

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»  
Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева  
Кафедра геологии нефти и газа

А.В. Сергеев

**Учебно-методическое пособие  
к лабораторным и практическим занятиям по дисциплине  
«Литология»**

Учебно-методическое пособие



Ижевск  
2026

УДК 552.5(075.8)  
ББК 26.348.1я73  
С322

*Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом УдГУ*

**Рецензент:** д-р техн. наук, профессор каф. разработки и эксплуатации нефтегазовых месторождений ин-та нефти и газа имени М. С. Гущериева УдГУ  
**А. А. Липаев.**

**Сергеев А. В.**

С322 Учебно-методическое пособие к лабораторным и практическим занятиям по дисциплине «Литология» : учеб.-метод. пособие / А. В. Сергеев. – Ижевск : Удмуртский университет, 2026. – 6 Мб. – Текст : электронный.

Пособие содержит задания для выполнения практических и лабораторных работ по литологии. В пособии представлены краткие теоретические сведения об осадочных породах, методах их изучения, задания к практическим и лабораторным занятиям.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов 2 курса направления подготовки «Прикладная геология» по профилю «Геология нефти и газа», изучающих дисциплину «Литология».

**Минимальные системные требования:**

Celeron 1600 Mhz; 128 Мб RAM; Windows XP/7/8 и выше, 8x DVD-ROM  
разрешение экрана 1024×768 или выше; программа для просмотра pdf.

© Сергеев А. В., 2026

© ФГБОУ ВО «Удмуртский

государственный университет», 2026

**Сергеев Александр Владиславович**

Учебно-методическое пособие к лабораторным и практическим занятиям  
по дисциплине «Литология»  
Учебно-методическое пособие

---

Подписано к использованию 26.03.2026

Объем электронного издания 6 Мб

Издательский центр «Удмуртский университет»  
426034, г. Ижевск, ул. Ломоносова, д. 4Б, каб. 021  
Тел. : +7(3412)263-751 E-mail: editorial@udsu.ru

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	4
1. Краткие теоретические сведения об осадочных породах .....	5
2. Методика исследований осадочных пород.....	8
3. Литогенез.....	13
4. Состав осадочных пород.....	18
5. Строение осадочных пород .....	25
6. Классификация осадочных пород.....	34
6.1. Обломочные породы .....	34
6.2. Карбонатные породы .....	36
6.3. Соляные породы .....	38
6.4. Каустобиолиты .....	40
6.5. Силициты .....	44
6.6. Аллиты.....	46
6.7. Ферриты .....	47
6.8. Манганолиты .....	47
6.9. Фосфатные породы .....	48
7. Практические работы.....	50
8. Лабораторные работы .....	67
Список рекомендуемой литературы.....	71
Интернет-ресурсы .....	72
Приложение 1. Структуры обломочных осадочных пород .....	73
Приложение 2. Генетические типы слоистости .....	74

## ВВЕДЕНИЕ

Цель данного издания состоит в методическом обеспечении лабораторных и практических работ по дисциплине «Литология», которая проводится у студентов, обучающихся по направлению подготовки «Прикладная геология» по профилю подготовки «Геология нефти и газа».

Целью освоения дисциплины «Литология» является ознакомление студентов с системой научных знаний об осадочных породах (ОП).

Задачи освоения дисциплины:

- изучение классификации ОП и их фаций;
- отработка навыков построения геологических разрезов и их анализа;
- применение знаний об ОП при прогнозировании месторождений нефти и газа.

Для освоения данной дисциплины обучающийся должен:

- знать главные породообразующие минералы ОП, классификацию и строение ОП; типы фаций ОП; сущность литогенеза и формирования фаций;
- уметь описывать ОП; использовать знания об ОП и фациях для прогнозирования залежей нефти и газа;
- владеть навыками описания ОП, работы с микроскопом и справочниками, построения геологических разрезов.

Лабораторные и практические занятия необходимы для закрепления теоретических знаний и приобретения практических навыков и умений.

Задачи настоящего методического пособия:

- 1 – познакомиться с классификацией ОП и методами их изучения;
- 2 – получить представление о литогенезе;
- 3 – научиться описывать ОП и оценивать их с точки зрения нефтегазоносности.

Данное пособие может использоваться при прохождении полевой геологической и физико-географической практики, а также учителями географии, естествознания, краеведения.

# 1. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОСАДОЧНЫХ ПОРОДАХ

**Литология**, это наука о современных осадках и осадочных горных породах (ОП). Осадочные горные породы – один из классов горных пород, которые образовались в результате осаждения солей в высыхающих водоемах – хемогенные осадки, скопления остатков растительного и животного мира – органогенные (биогенные), а также в результате разрушения массивных горных пород магматического или осадочного происхождения – обломочные.

ОП по объему составляют лишь 5% изученной литосферы, но площадь развития ОП (стратисфера) занимает 75% территории суши. Мощность осадочных толщ составляет в среднем 2,2 км на континентах и около 500 м в океанах.

При подсчете объема ОП на основе реально существующих данных (бурение, геофизическое зондирование) была получена цифра  $10,8 \times 10^8$  км<sup>3</sup> (Полдерварт, Хорн, Адамс). Принимая соответствующие допущения о плотности минералов, пористости или величине объемной плотности ОП, можно перевести указанные цифры объема в массу –  $1,7 \times 10^{18}$  т (Полдерварт).

Из большого числа известных ОП наиболее распространенными являются три главных типа – глинистые, песчаные и известняки. Они составляют 95 % и более всех ОП. Современная оценка относительной распространенности глин, песчаников и известняков составляет 81:11:8.

ОП в силу специфических условий образования приобретают ряд особенностей, которые существенно отличают их от кристаллических пород. Это проявляется в разнообразном минеральном и химическом составе, структурах, текстурах, зависимости состава и свойств пород от климата.

В образовании осадочных пород, кроме минералов, из которых формировался рыхлый осадок (аутигенные кварц, полевые шпаты и др.), принимают участие минералы, возникающие в данной породе в процессе ее существования – аллотигенные (кальцит, каолинит и др.).

ОП залегают в виде слоев, которые образуются в процессе накопления осадков в водной и воздушной среде. Отдельные слои отличаются друг от друга составом, величиной, окраской, плотностью сложения. В составе слоя может быть микрослоистость, отражающая осадконакопление в различные времена года. В слое горной породы могут быть также тонкие слои других пород. Их называют прослоями. Однако слоистость может и отсутствовать.

При более или менее постоянной мощности и сравнительно большой занимаемой площади слои называют пластами. Под пластом часто подразумевают слой, содержащий полезное ископаемое или являющийся им.

Структура осадочных пород разнообразна. Почти каждый тип породы имеет свою, присущую только ему структуру.

Пористость (объем пустот в породе) типична для всех осадочных пород, за исключением некоторых плотных химических осадков. Общая пористость может быть велика, например суглинки – 40-50%, пески – 35–40 % и т. д. В пустотах могут располагаться вода, газ, органический материал, в т.ч. нефть.

Горные породы с пустотами, проницаемые для воды, нефти и газа и способные быть их вмещителями, называются *коллекторами*. Пустотное пространство пород представлено порами, трещинами, кавернами, биопустотами. Они заключены в жестком каркасе породы – матрице.

Поры – пустоты между минеральными зернами и обломками размером менее 1 мм (в псефитах больше).

Трещины – линейные пустоты, совокупность разрывов, рассекающих горную породу.

Каверны – это разнообразные пустоты размером более 1 мм, образованные при растворении отдельных компонентов.

Биопустоты – внутренние пустоты в раковинах, внутри коралловых скелетов. Биопустоты бывают внутрискелетные и межскелетные.

Все коллекторы по характеру пустот подразделяют на 4 типа: гранулярные или поровые (обломочные ОП, Рис. 1А), трещинные (любые ОП, Рис. 1Б), каверновые или кавернозные (карбонатные и сульфатные ОП, Рис. 1В) и биопустотные внутрискелетные и межскелетные (карбонатные ОП, Рис. 1Г). В одном типе пород могут быть одновременно разные типы пустот (смешанные коллекторы).

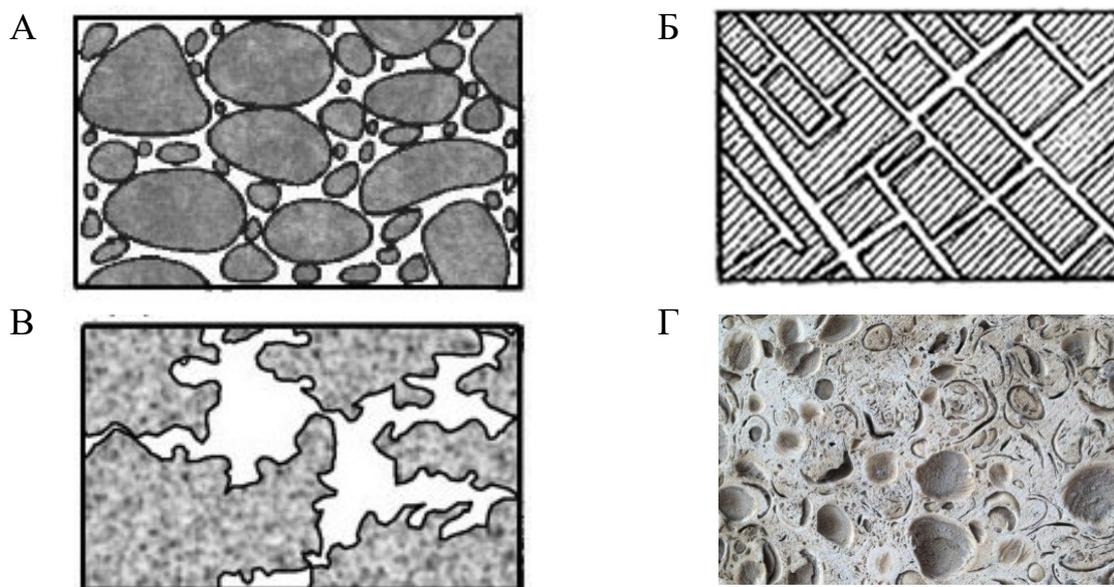


Рис. 1. Коллекторы по характеру пустот:

А – поровые; Б – трещинные; В – каверновые; Г – биопустотные

Пористость различают общую, открытую и эффективную. Коэффициент открытой пористости (объем пор, сообщающихся между собой)  $k_n$  используется при подсчете запасов нефти объемным методом – по формуле Дюпюи:

$$Q_{изв} = F \cdot h \cdot k_n \cdot k_n \cdot \rho_n \cdot \theta \cdot \eta$$

где  $Q_{изв}$  – извлекаемые запасы нефти, т;  $F$  – площадь нефтеносности, м<sup>2</sup>;  $h$  – эффективная нефтенасыщенная мощность пласта, м;  $k_n$  – коэффициент открытой пористости;  $k_n$  – коэффициент нефтенасыщенности;  $\rho_n$  – плотность нефти в поверхностных условиях, кг/м<sup>3</sup>;  $\theta$  – пересчетный коэффициент, учитывающий усадку нефти ( $\theta = 1/b$ , где  $b$  – объемный коэффициент пластовой нефти);  $\eta$  – коэффициент нефтеотдачи.

Основная же классификация коллекторов основана на проницаемости – способности пропускать жидкость или газ при перепаде давления. Проницаемость аналогично пористости делится на общую (или абсолютную – для однородной инертной жидкости или газа при отсутствии заметного физико-химического взаимодействия их с пористой средой), фазовую (или эффективную – для какой-либо жидкости или газа при одновременном наличии в ней других флюидов) и относительную (отношение фазовой к абсолютной).

Слабопроницаемые породы, являющиеся кровлей и подошвой нефтяной залежи, называются *покрышками* (флюидоупорами или экранами). Они предотвращают от рассеивания в окружающем пространстве флюиды, содержащиеся в пласте-коллекторе.

Основным показателем покрышки является низкая проницаемость и пористость. Пористость покрышек невелика (<10%), но встречаются пласты глинистых и кремнистых пород, в которых она достигает 30-50%.

## 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Методы исследований в литологии можно разделить на *петрографические* и *собственно литологические*.

Петрографические методы сосредоточены на непосредственном описании ОП. Собственно литологические методы нацелены на процессы и обстановки формирования ОП. Обе группы методов делятся на полевые и лабораторные. Каждый метод включает стадию сбора фактов (описание, документация) и стадию интерпретации этих фактов.

**Полевые методы** сводятся к выделению ассоциаций ОП – *парагенезов*, затем – слоев, изучению и описанию пород каждого слоя. Порода описывается по следующей схеме:

- 1) название породы;
- 2) цвет;
- 3) строение (структура и текстура);
- 4) минеральный состав;
- 5) включения (органические и неорганические);
- 6) физические свойства (крепость, пористость, размокаемость, проницаемость)
- 7) вторичные изменения (выветрелость, ожелезненность, окисленность, трещиноватость и т.д.);
- 8) прочие признаки (характерные или важные).

Цвет необходимо указывать с внешней стороны и на свежем сколе, а также на сухой и влажной поверхности.

При характеристике структуры следует вначале подразделить породы на зернистые и незернистые. Поскольку предел разрешения глазом около 0,05 мм, к незернистым условно будут отнесены породы с меньшим размером зерен. У зернистых пород отмечают: диапазон размеров зерен, размер преобладающих зерен, степень равно- или разнотернистости (для обломочных пород – степень сортировки). Визуально незернистые породы называются *пелитоморфными*, если они похожи на глину, или *афанитовыми*, если они имеют стекловатый облик.

Текстура полнее изучается в обнажении, чем в керне или в образцах. Она позволяет восстанавливать динамику среды. Внутренние текстуры делятся на неслоистые и слоистые. Для последних описываются форма слоистости, ее масштаб, чем она выражена (сортировкой частиц, цветом, включениями и т. п.). Наряду с внутренними, тщательно изучают текстуры поверхностей напластования (рябь волнения, течения, ветровая, трещины усыхания, следы ползания и зарывания и т. д.). На подошвах слоев – слепки следов, оставленных

живыми существами, и следов размыва, царапин, внедрения и т. д. Неслоистые текстуры также по возможности объясняются генетически: первичны ли они или вторичны (биотурбации, обвальное-оползневые и т.п.).

Минеральный состав в полевых условиях не всегда определяется достоверно. Тем не менее, его необходимо указывать, хотя бы с оговоркой: «повидимому», «вероятно» и т. п. Минералы и компоненты оцениваются и количественно, лучше в процентах, хотя бы ориентировочных (20–30% и т. п.). В результате изучения состава определяется его тип – «мономинеральный», «полимиктовый», «кварц-полевошпатовый» и т. д.

Включения описываются по обычной схеме: название, минеральный состав, цвет, форма, строение, физические признаки, вторичные изменения и др., количество, распределение по породе и, по возможности, стадия образования. Особо отмечают включения – полезные ископаемые.

Крепость оценивается по приблизительной шкале: породы рыхлые (не держат форму, рассыпаются сами или при легком нажатии пальцами), слабой крепости (рассыпаются в пальцах с нажатием), средней крепости (не ломаются в руках, но легко разбиваются молотком), крепкие (трудно разбиваются молотком) и весьма крепкие (очень трудно разбиваются молотком). Степень пористости определяется по впитыванию воды в породу, по прилипанию к языку.

Вторичные изменения описывают отдельно *эндогенные* (кливаж, прожилки, оквацевание и т. п.) и *экзогенные* (выветрелость, обохренность и т. д.) с указанием их степени (слабые, умеренные, сильные).

Полевые литологические методы имеют целью выявление процессов и условий формирования пород, выделение генетических типов и фаций. Объектами литологического изучения являются текстуры и структуры пород, остатки организмов, следы их жизнедеятельности, форма геологических тел, их взаимоотношения с другими телами в разрезе и в пространстве, внутренняя изменчивость, размеры, характер контактов и т.д.

**Лабораторные методы** применяются для точного определения вещественного состава, названия и параметров ОП, микроструктур, палеонтологических остатков, а также уточнения условий их образования.

Макроскопическое описание образцов проводится так же, как и полевое описание. Основные приемы изучения – визуальная оценка признаков с использованием лупы, иглы, ножа, линеек и трафаретов.

Микроскопическое изучение пород подразумевает использование микроскопов при описании ОП в тонких срезах – шлифах (кристаллооптический анализ) и в зернах в жидкостях (иммерсионный анализ).

Иммерсионный метод – изучение минералов в зернах, погружаемых в жидкости с известными показателями преломления. На предметное стекло помещают одно или несколько зерен исследуемого минерала, покрывают покровным стеклом, берут жидкость из набора (стандартный набор состоит из 98–100 жидкостей) и вводят ее под стекло. Препарат, как и шлиф, изучают под микроскопом. Можно использовать специальные иммерсионные объективы, которые погружают прямо в жидкость, тогда покровного стекла не требуется. Подбирают две соседние жидкости, показатель преломления одной из которых был бы меньше, а другой – больше, чем у минерала. Показатель преломления минерала определяют как среднее арифметическое между показателями преломления жидкостей.

Цвет в шлифе более информативен, часто он связан с красящими примесями, например, с органическим веществом или гидроксидами железа.

Структура в шлифе изучается с достаточной полнотой. Для оценки размеров зерен обломочных пород проводится подсчет размеров не менее 300 зерен подряд с помощью окуляра-микрометра. Оценивается и форма зерен, для обломочных пород – прежде всего по окатанности.

Текстура в шлифе описывается так же, как и в образце. Если мощность слоев больше размеров шлифа, то текстура может казаться массивной, хотя на самом деле она слойчатая. Поэтому рекомендуется в описании указывать лишь беспорядочную текстуру в шлифе. Тонкослойчатые текстуры описываются, как и в образце, полностью: форма, степень выраженности, чем она выражена, мощность слоев, характер границ и причина слоистости.

Состав породы требует систематического описания. Наиболее часто применяют подразделение на главные, или породообразующие, и редкие, или аксессуарные, компоненты; полезно выделять и промежуточный класс – второстепенные компоненты. Минералы описывают от наиболее распространенных к редким. Для каждого минерала указывают название, его содержание, цвет, форму, размер, спайность, оптические свойства, включения, вторичные изменения. Для обломков пород описываются структура, текстура, состав. Для биокластов указывают систематическую принадлежность (по возможности), степень сохранности, признаки переотложения и изменения. Содержания компонентов надо выражать в процентах, пусть даже весьма приблизительно.

При описании пористости отмечают размер, форму пустот, распределение их по породе, общую пористость в процентах (по площади), степень заполненности пустот каким-либо веществом, связанность или изолированность их друг от друга, первичность или вторичность и пр.

Описание шлифа сопровождается его зарисовкой или фотографией. Любой рисунок должен быть снабжен линейным масштабом, условными обозначениями, указанием на присутствие/отсутствие анализатора.

Изучение под бинокулярной лупой занимает место между визуальным исследованием и микроскопическим изучением шлифов. Преимущество его в том, что зерна можно изучать с разных сторон, следовательно, более полно оценивать форму, окатанность, характер поверхности, проводить микрохимические реакции, отбирать мономинеральные фракции. Можно успешно и детально изучать скол породы, а также пришлифовки.

Гранулометрический анализ применяется для обломочных и глинистых пород, прежде всего для рыхлых пород, осадков, грунтов и почв. Данные гранулометрического анализа обрабатываются графически и статистически.

Шлиховой анализ – вид минералогического анализа шлихов, являющихся тяжелым остатком после промывки рыхлой породы на лотках. Изучение проводят под бинокулярными стереоскопическими микроскопами.

Термический анализ – исследование вещества изучением фазовых превращений в нем в зависимости от изменения температур в широких (до 1000–1500°C) интервалах. Эти изменения идут с выделением или поглощением тепла, т.е. проходят экзо- и эндотермические превращения. Обычно записывают две кривые – температурную и дифференциальную. Каждый минерал характеризуется своей термокривой. С помощью атласа таких кривых для мономинеральных веществ можно определять их минеральный состав. Наиболее ценные результаты метод дает при изучении карбонатов, глин, солей, окисных и некоторых других хемогенных пород.

Хроматический анализ служит для диагностики глинистых и аутигенных минералов (окрашивание порошков и шлифов различными реактивами).

Рентгеноструктурный анализ и электронная микроскопия используются для исследования тонкодисперсных пород (глин, кремнёвых, некоторых карбонатных пород и др.). Рентгеноструктурный анализ основан на свойстве рентгеновских лучей отражаться от плоских сеток кристаллической решетки. В настоящее время чаще применяется метод рентгеновской дифрактометрии, особенно при изучении слоистых силикатов (глин и слюд).

