов положены принципы о «первично горизонтальном залегании слоев» и «последовательности напластований», сформулированные еще в 1669 году датским естествоиспытателем Н. Стеноном (1638–1687 гг.).

В настоящее время принципы исторической геологии можно сформулировать следующим образом.

1. Каждый слой в момент своего формирования представляет собой горизонтально залегающее тело. Лишь впоследствии под действием внутренних и внешних сил слои могут принять разнонаправленное положение (наклонное, вертикальное), быть смятыми в складки или разорванными.

Следовательно, чтобы восстановить геологическое строение данной территории в конкретный отрезок времени, следует при графическом построении одновозрастный слой (пласт, горизонт) вернуть в первоначальное горизонтальное положение.

2. Каждый перекрывающий слой моложе подстилающего.

3. Слои (пласты, толщи), образовавшиеся в тектонически спокойной обстановке, имеют выдержанные мощности. Изменение мощности слоя (вплоть до выклинивания) указывает на тектоническую активность района в период формирования рассматриваемого слоя.

Анализ изменения мощности слоя (пласта, толщи) позволяет восстановить направленность, темп и характер тектонических движений земной коры на данной территории, формирование структурных элементов разного типа в рассматриваемый отрезок времени.

4. Облик породы (фацция) определяется физико-географическими условиями ее образования. Следовательно, фациальный анализ позволяет восстановить физико-географическую обстановку конкретного участка земной коры во время образования данной породы.

5. Каждой тектонической структуре высшего порядка (платформе, геосинклинали, краевому прогибу) свойственны определенные, характерные для нее комплексы горных пород различного литологического состава – формации.

Следовательно, анализ формаций позволяет определить тектоническую принадлежность изучаемого района и наметить основные стадии его развития.

6. Для каждого осадочного слоя (пласта, толщи) земной коры характерен свой, только ему присущий комплекс органических остатков, изменяющийся по вертикальному разрезу, причем чем моложе слой, тем больше в нем остатков высокоорганизованных животных и растений, и по простиранию в связи с изменением физико-географических условий в различных районах Земли.

На основе палеонтологического анализа проводится возрастное расчленение разрезов. Тип и облик органических остатков указывают на физико-географические условия обитания организмов. Смена форм свидетельствует об изменении этих условий.

7. Принцип актуализма. Сущность его заключается в том, что при восстановлении физико-географических условий прошлых эпох и динамики историко-геологического развития земной коры геологи исходят из представлений о геологических процессах, протекающих в настоящее время.

Так, по облику пород и палеонтологическим остаткам в сопоставлении с современными аналогами определяются области древней суши и моря, глубины морского бассейна, климатические условия, области горообразования, денудации, вулканизма и т.д.

Однако следует учитывать, что закономерности геологических процессов, справедливые для современной эпохи, могут значительно отличаться от процессов, имевших место в древние времена. Поэтому использовать выявленные закономерности нужно диалектически, рассматривая геологические объекты и процессы как постоянно меняющиеся. Чтобы учесть изменяющуюся во времени внешнюю обстановку, необходимо при использовании актуалистического метода вносить определенные поправки. Очевидно, что они будут тем больше, чем длиннее отрезок времени между сравниваемыми эпохами.

2.1. Стратиграфический метод

Сущность стратиграфического метода заключается в расчленении разрезов на слои (пачки) по литологическому и возрастному признакам, сопоставлении отдельных разрезов внутри конкретного региона или в межрегиональном плане и выявлении на основе корреляции основных закономерностей современной структуры и истории геологического развития земной коры на изучаемой территории.

Главным итоговым документом стратиграфического метода является *стратиграфическая колонка* – графическое изображение в условных знаках конкретного или сводного разрезов, на которой показывает-

ся последовательное залегание литологически разнородных слоев, отмечается характер их контакта и относительный (по комплексам остатков флоры и фауны), а иногда – абсолютный возраст.

Колонки строят по данным послойного описания разрезов на обнажениях или в скважинах с привлечением результатов петрографического и палеонтологического анализов, определения физических свойств пород и т.д., полученных в лабораторных условиях.

Стратиграфическая колонка вычерчивается в определенном масштабе. Вдоль колонки, справа и слева от нее ставятся номера слоев (снизу вверх) и хроностратиграфические индексы (рис. 4).

Чтобы представить поведение отдельных слоев и целых стратиграфических подразделений на отдельной площади или в региональном плане строятся схемы сопоставления – корреляции. Для этого отдельные стратиграфические колонки располагаются последовательно в ряд, по определенному профилю. Причем, расстояние между колонками принимается произвольно и равномерно, не зависимо от расстояния между разрезами местности. За горизонтальную линию привязки может быть выбран какой-либо хроно- или литостратиграфический горизонт, встречающийся во всех разрезах, или уровень моря, или поверхностный слой изучаемых разрезов.

Корреляция заключается в соединении границ одновозрастных подразделений. Для различия первые проводят более, а вторые менее жирной чертой.

Анализ корреляционных схем позволяет проследить изменения мощности и литологического состава пород, появления в разрезе одних и выпадение из него других слоев и целых хронологических подразделений. Эти наблюдения составляют основу палеогеографического и палеотектонического методов.

На рис. 4 приведена схема корреляции нижнемеловых отложений в Горном Крыму по трем разрезам: Куйбышево–Высокое–Верхоречье.

На схеме довольно отчетливо видно выпадение из разреза с юга на север (от пос. Куйбышево к пос. Верхоречье) отложений берриасского и валанжинского ярусов и сокращение готеривского. Отложения, залегающие выше ярусов – барремского, аптского и альбского, напротив, выклиниваются с севера на юг. Эти изменения происходят за счет выпадения из разрезов одних слоев и сокращения мощности других. Так, сорокаметровая толща конгломератов берриасского яруса (слой 1), залегающих в основании нижнемелового разреза у пос. Куйбышево в разрезе пос. Высокое сокращается до 25 м, а в разрезе Верхоречье отсутствует. Следующий выше десятиметровый пласт песчаников (слой 2) выклинивается между пос. Куйбышево и пос. Высокое и т.д.

Данные корреляции всех изученных в конкретном районе разрезов суммируются в сводной колонке, включающей все встреченные в

них слои и хронологические подразделения. В этой связи производится нумерация слоев.

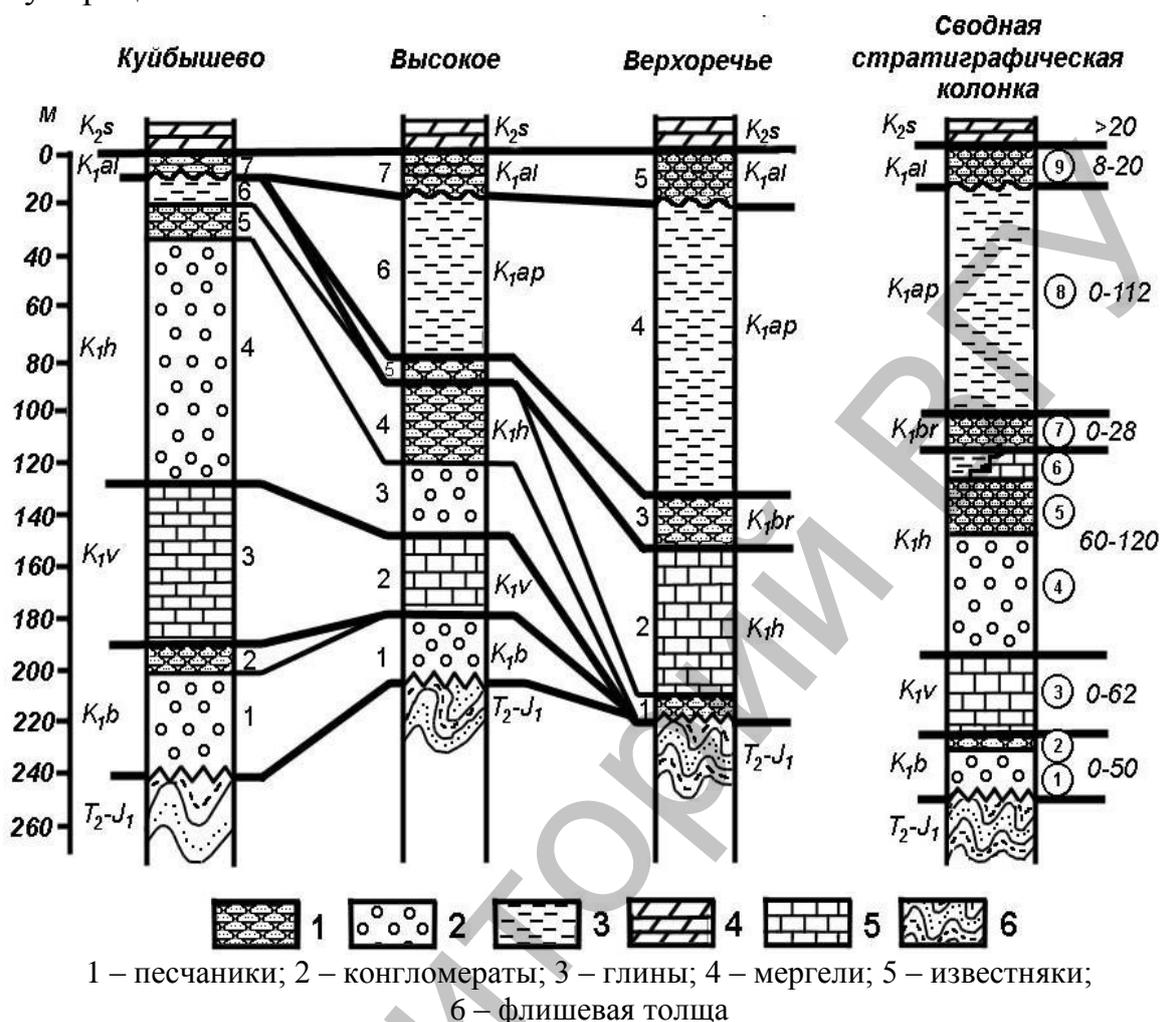


Рис. 4. Схема корреляции и сводная колонка отложений нижнего мела на северо-западном склоне Качинского поднятия (Горный Крым).

Индексами показываются возрастные подразделения, а цифрами – колебания мощности (рис. 4). Литологическая изменчивость одновозрастных пород по простиранию отражается на сводной колонке полями с соответствующими литологическими знаками, разделенными диагональной волнистой линией. Так, на сводной колонке рис. 4 показано замещение кровельной толщи глин готеривского яруса, слагающей упомянутый ярус в районе пос. Верхоречье.

Сводные стратиграфические колонки применяются, в свою очередь, для корреляции разрезов различных геотектонических областей. В этом случае в практике далеко не всегда используют метод послойного сопоставления разрезов, а ограничиваются корреляцией хронологических подразделений.

Схемы корреляции используются не только для историко-геологических построений, но и для расчленения новых разрезов. Особенно широко этот вид исследований применяется на закрытых, хорошо изученных территориях, разрез которых изучен по керну и охарактеризован каротажными кривыми. Для корреляции используются маркирующие геолого-геофизические горизонты – пласты, хорошо выдержанные по простиранию, легко отличимые как по геологическим признакам, так и по геофизической характеристике от перекрывающих и подстилающих толщ. В геофизике такой горизонт называется репером.

На основании сводной колонки создается сводный стратиграфический разрез. Расчленение стратиграфических разрезов производится на основании руководящих форм или комплекса фауны и флоры, обнаруженной в стратотипе.

Стратотип – это типовой разрез отложений, выделенный в качестве эталонного для нового стратиграфического подразделения. Стратотип должен обладать ярко выраженными фациальными особенностями, четкими границами и определенным руководящим для него комплексом органических остатков.

Все данные о стратотипе, включая зарисовки и координаты местности, где он выделен, регистрируются в Международном или Государственном стратиграфических комитетах. Стратотип именуется по местности, где он выделен, или по литологическому составу слагающих его пород.

Для расчленения разрезов вновь пробуренных скважин или изучаемых обнажений служит опорный стратиграфический разрез, описанный в пределах изучаемой или сопредельной территорий.

Под **опорным стратиграфическим разрезом** понимается разрез, включающий полный комплекс известных в данном районе отложений, возраст которых, обоснован по сопоставлению со стратотипами, и каждое хроностратиграфическое подразделение обладает четкими границами.

Если сводный стратиграфический разрез отвечает этим условиям, он является опорным. Опорные разрезы закрытых территорий обязательно сопровождаются электрометрической характеристикой.

Лабораторная работа № 3

Тема: Корреляционные схемы и стратиграфические колонки.

Задание.

По приведенным в табл. 6 разрезам в обнажениях построить схему корреляции и составить сводную стратиграфическую колонку изученного района. Вертикальный масштаб – 1:2000. Рекомендуемое расстояние между колонками – 4 см, ширина колонки – 1 см. За нулевую линию следует принять дневную поверхность.

Оборудование: лист плотной бумаги, чертежные принадлежности.

Таблица 6

Результаты геологического изучения обнажений

Возраст	гора Белая				родник Голубой				гора Крутая			
	№ слоев	Глубина залегания	Мощность	Литология	№ слоев	Глубина залегания	Мощность	Литология	№ слоев	Глубина залегания	Мощность	Литология
Р	8	0	5	песок	7	0	20	песок	8	0	10	песок
Р ^{зд}	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
K ₂ m	7	5	25	глина	6	20	15	глина	7	10	15	глина
K ₂ k m	6	30	10	валуны	5	35	5	валуны	6	25	15	валуны
K ₂ st	5	40	30	мергель	–	–	–	мергель	5	40	20	мергель
K ₂ k	4	70	20	песчаник	4	40	5	песчаник	4	60	20	песчаник
K ₂ t	3	90	25	известняк	3	45	15	известняк	3	80	30	известняк
K ₂ s	2	115	15	доломит	2	60	30	доломит	2	110	20	доломит
K ₁ al	1	130	10	глина	1	90	15	глина	1	130	10	глина

Вопросы для самоконтроля.

1. В чем состоит основная задача исторической геологии?
2. Какие методы используют для восстановления физико-географических и тектонических условий прошлого Земли?
3. Перечислите принципы исторической геологии.
4. В чем заключается сущность стратиграфического метода?
5. Что называют стратиграфической колонкой, по каким данным ее строят?
6. С какой целью выполняют анализ корреляционных схем?
7. Для чего применяют сводные стратиграфические колонки?
8. Какие горизонты называют маркирующими?
9. Что называют стратотипом?
10. Что понимают под опорным стратиграфическим разрезом?

2.2. Палеогеографический метод

Палеогеография – наука, изучающая физико-географическую обстановку, существовавшую на поверхности Земли в геологическом прошлом.

Предметом исследования в палеогеографии является **фация**. Под фацией понимается часть слоя со всеми характерным литологическими и палеонтологическими признаками, обособляющими эту часть слоя от соседних. Подобные признаки следует называть фаціальными.

Фации отражают место формирования пород (суша, море), глубину бассейна аккумуляции (шельф, ложе океана, внутриконтинентальная впадина), климатические, геохимические, геотектонические условия и т.д. Следовательно, основой палеогеографического метода является фаціальный анализ. Фаціальный анализ складывается из двух достаточно равнозначных частей: биомического и литологического анализов.

2.2.1. Биомический (биофаціальный) анализ заключается в определении фаций при помощи изучения органических остатков и результатов жизнедеятельности организмов.

Для проведения такого исследования необходимо иметь представление об условиях жизни растений и животных, об основных факторах, определяющих их распространение и развитие. Существует целая наука – экология, занимающаяся изучением взаимоотношения организмов и окружающей их среды как органической, так и неорганической. Соответственно, палеоэкология выясняет связи когда-то существовавших организмов со средой, которая их окружала.

Материалы экологии и палеоэкологии, полученные при изучении геологических объектов, расширяют знания об условиях обитания вымерших организмов.

Основной средой накопления осадков является вода. Поэтому при решении самых общих вопросов биофаціального анализа нужно знать условия, определяющие расселение организмов в водной среде: глубину, соленость, свет, температуру, газовый режим, движение воды, характер грунта и т.д.

Соленость бассейнов определяется количеством граммов соли в одном литре воды и измеряется в промилле (‰). В настоящее время средняя соленость Мирового океана составляет 35‰.

По солености бассейны подразделяются на морские (с соленостью 15–45‰), солоноватоводные (от 0,5 до 15‰), осолоненные (свыше 45‰) и пресноводные (до 0,5‰). Среди морских бассейнов выделяют также моря нормальной солености (близкие по солености к 35‰). Соленость древних бассейнов и состав солей отличались от современных, но, так же, как и сейчас, существовали бассейны нормальной и ненормальной солености. Наиболее разнообразное и богатое население характери-

зует моря нормальной солености. Изменение солености приводит к сокращению числа видов. В Средиземном море (соленость 35–38‰) число обитающих в нем видов превышает 8000. В Азовском море (соленость до 16‰) количество видов сокращается в 15–20 раз, по сравнению со Средиземным морем.

В бассейнах ненормальной солености условия благоприятны для немногих видов, однако, при этом может резко возрасти их продуктивность. Для таких бассейнов нередко характерна бедность видами и богатство особями.

Изменение солености приводит к «угнетенному» облику фауны: уменьшаются размеры раковины (например, *Cardium edule* в Кильской губе имеет длину 44 мм, а в Ботническом заливе всего 18 мм), раковины становятся тоньше, упрощается их скульптура.

По отношению к солености организмы делятся на эвригалинные («широкосоляные») и стеногалинные («узкосоляные»). Эвригалинные организмы выдерживают заметные изменения солености, стеногалинные живут в водах только определенной солености.

К стеногалинным обитателям морей нормальной солености относятся колониальные кораллы, иглокожие, головоногие моллюски, брахиоподы, трилобиты. Только единичные представители перечисленных групп могли выносить изменение солености.

К пресноводным организмам относятся двустворки *Unio*, *Dreissena*, гастроподы *Limnaea*, *Viviparus*, *Planorbis*. Наземная гастропода – *Helix*.

Эвригалинные группы: пеллециподы (двустворчатые моллюски), гастроподы (брюхоногие моллюски), ракообразные, черви, водоросли, бактерии. Наиболее выносливы последние четыре группы. Однако, некоторые представители перечисленных групп не выносят изменения солености. Так, представители пелиципод – *Hippurites*, *Diceras* обитали только в морях нормальной солености.

Проводя биофациальный анализ, необходимо выяснить, к каким организмам (эвригалинным или стеногалинным) принадлежат рассматриваемые окаменелости. Используя приведенные сведения, надо попытаться определить, в каком бассейне (нормальной, ненормальной солености или пресноводном) они обитали.

Глубина бассейна определяет расселение растений и животных. С глубиной уменьшается освещенность, возрастает давление (через каждые 10 м глубины давление увеличивается на 1 атм.), изменяется газовый режим, температура воды на больших глубинах практически постоянная и низкая.

Для жизни растений и животных наиболее благоприятны небольшие глубины. С ее увеличением число видов и количество биомассы значительно уменьшается.

По данным В.Г. Богорова, в настоящее время биомасса зообентоса на абиссали (5–6 км глубины) в центральных районах океана часто составляет 1–2 мг/м², что в 100–200 тысяч раз меньше, чем на шельфе. На площади шельфа (7,6% современной площади морей и океанов) сосредоточено 82,6% всей биомассы бентоса. По данным М.Е. Виноградова, 65% всей биомассы планктона находится в толще воды до глубины 500 м.

До сих пор не известны ископаемые абиссальные отложения, геологи располагают лишь единичными примерами достоверных глубоководных образований. О глубине бассейна можно судить только по оставшимся на месте (не перенесенным) остаткам организмов, обитавших на дне.

На небольшой глубине жили разнообразные рифостроители: известквыделяющие водоросли (строматолиты), археоциаты, строматопороидеи, кораллы. Массовые поселения брахиопод и двустворок характерны для малых глубин. На мелководье располагались брахиоподовые и пелециподовые банки.

Температура воды на небольших глубинах определяется географическим положением (широтой местности), временем года, действием течений. Вода отличается большей термостабильностью, чем воздух, у нее низкая теплопроводность. В бассейнах существует «температурная слоистость». Так, зимой холодные воды располагаются подо льдом на более теплых; летом прогретые воды не опускаются ко дну. Подобные обстоятельства благоприятны для обитателей водной среды. В Мировом океане наивысшая температура воды составляет 36°C (в тропической зоне), наиболее низкая температура – от 0 до –2°C. Все глубинные области океанов заполнены холодными водами.

Выделяют эвритермные и стенотермные организмы. Пример стенотермных организмов – колониальные кораллы, которые живут при температуре не ниже 20°C.

В теплых морях известковые раковины животных более толстые, массивные, с богатой скульптурой. Это связано с более легким извлечением извести из теплой воды. Растворимость извести зависит от содержания в воде углекислоты в растворенном виде: чем ее меньше, тем больше извести выпадает в осадок. Растворимость углекислоты выше в холодной воде, поэтому осадки холодных вод и раковины обитающих в них животных бедны известью. Более разнообразная в видовом отношении фауна характерна для морей тропиков.

Движение воды в прибрежной зоне и на морском дне различно. Действие волн, приливы и отливы оказывают большое влияние на обитателей прибрежной зоны. У них вырабатываются различные приспособления: прочные постройки, толстые раковины, всверливание и т.п.

В зоне подводных течений обитают на скалистом грунте прирастающие животные (например, кораллы, строматопоры). Сильное движение воды сказывается на форме колоний, скелете животных. Появляются плоские обтекаемые формы.

Некоторые кораллы (например, *Aulopora*) стелются по дну, морские ежи устраиваются в углублениях. На участке с сильным движением воды осадконакопление отсутствует, а иногда размываются ранее образовавшиеся отложения – это области отрицательного осадконакопления. В ископаемом состоянии также можно встретить такое дно древнего моря – поверхность напластования с прикрепившимися стелющимися кораллами, следами сверления, «пеньками» морских лилий, приросшими брюшными створками брахиопод, трубочками спирорбисов.

Движение воды усиливает газовый обмен. Там, где движется вода, среда окислительная; отсутствие движения создает восстановительную среду. В застойной среде часто развивается сероводородное заражение, и тогда в осадке встречаются скелеты нектонных и планктонных животных, а скелеты донных животных отсутствуют. В застойных впадинах осадки обогащены органическим веществом.

Характер грунта определяет расселение донных животных – бентоса (рис. 5). Для обитания на рыхлом грунте вырабатываются особые приспособления. Так, у морских лилий появляются образования, напоминающие корни, при помощи которых животное укрепляется. Многие моллюски и брахиоподы имеют широкую плоскую или слабо-выпуклую раковину, которая свободно лежит и не проваливается. Подобной цели служат иглы у некоторых морских ежей, широкий лимб у трилобитов. У многих обитателей рыхлого грунта есть устройства, позволяющие закрепиться в нем: шипы, иглы, выросты на раковинах брахиопод, двустворок, гастропод. У зарывающихся полностью или частично брахиопод и двустворок на погруженной в грунт раковине (или ее части) исчезает скульптура. Раковина удлиняется (*Mya*, *Solen*, *Lingula*). В рыхлом грунте живут различные илоядные формы. Следы их жизнедеятельности сохраняются в ископаемом виде.

На твердом грунте живут организмы с другими приспособлениями. Здесь встречаются формы, прирастающие при помощи цементации. Морская лилия прочно укрепляет самое основание стебля, которое утолщается и напоминает усеченный конус. Многие двустворки и брахиоподы образуют тесные поселения, нарастая друг на друга (банки). Раковины организмов, строящих банки, обычно искривленные, неправильной формы, несут на себе следы прирастания. Прирастают раковины низших ракообразных (*Balanus*).

Кораллы, археоциаты, строматопоры «растут» на твердом грунте. В твердый грунт всверливаются разнообразные камнеточцы. Некоторые формы обладают способностью присасываться к твердому грунту (*Patella*), другие подвешиваются при помощи биссуса (*Mytilus*).

Образ жизни (обитание на определенном грунте) отражается в твердых скелетных элементах. Следовательно, рассматривая органические остатки бентосных форм, изучая их особенности, можно получить представление о характере грунта, на котором они жили.

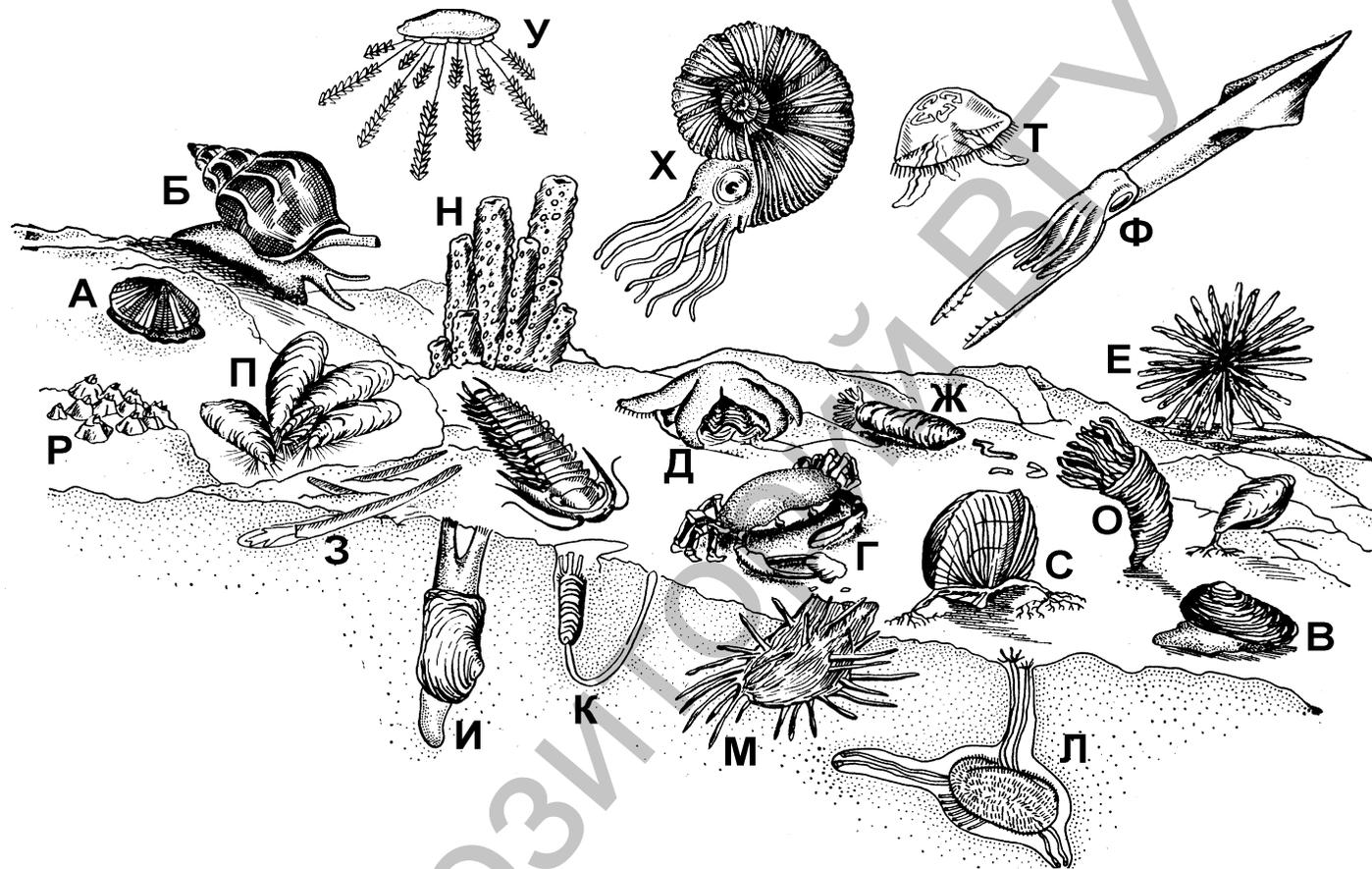


Рис. 5. Схема образа жизни морских беспозвоночных.

Условные обозначения: А–Ж – подвижный ползающий бентос, представленный моллюсками – гастроподами (А, Б) и двустворками (В), членистоногими (Г), иглокожими – морскими звездами (Д), морскими ежами (Е) и голотуриями (Ж); З–Л – подвижный зарывающийся бентос, представленный моллюсками – скафоподами (З) и двустворками (И), брахиоподами (К), иглокожими – морскими ежами (Л); М – неподвижный свободно лежащий бентос, полупогруженный в осадок, представленный брахиоподами; Н–С – неподвижный прикрепленный бентос, представленный губками (Н), кораллами (О), моллюсками – двустворками (П – прикрепление с помощью биссусных нитей), членистоногими (Р – прикрепление цементацией), брахиоподами (С – прикрепление ножкой); Т–У – планктон, представленный медузами (Т) и граптолитами (У); Ф–Х – нектон, представленный головоногими моллюсками – кальмарами и аммонитами.

Определение характера захоронения. При проведении биофациального анализа следует решить, имеем ли мы дело с посмертным скоплением организмов, связанных только общим местом погребения (танатоценоз), или с организмами, жившими вместе и погребенными на месте обитания (ископаемый биоценоз). В первом случае организмы могли жить далеко друг от друга, в различных условиях. После гибели они оказались собранными вместе в результате переноса и последующего отложения волнами, течением, ветром. Во втором случае органические остатки переносу не подвергались (или почти не подвергались).

В каждом из этих случаев подход к решению задачи должен быть различным. Для выяснения вопроса, находится данная фауна в биоценозе или танатоценозе, необходимо обратить внимание на сохранность, сортировку, ориентировку органических остатков и на фаунистический комплекс.

Наибольшее значение для фациального анализа имеют биоценозы, хотя танатоценозы тоже представляют большой интерес: по ним можно установить условия захоронения, судить о солёности бассейна, характере движения воды, его силе, скорости, направлении.

2.2.2. Литологический (литофациальный) анализ состоит в определении фаций по составу и структурно-текстурным особенностям горных пород.

Литологический состав отражает место формирования пород, глубину бассейна аккумуляции, степень удаленности источников сноса и характер слагающих их пород, геохимическую, климатическую обстановку и органический мир в бассейне осадконакопления. Например, песчаники чаще образуются на шельфе, а глины – на континентальном склоне, эвапоритовые толщи образуются в лагунах в условиях аридного климата; пясчий мел, состоящий преимущественно из планктонных водорослей – кокколитофорид, отлагается в теплых морях на глубинах 100–200 м; флишевые толщи образуются в глубоких геосинклинальных морях у подножий крутых склонов и, как полагают, своим происхождением обязаны мутьевым (суспензионным) потокам.

Гранулометрический состав отражает степень удаленности источника, состав слагающих его пород, направление и интенсивность движения транспортирующих частиц воздушных или водных потоков. Например, по установленной закономерности для прибрежной полосы шельфовой зоны характерны грубообломочные, валунные, галечные и щебенчатые отложения, которые по мере погружения шельфа до материкового склона последовательно сменяются песками, алевроитами и глинами. Однако, если разрушаемое побережье (источник сноса) сложено глинистыми породами, то и на прибрежной полосе будет аккумуляроваться этот тип осадков. Более того, мощными речными и долинными течениями грубообломочный материал из внутриконтинентальных об-

ластей может переноситься на значительные расстояния от побережий и откладываться среди глинистых и хемогенных карбонатных отложений в пределах континентального склона и даже океанического ложа, в то время, как прибрежная полоса бывает сложена тонкозернистыми осадками размываемых глинистых берегов.

Цвет указывает на климатические и химические условия образования пород. Например, красная окраска чаще всего обусловлена окислением содержащегося в породе железа, что характерно для континентальных пород, образованных в условиях аридного климата. Черная окраска указывает на обогащенность пород органическим веществом или сернистым железом и характеризует восстановительную обстановку седиментации. Зеленый цвет определяется наличием закисного железа в восстановительной обстановке, а также присущ породам, содержащим глауконит.

Текстура, т.е. совокупность признаков строения породы, определяется ориентировкой и относительным расположением ее составных частей, что, в свою очередь, обусловлено механическими или биохимическими факторами.

Горизонтально-слоистая текстура характеризует области спокойной седиментации, отсутствия движения воды. Для волноприбойных областей характерна перекрестная слоистость. Косая слоистость обусловлена направленными течениями. Биогенная текстура связана с жизнедеятельностью органического мира и выражена развитием пятен, трубок и корок, секущих породу под разным углом или включением в породу окаменевших остатков фауны и флоры. Текстура подводного оползания выражается сморщиванием и деформацией слоев с образованием чашеобразных и лежащих складочек, возникших вследствие гравитационного перемещения недостаточно уплотненных пород в тектонически активных зонах. Характерна для геосинклиналей. Пятнистая текстура, характеризующаяся наличием в породе пятен, обусловлена разложением органических веществ, взмучиванием осадков и т.п.

Аутигенные минералы, т.е. минералы, новообразованные в седиментационных бассейнах за счет протекающих в донных растворах химических реакций, отражают их геохимическую обстановку. Фосфоритовые конкреции образуются в илистых осадках шельфа на глубине 100–50 м за счет выделения фосфора из отмирающих пелагических организмов. Пирит и марказит образуются в условиях сероводородного заражения придонных слоев в пределах шельфа, континентального склона и глубоководных областей. Глауконит возникает в областях действия сильных донных течений в окислительной среде на границе с восстановительной в пределах шельфа. Встречается на континентальных склонах, что, как полагают, обусловлено сползанием пород с шельфа. Карбонатные соединения железа образуются в условиях углекислого заражения донных слоев и встречаются как в морских, так и в континентальных водных бассейнах.

2.2.3. Типы фаций.

2.2.3.1. Морские фации. В морских бассейнах осадки располагаются в прямой зависимости от рельефа ложа, от удаленности береговой линии и источника сноса, характера слагающих его пород, характера транспортирующих агентов (водных и воздушных потоков, гравитационного фактора), климатических условий и т.п. Однако, дифференциальная зональность осадков, в первую очередь, определяется рельефом морского дна. Поэтому, прежде чем приступить к знакомству с морскими фациями, рассмотрим схему зональности морских (океанических) бассейнов.

Шельф – пологая (1°) материковая отмель средней шириной 78 км (0–1500 км), погружающаяся до глубины 200 м.

Материковый склон – зона перехода от материка к океану. Представляет собой крутой (от $3-5^\circ$ до $30-40^\circ$) уступ дна, начинающийся от границы шельфа (200 м) и заканчивающийся на границе с ложем океана (2–3 км).

Ложе океанов – погруженные (в среднем) на 5–6 км от водной поверхности области рельефа Земли. Представляют собой колоссальные по площади равнины, осложненные глубокими (до 11 км) желобами и котловинами, и высокими (до 6–7 км) горными поднятиями: срединно-океаническими хребтами, вулканическими грядами, гайотами, микроконтинентами.

Соответственно по условиям, благоприятствующим обитанию в морях органического мира, и в зависимости от толщи водных масс выделяются неритовая, батральная, абиссальная и ультраабиссальная области (рис. 6).

Неритовая (от греч. «нэритэс» – раковина) область простирается от поверхности до глубин около 200 м и охватывает часть морского дна, в которую проникает солнечный свет, достаточный для жизнедеятельности организмов; характеризуется постоянными более или менее сильными движениями воды и изменчивой температурой. Это наиболее богатая жизнью часть моря. Здесь обитают организмы, живущие в морской среде, и отличающиеся исключительным разнообразием.

Область подразделяется на 3 зоны: *супралитораль*, расположенную выше уровня максимального прилива и эпизодически заплескиваемую морским прибоем, *литораль*, осушаемую во время отливов, и *сублитораль*, постоянно находящуюся под уровнем воды.

Батральная (от греч. «батис» – глубокий) область соответствует материковому склону. Она подразделяется на две зоны – *эпibatраль* и *батраль*. *Эпibatраль* охватывает глубины от 200 до 500 м и располагается на внешней части шельфа. Собственно батральная зона располагается на глубинах от 500 до 1700 м (по некоторым оценкам – до 3 тыс. м). Ее ширина определяется шириной материкового склона.

В этой области освещаются только верхние слои воды, и в основной массе удерживается постоянная температура независимо от времени года. Органический мир беден. Преобладают пелагические формы.

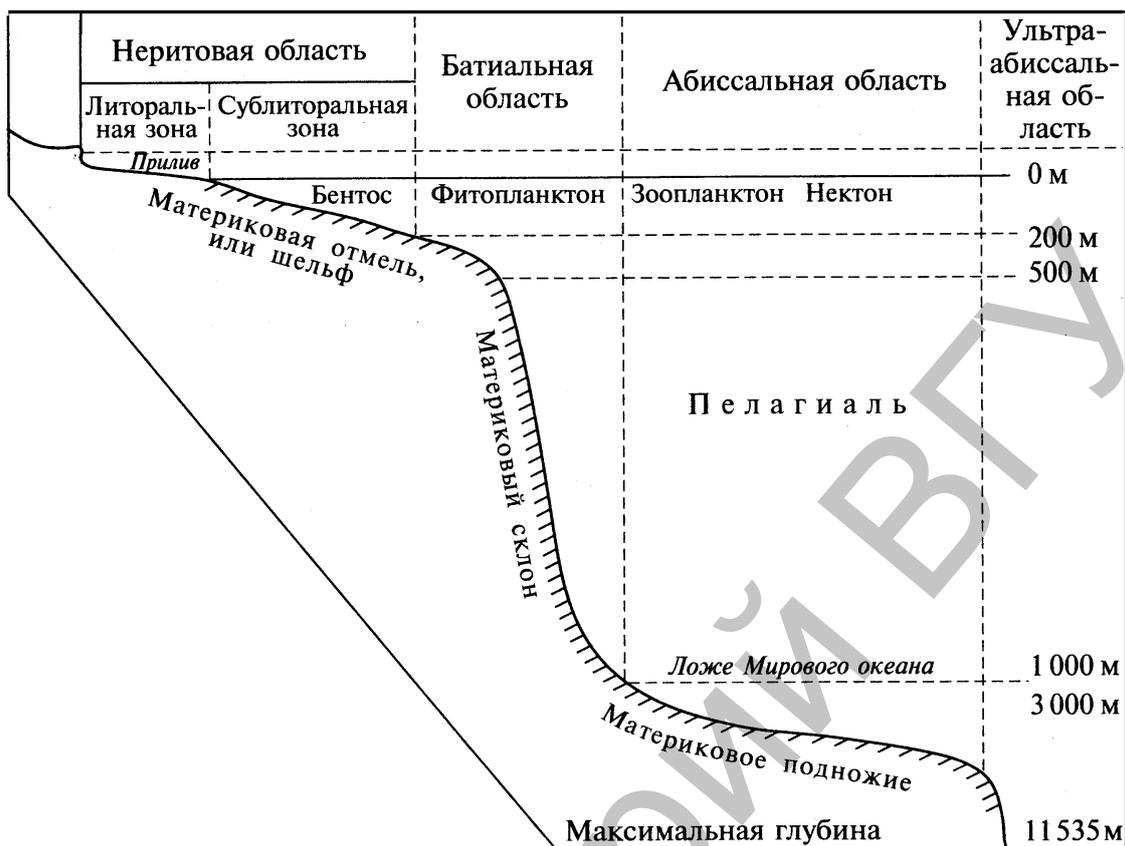


Рис. 6. Морфологические элементы рельефа дна Мирового океана.

Абиссальная (от греч. «абиссос» – бездна) область располагается на глубине более 1700 м и охватывает подножие континентального склона и ложе океана. В ней отсутствует свет, движения воды, преобладают низкие постоянные температуры и высокие давления, органический мир весьма беден. У животных отсутствует зрение. Преобладают пелагические нектонные и планктонные организмы, обитающие в верхних слоях воды.

Ультраабиссаль – область, приуроченная к глубоководным желобам.

В зависимости от глубины образования морские фации подразделяются на прибрежные, мелководные, умеренно глубоководные и глубоководные.

Прибрежные фации возникают в зоне прилива и отлива (литорали) и могут быть разнообразны по составу. Для скалистых побережий характерны валунно-галечные отложения. Гальки наклонены в сторону моря, а их длинные оси ориентированы вдоль береговой линии. Наиболее типичные организмы, обладающие массивной раковиной, плотно прикрепляющиеся к скалам или высверливающие в них отверстия.

На отлогих побережьях накапливаются песчаные или алевроитовые толщи с раздробленными обломками раковин, обломками или стволами наземной растительности. Породы хорошо отсортированы. Встречаются

знаки ряби. Обитают раковины со слабо развитой скульптурой или уплощенные формы с широким основанием.

На еще более отлогих берегах накапливаются глинистые отложения, на поверхности которых сохраняются трещины высыхания, следы животных, отпечатки капель дождя и т.п. Фауна обладает сложной скульптурой, что способствует лучшему сцеплению с грунтом. Породы плохо отсортированы, содержат песчаные и алевритовые зерна.

В болотистой прибрежной зоне образуются торфяники или пласты каменных углей (параллические угленосные толщи).

В областях, где ощущается недостаток поступающего с суши материала, образуются рыхлые или слабосцементированные ракушечники.

Мелководные фации накапливаются в пределах сублиторали от линии отлива до глубины 70–100 м и характеризуются признаками, указывающими на подвижность воды: косой слоистостью, хорошей сортировкой, обилием и разнообразием органических остатков, сочетанием обломочных и органогенных пород с отложениями коллоидно-химического происхождения. Обломочные породы представлены песками и алевритами, которые отличаются хорошей отсортированностью. Глинистые породы мелководные являются результатом коагуляции приносимых реками глинистых суспензий. В отличие от глубоководных глин в них возможна характерная для континентальных отложений примесь каолинита, присутствуют песчаные частицы, растительный детритус, они часто имеют черную окраску в связи с разложением органического вещества и восстановительной обстановкой.

Органогенные отложения представлены карбонатными породами – мелом и различными известняками, в образовании которых принимают участие морские животные и растения. Органогенные осадки обычно накапливаются там, куда обломочный материал почти не выносится. Наиболее глубоководными из органогенных известняков являются водорослевые, образующиеся на глубине 100–110 м, мшанковые – от 90 до 200 м и криноидные – в средней части шельфа. Для фораминиферовых известняков характерна глубина образования около 50 м. Коралловые, серпуловые и губковые накапливаются на глубинах 20–40 м. Белый писчий мел, состоящий в основном из раковин планктонных фораминифер и скорлупок кокколитофорид, накапливается на разных глубинах. Если в нем имеется примесь обломочного материала, массивные раковины мелководной фауны (иноцерамусов, эхинокорисов и др.) и мощность его измеряется десятками метров, то писчий мел является, несомненно, мелководным образованием. Писчий мел без примеси обломочного материала, не содержащий остатков мелководной фауны и имеющий небольшую мощность, очевидно, является более глубоководным.

Хемогенные осадки обычно представлены коллоидно-химическими образованиями, выпадающими в илу в виде оолитов, бо-

бовин и других аналогичных форм. Среди них выделяют карбонатные, железистые, фосфатные, глауконитовые и другие осадки.

Карбонатные осадки накапливаются только в теплых морях, где карбонаты легко выпадают в осадок при изменении температуры или количества углекислоты (CO_2).

Железистые осадки образуются вследствие выноса железа с континентов в виде окисных и коллоидных растворов с органическими кислотами и в виде бикарбонатов. При некотором увеличении температуры, солености, в результате жизнедеятельности бактерий и водорослей все эти соединения легко переходят в осадок и выпадают близ берегов. Часть осадков образуется за счет выноса железа из глубоких зон в результате подводных извержений.

Глауконит образуется только в море на глубине 20–150 м. Встречается он в виде примеси в песках, глинах, известняках.

Фосфатные осадки образуются также только в море на глубине 50–150 м. Согласно гипотезе А.В. Казакова, они имеют химическое происхождение, хотя фосфор или часть его, образуется за счет разложения организмов. Соединения фосфора приносятся восходящими течениями, поднимающимися с глубин 500 м и более и направленными в сторону берега. Поднимаясь в области более низких давлений и более высоких температур, они теряют часть CO_2 . Содержание же P_2O_5 увеличивается за счет трупов организмов, падающих сверху. Равновесие нарушается, воды оказываются пересыщенными CaCO_3 и $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \text{CaF}_2$ и на глубинах от 50 до 100 м эти соединения выпадают в осадок. Выше 50 м их выпадение не происходит, т.к. воды уже бедны фосфором, который к тому же поглощается еще растениями.

Следует отметить, что фосфоритовые конкреции и глауконит более характерны для умеренно-глубоководных фаций.

Умеренно-глубоководные фации образуются на глубинах от 70–100 до 500 м, т.е. в нижней части шельфа и на верху континентального склона в условиях слабой подвижности и освещенности вод. Жизнь здесь значительно беднее. Эту область населяют илоеды, трупоеды и хищники. Донная фауна представлена мшанками, морскими ежами, кремневыми губками, некоторыми пелециподами и гастроподами и одиночными кораллами. Скелетные образования у этих организмов нежные, тонкие, хрупкие. Для этой зоны характерно большое разнообразие и постоянство условий, и потому отложения здесь также довольно однообразны.

Из терригенных осадков здесь преобладают глины, для которых характерна тонкая горизонтальная слоистость. Они образуются за счет медленного осаднения наиболее тонкого материала, выносимого из более мелководных зон, а также глинистых минералов, возникающих в море в результате химических превращений.

Органогенные отложения встречаются редко. Они образуются за счет планктонных организмов: диатомей, радиолярий, планктонных фораминифер, птеропод, а также за счет иглоочек кремневых губок. Диатомей, накапливаясь, образуют диатомовые илы, которые затем превращаются в диатомит и трепел, а иглоочки кремневых губок – губковые илы. Среди ископаемых фаций аналогом губковых илов является спонголит. Раковинки фораминифер и птеропод дают начало карбонатным илам.

Отложения хемогенного происхождения здесь представлены пластовыми фосфоритами (до глубины 200 м), а также карбонатными и кремнистыми породами.

Глубоководные фации. Эта категория морских отложений объединяет породы, накапливающиеся в пределах континентального склона (батиальные фации) и океанического ложа (абиссальные фации), т.е. на глубинах более 500 м.

Характерными чертами глубоководных фаций являются полное отсутствие следов мелководности, почти полное отсутствие бентоса, массивная текстура пород, представленных преимущественно хемогенным глинистым, органогенным, планктонным и вулканогенным материалом.

Линию раздела между батиальными и абиссальными фациями можно провести условно на глубинах 4–6 км, соответствующих границе критического карбонатакопления, ниже которой карбонатные осадки отсутствуют в связи с растворением известковых раковин планктона и сохраняются лишь кремнистые раковины, образующие скопления диатомитов и радиоляритов. Кроме того, для абиссальной зоны характерно широкое распространение красных хемогенных глин, крупных железоникелевых конкреций, слуховых косточек и зубов рыб, вулканических и космических пород. Известняки батиальной зоны встречаются до глубины 3000 м. Они состоят из раковин планктона, определяющего их название: фораминиферовые, глобигериновые и т.д. Глины синей, темной и красной окраски встречаются на глубинах до 5000 м и состоят из сносимого с побережья и не подвергшегося коагуляции глинистого материала с примесью раковин пелагических организмов (до 30%). Глины, накопившиеся в условиях восстановительной обстановки, содержат пирит, обладают сероводородным запахом и темной окраской. Красную окраску приобретают глины, образованные из ожелезненного материала, принесенного с материков крупными реками. Диатомит – кремнистая рыхлая или сцементированная пористая порода белого или желтоватого цвета, сложенная более чем на 50% из панцирей диатомей – планктонных водорослей, содержащих до 70% кремнезема. Они образуются на глубинах от 1 км до 5–7 км и ниже. В отличие от известняковых толщ, наиболее распространенных в тепловодных бассейнах: в современных водоемах диатомовые водоросли наиболее распространены вблизи 60° параллели. Диатомиты наиболее характерны для отложений

кайнозоя. Радиолярит – подобный диатомиту кремнистый органогенный осадок, состоящий более чем на 50% из кремнистых раковин радиоляриев. В современных бассейнах эта порода встречается на глубинах более 4 км (до 8 км и ниже) у побережий континентов. Красная океаническая глина выполняет наиболее глубокие (более 3,5 км) и удаленные от побережья котловины Тихого океана и состоит из глинистого материала, принесенного с континентов пылевыми бурями и в коллоидных растворах. Содержит прослой торфов, обломки вулканической пемзы, метеоритные частицы никелистого железа и бронзита, слуховые косточки китов и зубы рыб, покрытые налетом марганца. В их составе содержится кремнезема до 54%, железа до 10%, марганца до 3%, органического углерода менее 0,5%.

В этих глинах содержатся богатые (промышленные) скопления железомарганцевых конкреций – аутигенных минеральных стяжений гидроокислов железа и марганца шаровидной, лепешковидной и гроздевидной формы с ядром из обломочных пород, зубов рыб и т.п.

Красные глины являются наиболее глубоководным осадком абиссальных областей и образуются всегда ниже границы критического карбонатакопления.

2.2.3.2. Фацции лагун. Лагуны – это водоемы с повышенной или пониженной соленостью вод, отделенные от моря полосой береговых валов или соединяющиеся с ними узким проливом.

Опресненные лагуны развиты в областях с гумидным климатом, но встречаются и в аридном – в случае впадения в лагуну крупных рек. Для них характерны карбонатные, алевроитовые и глинистые осадки, которые отличаются от морских глин присутствием пресноводных организмов, отсутствием глауконита и фосфатов, плохой сортировкой отложений и отсутствием кривой слоистости. Среди органогенных осадков преобладают мшанковые и водорослевые известняки, образующие местами крупные рифовые постройки.

Засолоненные лагуны приурочены к областям с аридным климатом. Они характеризуются полным или почти полным отсутствием органического мира и накоплением эвапоритовых толщ, включающих калийные и калийные соли, гипсы и ангидриты, а также отложения смешанного состава – соляные глины и мергели.

Лагунные отложения тесно связаны с континентальными и морскими. Переход между ними часто носит очень постепенный характер, нередко они образуют частый тонкий переслой. Выделение лагунных отложений очень затруднительно. Наиболее верным критерием являются органические остатки, встречающиеся в значительных количествах в отложениях опресненных водоемов. Это эвригалинные и эвритермные формы, представленные небольшим количеством видов, но большим числом особей. В отложениях засолоненных лагун органические остат-

ки отсутствуют. Очень редко встречаются раковины пресноводных или наземных животных и растений, принесенные с суши.

2.2.3.3. Континентальные фации. К этой группе фаций относятся породы, образованные в пределах континентов: на суше, во внутренних, не связанных с мировым океаном водных бассейнах; в областях распространения ледников, действующих вулканов и т.п., и обладающие рядом специфических черт, определяющих их континентальный облик. Отличительными признаками древних континентальных фаций являются:

1) резкая изменчивость состава и мощностей одновозрастных толщ по простиранию;

2) отсутствие органических остатков вследствие неблагоприятных условий захоронения наземных и пресноводных форм;

3) отсутствие глауконита и фосфатов;

4) богатая цветовая гамма с преобладанием бурой окраски (окисные соединения железа) в сочетании с зеленой и зеленовато-синей (местное восстановление окислов железа). Встречаются белые породы (каолины, кварцевые пески) и черные (угли, органические сланцы);

5) обломочные частицы плохо окатаны, слабо отсортированы. Фации именуются по условиям их образования.

Фации коры выветривания. Под корой выветривания понимается верхняя часть земной коры, подвергшаяся физико-химическим и биологическим преобразованиям в континентальных условиях. Это понятие объединяет как поверхностный, сохранившийся на месте образования обломочный слой – элювий, так и приповерхностную толщу пород, претерпевших изменения под действием проникающих с поверхности агентов – щелочей, кислорода и т.п.

Основной отличительной особенностью коры выветривания является тесная связь с материнскими породами, в которые она переходит с глубиной. Если она является результатом физического выветривания, ее состав полностью соответствует составу материнских пород. В условиях же активного химического выветривания возникают образования, состоящие из минералов, характерных для зоны выветривания и устойчивых в этой зоне – кварца, каолинита, окисных соединений железа, алюминия и др. Слоистость и органические остатки в отложениях коры выветривания отсутствуют.

Фации предгорий являются продуктом разрушения горных областей, представлены грубообломочным и песчано-глинистым материалом, неотсортированным или плохо отсортированным, не имеющим слоистости и не содержащим органических остатков; характеризуются уклоном пластовых тел от гор к долинам.

Речные фации подразделяются на три группы: русловые, пойменные, старичные. Русловая – представлена песчано-галечным мате-

риалом. Снизу-вверх по разрезу размеры обломков уменьшаются. Слоистость косая. Пойменная – сложена тонкозернистым осадком с косой и косо-волнистой слоистостью. В старичной группе преобладают илистые пески, суглинки, супеси с оползневыми текстурами. Для речных фаций характерно присутствие пресноводных и наземных организмов, ориентация длинной оси частиц обломочных пород по течению реки, вытянутое линзовидное залегание пород.

Фации пресных озер и болот представлены песчаными, глинистыми, хемогенными (железные руды, кальцит, доломит, гипс, сода и др.) и органогенными (сапропель, «озерный мел», диатомовый ил и др.) отложениями и отличаются тонкой горизонтальной слоистостью, линзообразной формой пластовых тел, присутствием окаменелостей пресноводной органики, особенно пелеципод, гастропод и остракод.

В болотах накапливается, главным образом, торф, в значительно меньшем количестве глины и иногда встречаются выделения кальцита, сидерита, вивианита и др.

Ледниковые фации. К ним относятся собственно ледниковые – моренные – отложения, отложения ледниковых вод – флювиогляциальные отложения – и отложения, накапливающиеся в приледниковых озерах.

Моренные отложения представляют собой беспорядочное скопление различных обломков, включенных в глинистый или песчаный материал. Органические остатки в морене очень редки (в основном, пыльца).

Флювиогляциальные отложения сложены галькой, гравием и песком. Этот материал, за исключением крупных обломков и гальки, почти не окатан и плохо отсортирован. Для него характерна косая слоистость, потоков и слоистость типа знаков ряби. Органические остатки редки.

Отложения приледниковых озер обычно представлены горизонтально слоистыми ленточными глинами, в которых слойки, сложенные более грубым материалом и соответствующие бурному таянию ледников летом, чередуются с глинистыми слойками, отлагающимися зимой, когда обломочный материал в озеро не приносится. Органические остатки встречаются очень редко.

Фации пустынь образуются в поясах с аридным климатом, представлены, главным образом, золовыми песками. Их отличительная особенность – присутствие в них мало выветренных зерен легко разрушающихся минералов, т.к. в пустынных областях химическое выветривание происходит слабо. Материал, слагающий эти пески, очень хорошо отсортирован и окатан. Для этих песков характерны косая слоистость и золовая рябь. Органические остатки отсутствуют. Очень редко встречаются скопления костей наземных животных.

Лабораторная работа № 4

Тема: Определение фаций и описание условий их образования.

Задание 1.

По данным штуфам (образцам) определить фации и описать условия их образования:

- 1) коралловый известняк;
- 2) песчаник косослоистый, красной окраски;
- 3) известняк с остатками морских лилий и мшанок;
- 4) конгломерат;
- 5) мел песчанистый с обломками раковин *Gnoceramus*;
- 6) известняк с раковинами *Productus*;
- 7) конгломерат из гальки фосфорита;
- 8) известняк с раковинами брюхоного моллюска *Planorbis*;
- 9) торф;
- 10) каменная соль;
- 11) нуммулитовый известняк;
- 12) глинистый, углистый сланец с отпечатками папоротников;
- 13) грубозернистый песчаник с раковинным детритусом;
- 14) диатомит;
- 15) глинистый сланец с раковинами мелких тонкостенных пелиципод;
- 16) известняк, проточенный сверлящими моллюсками *Pholas*;
- 17) фузулиновый известняк;
- 18) доломит с остатками коралловых полипов;
- 19) туфосланец с ядрами мелких пелиципод;
- 20) песчаник глауконитовый.

Задание 2.

По предложенным преподавателем образцам горных пород и содержащимся в них органическим остаткам, используя приложения Ю, Я, восстановить физико-географическую обстановку и условия осадко-накопления.

При выполнении этого задания необходимо руководствоваться следующим. Внимательно рассмотрите полученный образец и, прежде всего, выясните, есть ли в нем органические остатки. Если органические остатки присутствуют, необходимо провести **биофациальный (бионический) анализ**.

1. Вначале следует определить характер захоронения (ископаемый биоценоз или танатоценоз). Установите, какие органические остатки имеются; перечислите и укажите преобладающие. Если органические остатки не удастся определить, кратко их охарактеризуйте.

Конкретно охарактеризуйте сохранность всех имеющихся групп органических остатков. Например, целые раковины с обеими створками

и сохранившимися на них шипами, разрозненные створки брахиопод, окатанные обломки игл морских ежей, растительный детрит и т.п. Что преобладает? Как повлияли на сохранность вторичные процессы?