Химические методы: валовый химический анализ, определение отдельных элементов, анализ кислотных и водных вытяжек, спектральный анализ.

Химический анализ применяется для определения количественного содержания основных порообразующих элементов (или их окислов); установления наличия и количественных соотношений входящих в породу минералов и других естественных компонентов.

Геохимическое изучение – определение тех компонентов, которые позволяют выяснить геохимические условия формирования осадков и пород или могут быть использованы для корреляции немых толщ.

Спектральный эмиссионный анализ – определение элементного состава вещества по спектру излучения его атомов. Излучение при помощи спектрального прибора разлагается в эмиссионный спектр, состоящий из отдельных спектральных линий (линейчатый спектр), каждой из которых соответствуют свое значение частоты фотона и длина волны. Наиболее часто выполняется полуколичественный спектральный анализ, результаты которого используются для геохимического анализа.

Результаты химических и физико-химических анализов необходимо пересчитать, обработать и истолковать как минералы или термодинамические либо химические параметры среды образования.

Для обобщения материалов лабораторных исследований существует ряд графических методов (диаграммы, кумулятивные кривые и т. д.), а также приёмы математического анализа.

По результатам полевых и лабораторных исследований составляются литологические колонки и фациальные профили, литолого-фациальные карты разных масштабов.

Комплексным, итоговым анализом является фациальный анализ, который состоит в выделении и характеристике фаций в целях восстановления физико-географических особенностей среды района в течение определенного времени.

### 3. ЛИТОГЕНЕЗ

*Лито́генез* – процесс образования осадочной горной породы. В настоящее время процессы образования и изменения осадочных пород принято разделять на ряд стадий и этапов.

#### СТАДИЯ ГИПЕРГЕНЕЗА

Гипергенез – разрушение материнских пород на поверхности Земли под воздействием воздуха, воды и других физических и химических явлений, а также жизнедеятельности организмов. Главными факторами разрушения являются гипергенез, эрозия, абразия, экзарация, дефляция и коррозия.

Движущей силой физического гипергенеза является перепад температур. Главными агентами химического гипергенеза являются вода,  $O_2$  и  $CO_2$ , который с водой образует угольную кислоту. Кислые воды растворяют карбонаты и ряд силикатов.

Растворение сопровождается образованием пор, каверн, крупных полостей. Используется при добыче нефти и газа для увеличения пористости коллекторов путем кислотных обработок.

Карбонитизация и декарбонитизация. При избытке  $CO_2$  монокарбонаты переходят в бикарбонаты, при недостатке его – наоборот, т.е. выпадает осадок. При осаждении карбонатов из раствора чаще всего возникает кальцит. В процессе нефтедобычи он выпадает в осадок при закачке неподготовленной воды в пласт, вызывая закупорку пустот в коллекторах. Уничтожается кальцит с помощью соляно-кислотных обработок (СКО).

Гидратация – процесс присоединения воды (лимонит, гипс). В процессе гидратации существенно увеличивается объем соединений (гипс на 30%). При нефтедобыче гипс выпадает в осадок аналогично кальциту. Он забивает не только пустоты в породе, но и откладывается в трубах и насосах, выводя их из строя. Трубы либо чистят скребками, либо пропаривают, либо выбрасывают. Гипс можно растворить промывкой минерализованной водой.

Гидролиз – реакция взаимодействия вещества с водой, при этом вещество расщепляется на более простые соединения. Образованные минералы труднорастворимы: каолинит, гидрослюда, диаспор, лимонит и др. Гидролиз создает трудности при добыче нефти и газа. При смешивании закачиваемой и пластовой воды возникают неорганические соединения, которые откладываются в пустотах коллекторов, трубах и оборудовании.

Окисление глубоко затрагивает ОВ – нефть, битумоиды, каменные угли. Конечный результат – углекислота и вода. При нефтедобыче эти процессы усложняют продвижение нефти из пласта к скважине ввиду увеличения ее

вязкости, а кислая вода вызывает повышенную коррозию подземного оборудования.

Восстановление происходит в результате разложения ОВ, жизнедеятельности организмов при застойном режиме подземных вод или же при окислении мигрирующей нефти. Восстановительные реакции нередко сопровождаются образованием различных сульфидов (пирит), самородной серы, карбонатов, окислов (халцедон), некоторых силикатов (каолинит, хлориты). Кора выветривания фундамента Удмуртии каолинитизирована, что является благоприятным признаком возможной нефтегазоносности.

Конечный результат гипергенеза может быть полным разрушением, а его продукты послужат материалом для образования новых ОП.

Продукты гипергенеза представляют собой ценные полезные ископаемые (ПИ). В результате гипергенеза возникают россыпные месторождения руд редких и благородных металлов, драгоценных камней, редких и радиоактивных элементов. В результате химического гипергенеза образуются месторождения каолина, бокситов, формируется почва.

#### СТАДИЯ СЕДИМЕНТОГЕНЕЗА

Осаждение вещества начинается на путях переноса (делювий, аллювий) и завершается в бассейнах седиментации. В процессе переноса обломки пород и минералов шлифуются, окатываются, дробятся.

Вода – один из основных агентов переноса. Реки, временные водотоки, морские течения несут огромное количество веществ (в 1 км<sup>3</sup> морской воды содержится около 35 млн. т растворенных веществ и 350–500 т взвешенных частиц).

Транспортирующая способность атмосферы определяется скоростью ветра. Объем эолового материала весьма значителен.

Лед в процессе перемещения увлекает с собой обломки пород самого различного размера. Некоторые горные ледники выносят в год более 6000 м<sup>3</sup> обломочного материала.

Сила тяжести как фактор транспортировки ярко проявляется только в горах.

В процессе переноса происходит дифференциация (сортировка) вещества, т.е. его разделение по размеру частиц, удельному весу и другим физическим и химическим свойствам. Результатом является образование толщ рыхлых осадков. Благодаря этому некоторые ОП представляют собой ценные ПИ (россыпи, каустобиолиты).

#### СТАДИЯ ДИАГЕНЕЗА

Диагенезом называют изменения, происходящие в осадке («перерождение»). Это процесс превращения рыхлого осадка в твердую осадочную горную

породу. Происходит при относительно низких температурах (10–20°C) и давлении.

В результате диагенеза из осадка образуется ОП. Из рассеянного органического вещества (РОВ) в восстановительных условиях образуются битумоиды, в окислительных условиях – керогены.

Диагенез ОВ идет от биополимеров (белков, жиров, углеводов и лигнина) к геополимерам, называемым *керогеном*, который слагает основную часть ОВ древних осадков. Кероген представляет собой трехмерную макромолекулу, из 2–4 параллельных ароматических слоёв.

Уплотнение осадка. Первоначально накопившийся осадок имеет невысокую плотность. К концу стадии вследствие перегруппировки частиц, отжатия воды (дегидратация) и других процессов плотность частиц возрастает.

Растворение и разложение компонентов определяются физико-химическими свойствами среды. В холодных кислых водах ( $pH > 7$ ) карбонатные раковины не сохраняются, т. к. малоподвижный карбонат переходит в легко растворимый бикарбонат. В теплых щелочных водах – наоборот. В аридной воздушной среде ОВ полностью разлагается, в гумидной – сохраняется.

Минеральное новообразование происходит в результате реакций между неустойчивыми частями осадка, флюидами. Например, реакция между гидроокислами Fe и  $H_2S$  дает начало сульфидам Fe (поэтому присутствие пирита является благоприятным признаком нефтегазоносности). Малоустойчивые модификации минералов при захоронении осадка образуют более устойчивые разновидности (модификации).

Кристаллизация и перекристаллизация характерна для хемогенных и коллоидных образований, для органических минеральных остатков. Это сопровождается уменьшением удельной поверхности, адсорбционной способности, придавая системе большую устойчивость.

Итак, диагенез завершается достижением физико-химического равновесия и превращением осадка в ОП. Продолжительность стадии – десятки и сотни тысяч лет.

### СТАДИЯ КАТАГЕНЕЗА

Катагенез – основная стадия в жизни ОП. Это процесс изменения ОП под действием повышенного давления и температуры (от 60 до 100–200°C). Нижняя граница условно ограничивается положением изотермы 200°C (максимум 350°C) и давлением 300 МПа (~20 км). Катагенез – наиболее длительная стадия преобразования ОП. Результат – преобразование твердых ОП, уменьшение пор (уплотнение), перераспределение частиц и ОВ, дегидратация, образование новых минералов.

Уплотнение пород происходит за счет уменьшения объема пор в результате перегруппировки частиц, с образованием различных контактов (конформные – приспособление зерен, инкорпорационные – внедрение, микростилолитовые).

Отжатие воды происходит практически в течение всей стадии. Особенно много воды может выделиться из терригенных ОП (из 1 км<sup>3</sup> песчаника – 300 млн. т).

В результате изменения физико-химических условий некоторые минералы и ОВ растворяются в подземных водах, нефти, конденсате; возникают каверны, расширяются трещины. Растворению минералов способствуют битумоиды, карбоновые и гуминовые кислоты.

Минеральные новообразования чаще всего представлены породообразующими минералами. Они образуются за счет веществ, растворенных в подземных водах из-за поступления мигрирующих флюидов при повышенных температурах.

Перекристаллизация вещества заключается в преобразовании зерен без изменения их состава и структуры, в укрупнении за счет слияния, изменении формы, освобождении от примесей, что сопровождается уплотнением. Наиболее характерна для хемо-органогенных пород.

ОП часто содержат ОВ, которое при катагенетическом преобразовании дает начало нефти и газу. Информация о степени катагенеза важна для оценки зрелости нефти и прогнозирования нефтематеринских пород. Накопление и сохранение больших масс сапропелевого ОВ с антибактериальной активностью липидов (жиров) водорослей обуславливает высокий нефтегазоносный потенциал. Катагенез – один из контролирующих факторов процесса образования нефти. Именно в катагенезе, находится, так называемая, Главная Зона Газо- и Нефтеобразования, поэтому изучение процесса преобразования ОВ играет столь значительную роль в нефтяных исследованиях.

Сейчас, принято выделять в катагенезе протокатагенез (ПК), мезокатагенез (МК) и апокатагенез (АК). Каждая из этих стадий делится на подстадии (фазы), имеющие буквенные индексы (марки угля), используемые в угольной и нефтяной геологии. На стадии протокатагенеза происходит конденсация и укрупнение молекул гуминовых и сапрогуминовых веществ. В результате они переходят в новую форму ОВ – кероген, или нерастворимое ОВ (в органических растворителях) – битумоиды.

Основная масса нефти генерируется керогеном на стадиях мезокатагенеза МК1-МК3 (табл.).

Первые признаки катагенетического новообразования микронефти наблюдаются при температурах около 60-70°C. Максимум интенсификации

новообразования микронефти выделяется в интервале 120–130°C и 140–150°C соответственно. Затухание процесса генерации микронефти наступает ориентировочно в интервале 160–180°C (около 6 км).

Образование углеводородных газов (УВГ) на стадии катагенеза сопровождается двумя вспышками. Одна из них возникает при 70–100°C. Другая, более значительная, вспышка генерации УВГ выделяется как Главная Зона Газообразования. Ориентировочно она приурочена к интервалу 170–220°C.

### СТАДИЯ МЕТАГЕНЕЗА

Метагенез является завершающим этапом в жизни ОП при их погружении. Это стадия глубокого минерального и структурного изменения ОП. Результат – преобразование твердых ОП: уменьшение пор (уплотнение), перераспределение частиц и ОВ, дегидратация, растворение и регенерация, образование новых минералов, реакции с привнесением и выносом вещества (метасоматоз), перекристаллизация – формирование метаморфизованной породы.

Начальный этап метагенеза происходит на глубинах 7–10 км при 200–300°C и давлении 2000–3000 атм. (180–270 МПа). Для него характерны кварцитовидные песчаники, глинистые сланцы, перекристаллизованные известняки, антрациты; интенсивная гидрослюдизация и хлоритизация. Структуры перестраиваются. Пористость низкая (2–4%). Текстуры еще сохраняются, но появляется кливаж течения и кливаж разрыва.

Глубинный этап метагенеза происходит на глубинах свыше 10 км, температуре 300–350°C и давлении 3000 атм. Для него характерны кварцито-песчаники, аспидные и филлитоподобные сланцы, мраморизованные известняки, графитизированные антрациты. Появляются сланцеватые, полосчатые, стилолитовые структуры; сегрегационно-полосчатые текстуры, развиты секущие жилки. Развиты кливаж течения и разрыва. Пористость ОП очень низкая (1–2%).

### СТАДИЯ ВТОРИЧНОГО ГИПЕРГЕНЕЗА

Специфика вторичного гипергенеза ОП проявляется в следующем. В ОП происходят различные изменения вплоть до полного их разрушения или растворения. Хлориды и сульфаты растворяются, карбонаты растворяются частично (частью замещаются кремнеземом, гидроокислами железа, доломитизируются). В глинистых ГП частично изменяется минеральный состав, структуры и текстуры. Ископаемые угли и сульфиды обогащаются вторичными сульфатами и гидроокислами. В обломочных ГП изменяются зерна и состав цемента. В ГП, содержащих закисное железо (глауконит, хлорит), происходит обогащение окислами и гидроокислами. Нефти окисляются, переходят в полутвердые и твердые битумы.

## 4. СОСТАВ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

ОП состоят из различных по составу и происхождению составных частей – компонентов: аллотигенные компоненты (принесенные), аутигенные компоненты (возникающие на месте в осадке или породе «in situ»), органические остатки, вулканогенный материал, космогенный материал, флюиды.

### АЛЛОТИГЕННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Аллотигенные (принесенные) минералы слагают основную массу обломочных пород и входят в виде примеси в состав других пород. В ОП известно свыше 200 аллотигенных минералов. Преобладают устойчивые минералы: кварц, каолинит, гидрослюды, лимонит, затем полевые шпаты, слюды, обломки пород. Аллотигенные зёрна в той или иной степени округлены.

Аллотигенные минералы в ОП образуют определенные ассоциации. Например, осадочная толща, состоящая из обломочных пород мономинерального состава (кварц, каолинит) свидетельствует о размыве коры выветривания гранитов, гнейсов; обломочные и глинистые породы с основными плагиоклазами – о размыве ультраосновных пород; обломочные породы с хорошо окатанными зёрнами – о перемывании ОП (Рис. 2 А); обломочные ГП из кварца (часто с волнистым угасанием), полевых шпатов (кислые и средние плагиоклазы) – о размывании метаморфических ГП (гнейсы, кристаллические сланцы).

### АУТИГЕННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

В осадках и ОП описано свыше 200 аутигенных минералов. Среди них наибольшее значение имеют глинистые минералы, карбонаты, сульфаты, хлориды, затем окислы и гидроокислы Fe, Mn, Al, хлориты, минералы кремнезема, фосфаты.

Аутигенные минералы возникают в осадке или породе и являются индикаторами физико-химических условий среды, следовательно, могут применяться для палеогеографических реконструкций и прогнозирования нефтегазоносности. Аутигенный характер минералов определяется по целому ряду признаков: угловатости обломков (Рис. 2Б), идиоморфности кристаллов, сферолитовому и оолитовому строению и т.д.

Минералы-индикаторы реакции среды pH: кислая и слабокислая среда (pH>2,3–3,0) – гидроокислы железа, минералы группы каолинита; нейтральные и слабощелочные условия среды ( $\approx 7$ ) – опал; слабощелочная и щелочная среда – карбонаты (сидерит pH=7,0–7,2, кальцит и доломит pH>7,4), минералы групп монтмориллонита и гидрослюд.

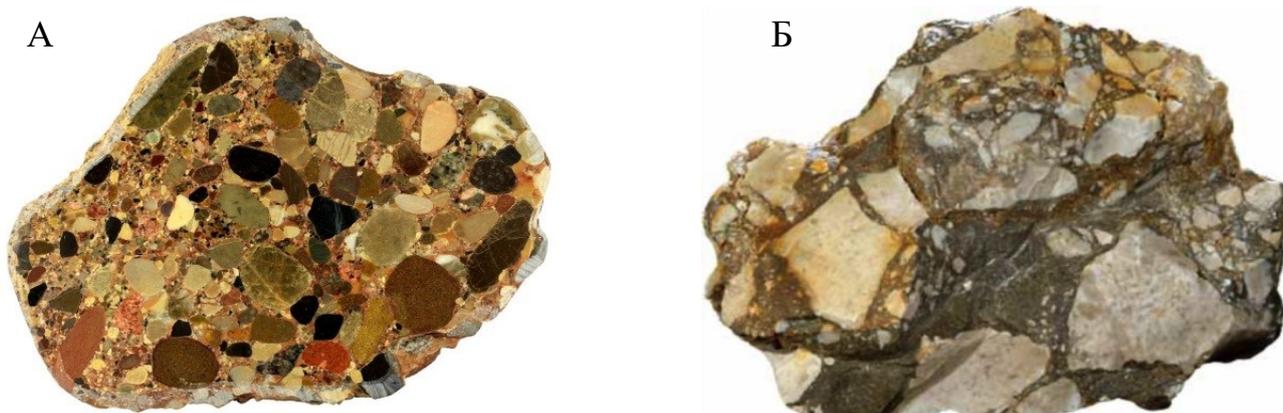


Рис. 2. Аллотигенные (А) и аутигенные (Б) компоненты обломочных пород

Минералы-показатели Eh: резко восстановительная обстановка (-Eh) – пирит; слабо-восстановительная, нейтральная и слабоокислительная среда – сидерит→шамозит→глауконит; окислительные условия среды (+Eh) – окислы и гидроокислы железа и марганца.

Минералы-показатели солёности: доломит осаждается в интервале солёности от 4 до 15 ‰; сульфаты – свыше 12–15 ‰; галит – около 25–27 ‰; К-Мg соли – около 30–32 ‰.

Аутигенные минералы образуют закономерные ассоциации (парагенезисы). В замкнутых лагунах и озёрах происходит осаждение галита; в опресненных – гипса, ангидрита и полигалита; в открытых заливах – доломит и монтмориллонит; в открытом морском мелководье образуются совместно пирит, каолинит и сидерит, окислы кремния, пелитоморфный кальцит и гидрослюда. Изучение аутигенных минералов помогает восстанавливать условия образования осадка (фации); оценивать условия нефтегазообразования и сохранности УВ.

### ОРГАНИЧЕСКИЕ ОСТАТКИ

В осадках и ОП присутствуют органические остатки или следы жизнедеятельности организмов. Количество органических остатков в биогенных породах достигает 50–70 %.

Организмы с кремневым скелетом: радиолярии (опаловые скелеты (Рис. 3А) образуют глубоководный радиоляриевый ил, яшма), кремнистые губки (опаловые иглолки – спикулы встречаются в илах северных морей; спонголит, опока), диатомовые водоросли (в морях и озерах образуют диатомовый ил (Рис. 3Б), диатомит, трепел). Опал скелетов при диагенезе превращается в халцедон (опока, трепел), при катагенезе – в кремень и яшму.

Организмы с известковым скелетом. Из кальцита состоят раковины фораминифер (Рис. 3В), моллюсков (Рис. 3Г), брахиопод, остракод (известняк

и мел), известковые губки (спикулевые известняки), постройки кораллов (коралловые известняки, Рис. 3Д), мшанок, цианофитов (желваки – онколиты, наросты – строматолиты), зеленых водорослей (трубки из кальцита), багряных водорослей (корки, наросты, желваки, нити из кальцита), подкожные скелеты иглокожих (криноидные известняки, из морских ежей – карбонатные породы). Массовые скопления колониальных организмов сформировали рифы – крупные массивные природные резервуары воды, нефти и газа (Рис. 3Е).