Перечислите размеры всех органических остатков, указав преобладающие. Сортировку рассмотрите как в целом для всего комплекса окаменелостей, так и отдельно для каждой группы.

Укажите положение в плоскости напластования и перпендикулярно к ней всех окаменелостей отдельно и взаиморасположение встреченных форм.

Вспомните условия, определяющие расселение организмов в воде. Проверьте, могли ли организмы, остатки которых вы определили, существовать вместе. Выясните, где они обитали (в воде или на суше). Какие это формы (эвригалинные или стеногалинные)? Могли ли они жить в одном бассейне? Попытайтесь определить соленость бассейна. Какой образ жизни они вели (нектон, планктон, бентос)? На какой глубине могли жить и в какой среде (малоподвижной, сильного движения воды и т.п.)? На каком грунте обитали? Какие признаки об этом говорят? Находятся остатки на месте обитания или перенесены? Где могло образоваться такое захоронение? Можно ли по этим органическим остаткам судить о древнем климате?

После того, как охарактеризованы все органические остатки и получена вся возможная информация об условиях жизни организмов и их захоронении, переходите к **литофациальному анализу**.

2. Охарактеризуйте горную породу, указав: 1) цвет, 2) состав (однородный, неоднородный, примеси), 3) зернистость, 4) слоистость, 5) характер поверхностей напластования, 6) плотность (тяжелая, легкая), 7) пластичность, 8) хрупкость, 9) вторичные изменения (окремнение, выщелачивание, доломитизация, ожелезнение и т.п.).

Для обломочных пород определите размер, состав, сортировку, ориентировку, степень окатанности, форму, поверхность обломков. Укажите пределы вариаций, особенности преобладающих обломков. Дайте характеристику цемента, а также соотношения цементирующей массы и обломочного материала.

Какие из наблюдавшихся вами особенностей позволяют судить об условиях образования отложений?

3. Сопоставьте результаты биофациального и литофациального анализов. Какие предположения о фациях можно сделать по данному образцу?

Оформление анализа каждого образца включает:

- название породы и ее детальную характеристику (все литологические и палеонтологические данные, т.е. только фактический материал);
- схематическую зарисовку образца, и, если нужно, его частей;
- анализ фактического материала и обоснование предположений о

возможных условиях образования данной породы;

- вывод о фациях.

Ниже приводятся примеры описания образцов.

Образец 1.

Описание. Желтовато-серый органогенный известняк, состоящий из створок брахиопод и участков стеблей морских лилий (брахиоподово-криноидный известняк). На поверхности напластования выпуклостью вверх расположены разрозненные створки брахиопод. Это – спинные створки *Spirifer* и равномерно-выпуклые и тонкорребристые створки другой брахиоподы. Размеры створок примерно одинаковые, колеблются в пределах 20–25 мм. Створки не сгружены, лежат поодиночке, редко налегают одна на другую. Сохранность створок неплохая: они не обломаны по краям (в виде обломков присутствуют редкие экземпляры), скульптура хорошо различима, не потертая. Остатки криноидей представлены разрозненными члениками стеблей. Они примерно одного размера, преобладают с диаметром 5–6 мм. Центральный канал имеет различную форму: сечения в виде звездочек и круглые различного диаметра. Известняк тонкозернистый, плотный тонко- и правильно слоистый. Слоистость горизонтальная (параллельная), мощность слоев 1–2 см.

Анализ. Разрозненность створок замковых брахиопод и участков стеблей морских лилий указывает на танатоценоз, что подтверждается сортировкой (одинаковые размеры створок, одинаковые размеры члеников стеблей) и ориентировкой (створки занимают устойчивое положение выпуклостью вверх). Морские лилии и брахиоподы (стеногалинные морские организмы) указывают на море нормальной солености. Сортировка и ориентировка – на движение воды. Следовательно, захоронение происходило на участке морского дна со слабым подводным течением (окислительный режим). Для определения глубины данных недостаточно. Вероятно мелководье.

Вывод. Фация морского дна со слабым подводным течением.

Образец 2.

Описание. Темно-серый, почти черный мелкозернистый песчаник, тонко-параллельно-слоистый. На поверхностях напластования лежат обугленные листочки папоротников хорошей сохранности. Чередующиеся слои состоят из темно-серых и серых песчаников. Поверхности напластования ровные.

Анализ. Горизонтальная слоистость указывает на выпадение осадка в спокойной водной среде. Хорошая сохранность листочков, ровные поверхности напластования, обугленность листочков свидетельствуют о застойной восстановительной обстановке. На поверхностях напластования не видны следы жизнедеятельности. Вероятно, донная жизнь отсут-

ствовала. Осадки отлагались в застойной части водного бассейна.

Вывод. Возможные фации: застойные участки на дне озер, заливов. Окончательное решение можно сделать после выяснения площади распространения и изучения соседних по простиранию, подстилающих и перекрывающих отложений.

Оборудование: рабочая коллекция образцов горных пород, содержащих остатки животных и растительных организмов; лупы 2-, 4-, 10- и 20-кратные, скальпель, предметное стекло, 5% и 10% растворы соляной кислоты, сосуд с водой, иглы препарировальные, минералогический молоток.

Вопросы для самоконтроля.

1. Что такое палеогеография?
2. Что понимают под фацией?
3. Что является основой палеогеографического метода?
4. В чем заключается биофациальный анализ?
5. Как влияют на расселение организмов в водной среде соленость и глубина бассейна, температура и движение воды, характер грунта?
6. Какую информацию при проведении биофациального анализа несет характер захоронения ископаемых?
7. В чем состоит литофациальный анализ?
8. Каким образом литологический и гранулометрический состав, цвет и текстура горных пород отражают условия их формирования?
9. В чем заключается дифференциальная зональность морских осадков?
10. Охарактеризуйте схему зональности морских бассейнов.
11. Назовите и охарактеризуйте морские фации в зависимости от глубины их образования.
12. Какие признаки характерны для фаций лагун?
13. Какие фации относятся к группе континентальных? Укажите их специфические черты.
14. Какие признаки являются отличительными для древних континентальных фаций?

2.3. Палеотектонический метод

Задача этого метода – восстановить древнюю структуру земной коры и ее эволюцию, определить время рождения и характер развития структурных элементов разного типа в ходе истории геологического развития конкретной территории.

Палеотектонический метод базируется на анализе изменения мощностей осадочных пород, анализе перерывов и несогласий между

разновозрастными отложениями и анализе формационных рядов, отвечающих разнородным геотектоническим областям и определенным стадиям их развития.

2.3.1. Анализ мощностей базируется на третьем принципе исторической геологии; мощность пласта изменяется в зависимости от направленности тектонических движений в момент его образования. Действительно, прогибающиеся участки определенной территории будут компенсироваться осадком и, следовательно, обладать более мощными и более полными разрезами осадочных толщ, чем участки, отстающие в погружении или приподнимающиеся.

Для анализа мощностей используется первый принцип исторической геологии; каждый слой в момент своего формирования представляет собой горизонтально залегающее тело. Следовательно, если верхний кровельный слой определенного пласта (толщи, яруса и т.п.), невзирая на характер его современного залегания, вернуть в первоначальное горизонтальное положение, то его мощность отразит степень прогибания отдельных участков данной территории, а поведение подошвы, т.е. некогда горизонтально залегающей кровли подстилающего пласта, отразит изменение структуры последнего за изучаемый отрезок времени.

Анализ проводится путем построения серии палеотектонических профильных разрезов и карт равных мощностей, отражающих последовательность развития структуры изучаемой территории.

2.3.2. Палеотектонические профили (рис. 7) строятся в определенном направлении через изученные разрезы в подобранном горизонтальном и вертикальном масштабах. Современный рельеф не учитывается. Горизонтальная нулевая линия принимается за кровлю горизонта (яруса и т.д.), относительно которого изучается во времени палеотектоническая обстановка территории. В точках, соответствующих местоположениям изученных разрезов, по вертикали в масштабе откладываются мощности данного горизонта. Штрихи, соответствующие подошве горизонта, соединяются плавной кривой линией (если мощности не выдержаны). Если мощность сокращается до нуля, то подошвенная линия доводится до кровельной, но не пересекает ее и выше нулевой линии не проводится. Поведение подошвенной кривой позволяет судить о характере преобладающего тектонического движения территории в течение накопления данного горизонта.

Профильные разрезы строятся снизу вверх от более древнего времени к более позднему. Нарращивание при последующих построениях более молодых проанализированных горизонтов позволяет проследить характер эволюции во времени.

На рис. 7 приведена серия палеотектонических профильных разрезов, построенных на основе схемы корреляции (рис. 4) и отражающих тектоническое развитие северной части Горного Крыма в раннемеловую

эпоху. Отсутствие верхнеюрских отложений и несогласное налегание пород берриасского яруса на таврическую серию свидетельствует о том, что данная территория в течение, по крайней мере, поздней юры испытывала подъем и воздымалась над уровнем моря. С наступлением берриасского века (1) начинается погружение ее юго-западной окраины, море трансгрессирует, и в его ложе накапливается толща прибрежных валунно-галечных отложений мощностью от 40 (Куйбышево) до 25 м (Высокое).

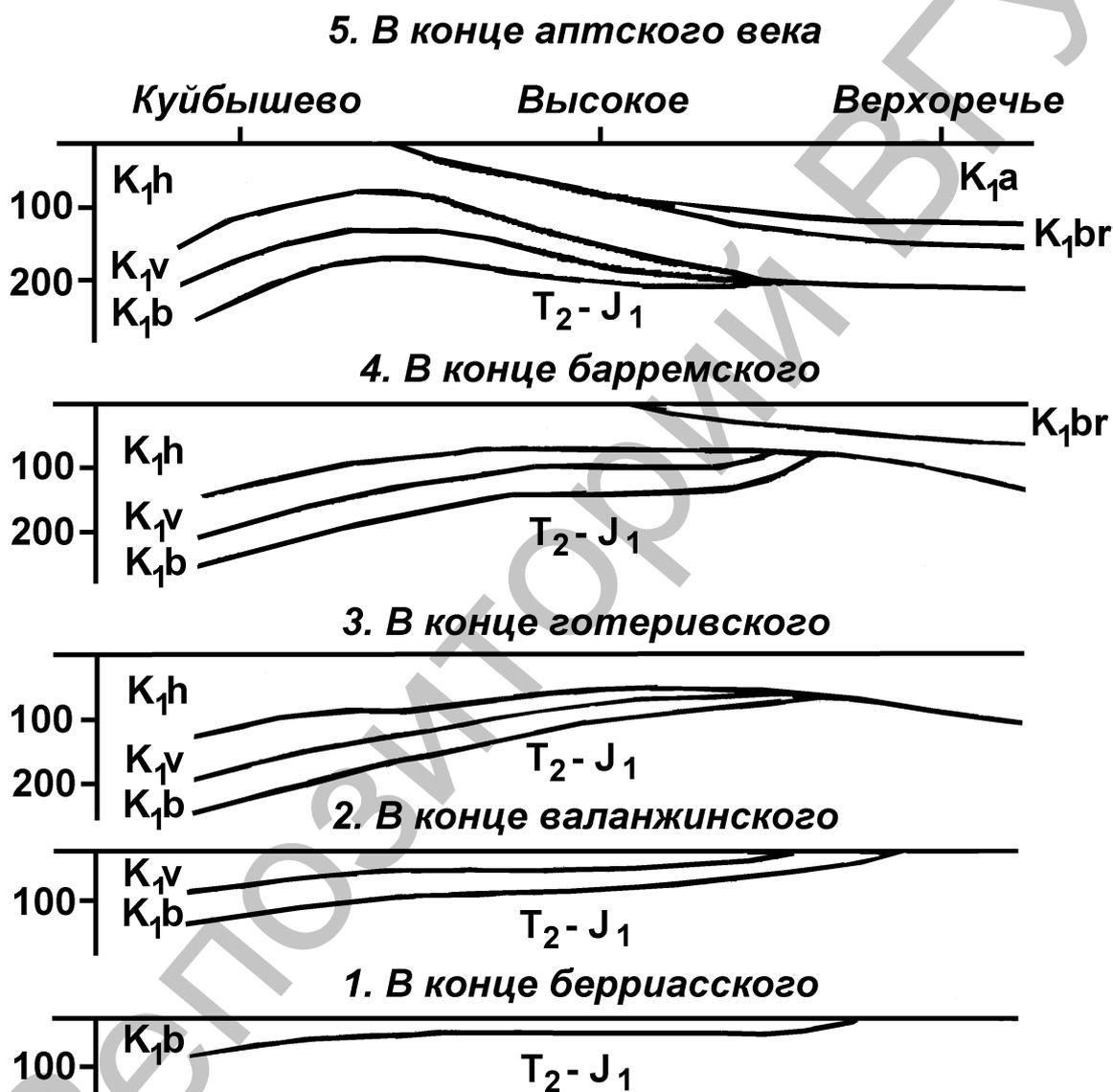


Рис. 7. Серия палеотектонических профилей, показывающих развитие северо-западной окраины Качинского поднятия (Горный Крым) в раннемеловую эпоху (по данным из рис. 4).

В валанжинском веке (2) продолжается погружение этой же области, где накапливается толща карбонатных пород мощностью от 60 м (Куйбышево) до 30 м (Высокое). Северо-восточная часть поднятия это время сохраняет приподнятое над уровнем моря положение, и на его поверхности по-прежнему обнажены породы таврической серии.

В готеривском веке (3) характер тектонического движения изменяется: в погружение вовлекается и северо-восточная часть территории. При этом центральная часть (Высокое) отстает в погружении, в результате чего образуется антиклинальный перегиб, зафиксированный сокращением мощности яруса от 100 м в районе Куйбышево до 60 м в районе Высокое и 70 м в районе Верхоречье. Таким образом, амплитуда антиклинального перегиба по подошве готеривских отложений в пределах профиля составляет 10 м.

В барремском (4) и аптском (5) веках продолжается интенсивное погружение лишь на северо-восточном участке профиля. В юго-западной части в течение этого времени на дневной поверхности обнажены породы готеривского яруса. В результате этих движений свод антиклинального перегиба смещается к юго-западу, а его амплитуда по подошве готеривского яруса превышает 200 м.

О характере тектонических движений данной территории в альбском веке можно судить по схеме корреляции (рис. 4): в это время вся изучаемая территория погружается и скрывается под уровнем моря. При этом северо-восточное крыло поднятия опускается более интенсивно (на 20 м), чем юго-западное (4 м). В состоянии нисходящего движения территория переходит в верхнемеловую эпоху.

Таким образом, основным итогом геологического развития рассматриваемой территории в раннемеловую эпоху явилось ее неравномерное и неодновременное по простиранию погружение, в результате которого на поверхность таврических толщ, слагающих крупное древнее поднятие, несогласно налегли разновозрастные породы нижнего мела, образующие антиклинальный перегиб амплитудой (по подошве готеривского яруса) более 200 м.

Серии палеотектонических профильных разрезов дают довольно наглядную картину изменения структуры конкретной территории по определенному профилю в рассматриваемый отрезок времени. Однако этот вид исследования обладает и существенным недостатком – он не позволяет представить структуру и характер ее изменения в площадном плане, т.е. в пределах всей рассматриваемой территории. Этот недостаток легко устраняется при построении *карт равных мощностей*. Методика построения карт равных мощностей (изопахит) по существу мало отличается от методики построения структурных карт (стратоизогипс): за основу также берется план местности с расположенными на нем точками местоположения изученных разрезов обнажений или скважин. Но возле этих точек проставляются значения не абсолютных глубин залегания опорного горизонта, а мощности анализируемой толщи. Далее методом интерполяции определяются точки равных мощностей, которые соединяются линиями – *изопахитами*.

На полученной карте по увеличению и сокращению довольно четко выделяются развивающиеся в период осадконакопления соответственно отрицательные и положительные структурные элементы.

Серия таких карт, построенных для различных отрезков времени, позволяет проследить характер движения земной коры в каждый из них и изменения структуры определенного горизонта в ходе геологической эволюции.

На рис. 8 приведены карты изопахит, характеризующие развитие территории в сеноманском, туронском и коньякском веках нижнемеловой эпохи. Изопахиты показывают, что в сеноманском веке (I) происходило равномерное погружение территории, причем более интенсивно опускалась ее западная окраина, и в результате развивалась моноклинали. В туронском веке (II) более интенсивно погружаются северная и южная окраины территории. Центральная часть отстаёт в погружении, вследствие чего по данным отложениям развивается структура геоантиклинального типа. В коньякском веке (III) продолжается погружение всей территории, но особенно интенсивно опускается участок между точками 1 и 5, где развивается седловина, отделяющая структурный нос от ее основания. В результате по подошве коньякских отложений образуется самостоятельная антиклинальная структура простираения амплитудой около 80 м со сводом между точками 1 и 2.

Ну, а какие изменения претерпела к концу коньякского века моноклиналная структура подошвы сеноманского яруса (I)? Для решения этого вопроса строится карта суммарных мощностей трех изученных ярусов, изображенная на карте (III) пунктирными линиями. Очевидно, структура подошвы сеноманского яруса изменялась в прямой зависимости от характера тектонических движений и синхронно с изменением структуры вышележащих толщ. В результате и по данному горизонту образовалась аналогичная антиклинальная структура, но менее крупных размеров. Следовательно, используя метод суммарных мощностей можно последовательно проследить характер изменения определенного горизонта во времени.

Структуры, развивающиеся одновременно с осадконакоплением, называются **конседиментационными**. Для конседиментационно развивающихся антиклиналей характерно сокращение к своду мощности пород.

Структуры, возникшие в пластах после их образования, называются **постседиментационными**.

Преимущество анализа мощностей перед другими методами заключается в том, что он позволяет дать количественную оценку тектонических движений – их амплитуды и скорости.

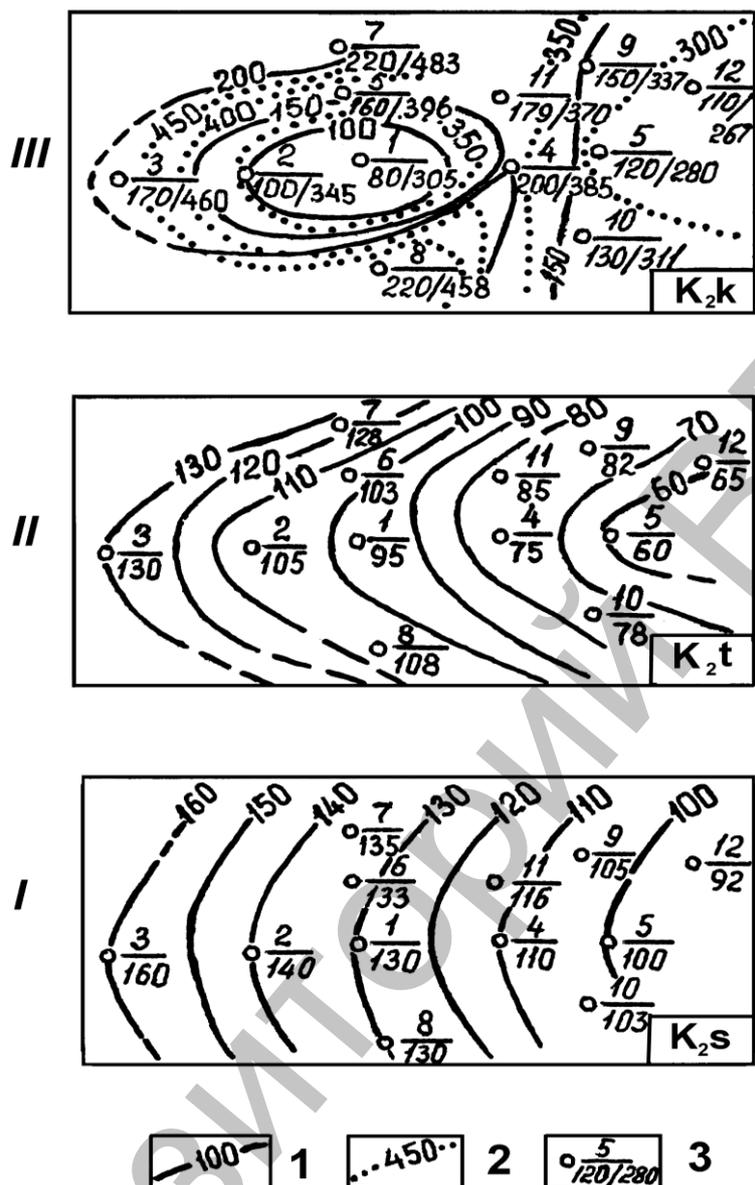


Рис. 8. Серия карт изопахит, показывающая последовательность структурного развития площади: I – структура в сеноманском веке; II – структура в туронском веке; III – структура в коньякском веке.

1 – изопахиты толщ; 2 – суммарные изопахиты толщ, показывающие строение сеномана к концу коньякского века; 3 – скважины: в числителе – номер, в знаменателе – мощность толщи (толщ) в метрах.

2.3.3. Анализ перерывов и несогласий основан на прямой зависимости между восходящими и нисходящими движениями земной коры и обусловленными ими перерывами в осадконакоплении, денудацией и несогласным налеганием разновозрастных перекрывающих толщ на подстилающие. В зависимости от стратиграфического и структурного взаимоотношения слоев, перекрывающих и подстилающих поверхность несогласия, выделяются три основных типа несогласий: *стратиграфи-*

ческое, угловое и азимутальное.

Анализ несогласий, зафиксированных на изучаемой территории, позволяет следующее.

1. Установить примерное время восходящих движений, их продолжительность и глубину денудации – по возрасту выпадающих из разреза слоев.

2. Установить характер и интенсивность движений, принадлежность территории к определенному геотектоническому элементу на разных этапах ее развития – по возрасту и типу дислокации в подстилающей несогласие толще (геосинклинальный, платформенный, переходный), величине углового несогласия с перекрывающей толщей и т.д.

3. Определить пространственное направление действующих тектонических сил и их переориентацию во времени – по изменению азимута простирания складчатости в различных структурных этажах.

4. Выделить в разрезе структурные этажи и ярусы.

Структурный этаж – это группа геологических формаций, отделенная от выше- и нижележащих образований поверхностями региональных несогласий и характеризующаяся определенным типом складчатой структуры и степенью метаморфизма. Структурный этаж соответствует определенному циклу тектогенеза. В составе структурных этажей выделяются структурные подэтажи или ярусы – комплексы пород, отделенные от остальной части этажа незначительными угловыми или (и) стратиграфическими несогласиями и характеризующие определенную фазу тектонического цикла.

В рассмотренном выше разрезе Горного Крыма (рис. 4) можно выделить два структурных этажа и множество структурных ярусов (или подэтажей). В качестве структурных этажей выделяются таврическая серия и меловой комплекс. Таврическая серия (T_2-J_1) сложена мощной (3–5 км) флишоидной терригенной, частично метаморфизованной, толщей, интенсивно смятой в многочисленные небольшие и очень крутые (до запрокинутых) складки, ориентированные в разных направлениях. Таврическая серия отвечает второй стадии развития геосинклинали (см. ниже).

Меловой комплекс представлен преимущественно терригенными отложениями в нижнем и карбонатными – в верхнем отделе, залегающими на данной территории в целом моноклинально с углом падения от $2-3^\circ$ до $10-15^\circ$ в северо-западном направлении. Таким образом, между рассматриваемыми комплексами существует крупное азимутальное (плюс угловое и стратиграфическое) несогласие, различие в формационном комплексе пород и степени их метаморфизма. Следовательно, есть все основания рассматривать каждый из этих комплексов в качестве самостоятельного структурного этажа.

В составе верхнего (мелового) структурного этажа по многочисленным угловым несогласиям можно, в свою очередь, выделить ряд

структурных ярусов, отражающих отдельные фазы тектогенеза. В районе пос. Куйбышево в этих отложениях отчетливо выделяются 3 яруса: нижнемеловой, падающий под углом падения $8-15^\circ$ в северо-западном направлении, верхнемеловой, имеющих угол падения около $2-5^\circ$, и дат-палеогеновый, падающий под таким же углом и азимутом, не отделенный от последующего стратиграфическим несогласием.

Лабораторная работа № 5

Тема: Палеотектонический анализ мощностей.

Задание 1.

По данным табл. 6 восстановить историю геологического развития территории путем построения серии палеотектонических профилей к концу сеноманского, туронского, коньякского и сантонского веков. Масштаб 1:2000, расстояние между разрезами 100 м.

Задание 2.

Построить карты равных мощностей сеноманского и туронского ярусов. Восстановить структуру подошвы сеноманского яруса к концу туронского века. Для построения использовать план расположения скважин на рис. 9 и данные табл. 7.

Оборудование: два листа плотной бумаги, чертежные принадлежности, цветные карандаши.

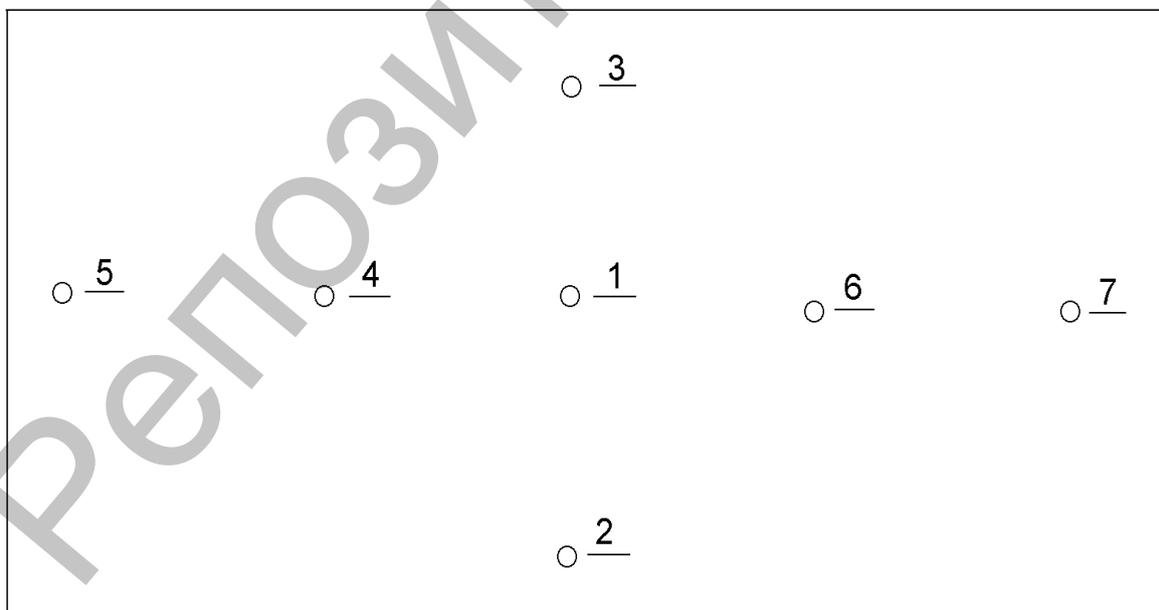


Рис. 9. План расположения скважин (к заданию 2 лабораторной работы № 5).

Мощность сеноманских и туронских отложений верхнего мела (K₂)

Ярусы	Мощность, метры						
	скв. 1	скв. 2	скв. 3	скв. 4	скв. 5	скв. 6	скв. 7
Туронский	200	290	330	270	340	190	251
Сеноманский	123	100	95	115	100	112	99

Вопросы для самоконтроля.

1. В чем заключается задача палеотектонического метода, на чем он базируется?
2. В чем сущность анализа мощностей?
3. Какую информацию дают серии палеотектонических профильных разрезов?
4. Что собой представляют карты равных мощностей?
5. Что называют изопахитами?
6. В чем состоит преимущество анализа мощностей перед другими методами?
7. На чем основан анализ перерывов и несогласий?
8. Какие типы несогласий Вы знаете?
9. Какие выводы можно сделать на основании анализа несогласий?
10. Что такое структурный этаж?

3. ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ И РАЗРЕЗЫ

Серии палеогеографических, палеотектонических и ряда других историко-геологических карт являются конечным итоговым документом соответствующих исследований и предназначены для восстановления последовательного хода геологического развития исследуемой территории, определения места, условий и времени образования тех или иных полезных ископаемых, возможных путей их миграции и районов промышленного скопления, факторов, определяющих разрушение или сохранение залежей до настоящего времени.