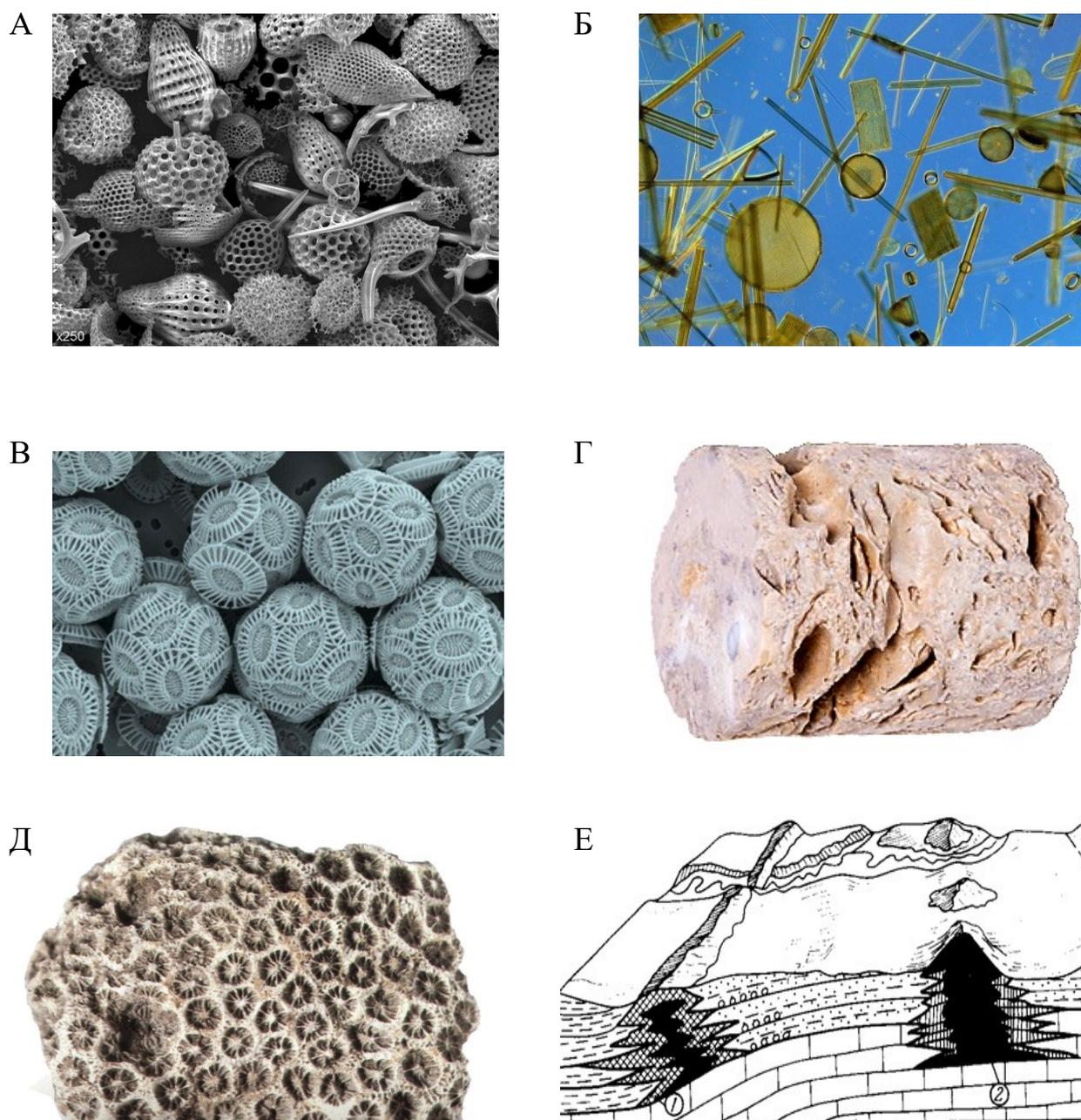


Рис. 3. Породообразующие организмы: А – радиолярии; Б – диатомеи; В – фораминиферы; Г – двустворчатые моллюски; Д – колониальные кораллы; Е – природные резервуары нефти в барьерных (1) и одиночных (2) коралловых рифах

Прочие органические остатки – организмы, концентрирующие С, кости и зубы позвоночных животных, отпечатки растений, следы передвижения животных и т.д.

Следы жизнедеятельности проявляются в виде следы передвижения, экскрементов (копролитовые известняки), отпечатков животных и растений, накоплений минерального вещества (карбонатные, железистые осадки, самородная сера и др.).

Организмы, концентрирующие С, дающие начало торфу и ископаемым углям, нефти и битумам – псилофитовые, папоротники, хвойные, кордаитовые, цветковые. Нефтематеринскими являются планктон морей, различные представители макрофлоры и макрофауны морей и растительный детрит, принесенный с суши.

На стадии протокатагенеза происходит конденсация и укрупнение органических молекул. В результате они переходят в кероген и битумоиды.

По фациально-генетическим признакам выделяется ОВ сапропелевое, гумусовое, липтобиолитовое и смешанное (сапропелево-гумусовое или гумусово-сапропелевое).

Сапропелевое ОВ образуется в областях морской седиментации и связано с преобразованием бактериями фито- и зоопланктона, а также бентоса. Молекулярные структуры ОВ этого типа возникают, главным образом, за счет липидов и аминокислот.

Гумусовое ОВ генетически связано с высшими растениями. Образуется оно в основном за счет углеводов и лигнина.

Липтобиолитовое ОВ также связано с высшими растениями, но образовано химически устойчивыми веществами растений – восками, смолами, кутикулой и пробковой тканью. Оно мало распространено.

Оптimum накопления ОВ наблюдается в геотомациях континентального склона, в зонах апвеллинга и во внутриматериковых бассейнах при скорости седиментации от 90-100 до 200-230 м/млн. лет; для подводных плато, континентальных подножий и окраинных бассейнов – от 60 до 120–130 м/млн. лет. Отложения отмеченных геотомаций обладают высоким нефтегазоматеринским потенциалом.

В литологическом отношении наиболее высокое содержание органического углерода отмечается на континентах в глинах, а в окраинных областях океанов в смешанных отложениях – в кремнисто-карбонатно-терригенных образованиях.

### ВУЛКАНОГЕННЫЙ МАТЕРИАЛ

В современных осадках и древних ОП присутствует примесь вулканогенного (пирокластического) материала. Он представлен обломками

вулканического стекла и основных породообразующих минералов. Он попадает в осадок, не подвергаясь гипергенезу и обработке во время переноса и отложения. Иногда он отлагается на больших площадях, поэтому может служить хорошим корреляционным признаком.

При значительном содержании пирокластического материала возникают ГП переходного типа – эффузивно-осадочные. Поступление вулканогенного материала, особенно с гидротермальными растворами в непосредственной близости от вулканов, сильно изменяет минералого-химический состав ОП и в целом ряде случаев является причиной возникновения месторождений ПИ (Fe, Mn, Cu, As, Pb, Zn, Ag и др.).

### КОСМОГЕННЫЙ МАТЕРИАЛ

Космогенный материал не играет существенной роли в составе осадков и ОП, хотя метеоритное вещество и космическая пыль постоянно поступают на поверхность Земли (5000-7000 т/год). Только в красной глубоководной глине и глобигериновом иле, накопление которых происходит очень медленно, можно обнаружить космическое вещество – метеоритные шарики, состоящих из никелистого железа.

### ФЛЮИДЫ

В пустотах пород вода обычно содержится в виде пара. Подвижность парообразной влаги особенно влияет на свойства глинистых и лёссовых отложений. Высокая подвижность пара используется в технологии вытеснения нефти, называемой внутрипластовым горением. В нагнетательную скважину закачивается кислород, УВ-ый газ и вода. Смесь воспламеняется и под действием закачиваемого воздуха продвигается фронтом к добывающей скважине.

Вода в твердом состоянии находится в породах при отрицательных температурах в виде ледяных прослоек, линз, зерен или тончайших кристаллов, играющих роль цемента. Присутствие льда резко изменяет свойства ОП. Особенно быстро они меняются при колебаниях около 0°C. При строительстве нефтепроводов в районах развития многолетней мерзлоты трубы укладывают не на грунт, а на стойки. Это предохраняет мерзлоту от таяния, а трубы – от изгиба и, как следствие, от аварийных порывов.

Химически связанная вода участвует в формировании кристаллических решеток минералов: в виде оксидов и гидроксидов ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), разобщенных ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  и в свободном пространстве кристаллической решетки ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ).

Жидкая вода может быть связанной и свободной.

Связанная вода характерна для глинистых ОП. Она покрывает стенки пустот сплошной пленкой. При катагенезе эта вода отжимается в поровое

пространство, способствуя эмиграции микронефти из нефтематеринской породы в коллектор.

Свободная вода содержится на контактах частиц в виде отдельных капель или полностью заполняет пустоты породы. В последнем случае она способна свободно передвигаться в пустотах ОП под влиянием силы тяжести. Свободная вода используется для заводнения месторождений – продавливанием нефти водой от нагнетательных скважин к добывающим скважинам.

Нефть – жидкие гидрофобные продукты фоссилизации ОВ, захороненные в субаквальных условиях. Это сложный коллоидный природный УВ-раствор с повышенной (по сравнению с водой) вязкостью и поверхностным натяжением, что влияет на особенности разработки залежей УВ.

Основные химические элементы нефти – С (83–87%) и Н (11,5–14,5%). Неуглеводородные соединения нефти представлены гетероэлементами и микроэлементами, подавляющая часть которых присутствует в смолах и асфальтенах. Смолы – вязкие полужидкие образования, а асфальтены – твердые вещества, содержащие УВ, О<sub>2</sub>, N и S. Гетероэлементы содержат S, О<sub>2</sub> и N.

Содержание S колеблется от сотых долей до 15%. Самые богатые S нефти связаны с карбонатами, эвапоритами, силицитами и вулканогенными ОП. S присутствует в виде элементной S, Н<sub>2</sub>S, сульфидов и других соединений.

Кислородсодержащие соединения (О<sub>2</sub> до 4%) представлены кислотами, фенолами и эфирами. Промышленное значение имеют нафтеновые кислоты, которые благодаря хорошим поверхностно-активным свойствам используются как моющие средства.

Азотсодержащие соединения (N<sub>2</sub> до 2%) сосредоточены в тяжелых фракциях нефти.

Микроэлементы (V, Ni, Fe, Zn, W, Hg, U и др.) присутствуют в нефти в виде металлоорганических соединений.

Хемофоссилии – биологические реликтовые вещества и химические ископаемые. Являясь биологическими индикаторами, они несут информацию об исходном материнском веществе нефти, могут использоваться для корреляции, реконструкции условий седименто- и эпигенеза, определения степени катагенетической зрелости нефти.

Нефть заполняет любые полости, располагаясь над водой.

Газы в пустотах могут находиться в различном состоянии: свободном, адсорбированном; в подземных водах – в виде мелких пузырьков или быть растворенными в ней. Между свободными и растворенными газами существует динамическое равновесие, которое нарушается при изменении температуры и давления, например, при вскрытии пласта скважиной. Кроме того, для увеличения нефтеотдачи закачиваются УВГ, N<sub>2</sub>, СО<sub>2</sub>.

Газы могут быть воздушными ( $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ , He, Ar), проникающие в литосферу из атмосферного воздуха; биохимическими ( $CH_4$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $H_2$ ,  $O_2$ , ТУВ), образующиеся при разложении микроорганизмами минеральных и ОВ; химическими ( $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $H_2$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$ ,  $CO$ ,  $SO_2$ ), возникающие при взаимодействии воды и ОП; радиоактивными и газами ядерных реакций (He, Rn).

Основные газы подземных вод нефтегазоносных провинций –  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ , УВГ,  $H_2$ ,  $NH_3$ , He – используются геохимическими методами поисков УВ.

Природные газы, это УВ-ые растворы, имеющие газообразное в атмосферных условиях состояние. Газы, растворенные в нефти, называются попутными газами.

Основными компонентами природного газа являются предельные УВ, а также  $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2S$ , инертные газы. Главный компонент – метан  $CH_4$ . Это наиболее распространенный и миграционно способный УВГ в природе.

Содержание ТУВ (этан, пропан, бутан) в чисто газовых залежах обычно менее 0,5%, в попутных газах до 30%.

УВГ являются наиболее рентабельным топливом и ценным химическим сырьем.

Газы занимают наиболее высокое гипсометрическое положение в полостях ОП, поэтому в смешанных залежах образуют газовые шапки, которые определяют особенности их разработки.

## 5. СТРОЕНИЕ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Строение ОП характеризуется структурой и текстурой.

Структура – особенности строения горных пород, которые определяются размером, формой, степенью однородности составных частей, а также количеством, размером и степенью сохранности органических остатков.

Текстура – черты строения горных пород, определяемые способом выполнения пространства, расположением составных частей.

### СТРУКТУРА

Элементы структуры формируются на протяжении всех этапов образования и жизни породы. Структура отражается на коллекторских свойствах ОП – способности аккумулировать флюиды и отдавать их при разработке залежей.

Структуры ОП (исключая грубообломочные и крупнозернистые хемогенные) выявляются преимущественно под микроскопом. В отношении ОП принято рассматривать отдельно структуры обломочных, глинистых, биогенных и биохимических пород.

Структуры обломочных и глинистых ОП определяются размером и отчасти формой слагающих их частиц (Приложение 1). В разномзернистых ОП структурный тип устанавливается по преобладающей фракции (более 50% от общего количества обломочных компонентов).

По ориентировке частиц: беспорядочно-зернистые, параллельно ориентированные, волокнистые, ооидные. Ориентировка частиц оказывает влияние на направление и скорость фильтрации флюидов.

Вторичные структуры: конформная – форма каждого зерна приспособляется к форме соседних зерен (Рис. 4), инкорпорационная – отдельные обломки частично внедряются в соседние, микростилолитовая – взаимное проникновение обломочных зерен по сложной зубчатой границе, коррозионная – цементирующий материал кроме порового пространства заполняет и впадинки, возникшие в результате растворения обломочных зерен; регенерационная (взаимное приспособление зерен с растворением их и регенерацией), мозаичная (гранобластовая – цемента нет, края зерен частично перекристаллизованы, имеет вид мозаики).

Зерна в обломочной породе скрепляются цементом. Выделяют следующие типы цементов (Рис. 5): базальный (когда в ОП обломки составляют 30–35%, при этом они не соприкасаются друг с другом), поровый (заполняет поры между обломками), пленочный (цемент покрывает обломки тонким слоем, связывая их между собой), контактовый (цемента мало, в местах соприкосновения обломков, поры незаполненные).

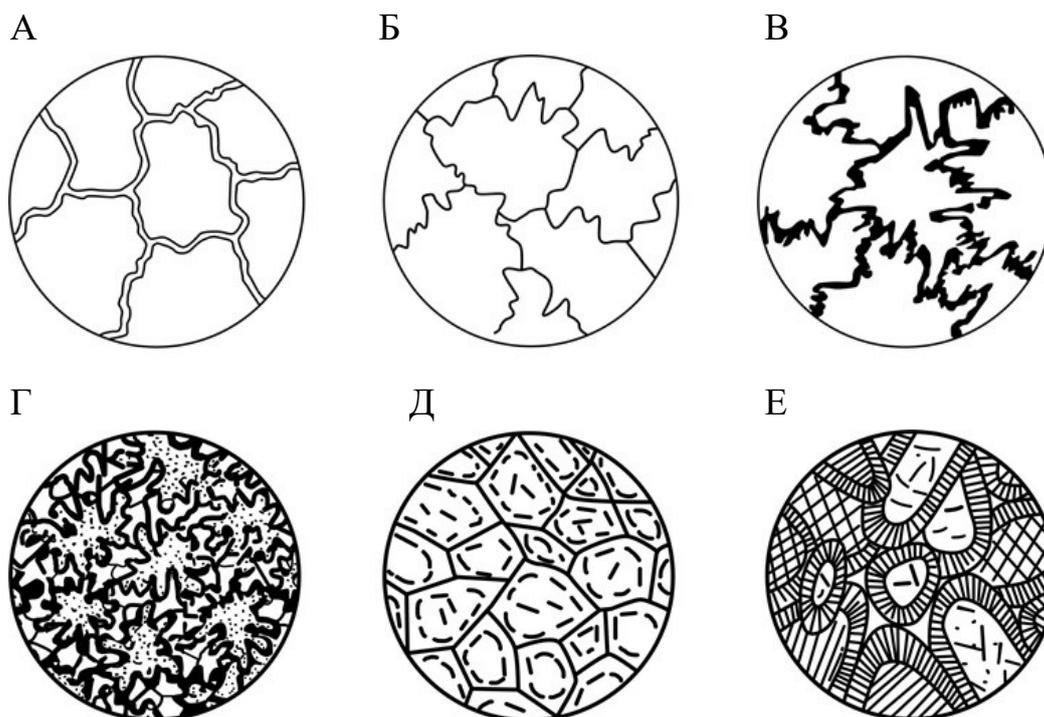


Рис. 4. Вторичные структуры обломочных ОП: А – конформная; Б – инкорпорационная; В – микростололитовая; Г – коррозионная; Д – регенерационная; Е – мозаичная

По способу образования: цемент выполнения (обрастания) – обрастание обломочных зерен аутигенными минералами), регенерационный (разрастание зерен, образование каемок вокруг обломочных зерен; если из одного вещества, то образуется плотная «сливная» порода), коррозионный (образуется благодаря коррозии обломочных зерен и цементации), пойкилитовый (крупные кристаллы цемента включают несколько обломочных зерен).

В большинстве случаев можно говорить о смешанном типе цемента (цементации).

Органогенные (биогенные) структуры (Рис. 6): биоморфная (ГП состоит из целых особей организмов), органогенно-обломочные (детритусовые) структуры – из обломков организмов различной величины: грубообломочные (ракушечниковые) – диаметр обломков более 1 мм, крупнообломочные – 1-0,5 мм, среднеобломочные – 0,5-0,25 мм, мелкообломочные – 0,25-0,05 мм, тонкообломочные (шламовые) – менее 0,05 мм.

В хемогенных и биохемогенных ГП по форме зерен выделяют структуры (Рис. 7): идиоморфную (зерна правильной кристаллографической формы) и аллотриоморфную (неправильной формы). Также к первичным структурам хемогенных ГП относятся оолитовые и пизолитовые (бобовые) – ГП состоит из концентрических и радиально-лучистых образований размером до нескольких мм, сферолитовые – с округлыми образованиями не оолитовой структуры. Они характерны для карбонатных, фосфатных, железистых и алюминиевых ГП.

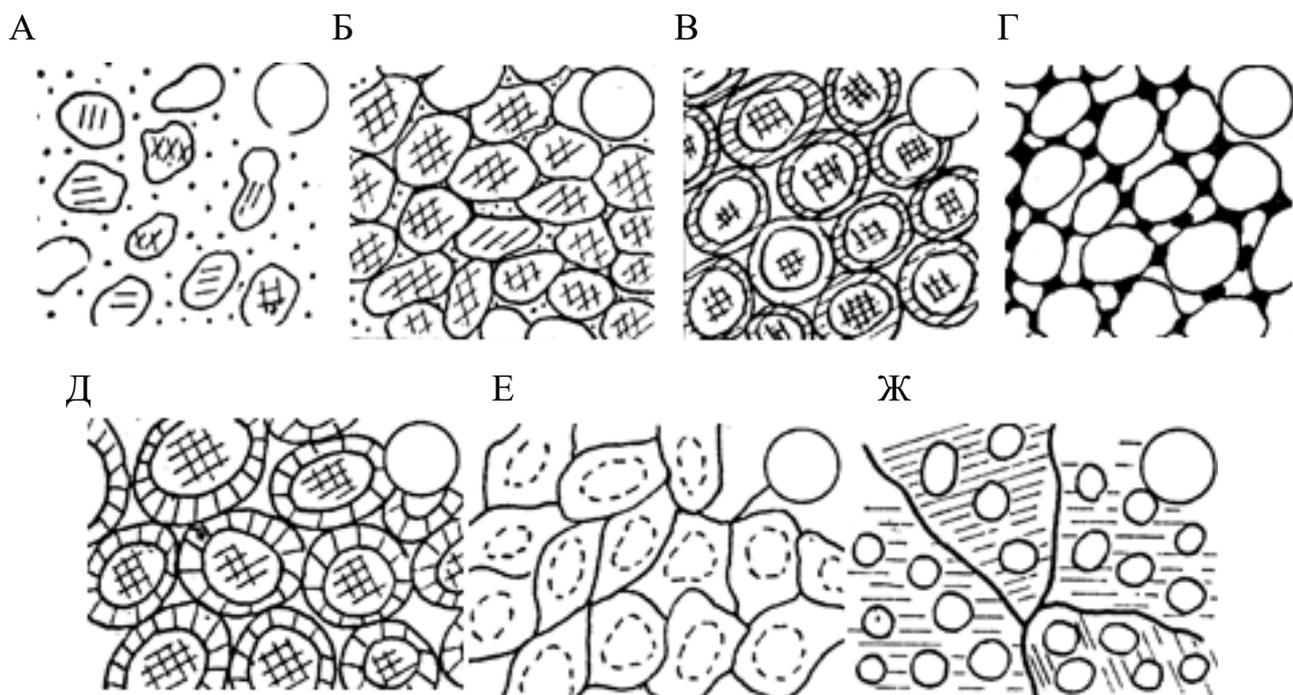


Рис. 5. Цемент в ОП: А – базальный; Б – поровый; В – пленочный; Г – контактовый; Д – обрастания; Е – регенерации; Ж – пойкилитовый

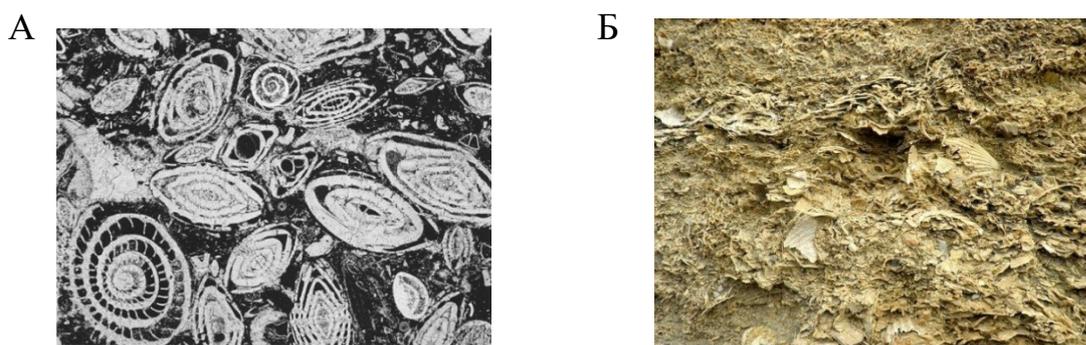


Рис. 6. Органогенные структуры: А – биоморфная; Б – органогенно-обломочная

По размеру зерен различают структуры грубозернистые – диаметр зерен более 1 мм, крупнозернистые – 1–0,25 мм, среднезернистые – 0,25–0,1 мм, мелкозернистые – 0,1–0,05 мм, микрозернистые – 0,05–0,005 мм, пелитоморфные (криптокристаллические) – менее 0,005 мм.