Палеогеографическая карта отображает географический облик древней земной поверхности в рассматриваемый отрезок времени: распределение областей суши и моря, поднятий и впадин, сноса и аккумуляции, а также климатические условия, существовавший органический мир и т.п. Серия палеогеографических карт, составленных на различные последовательно сменяющие друг друга отрезки времени, позволяет проследить изменения физико-географических условий и факторов, определяющих рождение, скопление и сохранение полезных ископаемых.

Палеотектоническая карта отражает тектоническую обстановку земной коры в конкретный промежуток времени: положение континентальных поднятий и океанических впадин, платформ, геосинклиналей, рифтов, щитов, плит, антеклиз и синеклиз, антиклинориев, синклинориев и менее крупных структурных элементов, а также областей с различным возрастом складчатости: карельской, байкальской, каледонской и т.д. Следовательно, серия палеотектонических карт в отличие от палеогеографических дает представление не об изменении физико-географической обстановки, а о структурно-тектонической эволюции земной коры.

Известно, что для образования, скопления и сохранения тех или иных полезных ископаемых необходимо сочетание благоприятных факторов как географического, так и тектонического плана. Поэтому в последнее время на палеотектонических картах авторы отражают характер распределения фаций, показывают физико-географическую обстановку, а на палеогеографических построениях широко используются изопахиты, позволяющие судить о характере, амплитуде и скорости движения земной коры и, тем самым, воссоздать палеотектоническую обстановку. Конечно, наибольший эффект исследователи получают при комплексном изучении палеогеологических построений.

Палеогеографические карты составляют в определенной последовательности. Прежде всего, в разрезах естественных обнажений и в скважинах устанавливаются и выделяют на изучаемой площади стратиграфическую единицу, отвечающую выбранному для составляемой карты историко-геологическому этапу; определяют площади отсутствия

пород заданного возраста. Затем выделяют фации и указывают их литологические и палеонтологические особенности. Результатом этого этапа работы является карта фаций (рис. 10). В дальнейшем, проведя фациальный анализ, от фаций переходят к палеогеографии: воссоздают физико-географическую обстановку прошлого не только в области накопления осадков, но и обязательно в области размыва. Таким образом, палеогеографическими картами являются только те, на которых показаны физико-географические условия как в области накопления осадков, так и в области размыва. Часто как конечный результат палеогеографических исследований составляют совмещенные карты фаций и палеогеографии, называя их обычно литолого-палеогеографическими картами. На них, прежде всего, выделяют области суши и моря.

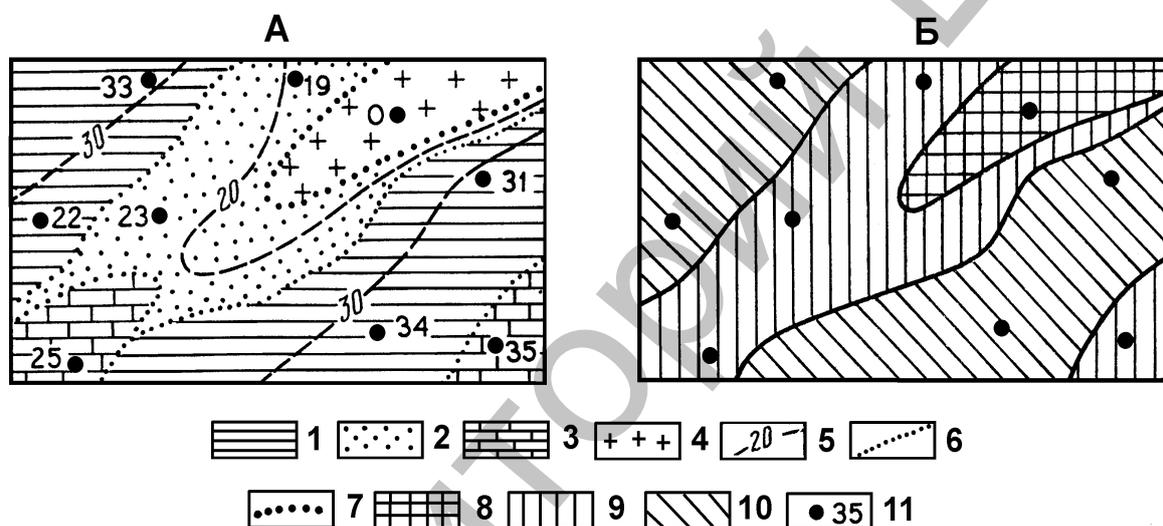


Рис. 10. Схематическая фациальная (А) и палеогеографическая (Б) карты.

1 – глины с остатками морских беспозвоночных; 2 – пески с обломками раковин; 3 – известняки-ракушечники; 4 – участок отсутствия пород данного возраста; 5 – линии равных мощностей; 6 – границы фаций; 7 – границы участка распространения пород данного возраста; 8 – суша, зона размыва; 9 – море, зона прибрежного мелководья и отмели; 10 – море, зона умеренных глубин; 11 – точки наблюдений и мощность толщи пород данного возраста.

Реконструкцию древних морей начинают с восстановления береговой линии – ее положения, конфигурации, а если это невозможно, то выделяют переходную зону от суши к морю, в пределах которой в течение рассматриваемого этапа находилась береговая линия. Затем устанавливают глубину палеобассейна и рельеф дна, обычно выделяя геоморфологические элементы (шельф, континентальный склон) или биологические зоны (литораль, сублитораль и пр.); восстанавливают соленость и среднегодовые температуры воды, газовый режим бассейна и, наконец, характер движения воды (зоны волнения, морские течения, в том числе приливно-отливные, мутьевые потоки и т.д.).

Реконструкция древней суши складывается из установления области размыва и аккумуляции осадков. В характеристику суши входят типы рельефа ее поверхности, положение рек (основные направления их течения и места впадения в палеобассейны), положение озер и болот, направление преобладающих ветров. Если же нет возможности определить характер водных и воздушных течений, то указывают общие направления сноса обломочного материала из зон размыва в зоны аккумуляции.

Анализ особенностей палеобассейнов и древней суши позволяет сделать выводы о климате того времени, наметить положение границ климатических поясов.

Все перечисленные особенности палеогеографии отражаются на картах в виде раскраски или штриховых знаков.

Палеогеографические карты строят на современной топографической основе. Масштаб карты определяется степенью сложности геологического строения территории, степенью ее изученности, степенью насыщенности карты различными знаками. При этом важно соблюдать компоновку карты, т.е. равномерное распределение знаков, чтобы по возможности исключить перегрузку или недогрузку, которые в одинаковой мере затрудняют чтение. Карта должна быть компактной, легко читаемой.

Карты составляются и описываются последовательно снизу вверх, т.е. от более древних к менее древним.

Пояснительная записка к палеогеографической карте состоит из двух частей. В первой части обосновывается необходимость проведения палеогеографических изысканий, перечисляется авторский коллектив, приводится методика проведения исследований, краткие сведения о современном физико-географическом положении района, его стратиграфии и тектонике. Второй раздел является специальным. В нем последовательно, со ссылкой на конкретную карту, описывается распределение областей моря и суши, районов денудации, состав и возраст слагающих их пород, пути и характер транспортировки разрушаемого материала и зоны его накопления. Выделяются области проявления вулканизма и указывается состав магм. Оцениваются климатические условия и органический мир как факторы, способствующие образованию тех или иных полезных ископаемых: горючих, рудных, строительных материалов и т.д.

Описание последующей карты проводится в таком же порядке, но отмечаются изменения физико-географических условий за данный отрезок времени относительно предыдущего.

В пояснительных записках приводятся сведения не только описательного характера, но и те, которые не нашли отражения на картах: обоснование возраста определенных толщ, характер их контакта и фациальной изменчивости, уточнение времени вулканизма, ре- и трансгрессий и т.п.

Палеофациальные профильные разрезы строят обычно одновременно с палеогеографическими картами. Чаще всего они ориентированы вкрест простирания основных палеоструктур и фациальных зон. Методика их построения заключается в следующем (рис. 11). Через точки определенных разрезов в масштабе карты строится палеотектонический профильный разрез, верхняя (нулевая) линия которого соответствует последнему горизонтальному слою изучаемой стратиграфической толщи, а нижняя – ее подошве. Разрезы изображаются в форме стратиграфических колонок, на которых выделяются и возрастные границы и слои с различным литолого-фациальным составом. Возрастные границы соединяют более жирными, а литолого-фациальные границы – менее жирными линиями. Соответствующими условными знаками показывается литология пород и их фациальная особенность. Специальным знаком выделяются зоны выклинивания отдельных слоев. Для большей наглядности слои окрашиваются соответствующими тонами, подчеркивающими их фациальную особенность. Палеофациальные разрезы позволяют более наглядно представить в пределах профиля вертикальное и горизонтальное взаимоотношение различных стратиграфических комплексов.

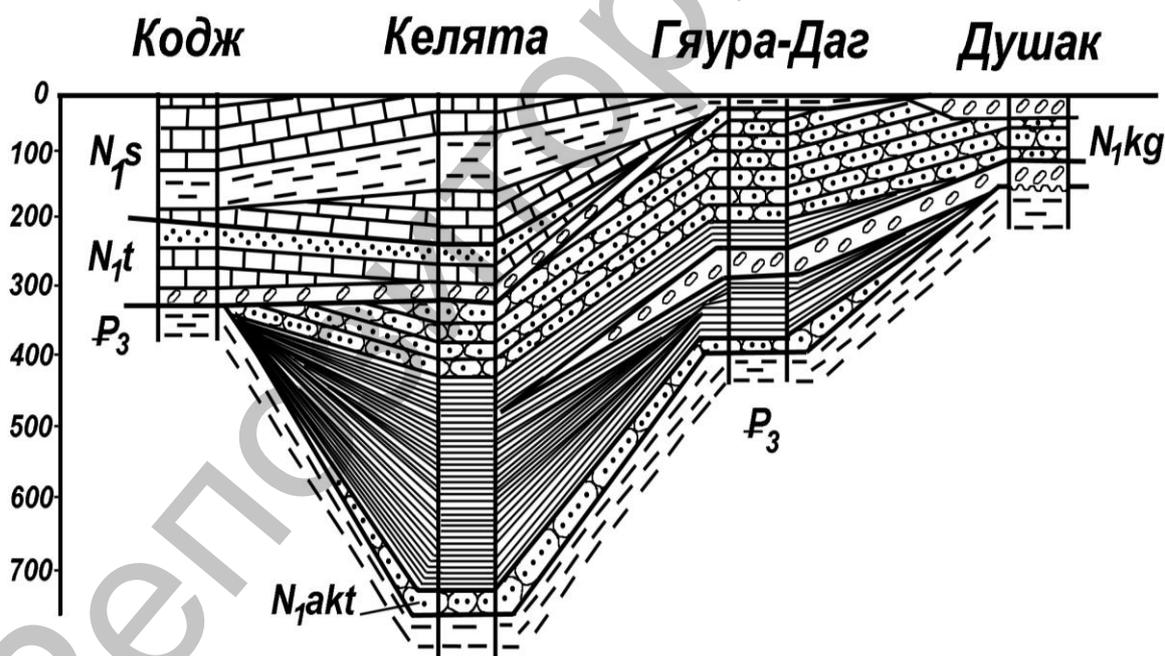


Рис. 11. Палеофациальный профиль предгорной части Копет-Дага по отложениям миоцена.

Трансгрессивные и регрессивные серии. Благодаря анализу изменения фациального состава пород по разрезу можно судить о характере тектонических движений земной коры. Если континентальные и (или) мелководные фации вверх по разрезу сменяются глубоководными, значит, происходит трансгрессия – процесс наступления моря на сушу. Об-

ратная смена фаций (от глубоководных к мелководным) соответствует регрессии или отступлению моря, приближению суши. Группа фаций, указывающая на погружение или обмеление бассейна, называется серией – трансгрессивной или регрессивной.

Лабораторная работа № 6

Тема: Палеогеографические карты и разрезы, их построение.

Задание 1.

По данным, помещенным в табл. 8 и карте фактического материала (рис. 12) построить палеогеографическую карту и продольный палеофациальный разрез (через скв. 4–22). При построении используйте условные обозначения.

Кратко опишите палеогеографическую обстановку территории в сеноманском веке: распределение областей суши, моря и его зон, климатические условия. Определите характер тектонических движений земной коры по вертикальной смене фаций в разрезе (трансгрессивной или регрессивной сериям). Рекомендуется принять сечение изопакит на карте через 5 м, вертикальный масштаб в профиле 1:2000.

Задание 2.

По литолого-фациальной карте (рис. 13) прочитайте палеогеографию и историю геологического развития территории Беларуси в позднем девоне, франкий век, позднешигровское время.

Вопросы для самоконтроля.

1. Для чего предназначены серии палеогеографических, палеотектонических и других историко-геологических карт?
2. Какую информацию несет палеогеографическая карта?
3. Что отображает палеотектоническая карта?
4. В какой последовательности составляют палеогеографические карты?
5. Что представляет собой пояснительная записка к палеогеографической карте?
6. Для чего предназначены палеофациальные профильные разрезы?
7. Что дает анализ трансгрессивных и регрессивных серий?

Таблица 8

Мощность и состав сеноманских отложений по данным бурения

№ скв.	№ слоев	Мощность, м	Описание пород	№ скв.	№ слоев	Мощность, м	Описание пород
1	1	5	Валунно-галечные отложения с обломками углефицированной древесной растительности	13	1	8	Валунно-галечные отложения, аналогичные скв. 1
2	–	0	–	14	1	4	Аналогичные скв. 1
3	–	0	–	15	1	14	Пески, аналогичные скв. 10
4	–	0	–	16	1	25	Глины, аналогичные скв. 11
5	1	6	Аналогичные скв. 1	17	1	13	Пески, аналогичные скв. 10
6	1	8	Аналогичные скв. 1	18	1	25	Глины, аналогичные скв. 11
7	–	0	–	19	1	19	Пески, аналогичные скв. 10
8	–	0	–	20	1	27	Глины, аналогичные скв. 11
9	1	7	Аналогичные скв. 1	21	1	31	Известняки светло-серые
10	1	15	Пески серые, среднезернистые, хорошо отсортированные, с фауной и обломками колониальных кораллов	22	1	25	Глины, аналогичные скв. 11
11	1	24	Глина темно-серая алевритистая с запахом сероводорода и отпечатками водорослей	23	1	32	Известняки, аналогичные скв. 21
12	1	14	Аналогичные скв. 10				

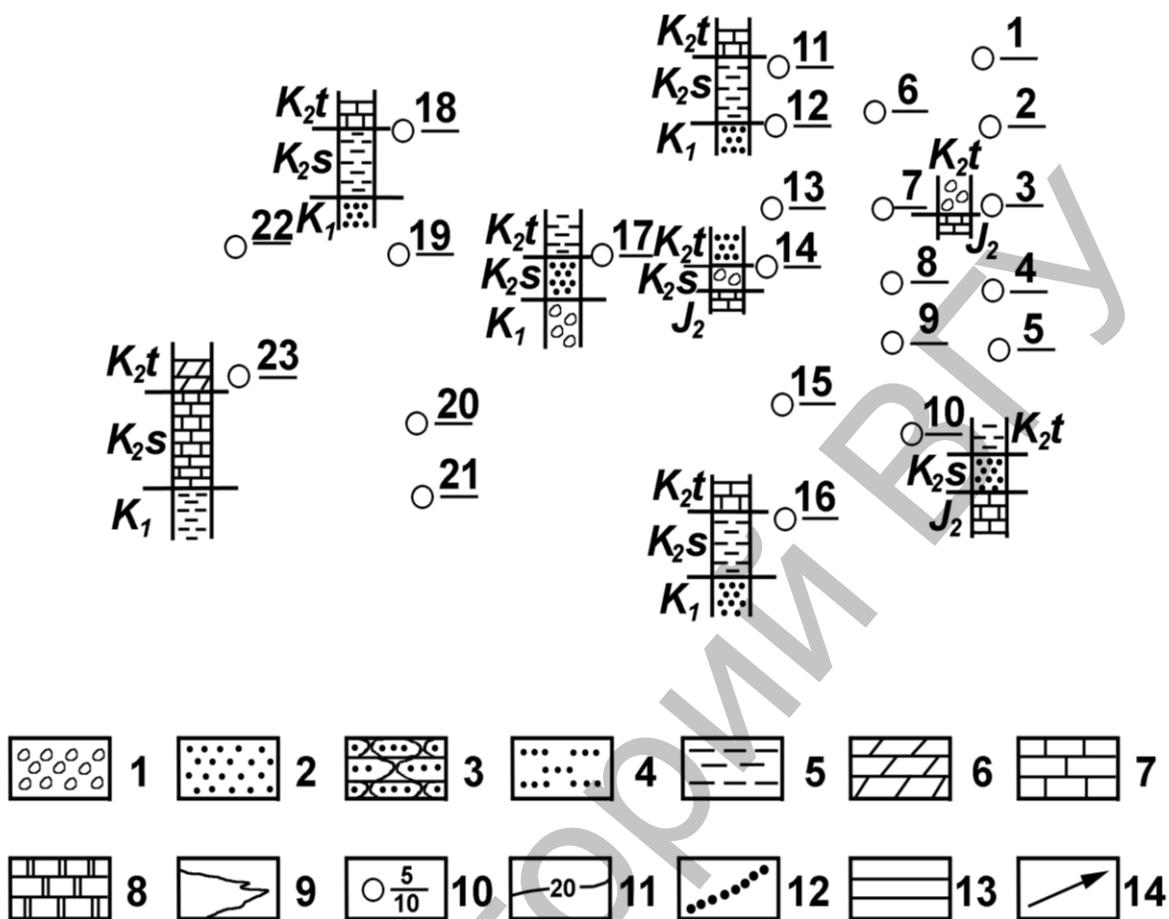
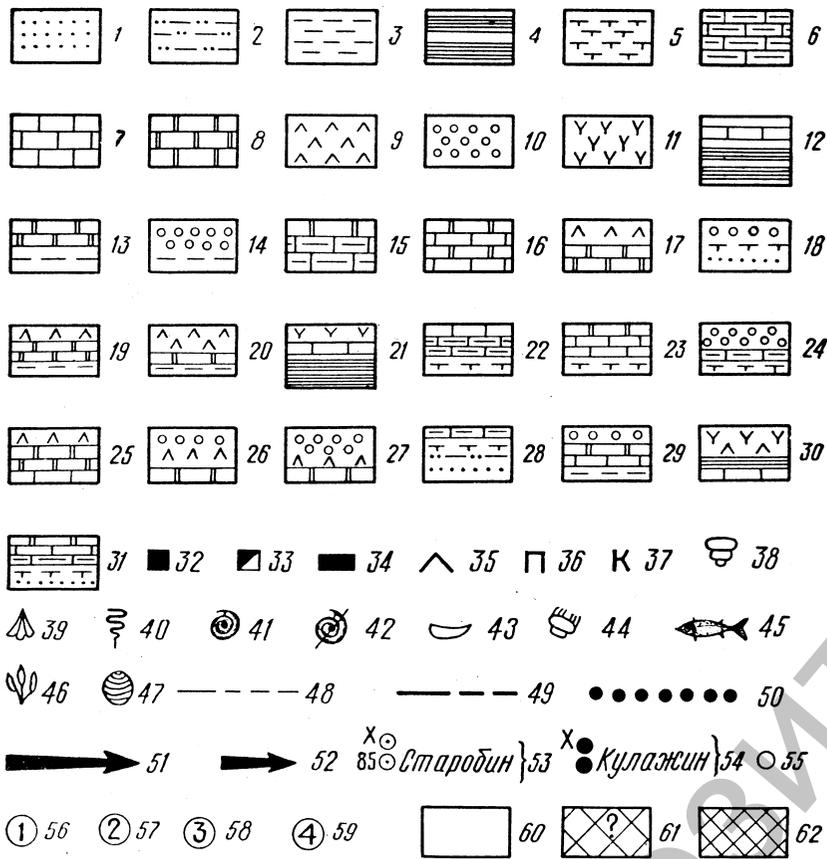


Рис. 12. Карта фактического материала и условные обозначения к лабораторной работе № 6.

1 – конгломераты; 2 – пески; 3 – песчаники; 4 – алевролиты; 5 – глины; 6 – мергели; 7 – известняки; 8 – доломиты; 9 – зоны выклинивания; 10 – скважины, их номер и мощность пород; 11 – изопакиты; 12 – границы фациальных зон; 13 – области отсутствия отложений; 14 – направление сноса материала с областей денудации.



Условные обозначения к рис. 13

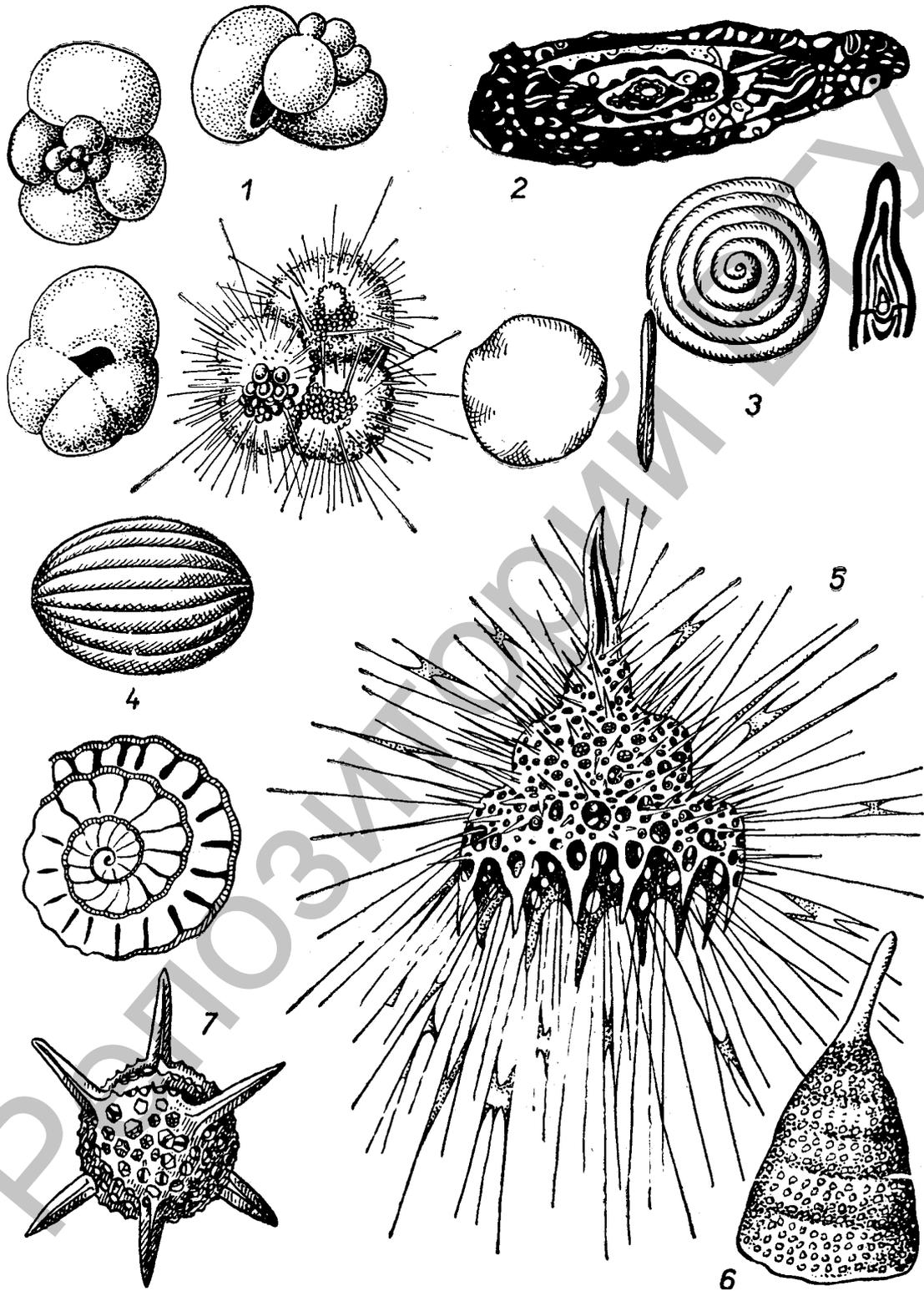
1 – пески и песчаники мелко- и среднезернистые; 2 – глины песчанистые; 3 – глины; 4 – аргиллиты; 5 – глины карбонатные; 6 – мергели; 7 – известняки; 8 – доломиты; 9 – гипсы и ангидриты; 10 – каменные соли; 11 – эффузивы; 12 – аргиллиты и известняки, чередующиеся между собой примерно в одинаковом количестве; 13 – глины и доломиты, последние значительно преобладают; 14 – глины и соли, последние преобладают почти вдвое; 15 – мергели и доломиты, первые преобладают; 16 – известняки и доломиты, чередующиеся между собой примерно в одинаковом количестве; 17 – доломиты и гипсы, первые преобладают; 18 – пески средне- и мелкозернистые, глины карбонатные и соли, чередующиеся между собой примерно в равном количестве; 19 – глины, доломиты и гипсы с преобладанием доломитов; 20 – глины, доломиты и гипсы с преобладанием последних; 21 – аргиллиты, известняки и эффузивные породы с преобладанием первых; 22 – глины, мергели и известняки с преобладанием мергелей; 23 – глины карбонатные, известняки и доломиты с преобладанием известняков; 24 – глины карбонатные, мергели и соли, последние преобладают; 25 – известняки, доломиты и гипсы с преобладанием доломитов; 26 – доломиты, гипсы и соли, чередующиеся между собой примерно в равном количестве; 27 – доломиты, гипсы и соли, последние преобладают; 28 – пески средне- и мелкозернистые, глины песчанистые, глины карбонатные и мергели, чередующиеся между собой примерно в одинаковом количестве; 29 – глины карбонатные, известняки, доломиты и соли, чередующиеся между собой примерно в равном количестве; 30 – известняки, аргиллиты, гипсы и эффузивные породы, чередующиеся между собой примерно в равном количестве; 31 – пески средне- и мелкозернистые, глины карбонатные, мергели, известняки и доломиты, чередующиеся примерно в равном количестве; 32 – нефть; 33 – битумы; 34 – угли; 35 – включения гипсов и ангидритов; 36 – пирит; 37 – калийные соли; 38 – фораминиферы; 39 – брахиоподы; 40 – черви; 41 – моллюски; 42 – филлоподы; 43 – остракоды; 44 – криноидеи; 45 – рыбы; 46 – наземные растения; 47 – оогонии харовых водорослей; 48 – линии равных мощностей (достоверные и вероятные); 49 – границы распространения литологических комплексов; 50 – границы древних размывов; 51 – главные направления сноса обломочного материала; 52 – второстепенные направления сноса обломочного материала; 53 – буровые скважины, вскрывшие отложения данного возраста; 54 – буровые скважины, в которых отложения данного возраста отсутствуют; 55 – прочие населенные пункты; 56 – мелкая часть шельфа; 57 – чередование условий морского мелководного шельфа и засоленной лагуны, первые значительно преобладают; 58 – чередование условий морского мелководного шельфа и засоленной лагуны; 59 – чередование условий морского мелководного шельфа с наиболее устойчивым режимом лагуны с повышенной соленостью; 60 – области, где отложения данного возраста в настоящее время отсутствуют (размыты); 61 – предполагаемое распространение суши; 62 – суша.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакулина, Л.П. Фациальный анализ: метод. указ. / Л.П. Бакулина. – Ухта: УГТУ, 2008. – 34 с.
2. Бодылевский, В.И. Малый атлас руководящих ископаемых: справ. пособ. / В.И. Бодылевский. – Л.: Недра, 1990. – 263 с.
3. Бондарев, В.П. Практикум по геологии с основами палеонтологии: учеб. пособ. / В.П. Бондарев, А.Е. Себарин. – М.: Просвещение, 1980. – 143 с.
4. Бондаренко, О.Б. Краткий определитель ископаемых беспозвоночных / О.Б. Бондаренко, И.А. Михайлова; под ред. В.Н. Шиманского. – М.: Недра, 1984. – 536 с.
5. Геология с основами палеонтологии. Краткий курс лекций: учебн. пособ. / сост. А.Н. Галкин. – Витебск: Изд-во УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2002. – 64 с.
6. Геология с основами палеонтологии. Часть II. Восстановление физико-географических условий прошлого Земли: метод. пособ. / сост. А.Н. Галкин, А.А. Недовизин. – Витебск: Изд-во УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2002. – 66 с.
7. Голубцов, В.К. Фации территории Белоруссии в палеозое и раннем мезозое / В.К. Голубцов, А.С. Махнач. – Минск: Изд-во АН БССР, 1961. – 183 с.
8. Горн, Н.К. Руководство к практическим занятиям по исторической геологии: учеб. пособ. / Н.К. Горн. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1962. – 258 с.
9. Гречишникова, И.А. Практические занятия по исторической геологии: учеб. пособ. / И.А. Гречишникова, Е.С. Левицкий. – М.: Недра, 1979. – 168 с.
10. Еремин, А.В. Практические работы по исторической геологии. Пособие для студентов-заочников I-II курсов географических факультетов педагогических институтов: учеб. пособ. / А.В. Еремин. – М.: Просвещение, 1979. – 120 с.
11. Историческая геология: метод. указ. / сост. Е.В. Владимирская; под ред. В.В. Наливкина. – Л.: Изд-во ЛГИ, 1977. – 80 с.
12. Короновский, Н.В. Историческая геология: учеб. для вузов / Н.В. Короновский, В.Е. Хаин, Н.А. Ясаманов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Академия, 2006. – 464 с.
13. Немков, Г.И. Историческая геология: учеб. для вузов / Г.И. Немков, Е.С. Левицкий, И.А. Гречишникова и др. – М.: Недра, 1986. – 352 с.
14. Практические занятия по исторической геологии / сост. Г.М. Сунгатуллина. – Казань: Казан. гос. ун-т, 2004. – 72 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

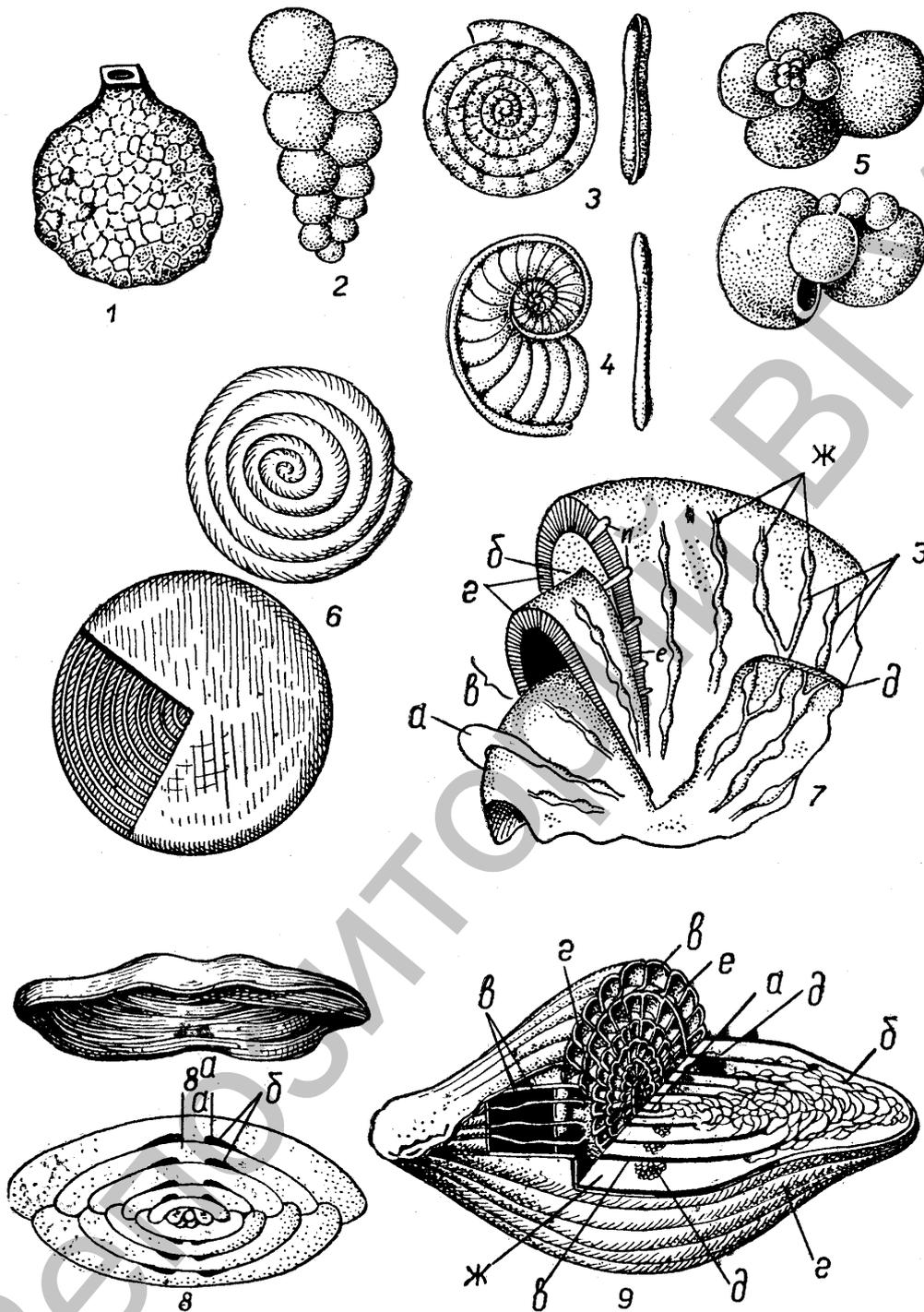
Приложение А



Ископаемые простейшие:

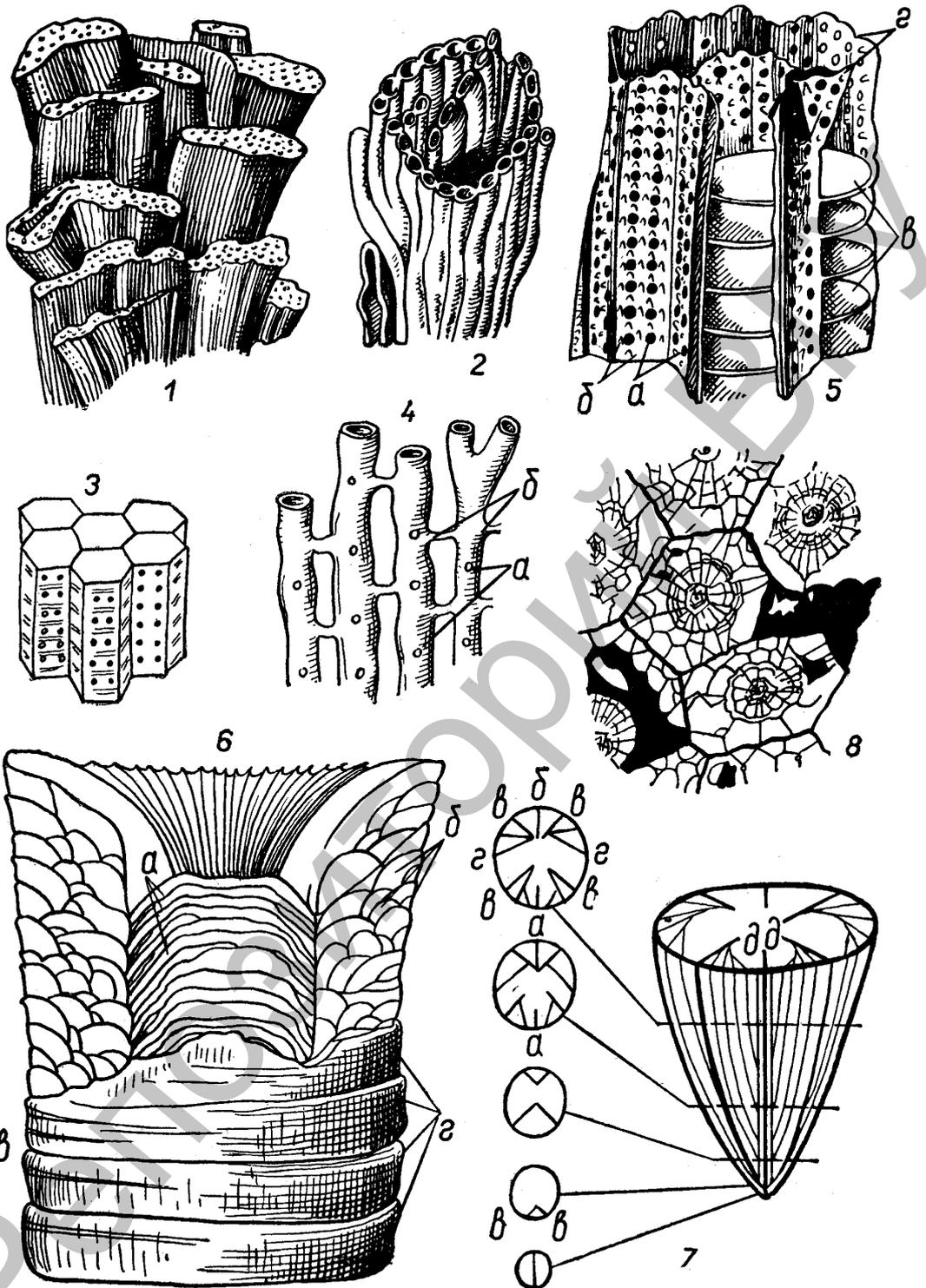
1—Globigerina; 2—Fusulina; 3—Nummulites; 4—Schwagerina; 5,6—Radiolaria; 7—Spumellaria

Приложение Б



Фораминиферы:

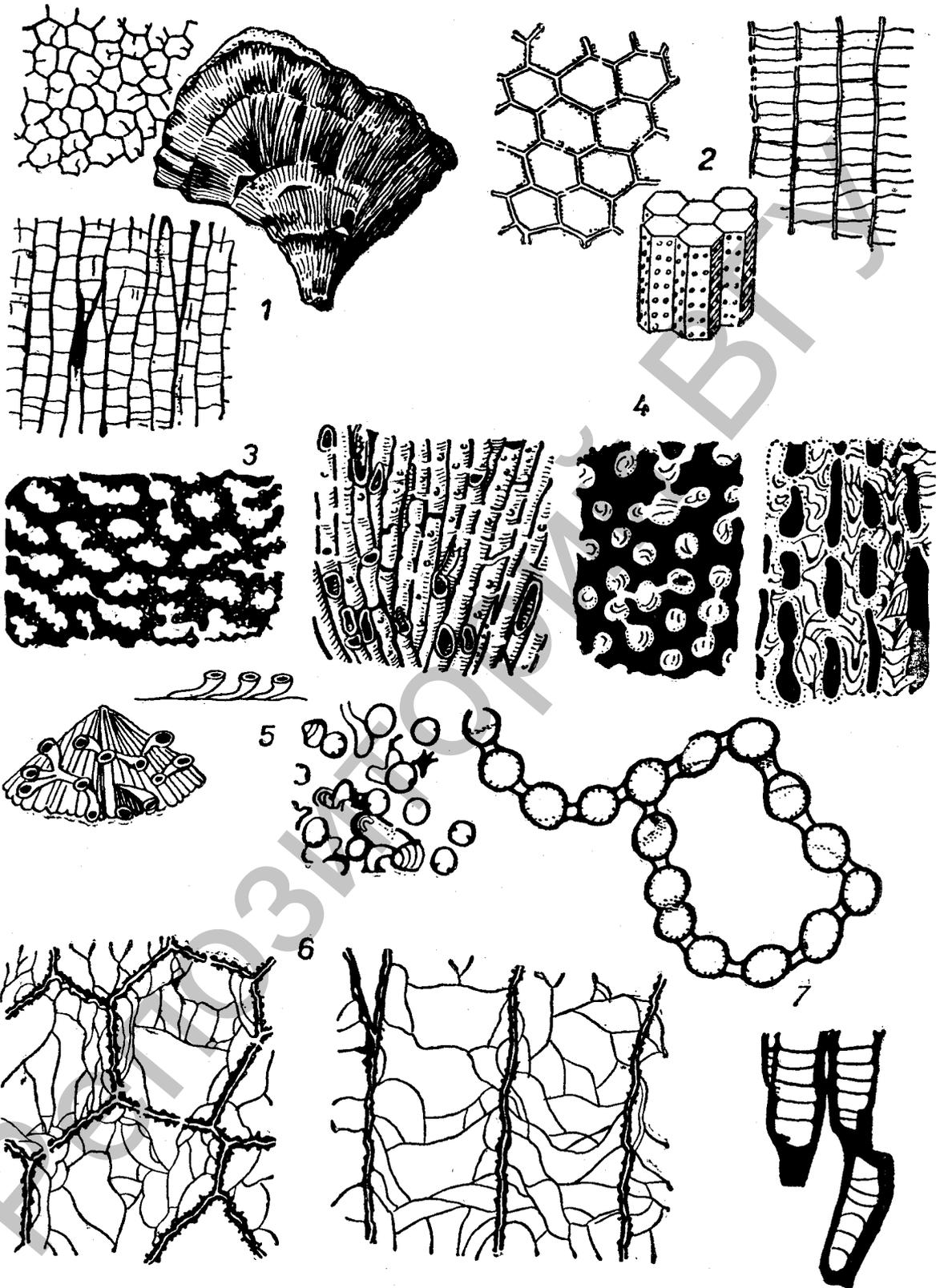
1 — скелет однокамерный *Saccammina*; 2 — скелет многокамерный, двухрядный *Gumbelina*; 3, 4, 6 — скелеты многокамерных (3 — *Assilia*, 4 — *Operculina*, 6 — *Nummulites* (раковины свернуты в спираль)); 5 — скелет многокамерный, раковина свернута в высокую спираль, камеры навиты друг на друга; 7 — схема строения раковины *Nummulites* (вид сбоку) (а — септа, б — устье, в — высота оборота, или шаг, спирали, г — спиральный валик; д — боковые стенки оборотов, е — боковые продолжения камер, ж — следы септ, з — гранулы, и — столбик гранул); 8 — схема продольного сечения раковины фузулины (8а — *Fusulinella*), проведенного по ее оси (а — туннель, б — хомы); 9 — схема строения раковины *Fusulinella* (а — начальная зародышевая камера, б — септальные арки, в — септы, г — септальные борозды, д — хоматы, е — устье, ж — туннель)



Гидроидные и коралловые полипы:

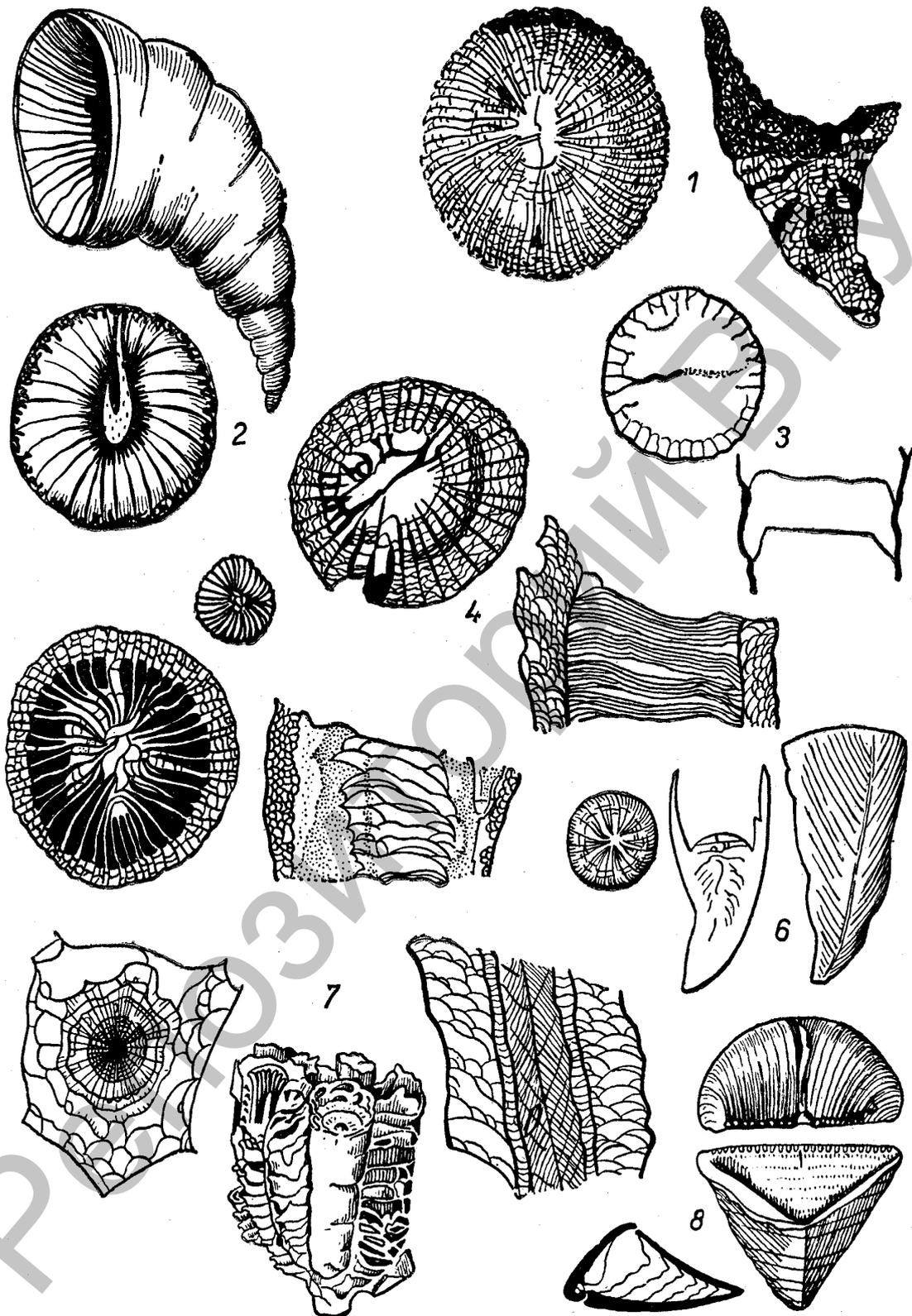
1—3 — полипняк массивный; 2 — полипняк ветвистый; 4 — строение кораллитов сирингопоры (а — поры, б — трубчатые перемычки); 5 — строение кораллитов фавозита (а — поры, б — вертикальные ряды шпиков, е — днища, з — стенки ячеек); 6 — строение одиночного коралла *Rugosa* (а — выпуклые днища, б — периферическая зона пузырчатой ткани, е — поперечные знаки нарастания, з — морщины, ругулы); 7 — схема заложения и порядок септ у четырех лучевых кораллов (а — главная септа, б — противоположная септа, е — боковые септы, з — добавочные септы, д — фоссула); 8 — схема строения колониального коралла — ругоза

Приложение Г



Ископаемые кораллы (хететиды, табуляты):

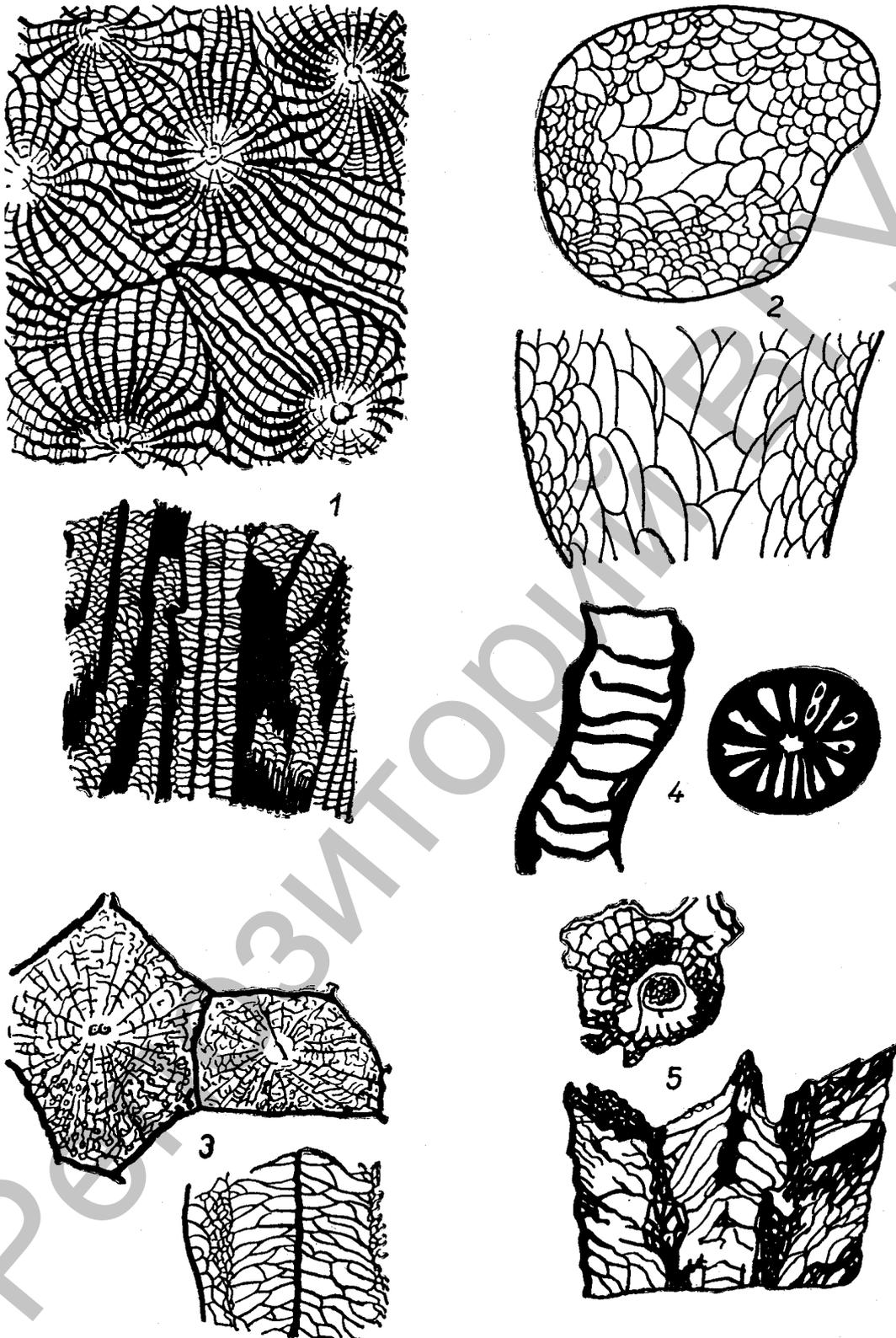
1 — Chaetetes; 2 — Favosites; 3 — Alveolites; 4 — Syringopora; 5 — Aulopora; 6 — Michelinia;
7 — Halysites



Ископаемые кораллы (ругозы):

1 — Bothrophyllum; 2 — Zaphrentis; 3 — Amplexus; 4 — Caninia; 5 — Gshelia; 6 — Streptelasma; 7 — Lonsdaleia; 8 — Calceola

Приложение Е



Ископаемые кораллы (ругозы):

1 — *Phillipsastraea*; 2 — *Cystiphyllum*; 3 — *Lithostrotion*; 4 — *Columnaria*; 5 — *Lithostrotionella*

Приложение Ж

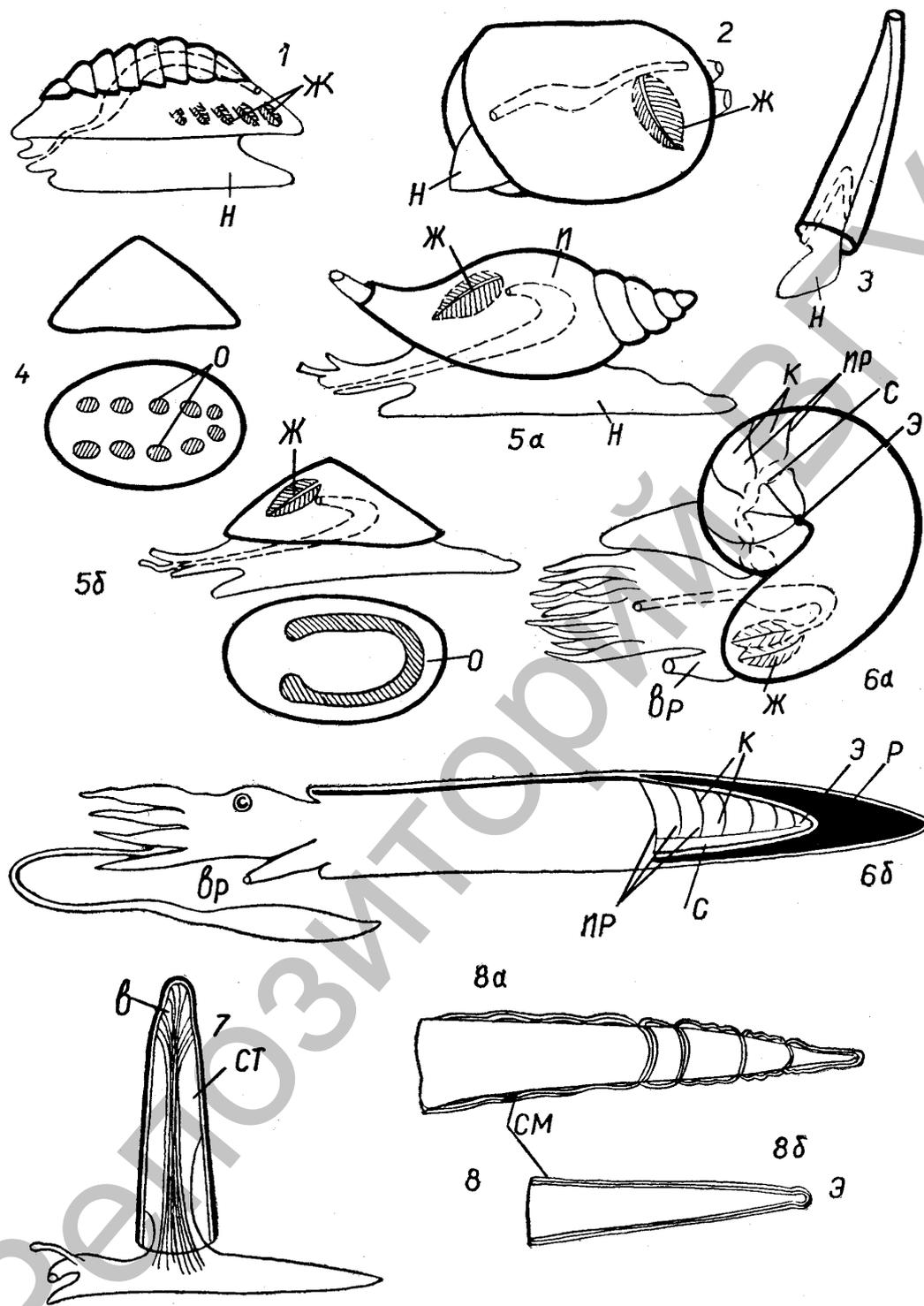
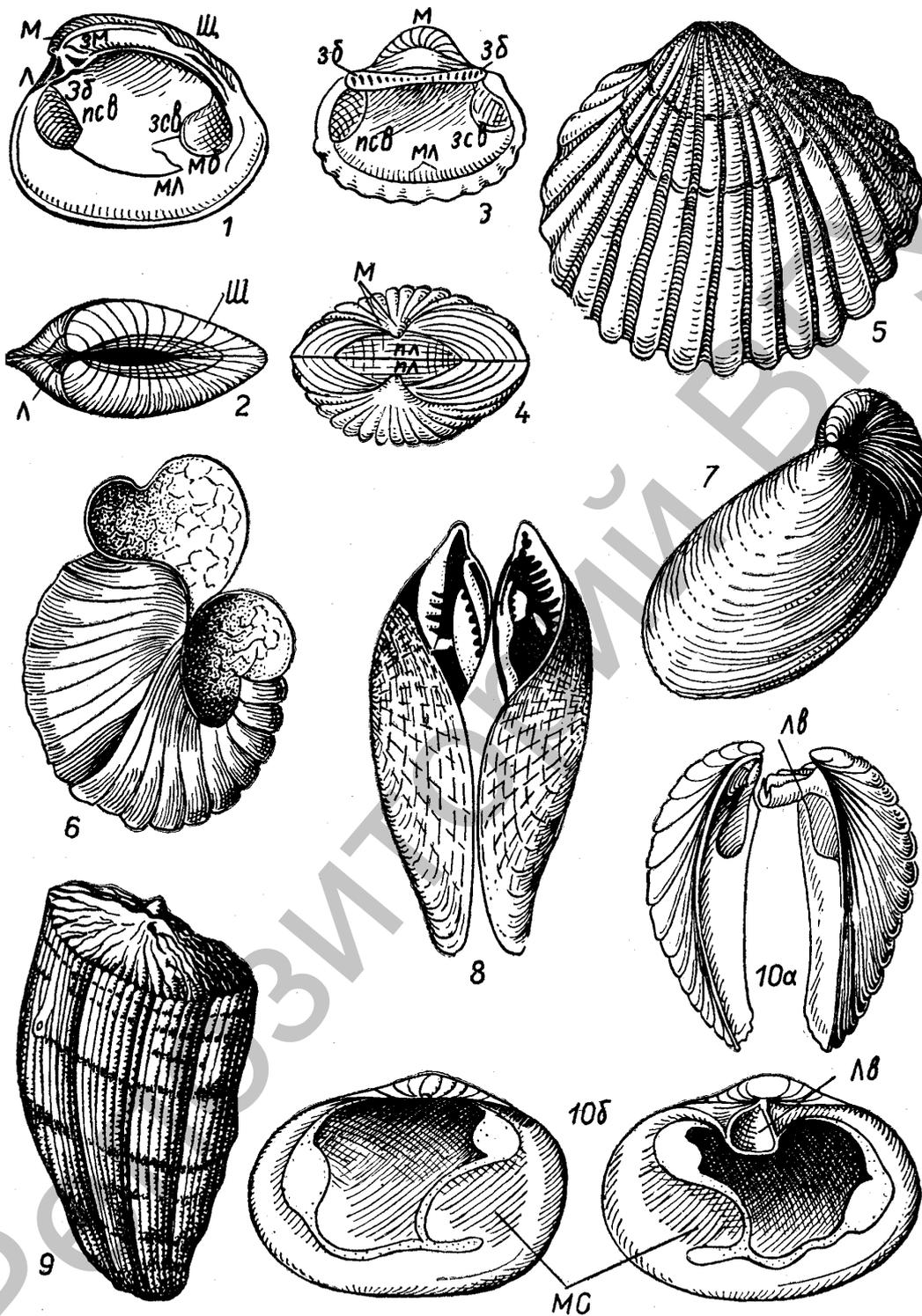