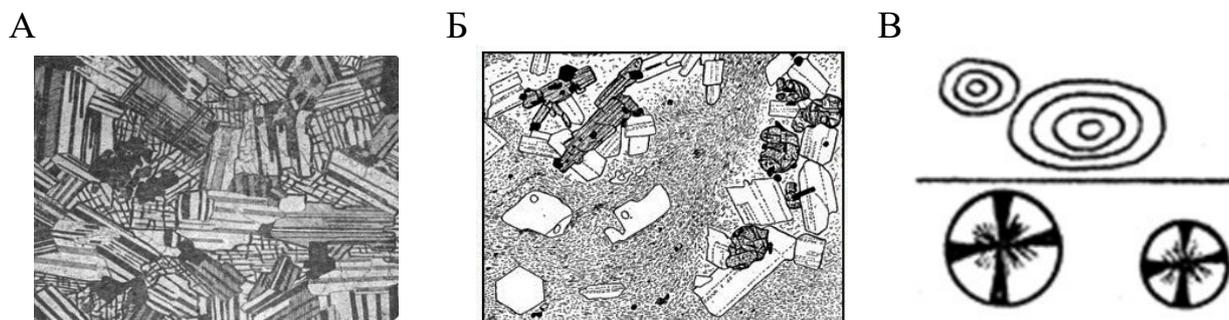


Рис. 7. Структуры хомогенных ОП: А – идиоморфная; Б – аллотриоморфная; В – оолитовая (вверху) и сферолитовая (внизу)

Вторичные структуры хомогенных ГП: кристаллобластические, метасоматические, катакластические (брекчиевидные, гнейсовидные, сланцеватые).

### ТЕКСТУРА

Первичные текстуры, возникшие в процессе осадконакопления, отражают состояние среды в момент накопления осадочного материала и результаты ее взаимодействия с осадком. Вторичные текстуры возникают в постседиментационные стадии. Текстуры определяют многие физические свойства ГП (неодинаковые в разных направлениях прочность, фильтрационную способность и т.д.).

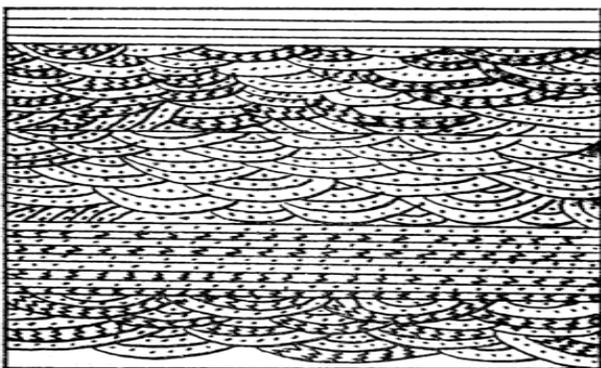
Различают текстуры поверхности слоя и внутрислойные текстуры.

Текстуры поверхности слоя возникают на поверхности осадка при кратковременном изменении состояния среды осадконакопления, при выпадении атмосферных осадков и жизнедеятельности организмов (Рис. 8). Необходимое условие сохранения этих текстур – их быстрое захоронение.

Знаки ряби представляют собой ряд параллельных валиков на поверхности осадка, перпендикулярных направлению водного или воздушного потоков. Они образуются на поверхности песчаных, алевроитовых, глинисто-известковых и доломитовых осадков. По форме: асимметричная рябь ветра и течений, симметричная рябь волнений, волнистая слоистость.

Асимметричная рябь ветра (эоловая рябь) характеризуется небольшой высотой гребешков и небольшой амплитудой. Асимметричная рябь течений отличается большой высотой гребешков и большой амплитудой.

А



Б

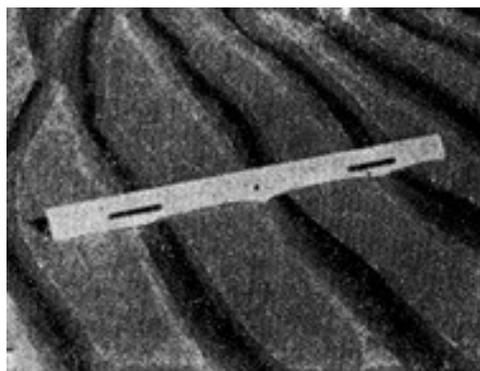


Рис. 8. Знаки ряби в разрезе (А) и на поверхности дна (Б)

При попеременном воздействии течений разного направления образуется сложная ячеистая и перекрестная рябь. На небольшой глубине у берега (10–15 см) прибойное течение формирует плосковершинную рябь.

Симметричная рябь волнений образуется в результате действия волн. Это чередование пологих желобков и острых гребней. Обычно рябь волнений возникает на глубинах до 200 м.

Волнистая слоистость знаков ряби мелководья представляет собой серии косых слоев с вогнуто-выпуклыми поверхностями, срезающие друг друга под разными углами. Размеры серий – сантиметры, слоев – миллиметры. Часто встречаются пачки с горизонтально-волнистой слоистостью. Подобная слоистость наблюдается в тонкопесчаных и алевроитовых осадках.

Трещины усыхания образуются в глинистом или известковом осадке, накопившемся в водной среде при последующем высыхании его на воздухе и растрескивании (Рис. 9А). В плане трещины образуют многоугольники, в профиль – это клиновидные полости. Глубина их проникновения от долей см до метра и более. Ширина трещин на поверхности может достигать 3–5 см. Трещины заполняются инородным материалом.

Отпечатки капель дождя и града представляют собой округлые углубления с бортиками по периферии на поверхности глинистых осадков (Рис. 9Б). Диаметр отпечатков до 12–15 мм.

Следы выделения газов напоминают отпечатки капель дождя. Вниз иногда идут каналы, похожие на ходы червей. Следы выделения газов сохраняются на поверхности песчано-глинистых и глинисто-алевритовых отложений.

Следы жизнедеятельности животных сохраняются на влажных известковых или глинистых осадках в виде отпечатков лап, ног, следов ползания, волочения хвостов.

А



Б

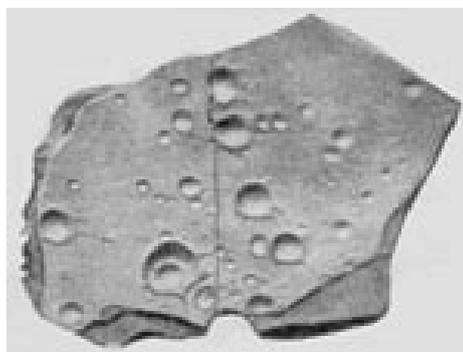


Рис. 9. Трещины усыхания (А) и отпечатки капель дождя (Б)

Знаки, связанные с деформацией поверхности осадка – гиероглифы. В результате деятельности водных потоков, перемещения предметов (механоглифы, Рис.10 А) и организмов (биоглифы, Рис.10Б), растворения кристаллов возникают борозды, царапины и другие образования. После перекрытия их тонкозернистыми отложениями на нижней поверхности нового пласта образуются слепки – барельефные знаки.

А



Б



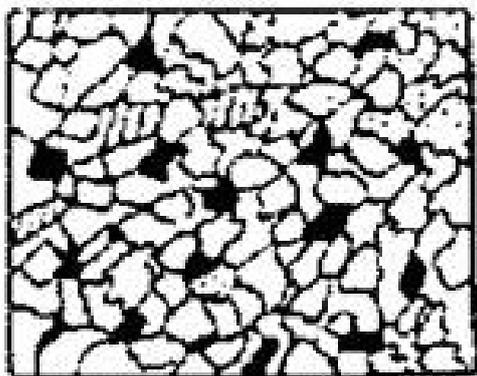
Рис. 10. Гиероглифы: А – механоглифы; Б – биоглифы

Внутрислоевые текстуры многообразны: массивная, слоистая, подводно-оползневая, сутуро-стилолитовая, взмучивания, фунтиковая, биогенная, микрослойчатость.

Наиболее распространенная массивная текстура характеризуется беспорядочным однородным расположением в ОП ее составных частей (Рис. 11А). Благодаря этому порода имеет одинаковые физические свойства в различных направлениях, поэтому при расколе образуются обломки неправильной формы. Наиболее развита в песчаниках и грубообломочных породах.

Слоистые текстуры обусловлены чередованием слоев (Рис. 11Б). Слоистость может быть вызвана резким изменением размера обломочных частиц или вещественного состава ГП, одинаковой ориентировкой осадочного материала (сланцеватая), наличием конкреций, раковин и т.п.

А



Б

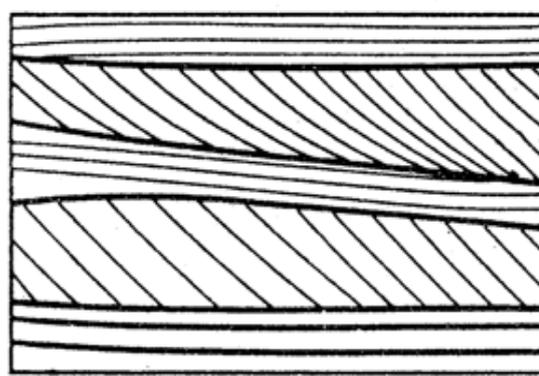


Рис. 11. Внутрислоевые текстуры: А – массивная; Б – слоистая

По толщине чередующихся слоев выделяют следующие текстуры: массивнослоистые (толщина каждого из слоев более 50 см), толстослоистые (5–50 см), среднеслоистые (2–5 см), тонкослоистые (0,1–2 см) и микрослоистые (менее 0,1 см).

Выделяется 4 основных морфологических типа слоистости: горизонтальная, косая, волнистая и переходная слоистость (горизонтально-волнистая, косо-волнистая, диагональная). Однако один морфологический тип может иметь различное происхождение. По этой причине различают генетические типы слоистости: прибрежно-морскую, русловую, временных потоков (потоковую), эоловую, биогенную и другие (Приложение 2).

Горизонтальная слоистость – типичная текстура ОП (Рис. 12А). Элементарные слои ориентированы параллельно друг другу. Такая слоистость образуется при неравномерном поступлении материала в спокойной гидродинамической обстановке. Горизонтальная слоистость встречается в самых различных ОП, особенно широко развита в озерных и морских осадках.

Косая слоистость встречается преимущественно в песчаниках, алевроитовых и карбонатных ОП (Рис. 12Б). Косая слоистость очень многообразна, поскольку она регламентируется многими факторами: параметрами движения среды, плотностью среды, уклоном поверхности.

Волнистая слоистость характерна для пойменного аллювия, солифлюкционных отложений и подводных оползней (Рис. 12В). В первом случае песчано-глинистые плохо сортированные осадки откладываются во время половодий и паводков, во втором – при оползании водонасыщенных илов и песков.

А



Б



В

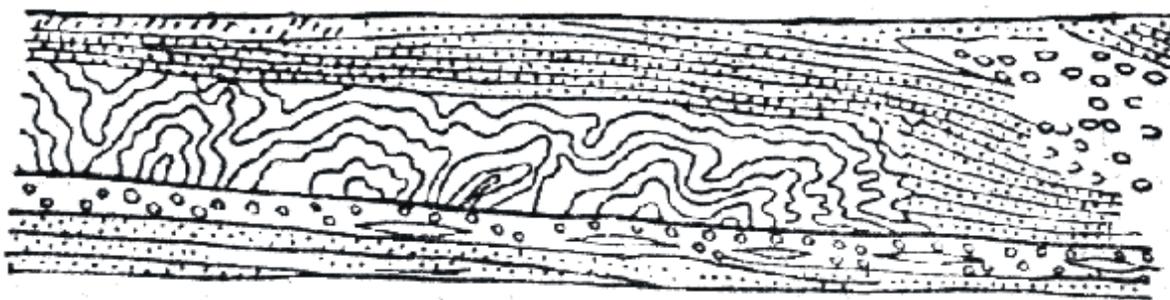




Рис. 12. Морфологические типы текстур: А – горизонтальная слоистость; Б – косая слоистость; В – волнистая слоистость; Г – слоистость взмучивания; Д – сутуро-стилолитовая

Градационная (ленточная, потоковая) слоистость, это чередование серий косых и горизонтальных слоев (Рис. 11Б). Косые серии имеют наклон в одну сторону, углы наклона крутые. Горизонтальные серии состоят из мелкого материала. Мощность слоев от нескольких мм до метров. Потоковая слоистость образуется в результате деятельности мутьевых потоков и временных водотоков в местностях с расчлененным рельефом.

Близка к потоковой слоистость взмучивания, представляющая собой залегание смятых пачек среди недислоцированных пород (Рис. 12Г). Это мелкие и неправильные складки мощностью до 0,5-1,0 м и даже в десятки и сотни метров. Залегают они в виде линз. Возникает в результате оползания алевритовых, глинистых или известковых осадков геосинклинальных областей, в т. ч. во флише.

Стилолитовая текстура (сутуро-стилолитовая) – это мелкие (сутуры – до 5 мм) и крупные (стилолиты до 2-3 см) зубья и клинья, которые представляются пилообразными швами (Рис.12 Д). Сами швы часто заполнены труднорастворимым материалом. Стилолитовые текстуры характерны для карбонатных ОП. Они возникли вследствие селективного (избирательного) растворения породы под давлением, а нерастворимые компоненты сконцентрировались в полости шва. Это происходит в условиях давления при эпигенезе.

Биогенные текстуры (фукоиды) возникают обычно в глинистых, известковых, алевритовых и песчаных осадках при деятельности червей, илоедов, ракообразных, иглокожих, моллюсков, рифостроящих водорослей и полипов (Рис. 13А), других организмов. Часто они представлены норами и следами ползания, возникшими в незатвердевшем осадке и заполненных материалом иного состава (Рис. 13Б). Эти образования имеют различную ориентировку и размеры (биотурбированная текстура). Некоторые ОП (мел) образовались из осадков, почти полностью переработанными илоедами.

Рифостроители образуют крупные массивы биогенной текстуры – массивные природные резервуары нефти и газа.

А



Б



Рис. 13. Биогенные текстуры: А – биогенная текстура коралловых рифов;  
Б – биотурбированная текстура

Характеристикой сложения ГП является отдельность – способность раскалываться по определенным направлениям, образуя куски различной формы и размера (формы отдельности).

## 6. КЛАССИФИКАЦИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Общепризнанных классификаций ОП нет, что связано с полигенетичностью составных частей. Например, кальцит может быть хемогенным, биогенным и обломочным.

Принципиальный каркас всех современных классификаций создал У. Твенгофел (1925), хотя генетический принцип классификации был введен еще М. В. Ломоносовым в XVIII веке.

Л. Б. Рухин (1953) и другие авторы делят ОП по вещественному составу на следующие классы: 1) обломочные, 2) глинистые, 3) глиноземистые (аллитные), 4) железистые, 5) марганцевые, 6) фосфатные, 7) кремнистые, 8) карбонатные, 9) соли, 10) каустобиолиты.

Широко распространена генетическая классификация М. С. Швецова.

1. Обломочные: грубообломочные, песчаные, алевритовые, пелитовые, вулканогенно-осадочные. Класс выделен на основании образования в результате механического разрушения.

2. Глинистые: полиминеральные, гидрослюдистые, каолинитовые, монтмориллонитовые. Химическое разложение алюмосиликатов.

3. Хемогенные и биогенные: алюминистые, железистые, марганцевые, кремнистые, фосфатные, карбонатные, сульфатные, галоидные. Они могут иметь одинаковый химический и минеральный состав.

4. Каустобиолиты: торф, ископаемые угли, нефть, озокерит, асфальт, горючие сланцы. ОП практически целиком состоят из продуктов преобразования ОВ.

Название ОП определяется по преобладающему компоненту. Когда породу составляют 2 компонента примерно в равных количествах, применяют двойное название (песчано-глинистая порода). При наличии в породе существенных количеств 3 компонентов в название включают все. Количественно преобладающий компонент в названии располагается последним (глинисто-известковый песчаник).

### 6.1. ОБЛОМОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Обломочные ОП – одни из основных представителей осадочных образований и составляют около 20% объема осадочной оболочки Земли – стратисферы. К этому классу относятся ОП, в которых обломочная часть составляет более 50 % от суммы всех компонентов. Классификация обломочных ОП основана на их структуре и составе. В каждой структурной подгруппе выделяются породы рыхлые и сцементированные. В крупнообломочных породах учитывается также форма обломков.

Применительно к отдельным отраслям геологии составлены свои классификации. В нефтегазовой геологии используется классификация Московского института нефти и газа им. И. М. Губкина (таблица 1).

Таблица 1

**Классификация обломочных частиц по размеру**

Размер частиц, мм	Наименование	
	рыхлые обломки	цементированная порода
> 1000	Глыбы	Глыбовый конгломерат / брекчия
1000-500	Крупные валуны	Валунный конгломерат / брекчия
500-250	Средние валуны	
250-100	Мелкие валуны	
100-50	Крупная галька	Конгломерат / щебеночная брекчия
50-25	Средняя галька	
25-10	Мелкая галька	
10-5	Крупный гравий	Гравелит / дресвит (дресвяная брекчия)
5-2,5	Средний гравий	
2,5-1	Мелкий гравий	
1-0,5	Крупный песок	Песчаник
0,5-0,25	Средний песок	
0,25-0,1	Мелкий песок	
0,1-0,05	Крупный алеврит	Алевролит
0,05-0,025	Средний алеврит	
0,025-0,01	Мелкий алеврит	
0,01-0,001	Крупный пелит	Аргиллит
< 0,001	Мелкий пелит	

Обломочные породы смешанного состава образуются при совместном нахождении обломочных частиц различного размера – песчано-алеврито-глинистые породы. Между песком и глиной существует целый ряд переходных форм с переменным содержанием песчаного, алевритового и глинистого материала. Эти породы получили название суглинков и супесей. Породы при содержании глинистых частиц от 30 до 10% относят к суглинкам, от 10 до 5% – к супесям.

К смешанным также относят океаническую глубоководную глину, т. к. она формируется благодаря одновременному воздействию физического и химического гипергенеза.

При наличии примесей 5–50% порода получает соответствующее прилагательное (алевритовая глина).

Вулканоогенно-осадочные (пирокластические) породы состоят из обломочных продуктов вулканической деятельности, смешанных с обломочным, хемогенным, биогенным материалом. Вулканические бомбы имеют размер более 30 мм, лапилли 30–2 мм, вулканический песок 2–0,1 мм, вулканический пепел менее 0,1 мм. Они представляют собой обломки лавы, кратера, осколки вулканического стекла и минералов.