Схема строения представителей типа моллюсков:

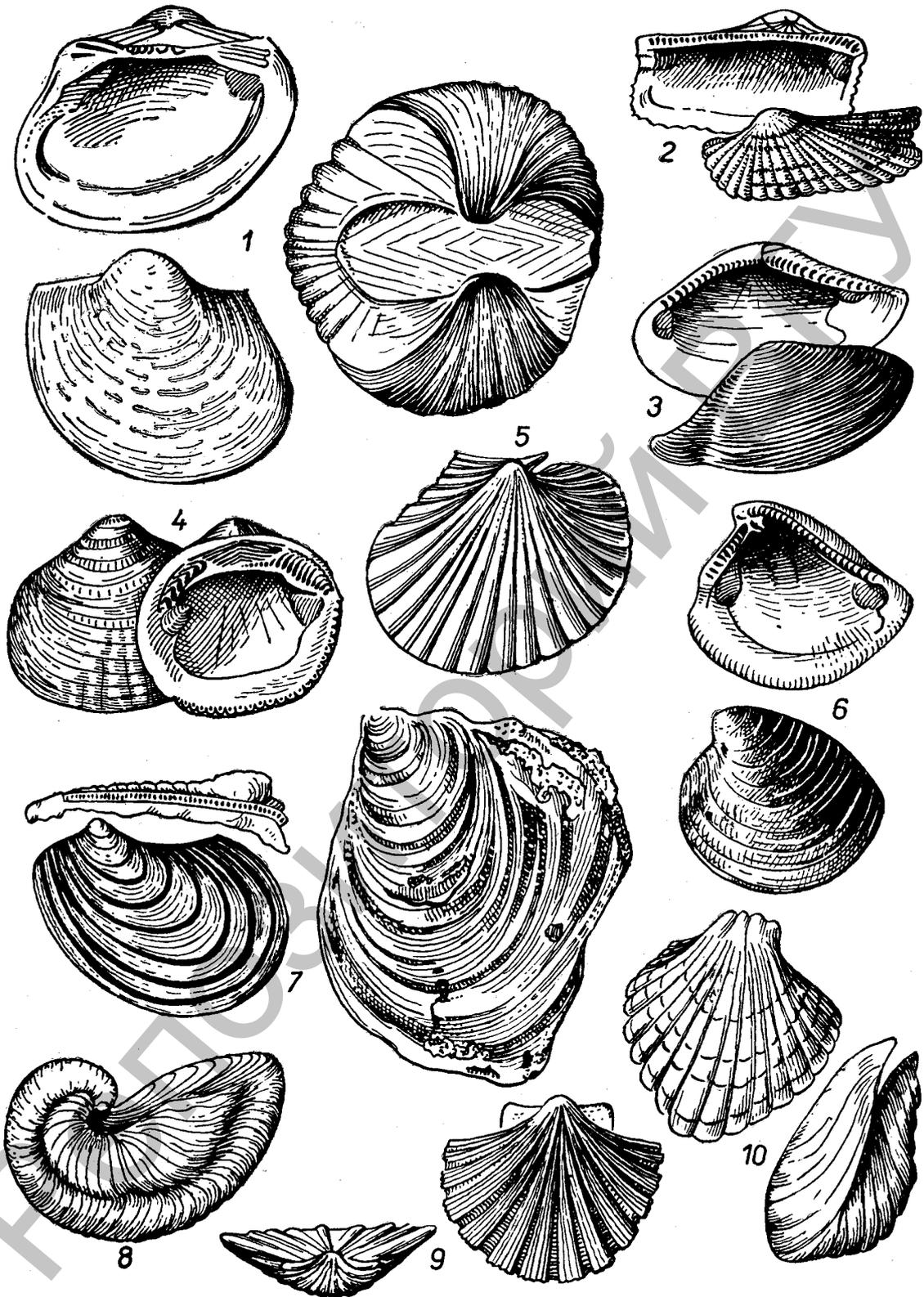
1 — класс панцирные, или хитоны; 2 — класс двустворчатые; 3 — класс лопатоногие; 4 — класс моноплакофоры; 5 — класс брюхоногие: 5а — с спирально завитой раковиной; 5б — с колпачковидной раковиной; 6 — класс головоногие: 6а — наружнораковинные; 6б — внутреннераковинные; 7 — класс хеноконхия; 8 — класс кониконхия: 8а — раковина с перегородками, 8б — раковина без перегородок; в — валик, пережим; вр — воронка; ж — жабры; к — камеры; н — нога; о — отпечатки мускулов; п — пищевод; пр — перегородки; р — рост; с — сифон; ст — стенка двухслойная; см — стенка многослойная; э — начальная камера



Строение раковин двухстворчатых моллюсков:

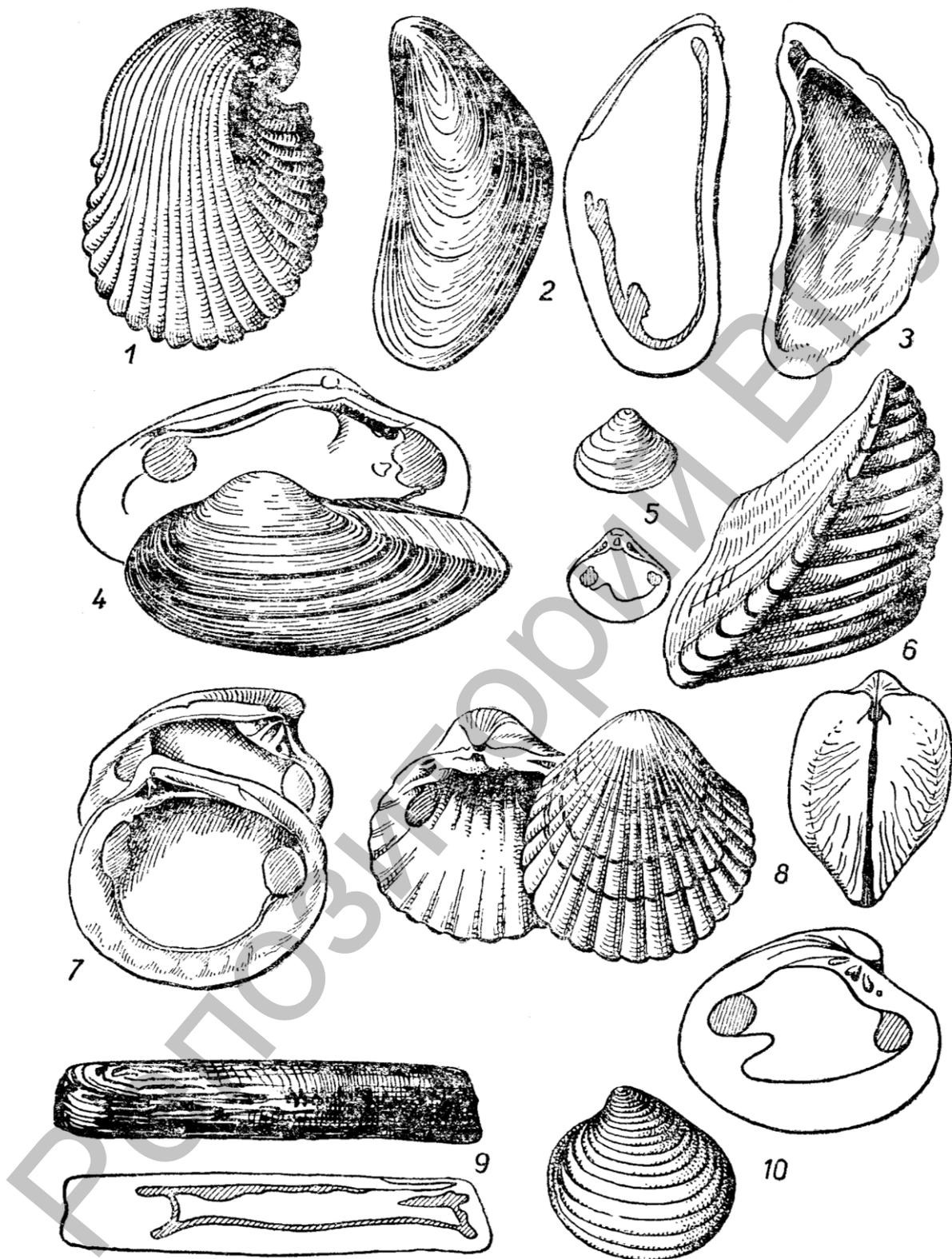
1, 2 — венус (м — макушка, зм — замок, зб — зубы, л — лунка, ш — щиток, псв — передний сводящий мускул, зсв — задний сводящий мускул, мл — мантийная линия, лб — мантийная бухта); 3, 4 — арка (м — макушка, зб — зубы, псв — передний сводящий мускул, зсв — задний сводящий мускул, мл — мантийная линия, пл — связочная площадка); 5 — раковина с радиальными ребрами (*Cardium*); 6, 7 — раковина с концентрическими линиями нарастания (6 — *Diceras*, 7 — *Aucella*); 8 — раковина со сложной наружной скульптурой (*Pholas*); 9 — раковина коническая, конвергентно сходная с одиночным кораллом (*Hippuritella*); 10а—10б — раковины с десмодонтным замком (лв — ложковидный выступ для связки, мс — мантийный синус)

Приложение II



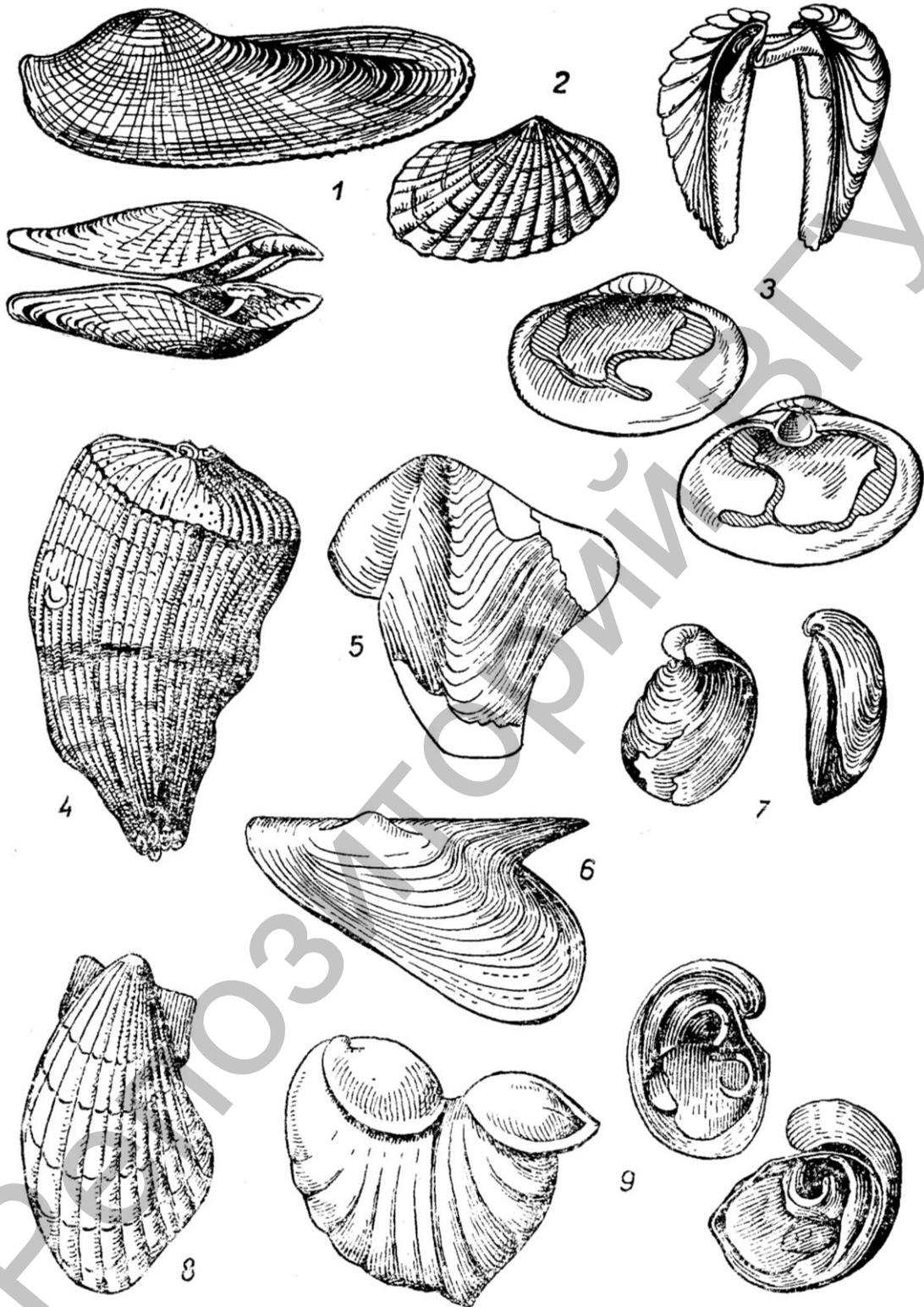
Ископаемые двусторчатые моллюски:

1—Cucullaeu; 2—Arca; 3—Leda; 4—Glycymeris; 5—Monotis; 6—Nucula; 7—Inoceramus;
8—Gryphaea; 9—Pecten; 10—Ostrea



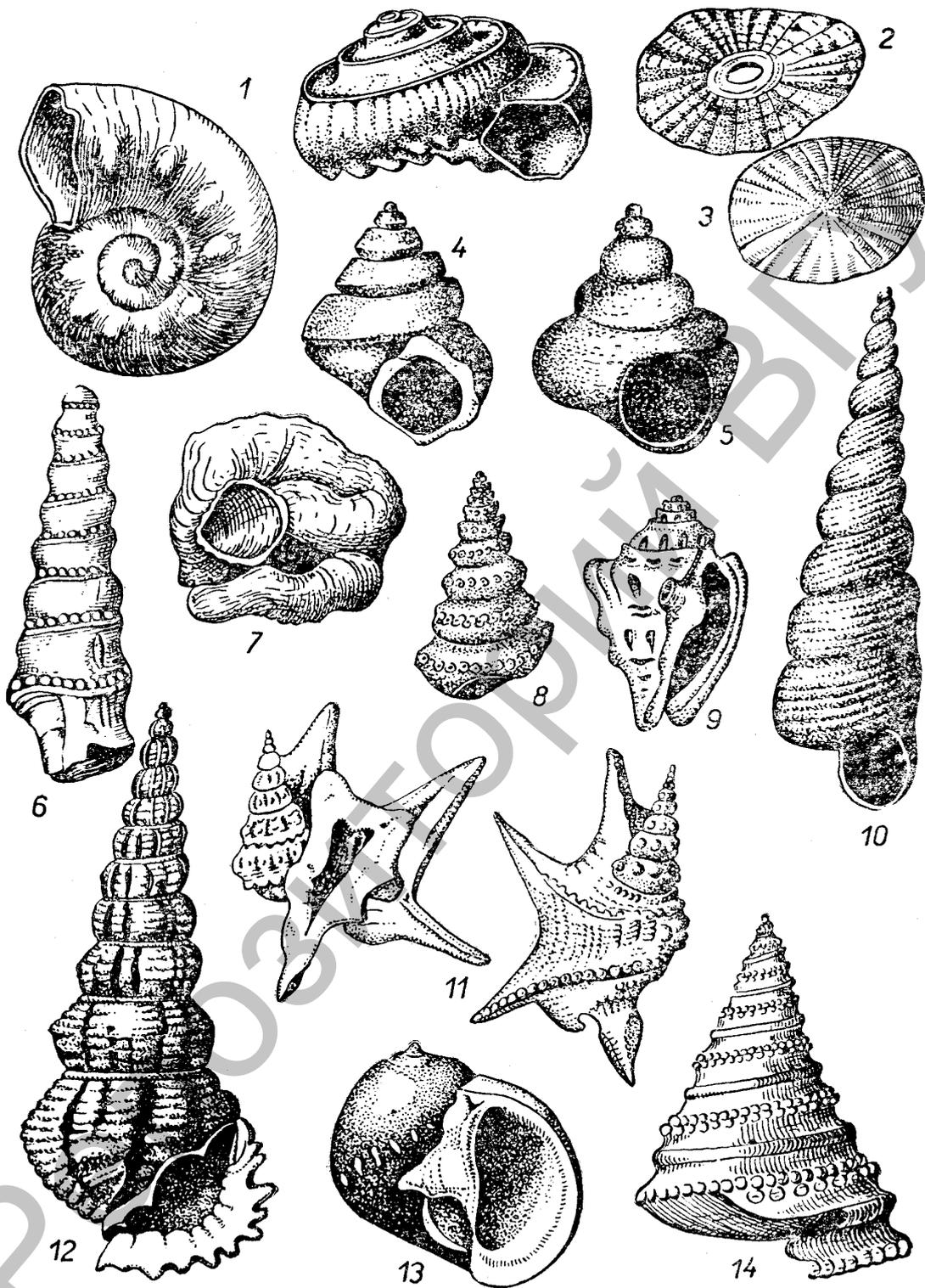
Ископаемые двусторчатые моллюски:

1—*Exogyra*; 2—*Mytilus*; 3—*Dreissena*; 4—*Unio*; 5—*Astarte*; 6—*Trigonia*; 7—*Cyprina*;
8—*Cardium*; 9—*Solen*; 10—*Venus*



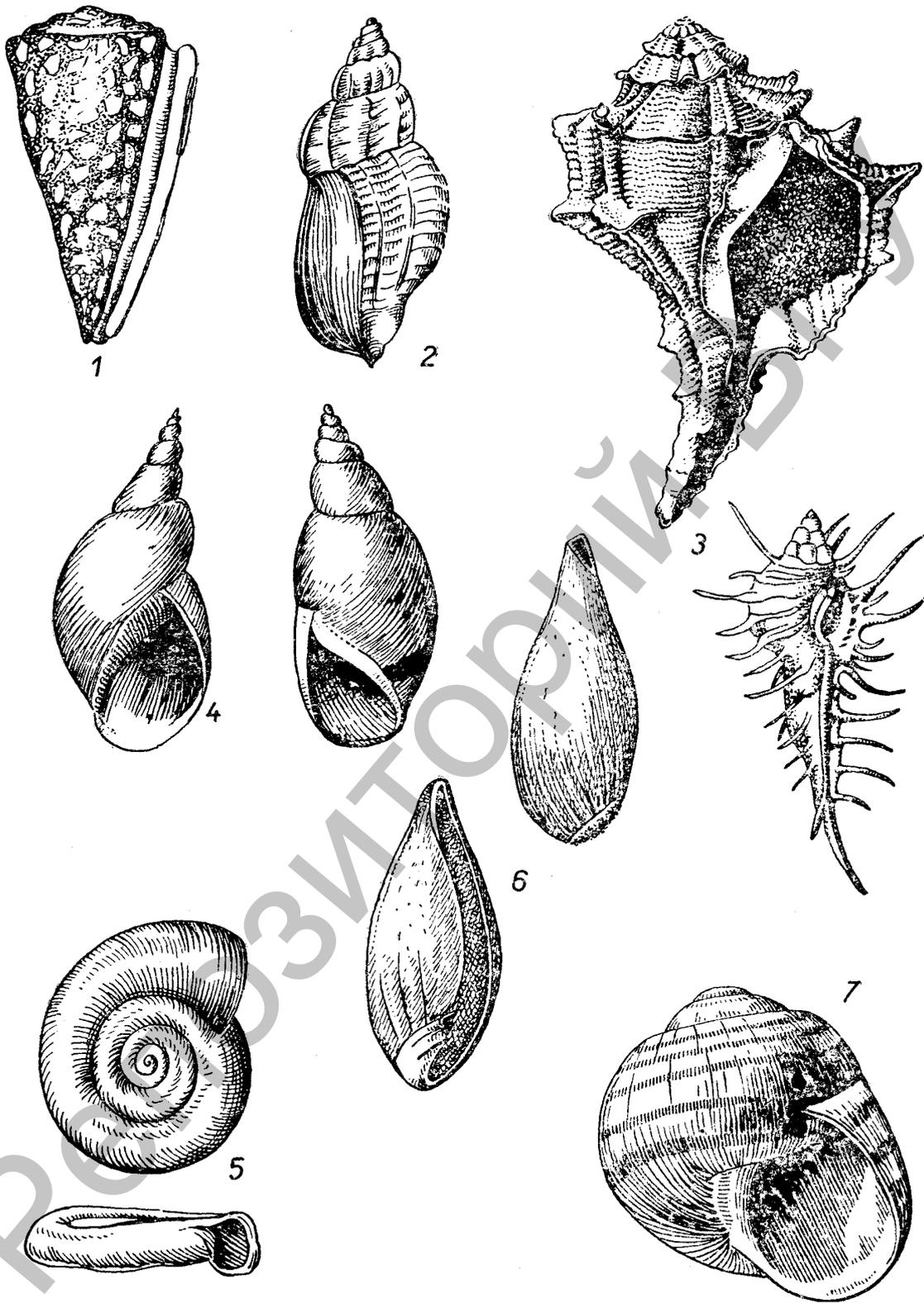
Ископаемые двусторчатые моллюски:

1—Pholas; 2—Pholadomya; 3—Mya; 4—Hippuritella; 5—Teredo; 6—Avicula; 7—Aucella;
8—Lima; 9—Dicaras



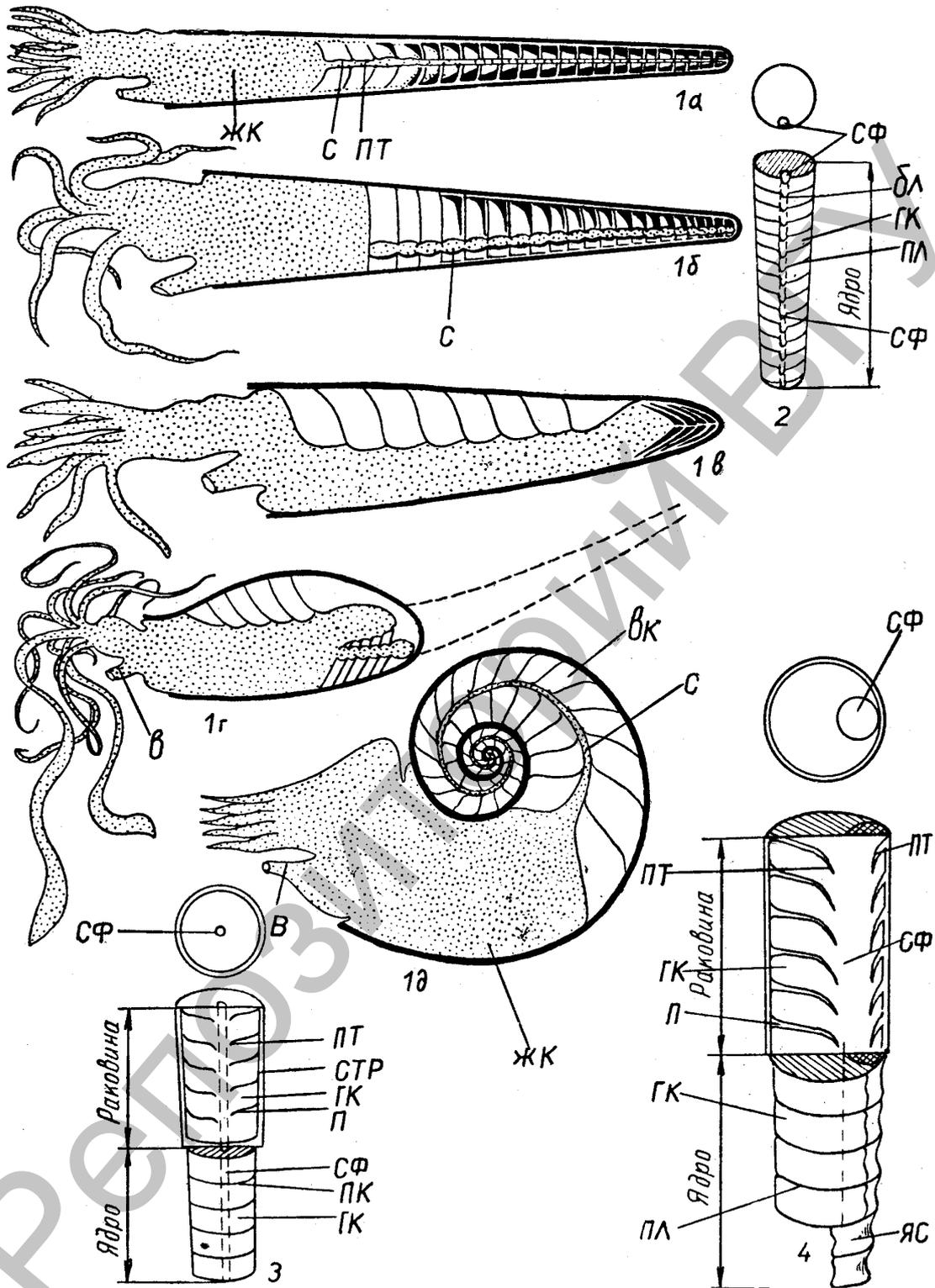
Ископаемые брюхоногие моллюски:

- 1—Euomphalus; 2—Fissurella; 3—Patella; 4—Trochus; 5—Turbo; 6—Nerinea; 7—Vermetus
 8—Murchisonia; 9—Strombus; 10—Turritella; 11—Aporrhais; 12—Cerithium; 13—Natica;
 14—Pleurotomaria