Вулканические туфы – породы, в которых обычно наряду с вулканическим пеплом, присутствует до 10% иного осадочного материала. В составе пеплов преобладают обломки вулканического стекла. По размеру частиц вулканические туфы различают тонкообломочные (менее 0,1 мм), мелкообломочные (0,1–1 мм), крупнообломочные (более 1 мм).

Туффиты состоят на 50-90% из вулканогенного и на 50-10% из иного осадочного материала. Они представлены обломками вулканического стекла, эффузивных пород и минералов.

Туффоогенные породы содержат 50-10% вулканогенной части. Сюда также относят тефрогенные породы (перемытый вулканический туф), а также гиалокластические породы, представленные гравелитами, песчаниками, алевролитами, состоящими из вулканического стекла.

## 6.2. КАРБОНАТНЫЕ ПОРОДЫ

Карбонатные ОП, вслед за обломочными, относятся к числу наиболее распространенных. Они составляют 15–20% всей массы осадочных образований. К карбонатным ОП относятся такие породы, в которых карбонатные минералы составляют  $\geq 50\%$ . Основной породообразующий минерал – кальцит  $\text{CaCO}_3$ . Важнейшими породообразующими организмами являются простейшие (фораминиферы, известковые водоросли), мшанки, кораллы, криноидеи, брахиоподы, моллюски, остракоды.

Наиболее характерные ОП – известняки, доломиты, мел, мергели и смешанные известково-доломитовые образования.

Различают 4 генетические группы известняков и вообще карбонатных ОП – хемогенные, биогенные, обломочные, измененные (перекристаллизованные).

Биогенные известняки пользуются наибольшим распространением. Они состоят из кальцитовых и арагонитовых остатков организмов. Среди них различают биогермы – прижизненные скопления прикрепленных организмов (рифовые известняки – коралловые, мшанковые, водорослевые, строматолитовые и др.), биостромы – линзы и биоценозы – прижизненные скопления организмов, обитающих на определенном участке дна бассейнов (биоморфные известняки – цельнораковинные ракушечники, мел, фораминиферовые и др.). В названии породы отражают состав фауны или флоры (нуммулитовый известняк и др.).

Погребенные крупные постройки колониальных организмов образуют массивные природные резервуары нефти и газа.

К биогенным известнякам принадлежит белый пишущий (писчий) мел – белая мягкая ОП с высокой пористостью (до 50 %). Мел состоит из остатков известковых водорослей – кокколитофорид (более 70–85 %), мелких фораминифер и мельчайших зерен кальцита.

Хемогенные известняки возникают при седиментогенезе и раннем диагенезе. В малоподвижной воде образуются пелитоморфные известняки, в подвижной воде – оолитовые, при диагенезе – конкреции. Известковые туфы (травертины) – это пористые натечные образования, возникающие на выходах минеральных источников.

Перекристаллизованные известняки образуются в результате катагенеза и метагенеза. Это кристаллически зернистые и мраморизованные известняки, в которых кристаллы кальцита могут быть величиной до нескольких сантиметров.

Доломиты – ОП, состоящие из минерала доломита  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (более 95 %). Биогенные доломиты – мало распространенные ОП, образующиеся при доломитизации биогенных известняков. Хемогенные доломиты: седиментационные (образовавшиеся в результате непосредственной хемогенной садки из вод бассейна с высоким рН), диагенетические и эпигенетические.

Магнезиты слагаются одноименным минералом  $\text{MgCO}_3$ . Различают крупнокристаллические магнезиты, образованные аналогично доломитам, и скрытокристаллические (колломорфные).

С магнезитом и родохрозитом изоморфными рядами связан сидерит  $\text{FeCO}_3$ . Различают кристаллические сидеритовые руды и глинистые шпатовые железняки, часто магнезиальные (магносидериты). Среднее содержание Fe 30–35 %.

Карбонатные породы смешанного состава – доломитовые известняки (5–50 % доломита), известковые доломиты (50–95 % доломита), анкеритизированные известняки (до 30–50 % анкерита).

Мергели сложены кальцитом и глинистым материалом. Они образовывались в случае совместного накопления в осадке примерно равных количеств карбонатного и глинистого материала (жирные, или глинистые 50–75 % глины, тощие, натуральные  $\frac{3}{4} \text{CaCO}_3$  и  $\frac{1}{4}$  глинистых примесей).

Карбонатные ОП применяются в металлургии, в сахарной отрасли для очистки сиропов, в строительстве (растворы, бут, щебень, огнеупоры, цемент), в производстве бумаги, в сельском хозяйстве для известкования кислых почв и в качестве минеральной добавки скоту и т. п.

Кроме того, известняки и доломиты являются коллекторами нефти и газа любого типа (поровые, трещинные, кавернозные, биопустотные), но могут быть и покрышками. С ними связаны крупные месторождения нефти и газа.

### 6.3. СОЛЯНЫЕ ПОРОДЫ (ЭВАПОРИТЫ)

В группу эвапоритов объединяются ОП гидрохимического происхождения. Это преимущественно сульфаты и хлориды. Они составляют 1,2 % общего объема ОП. Для эвапоритов характерна высокая растворимость в воде и слабых кислотах, ясно выраженное кристаллическое строение, низкая твердость и светлая окраска. Они залегают в виде пластов, прослоев, линз различной мощности, плавающих «корабликов» самосадочной соли, иногда образуют купола, штоки (диапиры), будинаж и другие вторичные, постседиментационные формы залегания.

Соляные ОП образуются в водной среде в результате выпадения солей в осадок из высокоминерализованных вод в эпиконтинентальных морях, лагунах и озерах. Сначала выпадают сульфаты кальция (140–175‰ ангидрит  $\text{CaSO}_4$  при 25–30°C, гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  при 63,5°C), затем 260–320‰ хлориды натрия (галит  $\text{NaCl}$ ), затем 330–350‰ хлориды и сульфаты K и Mg (сильвин, карналлит, полигалит и др.) и, наконец, хлориды Mg (бишофит  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).

#### СУЛЬФАТЫ

Гипсовые породы состоят в основном из минерала гипса. Они мягкие, легкие (плотность около 2,3 г/см<sup>3</sup>), поры практически отсутствуют (покрышки).

При разработке месторождений УВС следует учитывать вероятность осаждения гипса. Резкое падение давления, повышение температуры выше 40°C (особенно выше 80°C) или снижение ниже 30°C могут вызвать перенасыщение растворов и осаждение гипса. Поэтому наиболее интенсивные отложения гипса происходят на поверхности погружных двигателей и в нижней части труб. Если пластовая температура ниже 40°C, то закачивание охлажденной воды вызовет отложение гипса не только в скважинах и выкидных линиях, но и в пласте. Смешивание несовместимых вод на нефтепромыслах может происходить в системах транспортировки, сбора, подготовки и утилизации попутных вод, если в один водовод подаются воды из разных продуктивных пластов. Гипс может выпадать в осадок при использовании серной кислоты для повышения нефтеотдачи.

На глубине более 100 м гипс переходит в ангидрит. Ангидритовые породы слагаются ангидритом. На глубине 700–800 м гипс полностью замещается ангидритом. Вблизи земной поверхности он подвергается гидратации и переходит в гипс.

Гипс и ангидрит широко используются в строительстве (цемент, вяжущие, панели и т.д.), в качестве поделочного камня, для получения отливок, слепков и моделей, в хирургии, в бумажном производстве. Гипс применяют при производстве серной кислоты.

Мирабилит ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) кристаллизуется при температуре ниже 20–25°C (при более высокой температуре выпадает тенардит  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). Это ценное сырье для содовой, стекольной и лакокрасочной промышленности, используется также в медицине.

Глауберит  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$  входит в состав смешанной породы – глауберовой соли, состоящей из глауберита на 50–90%, галита (1–50%), карбонатов (3–12%).

Осадочные баритовые руды – основной источник Ba и его соединений, применяемых в текстильной, кожевенной, пищевой промышленности, в медицине, электронике и радиотехнике, при изготовлении специальной штукатурки, непроницаемой для рентгеновского излучения; используется в нефтяной отрасли в качестве утяжелителей буровых растворов при бурении в условиях аномально высокого пластового давления, как наполнитель в бумажной, резиновой, керамической, лакокрасочной, промышленности, для изготовления взрывчатых веществ, в металлургии и др.

Алунит (квасцовый камень)  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_6$  образуется в зоне окисления сульфатных месторождений. Обладает антисептическими свойствами, потенциальная руда на Al ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 20%). Квасцы используются в текстильной отрасли (краситель, дубитель), в медицине как вяжущее, прижигающее и кровоостанавливающее средство («квасцовый карандаш»).

### ХЛОРИДЫ (ГАЛОИДЫ)

Каменная соль сложена минералом галитом. Это самая распространенная соляная ОП. Она обладает высокой пластичностью и поэтому имеет свойство перемещаться из мест высокого давления в места с пониженным давлением. При этом могут возникать вторичные купола и массивы высотой до 5–10 км. Благодаря высокой пластичности она является наилучшей покрывкой.

Каменная соль в огромных количествах используется в пищевой промышленности, в химической промышленности для получения каустической и кальцинированной соды, хлора, соляной кислоты; а также в кожевенном, текстильном, металлургическом производствах.

Сильвиновая порода (сильвинит) состоит из галита на 25–60% и сильвина  $\text{KCl}$  на 15–40%. Эта ОП сравнительно мало распространена. Часто ассоциирует с каменной солью. Сильвинит используется для производства удобрений и препаратов калия.

Карналлитовая порода состоит на 50–80% из карналлита  $KMgCl_3 \cdot 6H_2O$  и на 20–50% из галита и примесей. Карналлит – руда на магний, служит для получения магниезальных реактивов.

Бишофит  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  применяется в производстве искусственного камня (плитка, блоки), в медицине (лечебные ванны), в нефтедобыче – для приготовления тампонажных и твердеющих смесей, в химической промышленности – для получения соединений магния повышенной чистоты, как противогололедный реагент, для предотвращения примерзания и смерзания сыпучих грузов (угля, руды и т.д.) в зимнее время.

#### 6.4. КАУСТОБИОЛИТЫ

В класс каустобиолитов объединяются горючие ОП. Это продукты преобразования органических остатков под воздействием геологических факторов (давление, температура, время). По составу, свойствам и условиям образования они подразделяются на 2 ряда: угольный (гумусовый, углеродный) ряд – торф, сапрпель, горючие сланцы и угли; нефтяной (битумный, углеводородный) ряд – нефть, битумы и горючие газы. Основное их назначение – топливо, т.к. они отличаются высокой теплотворной способностью: бурый уголь 5000-7000 ккал, каменный уголь 8000–9000 ккал, антрацит более 9000 ккал, нефть более 10000 ккал.

Торф представляет собой скопление растительных остатков разной степени разложенности и гелефикации. Содержание С 55–60%, Н 6%, N 2%, О 33%. Химическим анализом в торфе также обнаружены воски, смолы, жирные кислоты, углеводы, лигнин и продукты его превращения – гуминовые кислоты.

Растительность болот, где образуется торф, отмирая, падает на дно. В условиях затрудненного доступа  $O_2$  при участии бактерий она разлагается (гумифицируется).

Классифицируются торфы по составу растительности, по условиям образования, по качественным показателям.

Применяется торф как местный вид топлива, удобрение, подстилка для скота, как тепло- и звукоизоляционный материал, для зачернения и влагоудержания на полях.

Сапрпель (гиттия) – ил, содержащий большое количество ОВ. Его основная масса состоит из детрита водорослей, животного планктона и растений. С 50–60%, Н 7–8%, N 1–3%, О 20–30%. Всегда содержит терригенные примеси и минеральные новообразования (до 30-50%). Это темная, мягкая и жирная масса однородного мелкозернистого или микрослоистого строения.

Сапрпель образуется в болотах и озерах. Часто локально подстилает торф. Сапрпель без примеси гуминовых веществ (чистый) встречается сравнительно редко (балхашит).

Применяется сапрпель как удобрение и в медицине как лечебные грязи.

Горючие сланцы – глинистые или известковистые, часто тонкослоистые плитчатые ОП буровато- и зеленовато-серого цвета, содержащие С 20-80%, Н 7-10%, N 2-4%, О 10-20% и битуминозные вещества до 50-60%. Они представляют собой остатки водорослей (преимущественно цианофитов) и зоопланктона, преобразованные последующими изменениями в коллоидную массу.

Горючие сланцы образуются в пресноводных озерах, лагунах и морях.

Горючие сланцы используются в качестве минерального топлива.

Ископаемые угли классифицируются на основе их генезиса, состава и свойств: гумолиты (гумиты и липтобиолиты) и сапрпелиты. Между основными типами углей существуют постепенные переходы.

Гумолиты, или гумусовые угли, образовались из остатков древесной растительности. Среди ископаемых углей они пользуются наибольшим распространением.

Липтобиолиты состоят из спор, кутикулы, пробки, коры и других смолистых частей древесных растений. Структура бывает споровая – тасманит, смоляная – рабдописсит, листоватая (кутикуловый липтобиолит) – листоватый или бумажный уголь, плитчатая (коровые) – лопинит. Характеризуются повышенным выходом летучих веществ (45-57%), первичной смолы и низкой зольностью (8-9%).

Сапрпелиты, это матовые, вязкие угли с раковистым изломом. Состоят из остатков водорослей (богхед, кеннель, сапромиксит) или бесструктурной массы (сапроколлит). Отличаются от гумусовых углей высоким выходом летучих (до 90%) и первичного дегтя.

Угли залегают в виде пластов различной мощности (от 1 до 15 м) и линз (более 100 м мощности).

Антрациты – высокометаморфизованные угли, черные, с металлическим блеском. С 91-98%, Н 2,5%, О 2,5%.

Угли применяются как топливо, при выплавке металлов и служат сырьем для химической промышленности (лакокрасочная, резинотехническая, получение фенолов, спиртов, пластмасс и т. д.).

Нефть представляет собой сложный раствор УВ, где в жидкой фазе растворены твердые и газообразные вещества. Образуется в результате катагенеза ОП, насыщенных ОВ. С 84–88%, Н 12–14%, N 1–2%. По составу

выделяются следующие классы (хотя в процессе миграции состав может меняться).

1. Метановые (парафиновые)  $C_nH_{2n+2}$  нефти: светлые и легкие, во всех фракциях много алканов – в бензиновых более 50%, в масляных более 30% (Мангышлак).

2. Нафтеновые (циклопарафины – т.н. незрелые нефти)  $C_nH_{2n}$  нефти: темные и тяжелые, характерно содержание циклановых УВ во всех фракциях около 60% и более, алканов и смолисто-асфальтовых компонентов мало (Баку).

Нефти 1 и 2 классов свойственны невысокие концентрации смол и асфальтенов.

3. Ароматические ( $C_nH_{2n-x}$ , где  $x=6, 8, 10$  и т.д.) нефти отличаются повышенным содержанием аренов во всех фракциях, тяжелые, редко встречаются в природе (Бугуруслан).

4. Метаново-нафтеновые нефти содержат в соизмеримых количествах алкановые и циклановые УВ, при незначительном содержании аренов – не более 10% (Волго-Уральская НГП, Западная Сибирь).

5. В нафтеново-метаново-ароматических нефтях алканы, цикланы и арены присутствуют примерно в одинаковых количествах, высокие концентрации (до 10%) смол и асфальтенов.

6. Нафтеново-ароматические нефти характеризуются преобладанием нафтенов и аренов, концентрация смол и асфальтенов еще более возрастает (15–20%).

Выделяется несколько классов нефтей: по плотности очень легкие 0,80 легкие 0,84 средние 0,88 тяжелые 0,92 очень тяжелые; малосмолистые 10 % смолистые 20% высокосмолистые; по динамической вязкости – маловязкие 12 мПа·с повышенной вязкости 30 высоковязкие 1 группы 100 высоковязкие 2 группы 500 высоковязкие 3 группы. Классы по содержанию S: I – малосернистые (<0,5 %), II – сернистые (0,5–2,0 %), III – высокосернистые (>2,0%). Типы по фракциям, перегоняющиеся до 3500: T1 –  $\geq 45\%$ , T2 – 44,9–30%, T3 – <30 %. Группы по потенциальному содержанию базальтовых масел: M1 –  $\geq 25\%$ , M2 – 15–25 % в расчете на нефть и  $\geq 45\%$  в расчете на мазут, M3 – 15–25 % на нефть и 30–45 % на мазут, M4 – <15 % на нефть. Подгруппы по индексу вязкости (сравнительная характеристика испытуемого масла с эталонными маслами): И1 >85, И2 – 40–85. Виды по содержанию парафина: П1 – малопарафиновые  $\leq 1,5\%$ , П2 – парафиновые 1,51–6,0 %, П3 – высокопарафиновые >6,0 %.

Используя эту классификацию, можно для любой нефти составить шифр, например, ПТМЗИПЗ, по которому легко составить представление о наиболее рациональных путях ее переработки. ГОСТ Р 51858-2020 «Нефть. Общие ТУ».

Нефть – ценнейшее ПИ. Из нее получают бензин, керосин и многие другие продукты. Она широко применяется для органического синтеза.

Горючие газы связаны с углями и нефтями. Они состоят из УВ, г.о. метана, содержат различные пропорции N, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, инертных газов. Сухой газ состоит г. о. из метана (более 85 %) с низким содержанием этана C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> (менее 10 %), конденсата менее 10 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Тощий газ – метановый газ с низким содержанием этана, количество конденсата – 10–30 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. В жирном газе конденсата 30–90 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Природные газы бесцветны, легко смешиваются с атмосферным воздухом.

Горючие газы используются как топливо, для получения пластмассы, искусственного волокна и т.д.

УВГ генетически связаны либо с гумусовым (угольным) ОВ, либо с сапропелевым (нефтяным).

Метан CH<sub>4</sub> – наиболее распространенный и миграционно способный УВГ в природе. Сорбционная способность низкая, растворимость в воде небольшая, смеси с воздухом взрывоопасны. Применяется в промышленности и коммунальном хозяйстве (топливо, отопление).

Тяжелые УВ (этан, пропан, бутан) имеют высокую сорбционную способность. Этан имеет наибольшую из всех УВГ растворимость в воде. Содержание ТУВ в чисто газовых залежах обычно менее 0,5%, в попутных газах до 30%. Промышленное значение имеют газы, содержащие ТУВ не менее 2-3% (полиэтилен, синтетический каучук, пластмассы).

Двуокись (диоксид) углерода CO<sub>2</sub> в нормальных условиях – газ. Его содержание в газах и нефтях изменяется от 0 до 59%. CO<sub>2</sub> хорошо растворяется в воде.

Азот N<sub>2</sub> – газ без запаха, содержание в природных газах от сотых долей до 99%, в попутных – 0–50%.

Сероводород H<sub>2</sub>S – газ с резким запахом, хорошо растворимый в воде. H<sub>2</sub>S высокотоксичный газ. Концентрация в свободных газах до 1%; в карбонатно-сульфатных толщах – до 10-20%.

Водород H<sub>2</sub> – самый легкий газ в природе, без запаха. Содержание – от тысячных долей до 60%. Чаще всего Н ассоциируется с соле-, угле- и нефтеносными толщами.

Гелий He – газ без запаха. В свободных газах его содержание не превышает 10%, в попутных – 0,5%. Высокие концентрации He наблюдаются в зонах нарушений.

Твердые битумы обычно представляют собой продукты изменения (окисления) и дегазации нефтей. В целом, подвергаясь метабенезу и метаморфизму битумы переходят следующим образом: нефть – мальта – кир – асфальт – асфальтиты – кериты – антраксолит.

Мальта – густая, вязкая нефть, содержащая не менее 35 % асфальтово-смолистых компонентов. Согласно одним представлениям, мальта – продукт осмоления и полимеризации нефти; согласно другим – промежуточное звено между исходным нефтематеринским ОВ и собственно нефтью.

Кир – группа природных битумов, образующихся в результате окисления в зоне выходов лёгких метановых и нафтенных нефтей. С 75–86 %; Н 8–12 %; N+S+O 2–11 %; масел 25–65 %, смол и асфальтенов до 80 %. Кир пропитывает коллекторы (закирование), образует покровы возле нефтяных выходов и «шляпы», связанные с сальзами и грязевыми вулканами.

Асфальт (горная смола) состоит из смеси смол (30–50 %), масел (30–65 %) и асфальтенов (5–40 %). С 67–88 %, Н 7–12 %, N+O 2–23 %. Образуется в результате окисления нефти и испарения лёгких фракций. Залегают обычно в виде жил и линз. Применяют главным образом в дорожном строительстве, электротехнике и химической промышленности.

Асфальтиты – твердые высокоплавкие битумы, полностью растворимые в органических растворителях. Занимают промежуточное положение между легкоплавкими твердыми битумами (асфальтами) и неплавящимися керитами.

Кериты – высокометаморфизованное ОВ нефтяного ряда в метаморфизованных ОП (глинистые, аспидные и др. сланцы). От других битумов отличаются более высоким содержанием С (до 95 %) и нерастворимостью в органических растворителях.

Озокерит (горный воск) состоит из смеси твердых парафиновых УВ с примесью жидких и газообразных УВ. С 84–87 %, Н 13–15 %, N+O+S 1,5–2,0 %. Представляет собой парафинистый осадок, выпадающий из нефти при её охлаждении в результате подъёма к поверхности по трещинам. Залегают обычно в виде жил. Озокерит используется как электротехнике, при производстве лаков, в медицине.

Антраксолит – антрацитоподобный минерал, неплавкий, нерастворимый в органических растворителях. Содержание С >90 %. Занимает крайнее положение в ряду метаморфизма битумов.

## **6.5. СИЛИЦИТЫ (Кремнистые породы)**

К кремнистым ОП относятся различные осадочные образования, целиком или частично сложенные кремнеземом хемо-биогенного происхождения. Кремнистые ОП в значительной части состоят из различных окислов

и гидроокислов Si – халцедона и опала. Содержание этих минералов составляет 50–98%.

По минеральному составу выделяются опаловые, опало-халцедоновые и халцедоно-кварцевые породы.

По генезису выделяются биогенные (диатомиты, радиоляриты), хемогенные (гейзериты, кремневые конкреции, яшмы, лидиты) и биохемогенные ОП, образовавшиеся в результате диагенеза и катагенеза скелетов организмов – трепела, опоки, некоторые яшмы.

Диатомиты состоят из скорлупок диатомовых водорослей, сцементированных колломорфным опалом. В пресноводных озерах образуются диатомовый ил и кремни. Породы пористые, легкие (плотность 0,9 г/см<sup>3</sup>), плавают на поверхности воды. Во внутренних областях океанов к диатомово-терригенным отложениям приурочены повышенные концентрации РОВ в виде  $C_{орг}$ .

Радиоляриты – слоистые ГП, состоящие из опала, в котором рассеяны остатки радиолярий. В современных морских отложениях встречается глубоководный радиоляриевый ил.

Спонголиты состоят из спикул кремневых губок, сцементированных опалом. Микропористые опаловые и опало-халцедоновые ОП с содержанием спикул губок 10-50% называют гезами.

Гейзериты и кремнистые туфы – пористые ОП, состоящие из опала, залегают в виде натеков, корочек и т.п. Образуются из вод горячих источников (кремнистые туфы) и гейзеров (гейзериты) при падении температуры и давления.

Кремни – плотные ОП с раковистым изломом. Они широко распространены в карбонатных ОП, реже – в обломочных. Кремни в толщах писчего мела называют флинтами. Кремневые конкреции откладываются при растворении силикатов и алюмосиликатов в условиях обилия CO<sub>2</sub>, SO<sup>4</sup>. В молодых отложениях они чаще имеют опало-халцедоновый состав, в древних – халцедоно-кварцевый.

Яшмы – халцедоновые и кварцево-халцедоновые породы. В их составе наблюдается существенная примесь глинистого материала, оксидов Fe, хлорита, ОВ. Благодаря обилию хромофоров, яшмы нередко имеют яркие окраски. Яшмы образовались хемобиогенным и хемогенным путем благодаря садке кремнезема из морских вод, вероятно в местах подводной вулканической деятельности, а также в результате перехода опала в халцедон и кварц на стадиях диагенеза и катагенеза.

Фтаниты (лидит, пробирный камень, кремнистые сланцы) состоят из кварца с примесью колчедана и углистых частиц, реже – графита.

Трепелы слагаются г. о. опалом, который присутствует в виде глобулей (округлых стяжений) размером в тысячные доли миллиметра. В небольшом количестве присутствуют остатки диатомей, радиолярий, губок, карбонатный, глинистый и обломочный материал.

Опока также состоит из мельчайших глобулей опала, содержит редкие остатки диатомей, радиолярий и спикул губок. Содержит значительное количество терригенного материала (до 40–50 %). Вероятно, опоки и трепелы образуются из диатомитов и спонголитов, претерпевших изменения при диагенезе и катагенезе.

Силициты широко используются как строительный, звуко- и теплоизоляционный материал, как наполнитель, адсорбент при изготовлении специальных сортов цемента (трепелы и опоки). Яшма – прекрасный отделочный и декоративный материал.

### **6.6. АЛЛИТЫ (глиноземистые, алюминистые породы)**

Осадочные аллиты представляют скопление минералов с высоким содержанием глинозема, которое колеблется в широких пределах, составляя при этом в промышленных алюминиевых рудах не менее 28 %. Залегают аллиты в виде пластов протяженностью до нескольких километров при мощности до 30 м, линз, гнезд среди карбонатных и терригенных ОП.

Главные компоненты – диаспор  $\alpha\text{-AlOOH}$ , бёмит  $\gamma\text{-AlOOH}$ , гиббсит (гидраргиллит)  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , а также лимонит  $\text{FeOOH} \cdot (\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O})$ , гётит  $\alpha\text{-FeOOH}$ , гидрогётит  $3\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , гидрогематит  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , каолинит. Эти минералы образуют многокомпонентные породы – бокситы и их элювиальные разновидности – латериты.

Классификация аллитов основана на генетическом, минеральном и текстурно-структурных признаках.

Бокситы бывают латеритными, платформенными и геосинклинальными. Латеритные бокситы делятся на остаточные (коры выветривания) и метасоматические. Платформенные бокситы приурочены к делювиальным, аллювиальным и озерно-болотным и морским отложениям. Геосинклинальные бокситы образуются в морях, обычно залегают в карбонатных породах.

Латериты представляют собой пористую породу кирпично-красного цвета. Это продукты гипергенеза алюмосиликатных пород. Они образуются в условиях жаркого влажного климата в кислой, окислительной среде.

Бокситы – основная руда для получения  $\text{Al}$ . Их используют для изготовления огнеупоров, адсорбентов, цемента и в качестве химического сырья; корунд – абразивов.

### 6.7. ФЕРРИТЫ (железистые породы)

К железистым породам относятся природные образования, содержащие Fe более 10%. В промышленных рудах содержится 16-72% Fe. Основные минералы – оксиды: магнетит, гематит, лимонит, а также сидерит, пирит, шамозит  $\text{Fe}_n\text{Al}(\text{Si}_3\text{AlO}_{10})(\text{OH})_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , хлорит  $(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot (\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{OH})_6$ . Осадочные ферриты содержат значительное количество примесей: кремнезем (10-40%), глинозем (3-10%), глинистые минералы и др.

Главнейшие представители – бурые железняки, сидериты, шамозиты, т.е. железные руды (ортштейны) и различные россыпи, богатые железистыми минералами (ортзанды). Они залегают в виде пластов, прослоев, линз и тел неправильной формы (коры выветривания).

По генезису выделяют следующие осадочные ферриты: хемогенные (прибрежно-морские, озерно-болотные, аллювиальные, почвенные, коры выветривания, метасоматические) и обломочные (морские и аллювиальные).

На литорали и сублиторали образуются окисные руды. В восстановительной среде лагун возникают хлоритовые и сидеритовые руды, которые говорят о благоприятных условиях для накопления и сохранности УВ.

На суше железные руды образуются в зоне окисления сульфидных месторождений (железная шляпа или стеклянная голова), при метасоматозе известняков. В условиях влажного климата под лесами возникают железистые конкреции. В озерах и болотах накапливаются окисные бобовые руды хемобиогенным путем. В восстановительной обстановке торфяников образуются сидеритовые стяжения. Оолитовые железистые ОП формируются в пойменных, дельтовых и лиманных осадках.

Бурые железняки представляют собой природную смесь гидроокислов Fe – гётита  $\text{FeOOH}$ , гидрогётита  $\text{FeOOH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$  и др.

Сидеритовые породы – редкое железорудное сырье. Они состоят из сидерита с многочисленными примесями. Образуются на стадии диагенеза в щелочной восстановительной обстановке.

Шамозитовые породы слагаются шамозитом, но содержат значительную примесь глинистого материала. Шамозит образуется хемогенным путем в прибрежно-морских и континентальных восстановительных условиях, весьма благоприятных для формирования залежей УВ.

Железистые ОП – руды для получения Fe. Некоторые окисные соединения Fe используются для приготовления минеральных красок (охра, сурьик).

### 6.8. МАНГАНОЛИТЫ (марганцевые породы)

Марганцевые ОП содержат свыше 10% оксида Mn. Богатые руды содержат свыше 35–40 % Mn. Основные марганецсодержащие минералы – оксиды:

пирролюзит  $MnO_2$ , псиломелан  $mMnO \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$ , манганит  $MnO(OH)$  и в меньшей мере карбонаты – родохрозит  $MnCO_3$  и манганокальцит  $(Mn, Ca)CO_3$ .

Источником Mn являются кристаллические породы. Первичной формой была перекись  $Mn_2O_2$ , которая при диагенезе преобразовывалась в псиломелан, пирролюзит и другие соединения.

Классификация по генезису – хемобиогенные (при участии бактерий) и хемогенные (путем коагуляции), по минералогическому составу – окисные и карбонатные.

Окисные марганцевые породы представляют собой смесь псиломелана, пирролюзита, манганита с опаловым, глинистым, обломочным материалом и оксидами железа. Они образуются в областях морского мелководья, озер и болот, где окислительная обстановка царит в придонном слое воды и в осадке, а также в коре выветривания на суше. Генезис – хемогенный.

Карбонатные марганцевые породы содержат рассеянные кристаллы родохрозита и манганокальцита. Образуются они в морских условиях одновременно с другими карбонатами в щелочной среде, при дефиците  $O_2$  в придонном слое. На поверхности карбонатные минералы замещаются окислами, появляются черные пятна, тонкие черные прослойки и т.д.

На дне современных морей и океанов широко распространены железомарганцевые конкреции из  $Fe^{3+}$  и  $Mn^{4+}$  в форме гидроксидов. Суммарное содержание последних может достигать 65%. Среднее содержание Mn в конкрециях составляет 15–17%. Наибольший интерес представляют скопления на глубинах 4,0–5,5 км. Это руды будущего.

Марганцевые руды используют для получения Mn, который применяют для производства специальных сортов стали, чугуна, ферромарганца; в химической промышленности, стекольном производстве, при изготовлении сухих батарей и т. д.

## 6.9. ФОСФАТНЫЕ ПОРОДЫ

К фосфатным относят породы, в которых содержание  $P_2O_5$  не менее 10 % или не менее 25–35 % фосфатных минералов. Основной породой является фосфорит. Содержание  $P_2O_5$  – 10–40 %. Это одни из немногих пород, в которых главный компонент (фосфатные минералы) составляет менее половины массы. Наиболее распространенные фосфатные минералы – коллофанит  $Ca_n(PO_4)_m(OH)_p$ , гидроксилapatит  $Ca_5(PO_4)_3(OH)$ , фторапатит  $Ca_5(PO_4)_3F$ , хлорапатит  $Ca_5(PO_4)_3Cl$ . Второстепенными минералами могут быть карбонаты Ca, Mg и Fe, опал, халцедон, кварц, глауконит, сульфиды Fe и тяжелых Me, OB и терригенные примеси, редкоземельные и радиоактивные элементы. Иногда фосфатное вещество является цементом в обломочных и глауконитовых ОП.

По генезису различают фосфориты хемогенные и биогенные; по минеральному составу – гидроксил-апатитовые, даллитовые и др.; по условиям залегания – пластовые и конкреционные (лучисто-конкреционные и желваковые).

Пластовые фосфориты залегают на глубоководном шельфе в виде пластов мощностью до 15–17 м. Они состоят псевдоолитов фосфата размером 0,1–1 мм, сцементированных аморфным фосфатом. Источником Р служит фосфорсодержащий планктон. Снижение гидростатического давления на мелководном шельфе влечет за собой выпадение в осадок фосфатов на глубинах 50–150 м.

Конкреционно-лучистые и желваковые фосфориты достигают размера до 20 см и веса до 70 кг, возникают при диагенезе глин глубоководного шельфа. В них нередко встречаются фосфатизированные органические остатки.

Кроме того, фосфориты могут образоваться при массовой гибели позвоночных организмов, при этом фосфат кальция концентрируется в костях и чешуе. Костяные брекчии – желтоватые, пористые породы. Состоят из костей рыб. Фосфаты костей представляют собой гидроксилapatит.

Фосфориты служат для производства фосфорных удобрений, фосфорных кислот и других соединений.

## 7. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

#### «ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД»

##### Задание 1.

Дайте характеристику указанных ниже минералов ОП (формула, классификация, цвет, твердость, блеск, спайность, генезис, в состав каких ОП входят). Дать сравнительную характеристику их устойчивости при гипергенезе.

При выполнении заданий допустимо использование лекций и литературных источников.

1	Анортит, кремьень	11	Халцедон, доломит
2	Микроклин, ангидрит	12	Флогопит, сидерит
3	Альбит, гипс	13	Галлуазит, бёмит
4	Глауконит, кварц	14	Магнезит, пиролюзит
5	Мусковит, сильвин	15	Псиломелан, гипс
6	Кальцит, монтмориллонит	16	Кальцит, манганит
7	Авгит, каолинит	17	Доломит, гидрогётит
8	Роговая обманка, галит	18	Галит, палыгорскит
9	Опал, ортоклаз	19	Каолинит, ортоклаз
10	Лимонит, биотит	20	Ангидрит, роговая обманка

##### Задание 2.

Перечисленные ниже ОП расположите строкой в порядке возрастания растворимости в воде. Известны ли явления карста в последних из них?

1	Доломит, песчаник, опока	6	Алеврит, каменная соль, яшма
2	Трепел, известняк, гравелит	7	Каолин, суглинок, ангидрит
3	Алевролит, мел, горючий сланец	8	Торф, известняк, конгломерат
4	Песок, гипс, каменный уголь	9	Супесь, гипс, диатомит
5	Мергель, аргиллит, ангидрит	10	Спонголит, доломит, бентонит
11	Кремьень, супесь, известняк	16	Брекчия, мел, сильвинит
12	Ангидрит, радиолярит, лёсс	17	Сидерит, монтмориллонит, гипс
13	Трепел, мергель, опаловый песчаник	18	Радиолярит, мергель, глауберова соль
14	Каменная соль, доломит, гейзерит	19	Боксит, яшма, гидрослюдистая глина
15	Суглинок, известняк, опока	20	Известковый туф, диатомит, фосфорит

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2  
«ЭВОЛЮЦИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД»

Задание 1.

Выделите из перечисленных минералов породообразующие для магматических, метаморфических и осадочных горных пород? Приведите примеры. Выделите унаследованные минералы осадочных пород, объясните причины унаследованности.

1	Халцедон, кварц, оливин	12	Галит, кальцит, авгит
2	Лабрадор, мусковит, кальцит	13	Сильвин, ортоклаз, оливин
3	Ортоклаз, каолинит, биотит	14	Биотит, магнезит, мусковит
4	Гипс, роговая обманка, авгит	15	Мирабилит, анортит, авгит
5	Микроклин, опал, эгирин	16	Тальк, каолинит, кварц
6	Лимонит, микроклин, гранат	17	Ортоклаз, глаукофан, доломит
7	Ангидрит, серицит, кварц	18	Флогопит, глауконит, актинолит
8	Кальцит, биотит, хлорит	19	Тальк, халькопирит, галит
9	Асбест, мусковит, гипс	20	Мусковит, галенит, халцедон
10	Монтмориллонит, эпидот, альбит	21	Битовнит, галлуазит, эгирин
11	Лимонит, нефелин, плагиоклаз	22	Гематит, гиббсит, сфен

Пример ответа. Оливин является главным породообразующим минералом магматических ультраосновных пород (перидотит, дунит), каолинит – осадочных пород (каолиновая глина), роговая обманка – как магматических пород (диорит, гранит), так и многих осадочных пород (песок, суглинок и др.). Последняя унаследована благодаря...

Задание 2.

Составьте ряд: исходная осадочная горная порода – продукты ее видоизменения в процессе литогенеза – метаморфизма.

1	Рассланцованный гравелит, гравий, парагнейс, гравелит	6	Мрамор, птероподовый ил, карбонатный сланец, мел
2	Кварцит, песок, песчаник, кварцитопесчаник	7	Парагнейс, глина, глинистый сланец, аргиллит
3	Аргиллит, слюдяной сланец, суглинок, роговик	8	Филлит, суглинок, парагнейс, слюдяной сланец
4	Опока, кремнистый ил, яшма, трепел	9	Слюдяной гнейс, песчаник, парагнейс, песок
5	Парагнейс, глина, слюдяной сланец, глинистый сланец	10	Карбонатный сланец, ракуша, известняк, мрамор
11	Конгломерат, парагнейс, галька,	17	Порфирит, вудканический

	рассланцованный конгломерат		пепел, эпидотовый сланец, вулканический туф
12	Серпентинит, карбонатный ил, рассланцованный серпентинит, доломит	18	Лимонит, железная слюдка, железистый ил, железистый кварцит
13	Парагнейс, алевролит, слюдяной сланец, супесь	19	Дресвит, катаклазит, дресва, рассланцованный дресвит
14	Доломит, известняк, мрамор, ил известковый	20	Уголь, антрацит, торф, углистый сланец
15	Филлит, хлоритовый сланец, аргиллит, глина	21	Туффит, вулканический пепел, амфиболит, вулканический туф
16	Горючий сланец, шунгит, сапропель, шунгитовый сланец	22	Катаклазит, щебень, рассланцованная брекчия, брекчия

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3  
«СОСТАВ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД»

Задание 1.

В результате цементации или уплотнения каких рыхлых или плотных отложений образовались перечисленные ниже горные породы? Укажите преобладающие размеры и формы обломков или частиц, возможный минеральный состав, структуру, текстуру.

1	Дресвелит, алевролит	11	Коралловый известняк, брекчия
2	Туффит, конгломерат	12	Трепел, алевролит
3	Брекчия, песчаник	13	Диатомит, туфопесчаник
4	Аргиллит, гравелит	14	Лавобрекчия, мел
5	Алевролит, мергель	15	Песчаник, опока
6	Туфоалевролит, уголь	16	Глинистый сланец, туффит
7	Лёсс, ангидрит	17	Радиолярит, конглобрекчия
8	Гравелит, известняк-ракушечник	18	Туфоконгломерат, лёсс
9	Глыбовая брекчия, спонголит	19	Песчаник, аргиллит
10	Конгломерат, аргиллит	20	Туфосланец, аргиллит

### Задание 2.

Песчаник состоит из указанных ниже трех минералов. Какие из них могут быть цементирующим веществом? Какова водостойкость песчаника Вашего варианта и почему?

1	Кварц, кальцит, ортоклаз	11	Кварц, санидин, гематит
2	Лимонит, микроклин, кварц	12	Амфибол, доломит, кварц
3	Полевые шпаты, кварц, гипс	13	Иллит, кварц, микроклин
4	Кварц, опал, полевой шпат	14	Кварц, олигоклаз, глауконит
5	Мусковит, кварц, каолинит	15	Гётит, ортоклаз, кварц
6	Халцедон, биотит, кварц	16	Кальцит, кварц, альбит
7	Кварц, гипс, плагиоклазы	17	Кварц, галлуазит, анортит
8	Лимонит, кварц, мусковит	18	Хлорит, кварц, битовнит
9	Кварц, авгит, гиббсит	19	Лабрадор, опал, кварц
10	Плагиоклазы, глауконит, кварц	20	Авгит, кварц, монтмориллонит

### Задание 3.

Из каких отложений (остатков каких организмов) образовались перечисленные ниже ОП? Укажите условия их формирования.