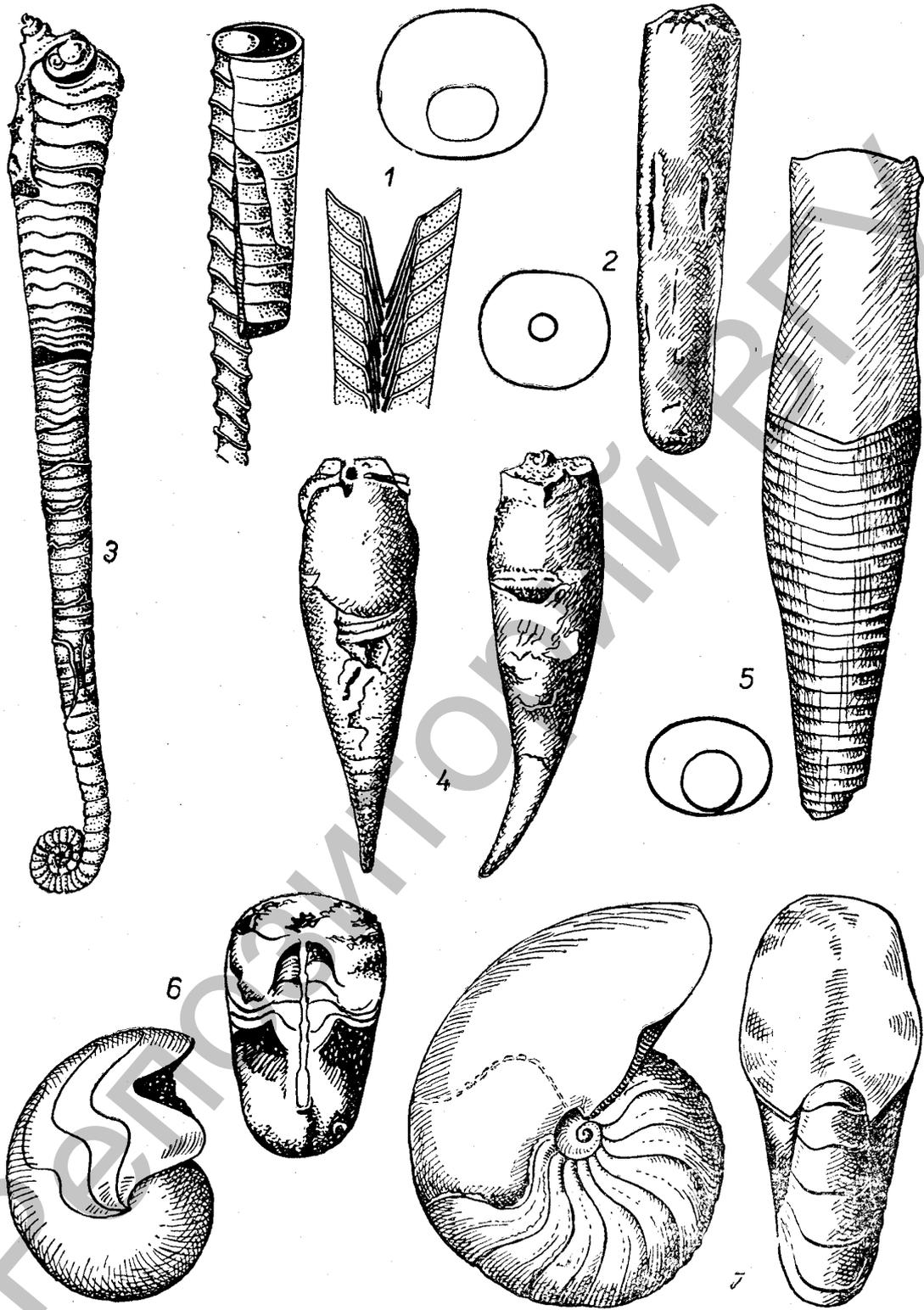
Ископаемые брюхоногие моллюски:

1—Conus; 2—Buccinum; 3—Murex; 4—Lymnaea; 5—Planorbis; 6—Actaeonella; 7—Helix



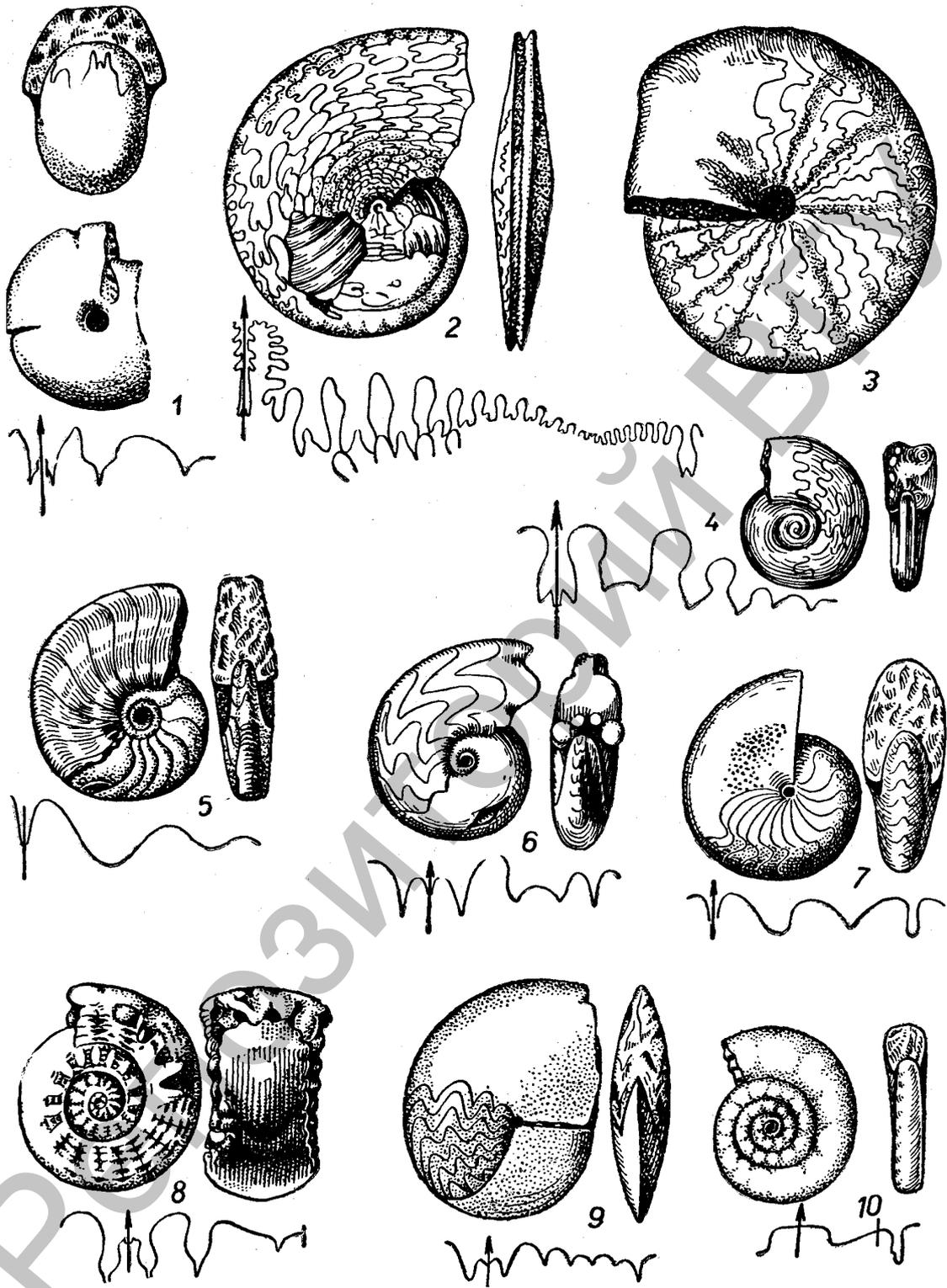
Класс головоногие:

1 — схема строения основных представителей класса: в — воронна, ек — воздушная камера, жк — жилая камера, пт — перегородочные трубки, с — сифон; 2, 3, 4 — схема строения прямой раковины головоногих моллюсков: бл — брюшная лопасть; гк — газовые камеры, п — перегородки, пл — перегородочная линия, пт — перегородочные трубки, сф — сифон, стр — стенка раковины, яс — ядро сифона; 2 — бактриоидеи; 3 — ортоцератиды; 4 — эндоцератиды



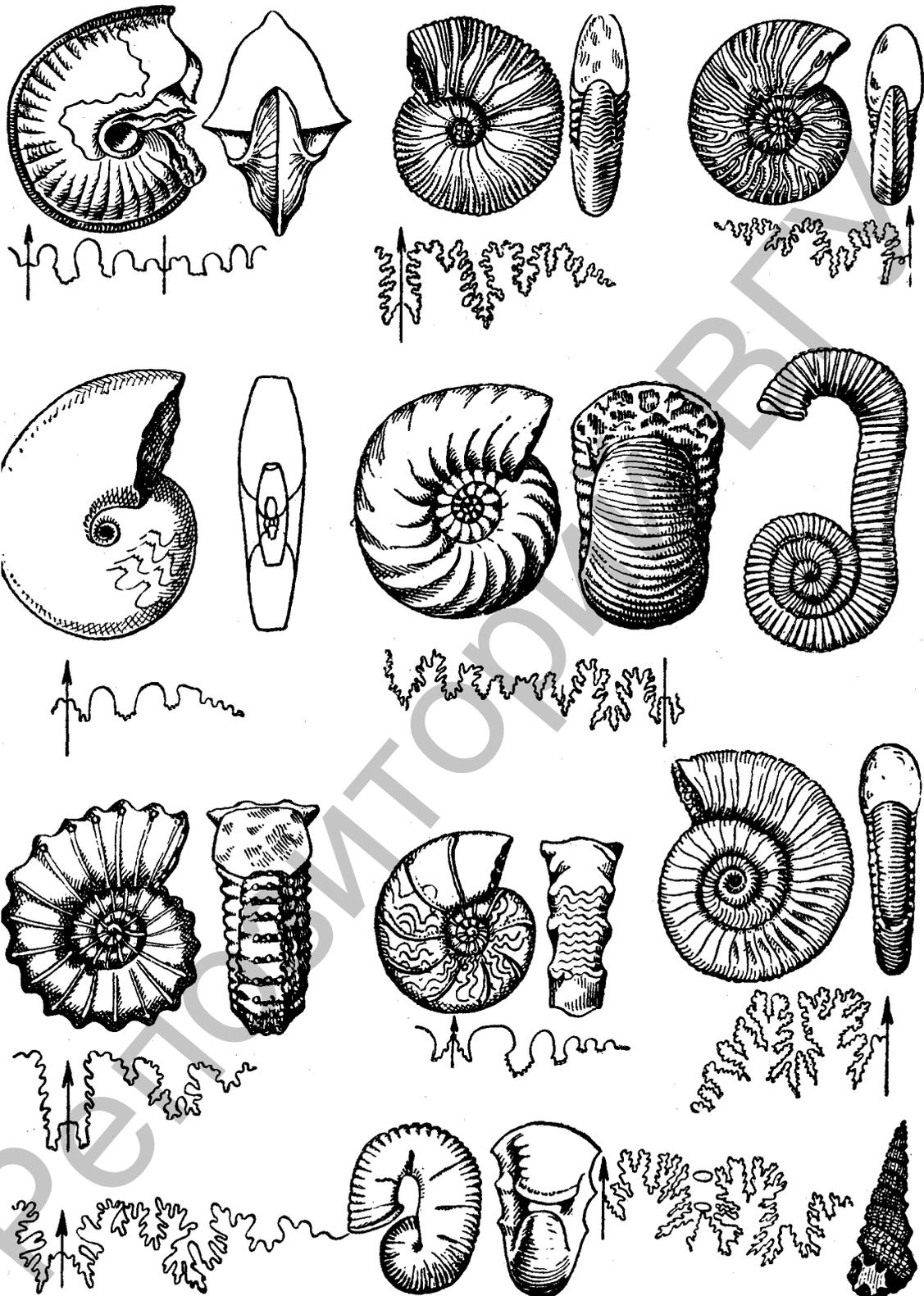
Ископаемые наутилоидеи:

1—Endoceras; 2—Orthoceras; 3—Lituites; 4—Poterioceras; 5—Actinoceras; 6—Aturia;
7—Nautilus



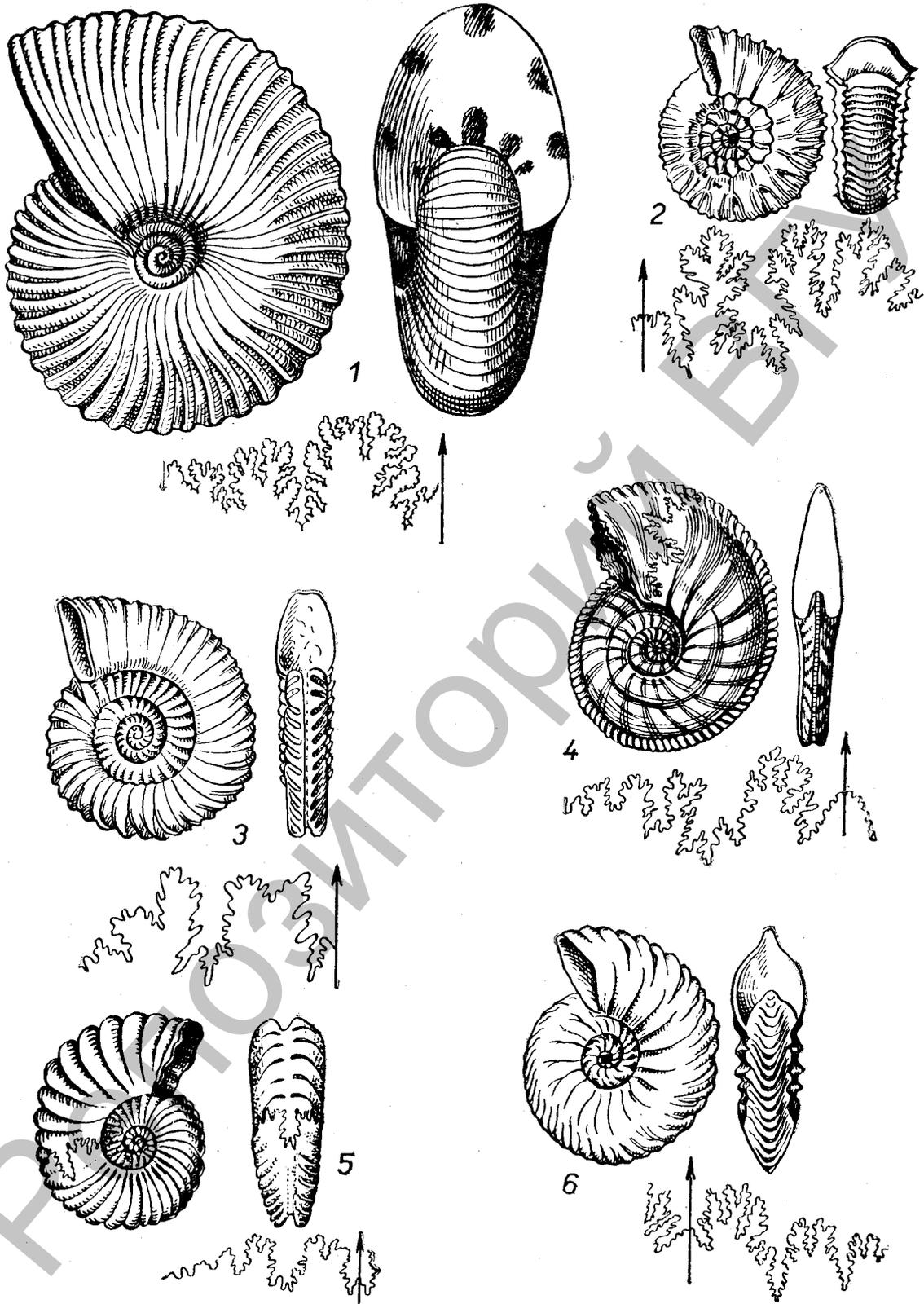
Агониатиты, гониатиты и цератиты:

- 1—Goniatites; 2—Medlicottia; 3—Tissotia; 4—Pronorites; 5—Agoniatites; 6—Manticoceras;
7—Tornoceras; 8—Paragastrioceras; 9—Timanites; 10—Clymenia



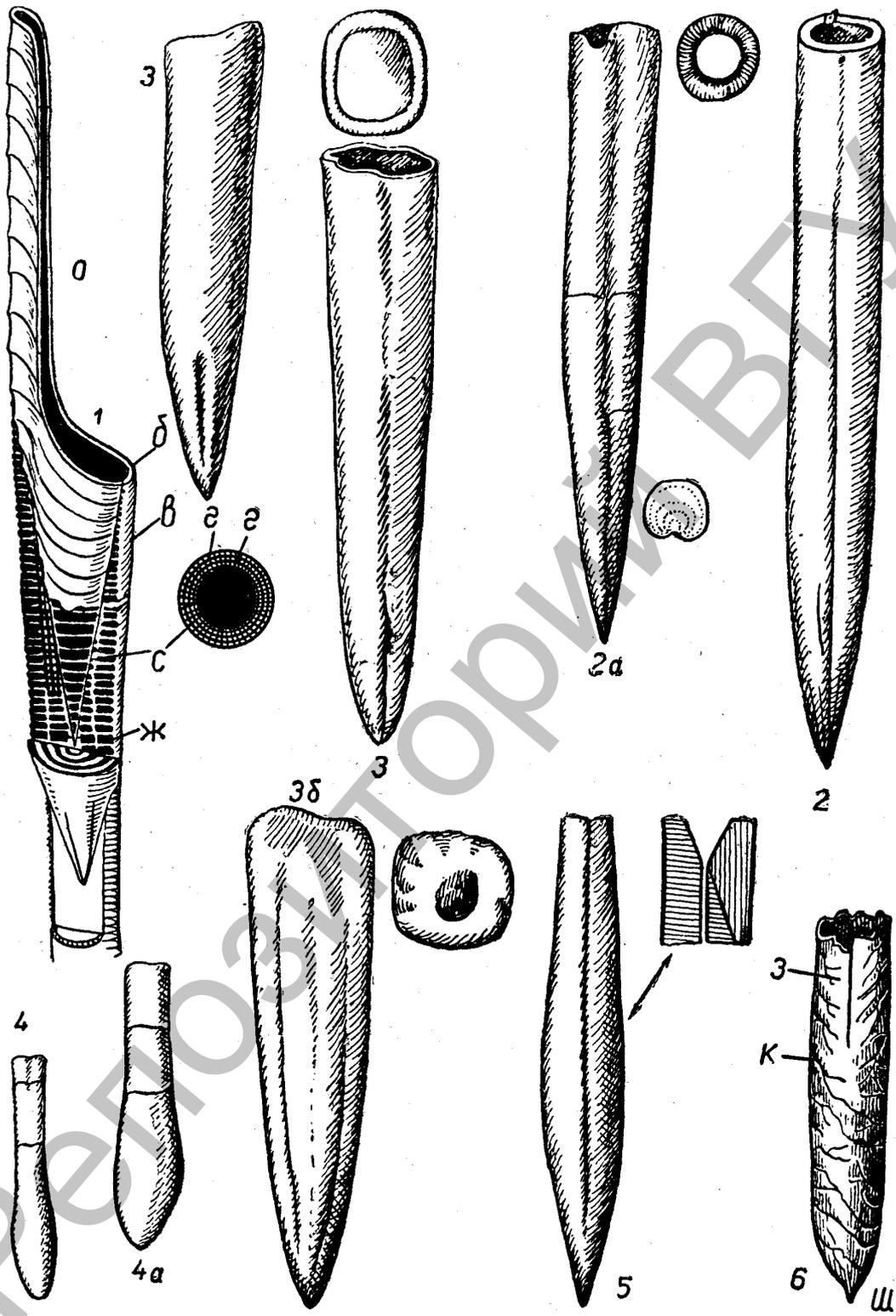
АММОНИТЫ:

- 1—Otoceras; 2—Virgatites; 3—Quenstedticeras; 4—Meekoceras; 5—Cadoceras; 6—Macrocaphites; 7—Acanthoceras; 8—Ceratites; 9—Perisphinctes; 10—Scaphites; 11—Turrillites



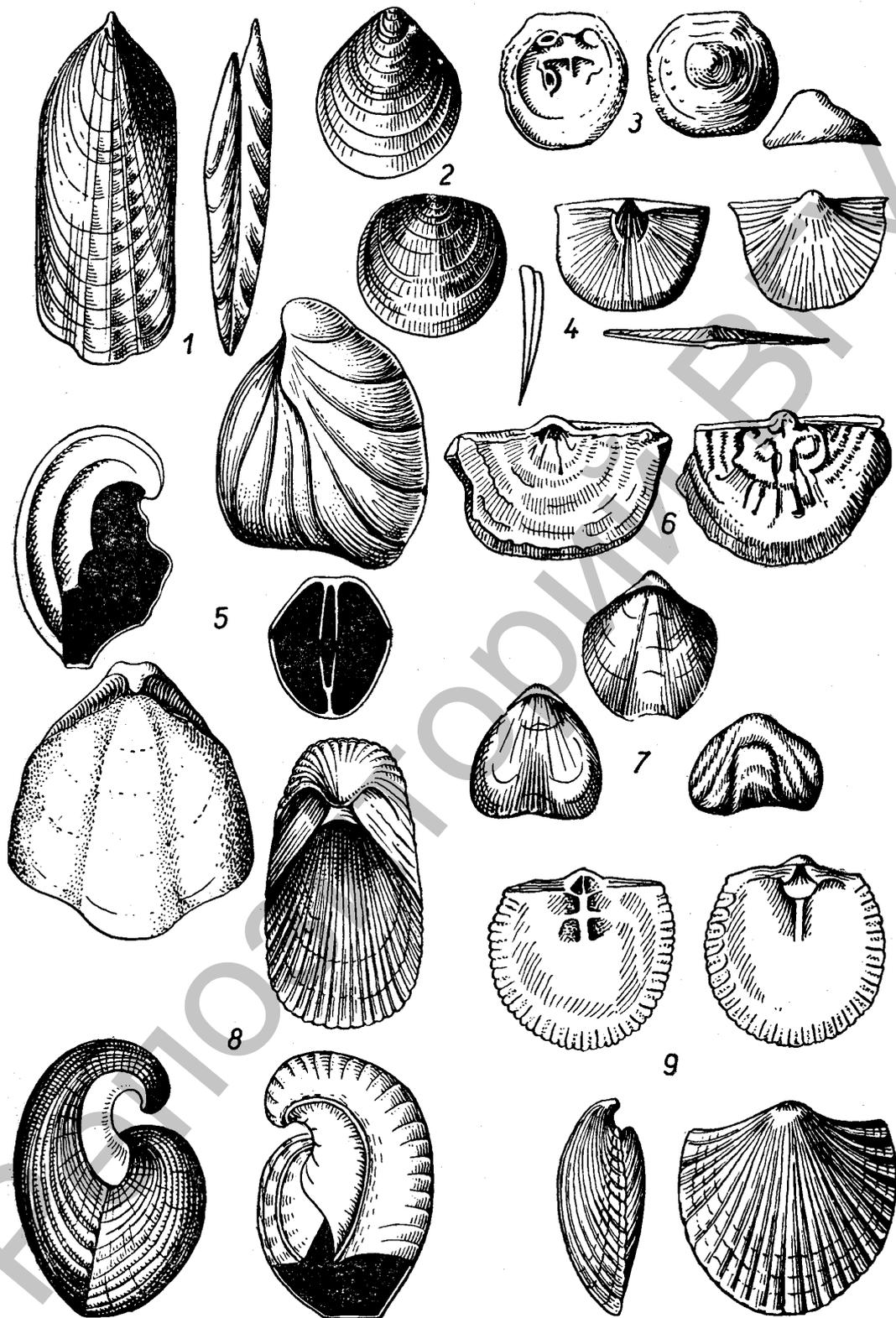
АММОНИТЫ:

1—Macrocephalites; 2—Simbirskites; 3—Parkinsonia; 4—Amaltheus; 5—Hoplites;
6—Cardioceras



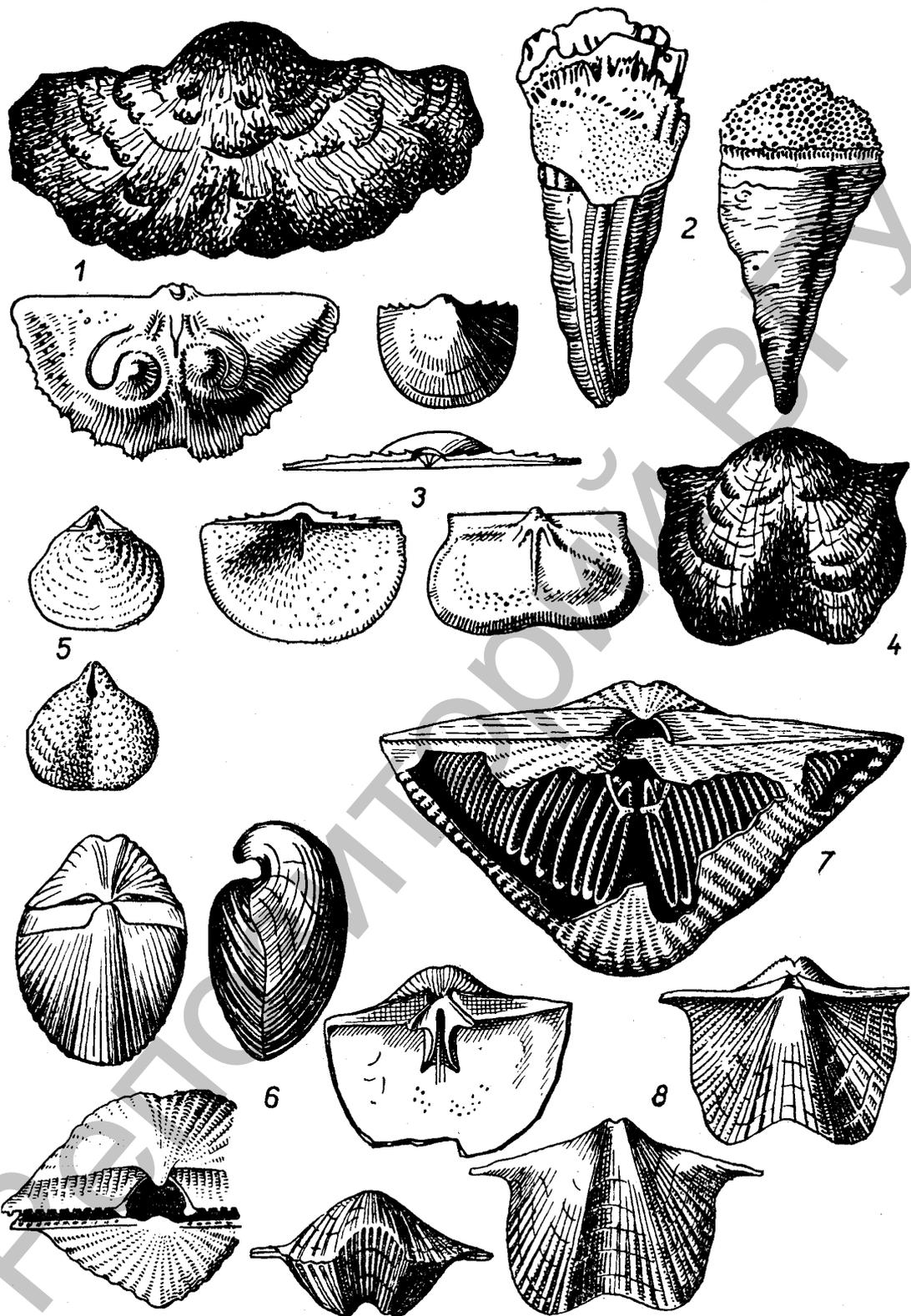
Белемниты:

1 — строение раковины (а — простракум, б — флагмакон, в — ростр, г — светлый слой раковинного вещества, д — сифон, ж — эмбриональная камера); 2—6 представители родов белемнитов: 2, 2а — *Cylindroteuthis*; 3, 3а, 3б — *Pachyteuthis*; 4, 4а — *Duvalla*; 5 — *Hibolites*; 6 — *Belemnitella* (ростр белемнителл); ж — отпечатки кровеносных сосудов, ш — шип, з — альвеолярная щель на переднем конце



Ископаемые брахиоподы:

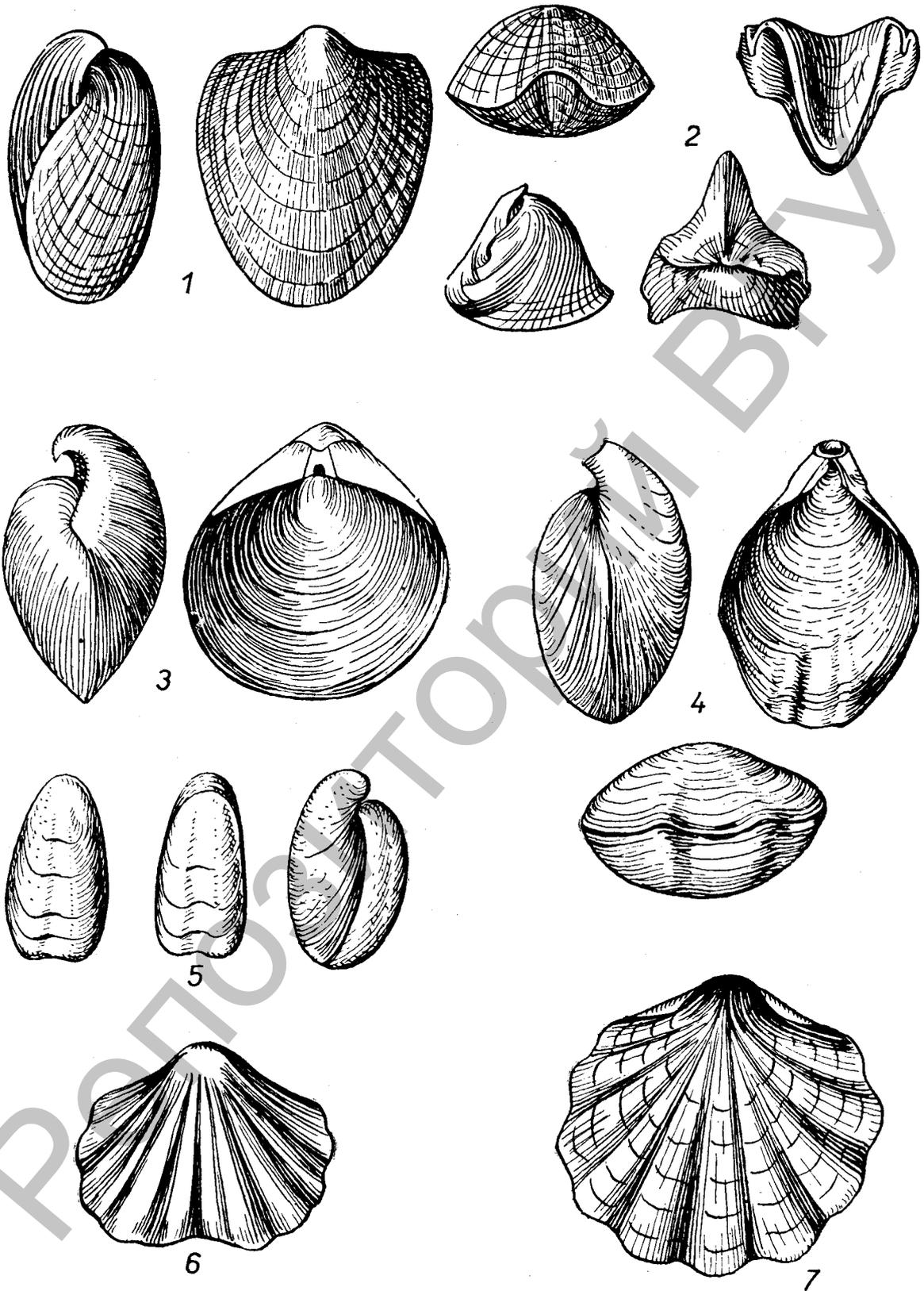
1 — *Lingula*; 2 — *Obolus*; 3 — *Crania*; 4 — *Strophonema*; 5 — *Pentamerus*; 6 — *Leptaena*; 7 — *Porambonites*; 8 — *Conchidium*; 9 — *Orthis*



Ископаемые брахиоподы:

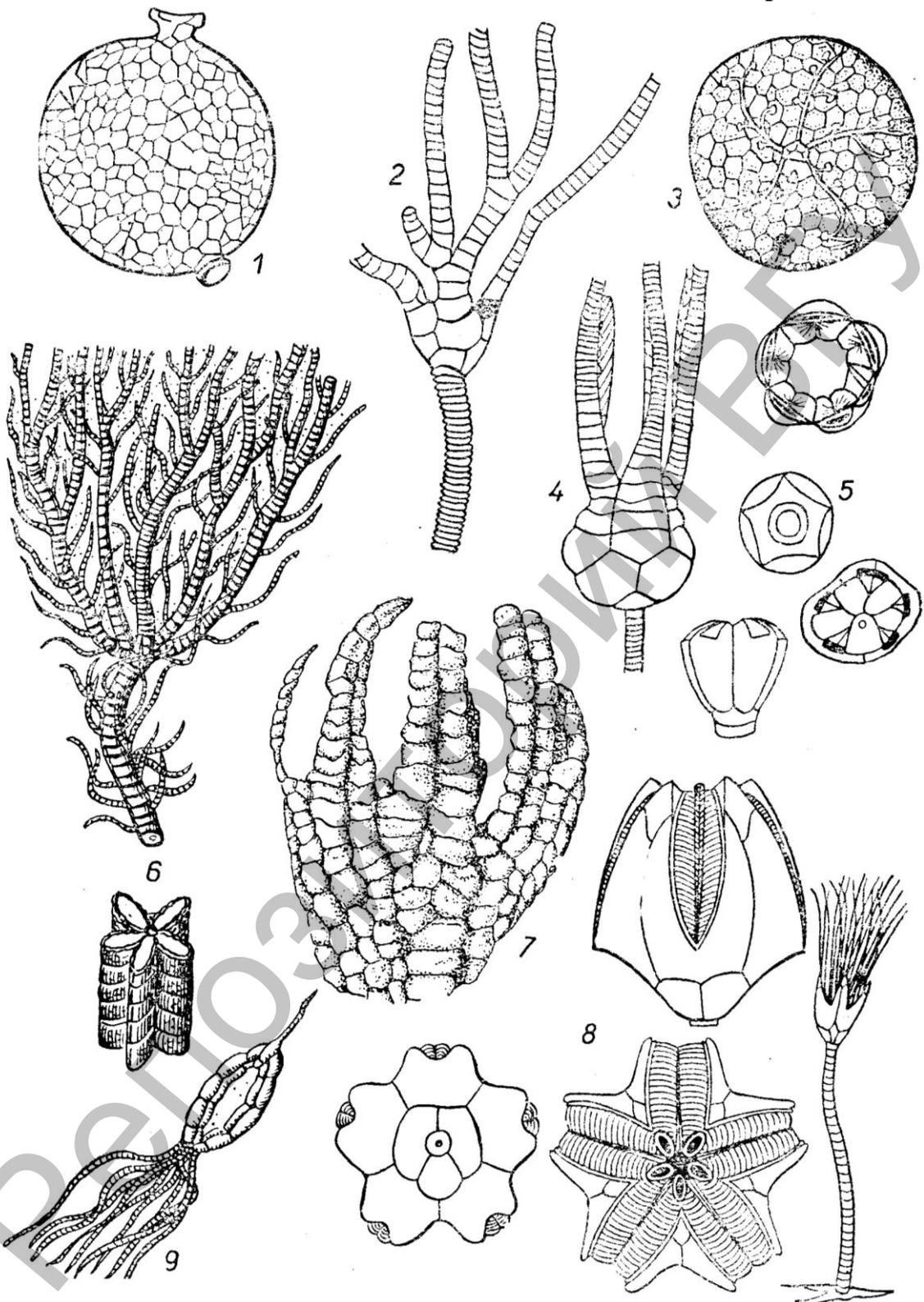
1—Gigantoproductus; 2—Richthofenia; 3—Chonetes; 4—Dictyoclostus; 5—Strophalosia; 6—Choristites;
7—Spirifer; 8—Cyrtospirifer

Приложение Ц



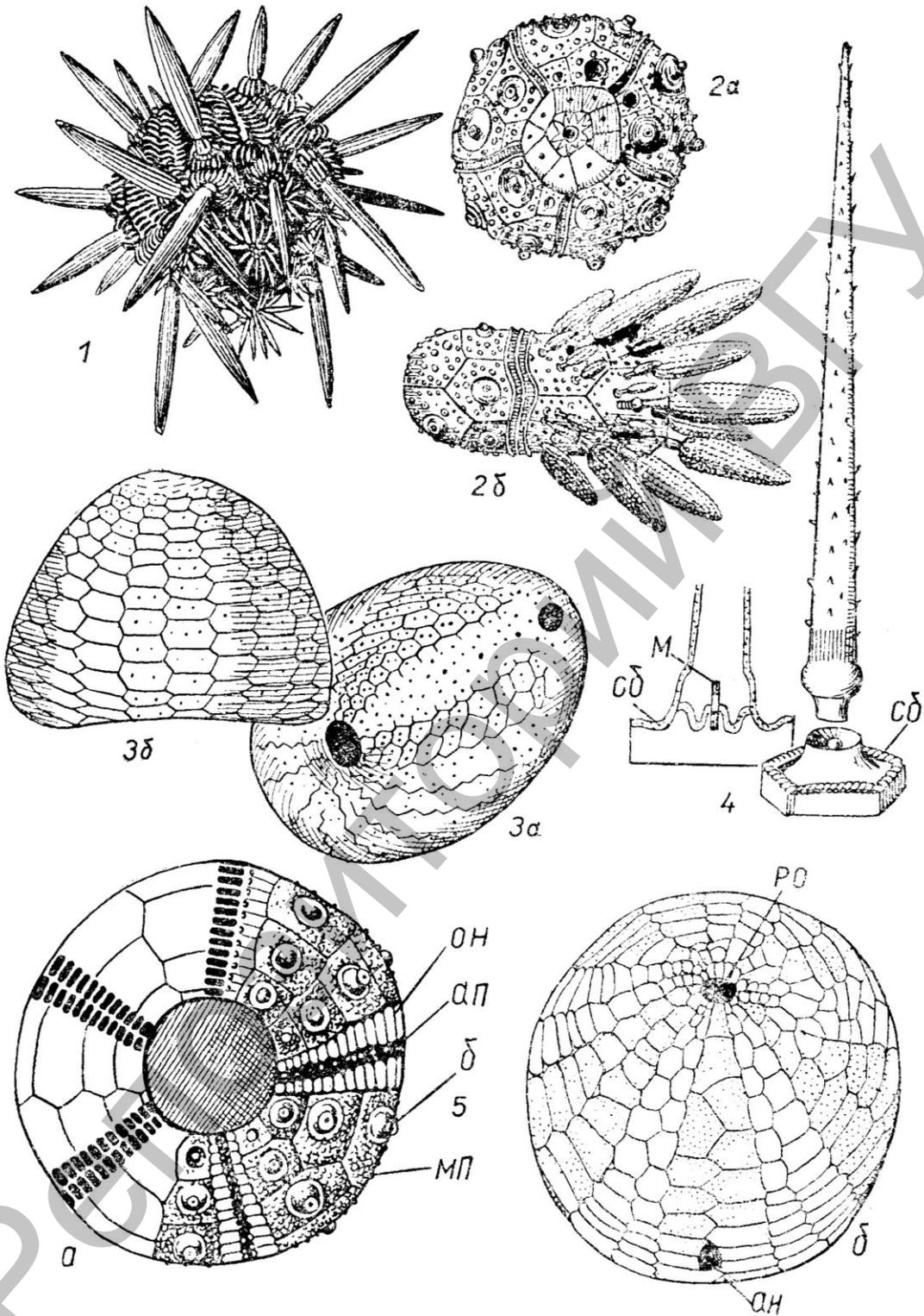
Ископаемые брахиоподы:

1—Atrypa; 2—Rhynchonella; 3—Stringocephalus; 4—Terebratula; 5—Zeilleria; 6—Enteletes;
7—Meekella



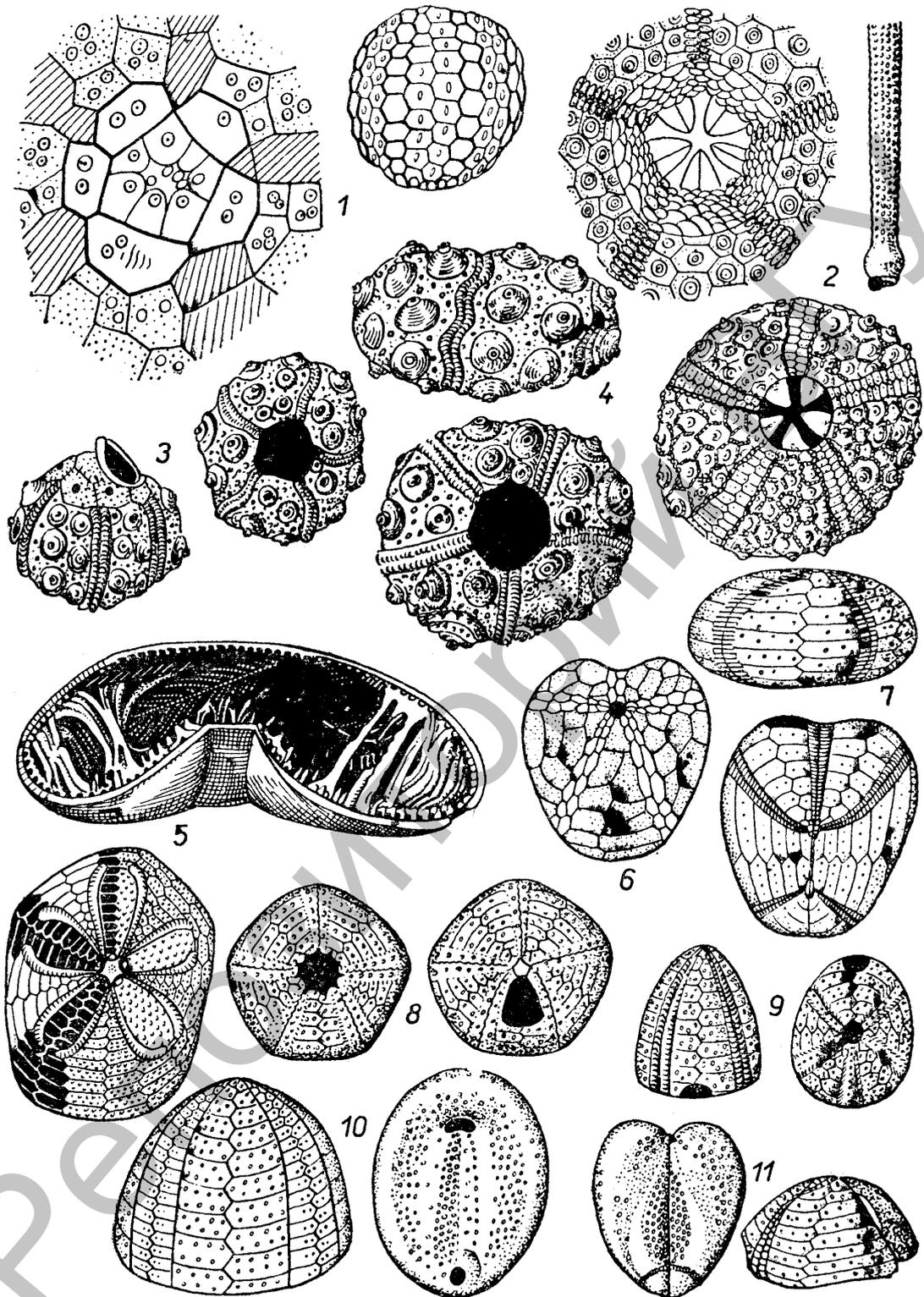
Ископаемые прикрепленные иглокожие:

1—Echinosphaerites; 2—Moscovicrinus; 3—Clyptosphaeritus; 4—Cromyocrinus; 5—Kallimorphocrinus; 6—Pentacrinus; 7—Synerocrinus; 8—Pentremites; 9—Phlipdocystites



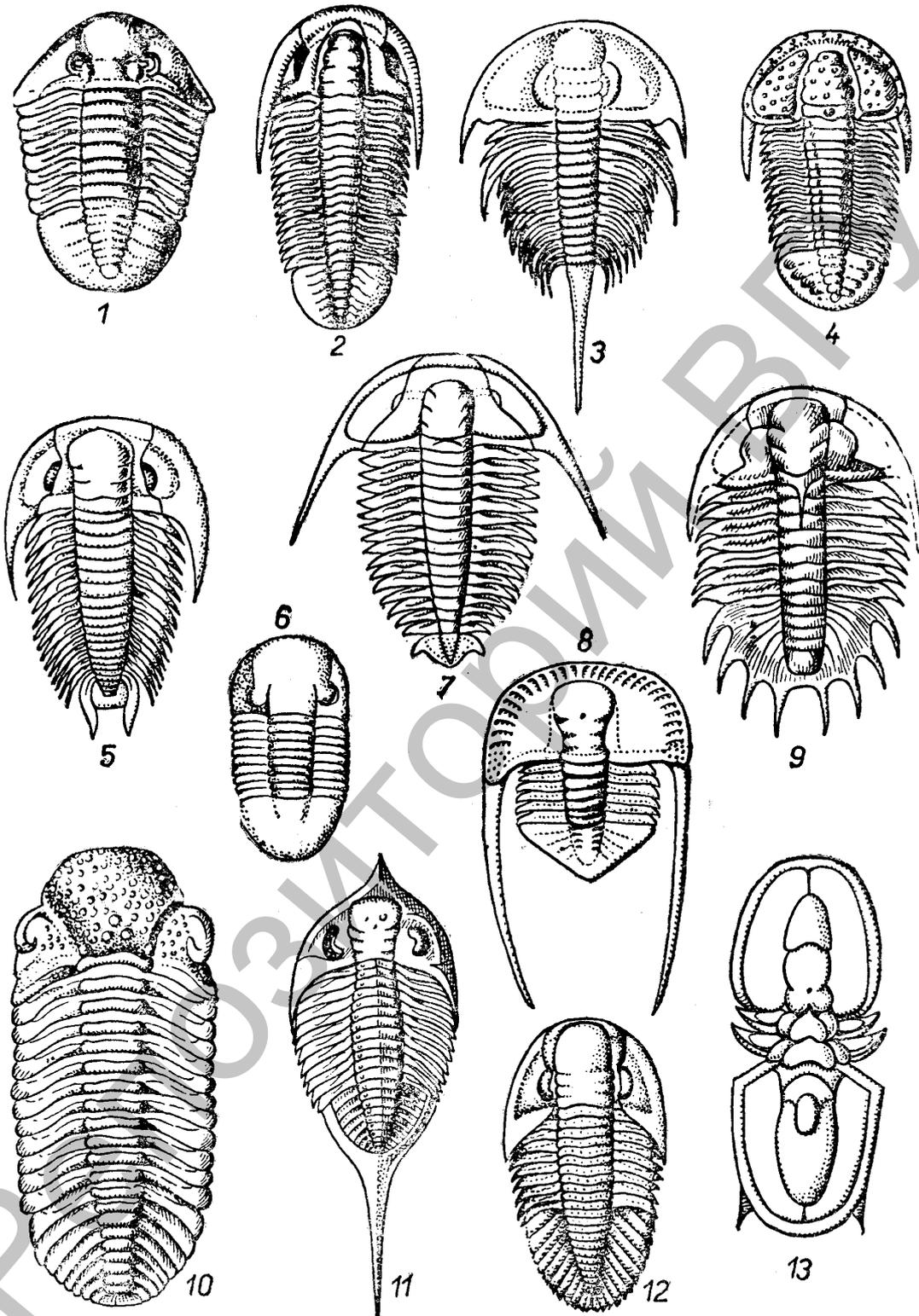
Свободноживущие иглокожие:

1 — современный морской еж — кониоцидарис; 2 — правильный морской еж — цидарис; 3 — неправильный морской еж — ехинокорис; 4 — схема строения пластинки панциря морского ежа и иглы (сб — суставные бугорки, м — мускулы); 5 — схема строения панцирей правильных (а) и неправильных (б) морских ежей, вид снизу: ан — анальное отверстие, ам — амбулакральное поле, б — бугорки, мп — межамбулакральное поле, он — отверстие для амбулакральных ножек, ро — ротовое отверстие



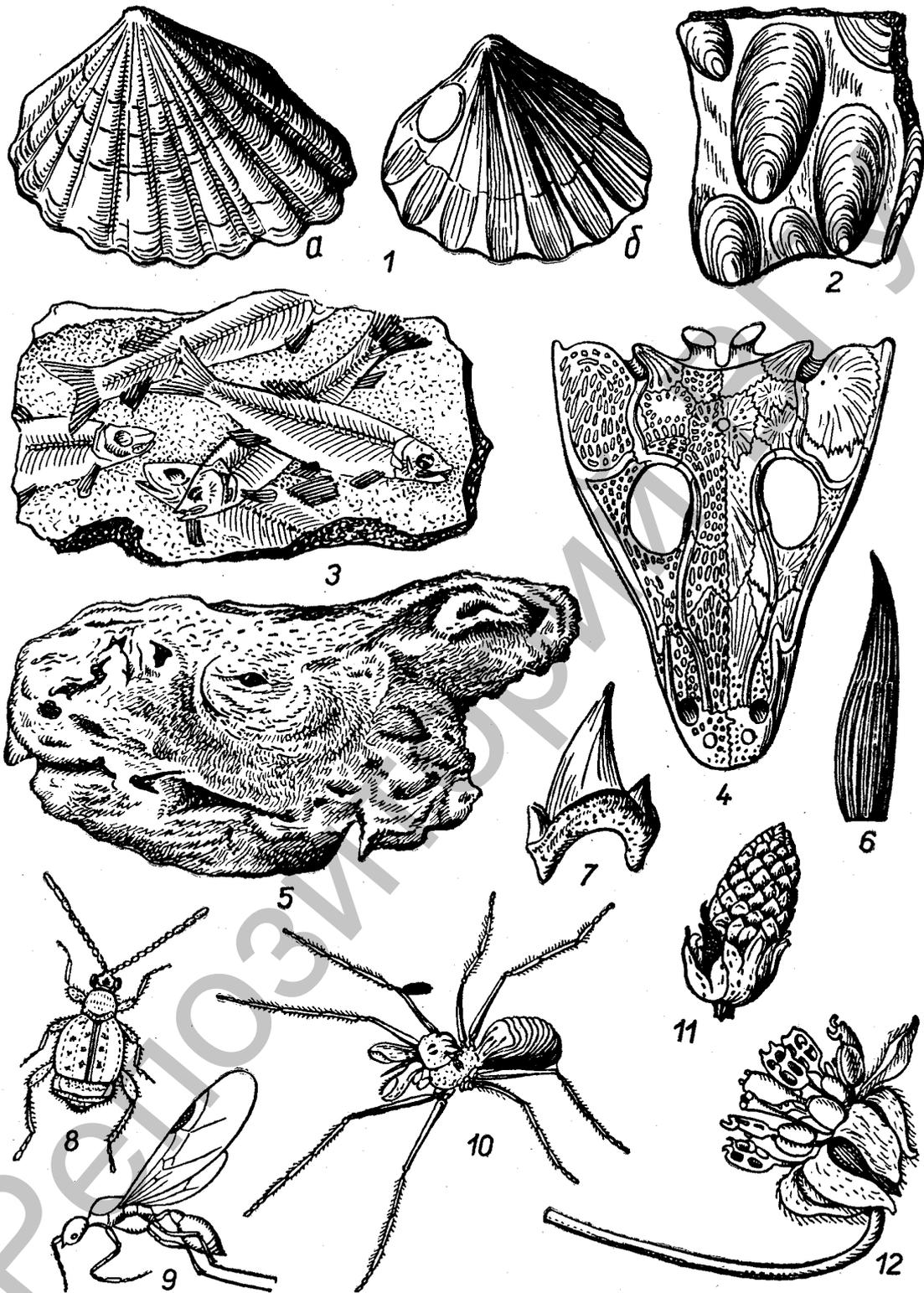
Ископаемые морские ежи:

1—Bothriocibaris; 2—Archaeocidaris; 3—Salenia; 4—Cidaris; 5—Clypeaster; 6—Toxastr; 7—Colletites; 8—Pygaster; 9—Conulus; 10—Echinocorys; 11—Micraster

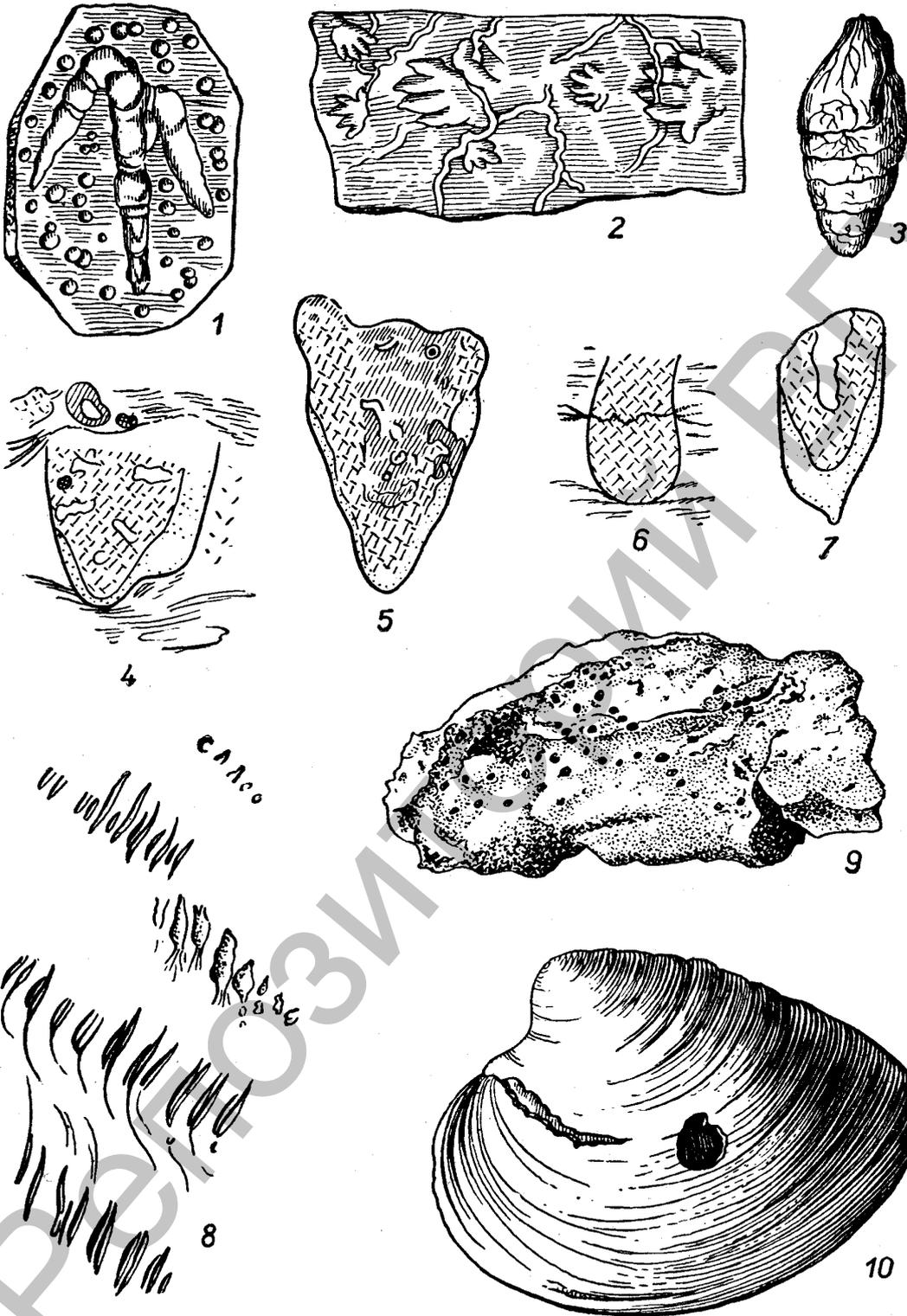


Трилобиты:

- 1—Asaphus; 2—Ptychoparia; 3—Olenellus; 4—Conocoryphe; 5—Paradoxides; 6—Iliaenus; 7—Olenus
8—Trinucleus; 9—Olenoides; 10—Phacops; 11—Dalmanites; 12—Phillipsia; 13—Agnostus



Формы сохранности ископаемых животных и растений:
 1 — *Didachna* (а — раковина, б — внутреннее ядро); 2 — *Lingula*, отпечатки; 3 — рыбы, отпечатки и псевдоморфозы скелетов; 4 — череп мастодонозавра гигантского, полная сохранность (частично фосилизован); 5 — голова носорога с кожей, шерстью и одним глазом, полная сохранность в многолетнемерзлом грунте; 6 — зуб ихтиозавра, полная сохранность; 7 — зуб древней палеозойской акулы, полная сохранность; 8, 9 — насекомые, полная сохранность в янтаре; 10 — паук, полная сохранность в янтаре; 11, 12 — цветы растений, полная сохранность в янтаре.



Следы жизнедеятельности ископаемых животных:

1 — след ноги хиротерия, наружное ядро; 2 — следы бронтозавров, наружные ядра; 3 — копролит (ископаемый помет) иктиозавра, псевдоморфоза; 4, 5, 6, 7 — норки роющих морское дно животных, средний ордовик; 8 — следы трилобита *Dimorphichnus*, отпечатки; 9 — сверления камнеточцев в морской гальке; 10 — сверление хищным брюхоногим моллюском раковины двустворки.

Репозиторий ВГУ