1	Фосфорит, диатомит	11	Радиолярит, низинный торф
2	Торф, фузулиновый известняк	12	Брахиоподовый известняк, богхед
3	Ракушечник, опока	13	Лингуловый фосфорит, мел
4	Каменный уголь, мел	14	Криноидный известняк, яшма
5	Нефть, швагериновый известняк	15	Сапропелит, костяная брекчия
6	Горючий сланец, яшма	16	Верховой торф, птероподовый ил
7	Янтарь, нуммулитовый известняк	17	Кукерсит, диатомит
8	Асфальт, трепел	18	Лигнит, мшанковый известняк
9	Озокерит, коралловый известняк	19	Рудистовый известняк, нефть
10	Бурый уголь, спонголит	20	Граптолитовый сланец, трепел

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4  
«СТРУКТУРЫ И ТЕКСТУРЫ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД»

Структуры и текстуры многих осадочных пород сходны и в основных чертах геометрически подобны. Наименования породам даются по минеральному составу и размеру структурных элементов. На рисунке 14 схематически в плоском сечении изображены структуры и текстуры осадочных и метаморфических пород. На рисунках белое – минеральные зерна, черное – поры, занятые воздухом, иногда водой, штриховка – пространство, занятое связующими минералами.

Задание.

Назовите горные породы, изображенные на рисунках, охарактеризуйте их структуру как равномерно или неравномерно зернистую с окатанными или неокатанными зернами, текстуру как пористую или плотную, беспорядочную (массивную), либо упорядоченную (слоистую или сланцеватую); оцените их относительную проницаемость.

Укажите, куда относятся данные горные породы по коллекторским / экранирующим свойствам (коллектор / крышка).

Методические указания.

Решая задачу, в первую очередь определите по масштабу характерный размер частиц, обратите внимание на их форму и наличие цемента.

Степень неоднородности оцените визуально: если большинство частиц отличаются по линейному размеру в 1,5...2,0 раза, то порода однородна.

Текстуру определите по степени упорядоченности расположения обломков.

Решение дайте для варианта задачи при следующих дополнительных условиях (таблица 2).

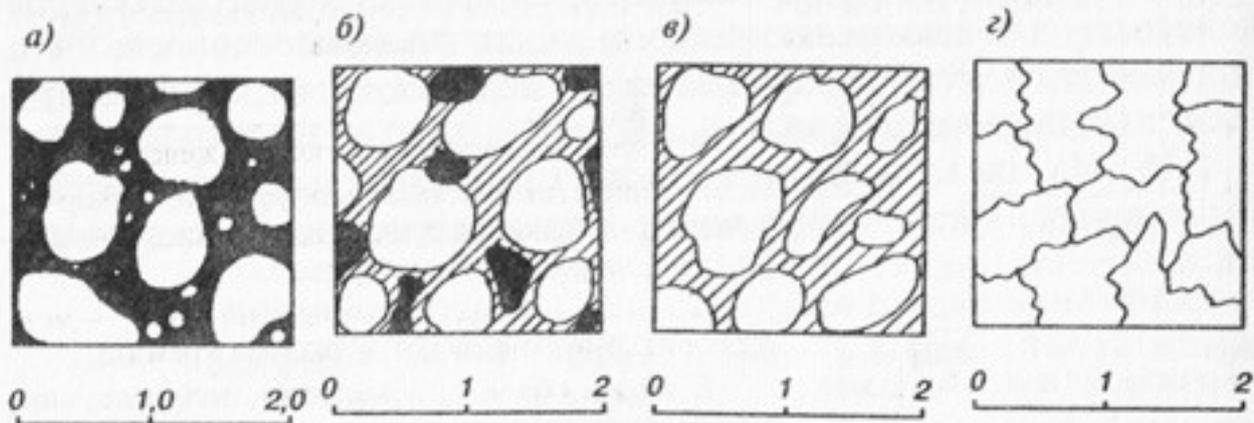


Рис. 1.1. Схематическое изображение структур и текстур осадочных и метаморфических горных пород

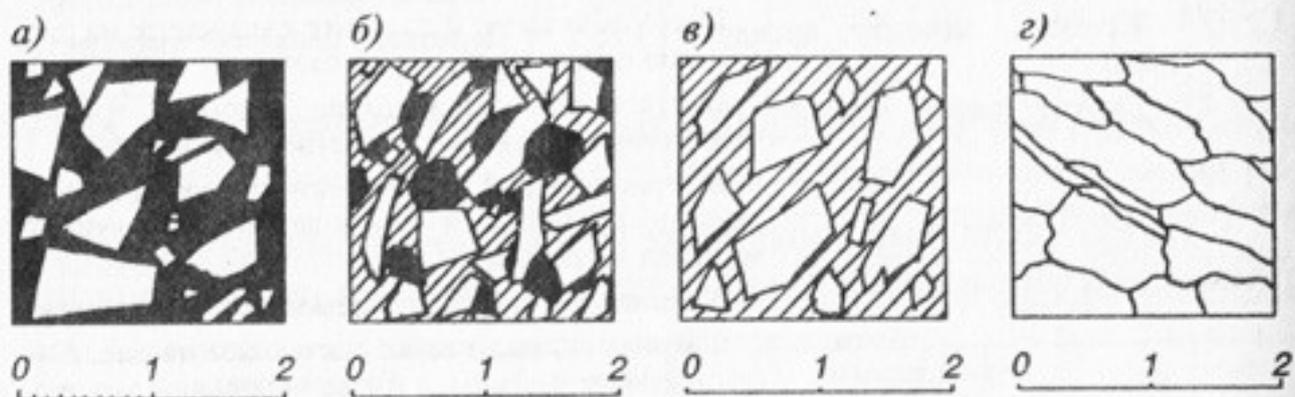


Рис. 1.2. Схематическое изображение структур и текстур осадочных и метаморфических горных пород

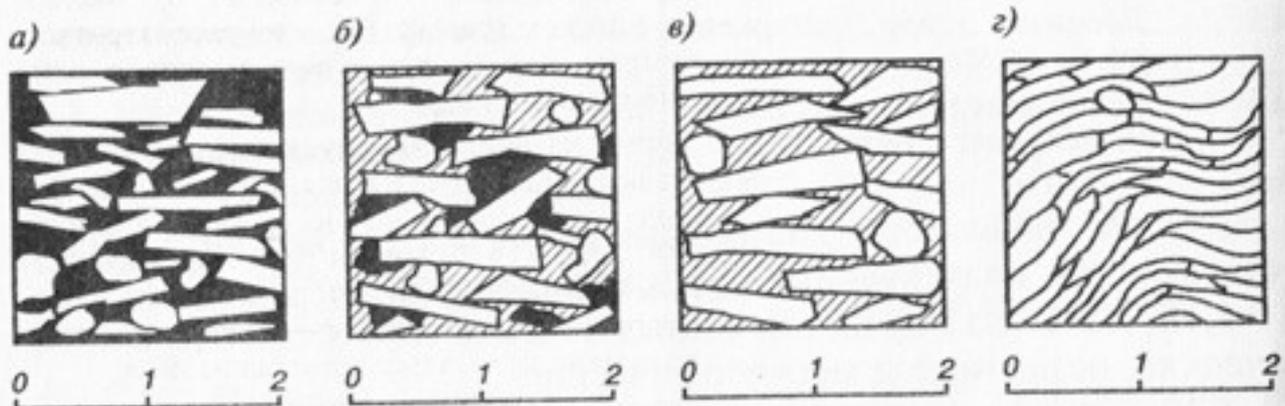


Рис. 1.3. Схематическое изображение структур и текстур осадочных и метаморфических горных пород

Рис. 14. Структуры и текстуры горных пород  
(см. таблицу 2)

## Сведения к рисунку 14

Вар.	Рис.	Размер единичного отрезка на масштабной шкале	Дополнительные сведения
1	1.1	1 мм	В зернах кварц, цемент – оксиды железа
2	1.1	1 см	В зернах кварц, обломки трахита, липарита, базальта. Связующее вещество на рис. б – каолинит, на рис. в – ангидрит
3	1.1	0,05 мм	В зернах кварц; связующее на рис. б – монтмориллонит, на рис. в – оксиды кремния
4	1.1	1 дм	В зернах обломки известняка, доломита, мрамора; цемент – кальцит
5	1.1	1 м	В обломках гранит, гранодиорит; связующий материал – глинистые минералы (рис. г – не рассматривать)
6	1.1	1 мм	В зернах кальцит и доломит; связующее на рис. б – каолинит, на рис. в – кальцит
7	1.2	1 дм	В зернах обломки мрамора, доломита, известняка; цемент – кальцит
8	1.2	1 см	В зернах на рис. а и б обломки раковин моллюсков, на рис. в и г – доломита; связующий минерал – кальцит
9	1.2	1 мм	В зернах кварц, слюда; цемент – оксиды железа
10	1.2	0,05 мм	В зернах слюды, кварц; связующее на рис. б – глинистые минералы, а также гипс и кальцит (≈5%)
11	1.2	0,005 мм	В зернах каолинит, слюды и кварц; в порах – воздух, связующее – вода
12	1.2	1 м	В обломках гнейс, мрамор, диабаз, роговик, грейзен; связующее – супесь (рис. б), оксиды железа с песком (рис. в). Вместо рис. г рассмотреть рис. а и б при 1 дм
13	1.2	1 мм	В зернах на рис. а преимущественно лёд, а также кварц, глинистые и др. минералы; на рис. б – кварц, слюда, полевые шпаты; на рис. в – преимущественно разложившиеся растительные остатки; на рис. г – лёд; связующее везде – микрокристаллы льда
14	1.3	1 дм	В зернах обломки сланцев, песчаников, известняков плитчатой формы; связующие на рис. б – каолинит с примесью кварца и вода, на рис. в – кальцит. Вместо рис. г рассмотреть рис. а и б при 1 см

15	1.3	0,005 мм	На рис. <i>a</i> и <i>б</i> частицы представлены агрегатами монтмориллонита, гумуса, мельчайшими обломками кварца; на рис. <i>в</i> и <i>г</i> частицы слюды, графит, кварц; связующее на рис. <i>a</i> и <i>б</i> – вода, на рис. <i>в</i> – оксиды кремния
16	1.3	0,02 мм	На рис. <i>a</i> , <i>б</i> и <i>в</i> частицы представлены мусковитом и кварцем, на рис. <i>г</i> – хлоритом, серицитом, кварцем; связующее – глинистые минералы и вода
17	1.1	1 мм	В зернах кварц, цемент – оксиды железа

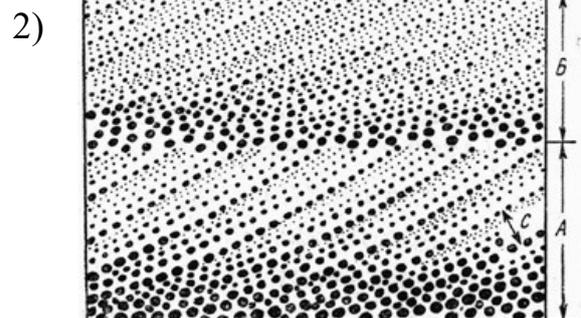
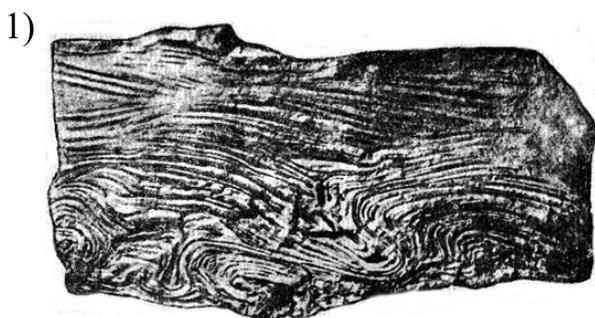
### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 «СЛОИСТОСТЬ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД»

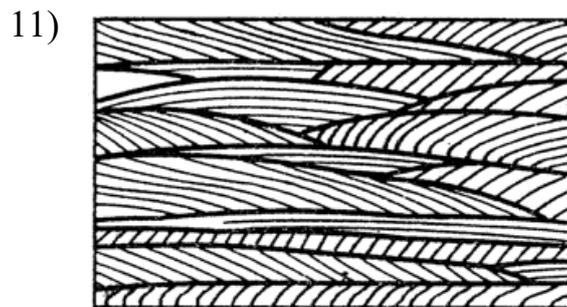
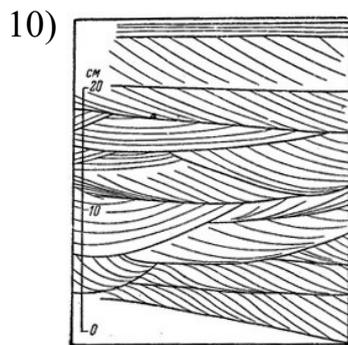
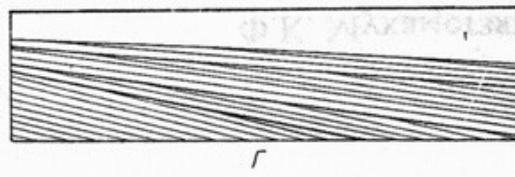
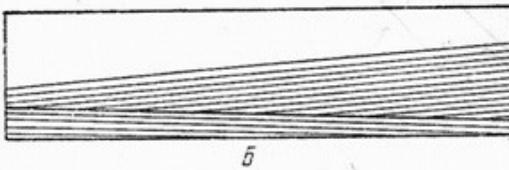
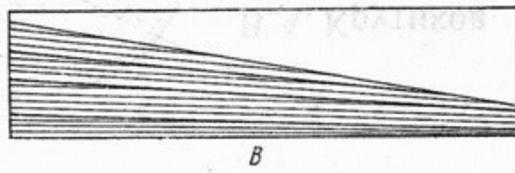
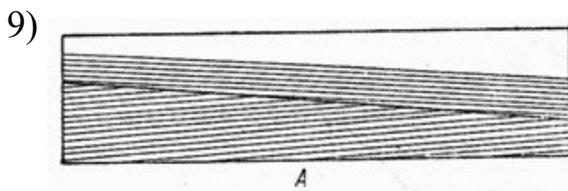
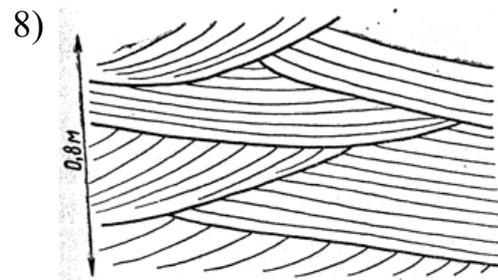
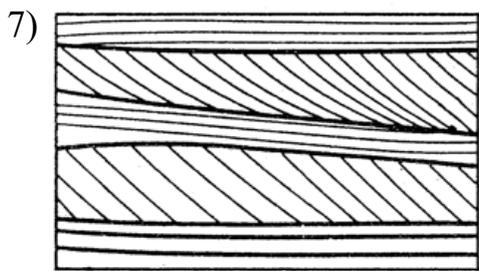
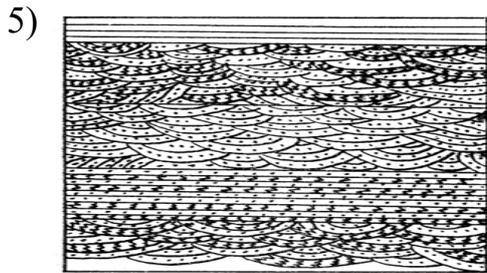
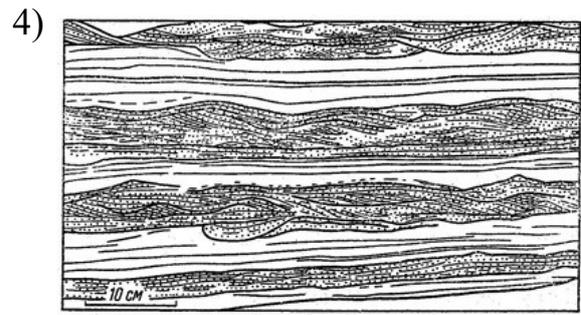
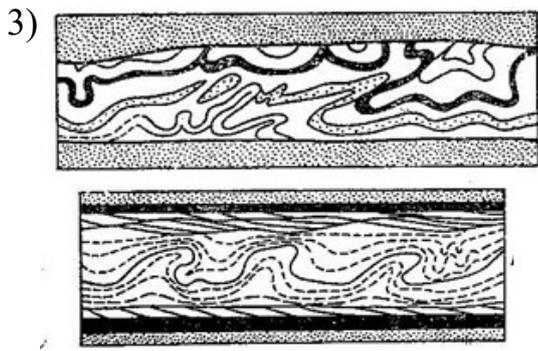
#### Задание.

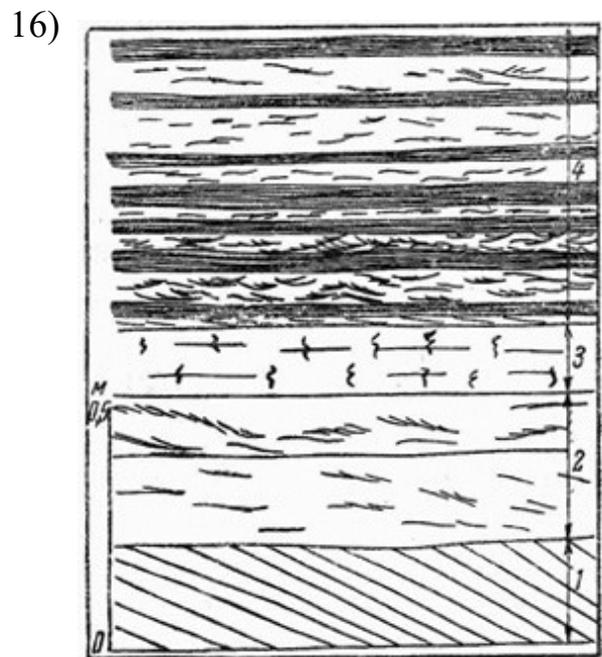
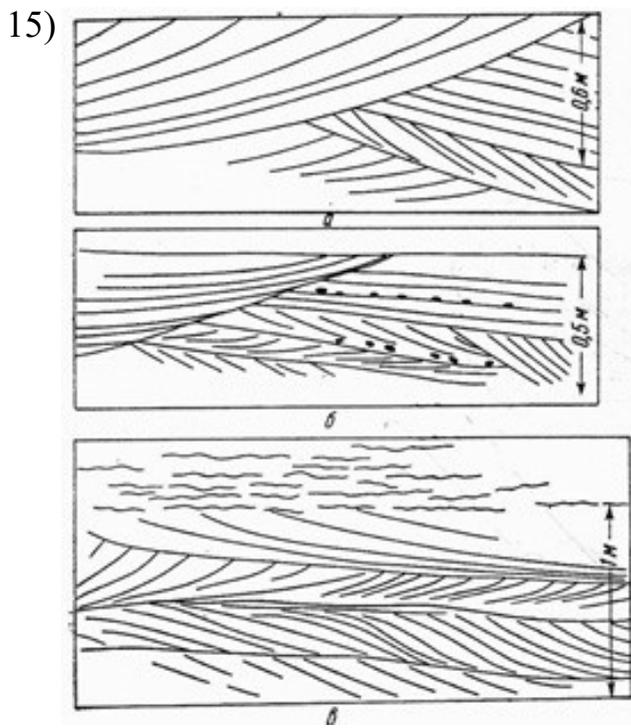
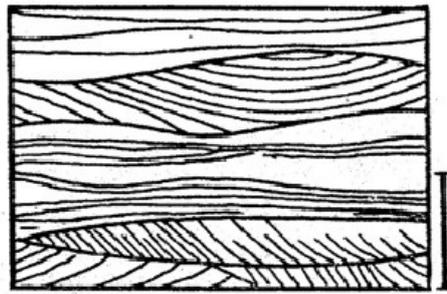
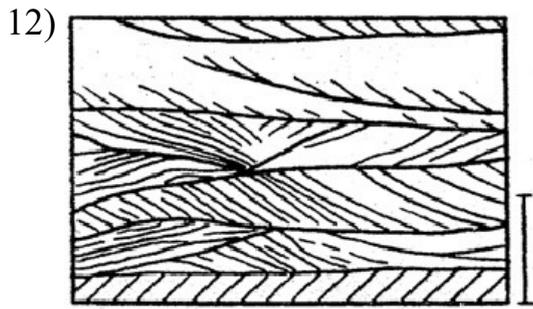
Описать текстуру ОП (по вариантам) – тип слоистости, определить генезис и условия образования по следующему плану:

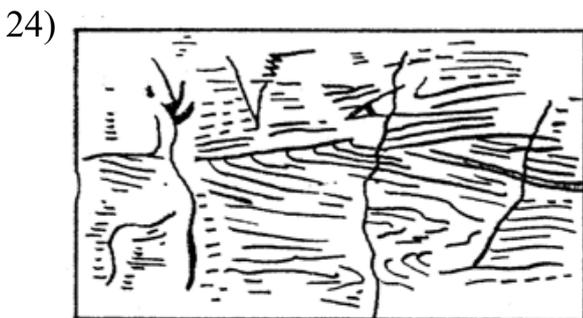
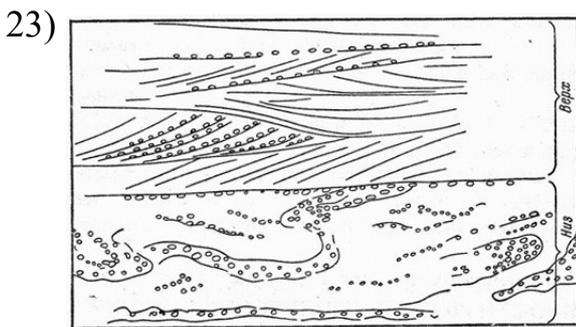
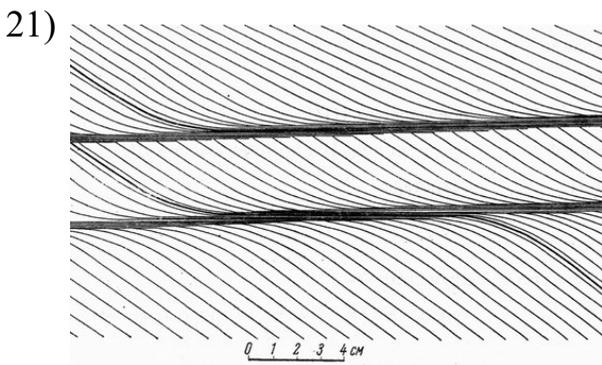
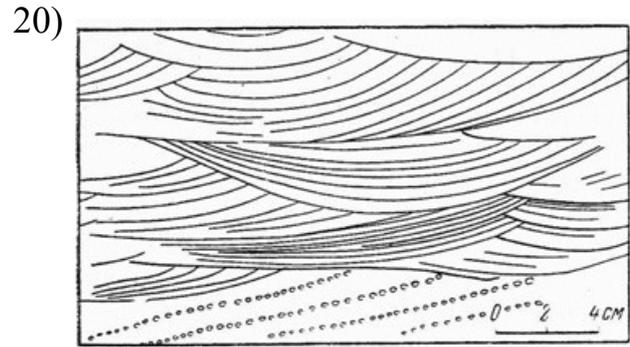
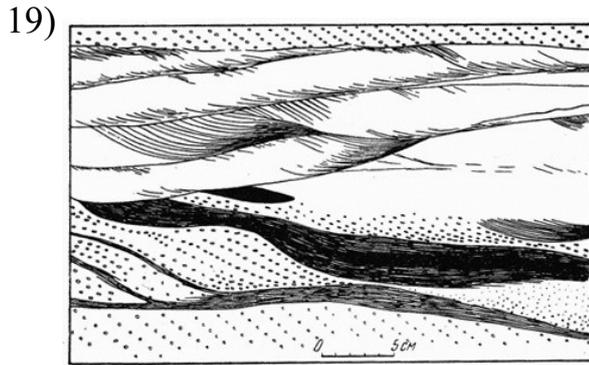
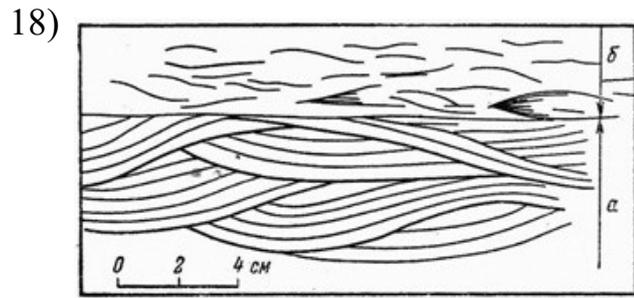
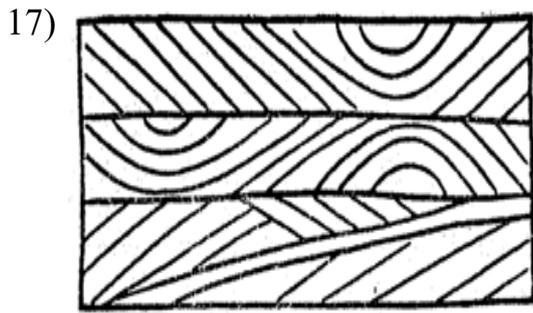
1. тип слоистости (горизонтальная, косая, перекрестная, волнистая, диагональная, биотурбированная), направленность слойков (однаправленная, разнонаправленная);
2. выраженность и форма серий и слойков (прямая, складчатая, выпуклая, вогнутая, дугообразная, смешанная), их границ;
3. генезис и фациальные условия образования, например:  
суша – ветровые холмы в пустыне (побережье), течение грунта по склону, ветровые знаки ряби, водно-ледниковые потоки, временные водные потоки по склону;  
водоем – русло реки, пойма реки, дельта реки, дно озера, течение грунта по склону на дне моря (мутьевые потоки), подводный оползень, волновые знаки ряби на мелководье, пляж моря, густо населенное организмами мелководье.

Варианты:

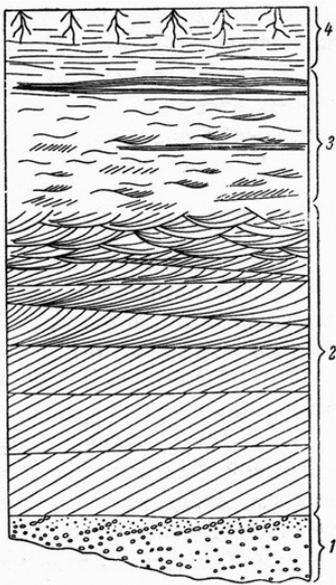




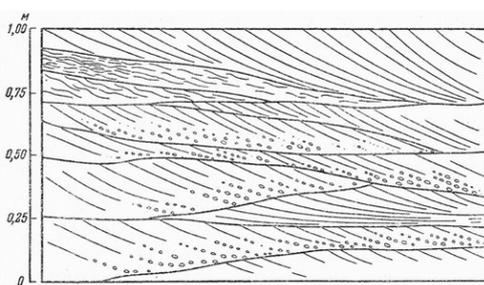




25)



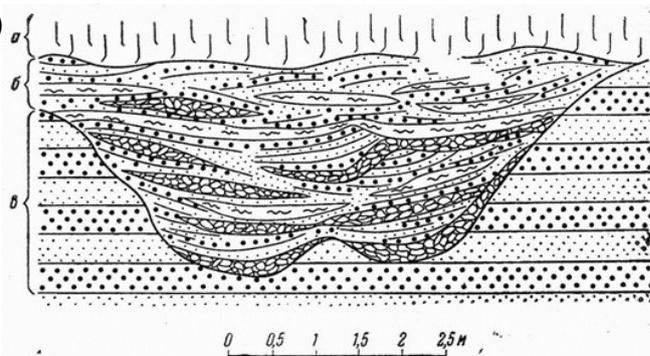
26)



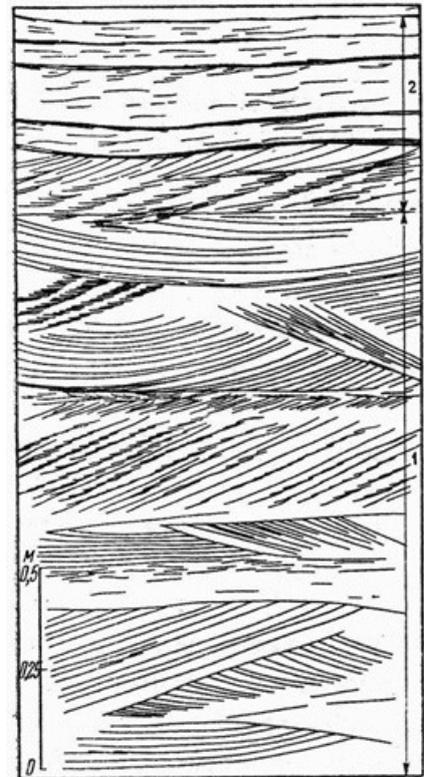
27)



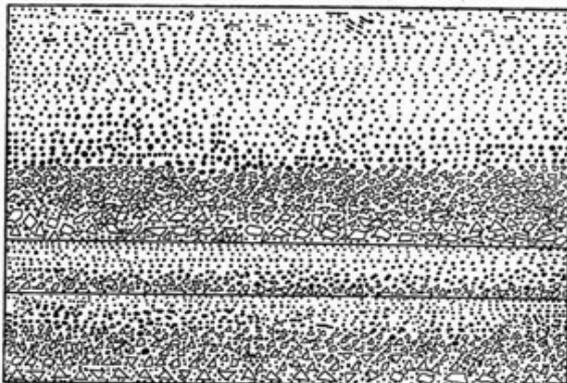
28)



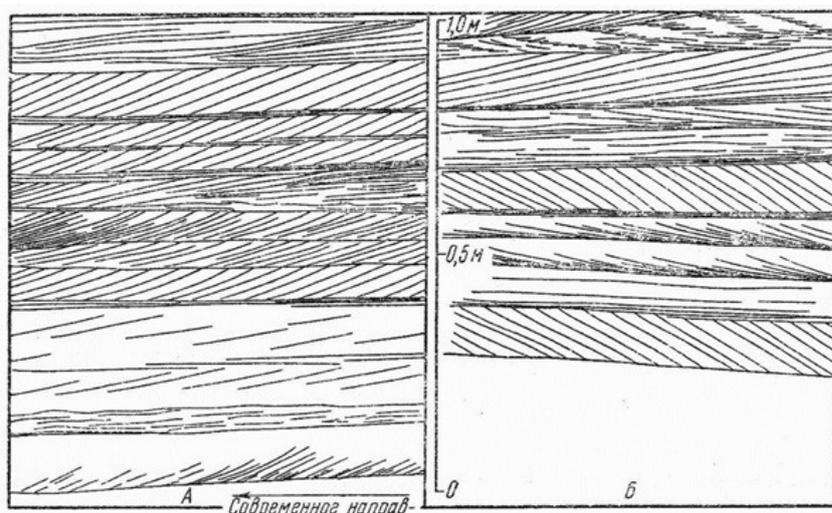
29)



30)



31)



*Краткие варианты ответов (без описания):*

- волнистая перекрестная слоистость зоны волнений прибрежной части моря;
- волнистая слоистость прибрежной части моря (правильная мульдообразная, неправильная прерывистая, переходящая в неправильно-горизонтальную);
- горизонтальная слоистость, вверху – слойчатость; вулканический туф с эоловой переработкой;
- диагональная русловая слоистость;
- диагональная слоистость знаков ряби мелководья;
- диагональная слоистость прибрежно-морского типа;
- косая биотурбированная слоистость на склоне донного вала прибрежной части моря;
- косая волнистая слоистость ряби мелководья;
- косая и косо-волнистая слоистость прибрежной части моря;
- косая однонаправленная слоистость русла реки;
- косая перекрестная и мульдообразная слоистость русла реки; прерывистая горизонтально-волнистая слоистость поймы;
- косая перекрестная слоистость дельты, местами – прослой ряби;
- косая слоистость дельт;
- косая слоистость моря;
- косая слоистость, переходящая выше в косо-волнистую, гляциофлювиальная;
- косо-волнистая мульдообразная слоистость прирусловой отмели;
- косо-волнистая слоистость прирусловой отмели;
- овражный делювий, прерывистая горизонтально-волнистая линзовидная слоистость;
- оползневая текстура (верхняя), изогнутая слоистость (нижняя) мутьевых течений;
- параллельная однонаправленная косая слоистость русла реки;
- пляжевая косая слоистость;

- подводно-оползневая слоистость (взмучивания);
- пойма: косая слоистость прирусловой отмели; размытый биотурбированный слой погребенных почв; косая и косо-волнистая слоистость со знаками ряби;
- потоковая (градационная) слоистость мутьевых потоков;
- русло реки – беспорядочно направленная изогнутая слоистость и косая слоистость;
- слоистость аллювия: русло, стрежень; основная часть русла; прерывистая горизонтально-волнистая слоистость поймы; прерывистая горизонтальная биотурбированная слоистость почвы;
- слоистость ряби течения мутьевых потоков;
- косая слоистость прирусловой отмели; прерывистая косо-волнистая слоистость поймы (паводковых вод); горизонтальная слоистость (погребенная почва); чередование косо-волнистой слоистости отложений паводков и горизонтальной слоистости заиления межени;
- тонкая асимметричная волнистая слоистость ряби гляциофлювиальных потоков;
- эоловая слоистость;
- эоловая слоистость мигрирующих дюн.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6 «КЛАССИФИКАЦИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД»

### Задание 1.

Дайте литологическую классификацию ОП своего варианта.

1	аргиллит, гипс, известняк	6	опока, галит, глина
2	мергель, песок, уголь	7	спонголит, мел, торф
3	ортштейн, диатомит, фосфорит	8	суглинок, галит, горючий сланец
4	спонголит, известняк, алевролит	9	асфальт, мергель, радиолярит
5	сильвинит, кремьень, гравелит	10	латерит, озокерит, карналлит
11	сильвинит, ил, лидит	16	мирабилит, яшма, брекчия
12	ангидрит, глина, песок	17	глина, гипс, трепел
13	песчаник, известняк, нефть	18	боксит, гейзерит, магнезит
14	гипс, доломит, аргиллит	19	галит, доломит, шамозит
15	супесь, фтанит, сидерит	20	шунгит, известняк, лёсс

## Задание 2.

Определите наименование обломочной породы своего варианта. Последовательно суммируйте сверху вниз (от крупных к мелким) содержание частиц фракций до выполнения условий приложения.

Запишите свои исходные данные, решение с выводами и итоговым ответом.

показатели	вариант					
	1	2	3	4	5	6
Зерновой состав частиц фракций, % по массе:						
более 200 мм	2	17	52	19	9	1
200...10	24	35	9	37	14	22
10...2	39	6	13	10	30	33
2...0,05	12	38	13	17	42	17
0,05...0,005	14	3	8	14	4	15
менее 0,005	9	1	5	3	1	12
Степень окатанности частиц размером > 2 мм (Н – неокатанные, О – окатанные)	Н	О	О	Н	О	Н
Число пластичности J заполнителя, %	11	< 1	8	4	< 1	13

При наличии заполнителя (частицы размером менее 2 мм) в количестве более 30% добавляется его название с указанием его состояния по числу пластичности (J), например – *щебень с супесчаным заполнителем*.

J < 1 песок; 1-7 супесь; 7-12 легкий суглинок; 12-17 тяжелый суглинок; 17-27 легкая глина; > 27 тяжелая глина.

## **Приложение**

По зерновому составу различают следующие виды грунтов:

Валунный (глыбовый) грунт	Масса обломков крупнее 200 мм – более 50%
Галечниковый (щебенистый) грунт	Масса обломков крупнее 10 мм – более 50%
Гравийный (дресвяный) грунт	Масса обломков крупнее 2 мм – более 50%
Песок гравелистый (дресвянистый)	Масса частиц крупнее 2 мм – более 25%
Песок крупный	Масса частиц крупнее 0,5 мм – более 50%
Песок средней крупности	Масса частиц крупнее 0,25 мм – более 50%
Песок мелкий	Масса частиц крупнее 0,1 мм – более 75%
Песок пылеватый	Масса частиц крупнее 0,1 мм – менее 75%

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7  
«МАКРОСКОПИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ОСАДОЧНОЙ ПОРОДЫ»

Задание.

Изучить образец осадочной породы и дать её описание по представленному плану.

1. Название
2. Классификация (не менее 4 таксонов)
3. Цвет (в трёх словах)
4. Структура (размер по рисунку 15, степень окатанности по таблице 3, форма обломков по рисунку 16)
5. Текстура
6. Минеральный состав (обломков и цемента при наличии)
7. Тип цемента (при наличии)
8. Пористость (тип и размер пустот), предполагаемая проницаемость (отсутствует, низкая, средняя, высокая), коллектор или покрышка
9. Вторичные изменения
10. Включения, в т.ч. вкус
11. Фациальная интерпретация: условия образования (фация), генезис (генетический тип).

Важно! Фациальная интерпретация является выводом и должна опираться на предыдущее описание, каждый тезис должен быть обоснован ссылкой на охарактеризованные особенности.

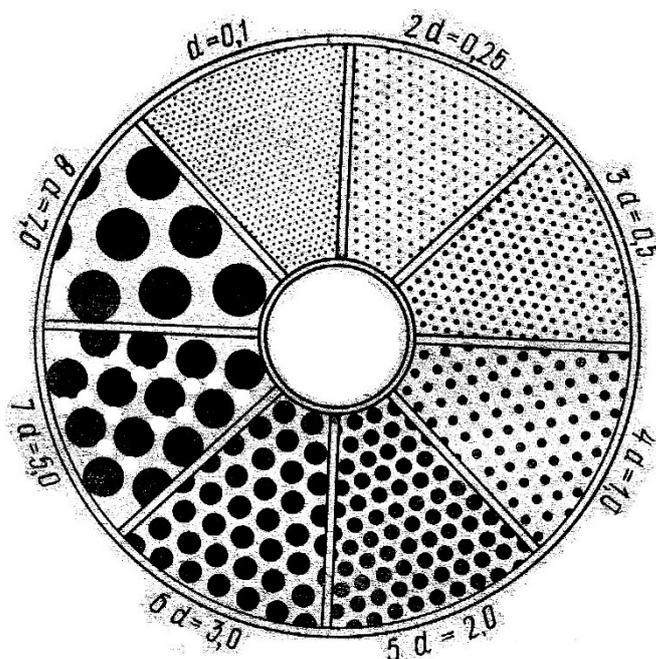


Рис. 15. Круговая диаграмма для определения размеров обломков

## Классификация обломков по степени окатанности

Степень окатанности	Характеристика
Окатанные	Окатыши лишены угловатости и имеют эллипсоидальную форму.
Полуокатанные	Окатыши сохранили слабые следы угловатости и даже первоначальной формы обломков.
Полуугловатые	Окатыши с закругленными гранями и отчетливо выраженной исходной формой обломков.
Угловатые	Обломки с сохранившейся первоначальной формой.

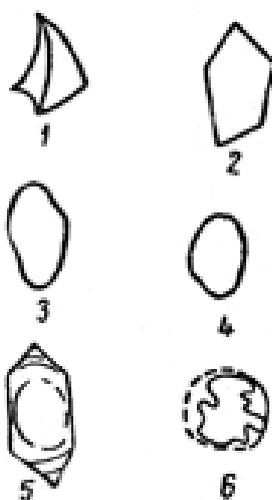


Рис. 16. Форма обломков: 1 – остросеберные; 2 – угловатые; 3 – полуокатанные; 4 – окатанные; 5- регенерированная кристаллическая; 6 – корродированная

## 8. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

#### «ГЛИНИСТЫЕ И МЕЛКООБЛОМОЧНЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ»

##### Задания.

Изучить коллекцию глинистых и мелкообломочных ОП (глины, аргиллиты, глинистые сланцы, алевролит, алевролит, лёсс).

По индивидуальным образцам описать штуф (обломок) или шлиф ОП по следующему плану:

1. минеральный / обломочный (размер частиц) состав – диагностировать горную породу, дать наименование;

2. цвет;

3. структура;

4. текстура, отдельность;

5. примеси и включения, наличие ОВ (РОВ, углистое вещество, нефть, битум) в пустотах, характер насыщения (запах, примазки, капли, зараженность, низкая / средняя / высокая насыщенность), соленость (вкус);

6. вторичные изменения (пленки и корочки окислов железа, марганца, выветрелость, закарстованность и т. д.);

7. фильтрационно-емкостная характеристика: размер и форма пустот, примерный объем; предполагаемая проницаемость (отсутствует, низкая, средняя, высокая); вывод – коллектор или покрышка, их тип (по пустотному пространству и литологическому составу);

8. условия образования ОП (обстановка осадконакопления), генезис (генетический тип).

*Пример краткого ответа после исследования образца.*

Аргиллит темно-серый, прослоями слабо алевролитистый, тонкослоистый, тонкопиритизированный, неравномерно известковистый, с листовато-плитчатой отдельностью; пористость тонкая, капиллярная; глинистая покрышка; генезис – лимнический.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

#### «СРЕДНЕОБЛОМОЧНЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ»

##### Задания.

Изучить коллекцию среднеобломочных ОП – песков и песчаников.

По индивидуальным образцам описать штуф (обломок) или шлиф ОП по плану, изложенному в лабораторной работе №1.

*Пример краткого ответа после исследования образца.*

Песчаник серый, полевошпатово-кварцевый, мелкозернистый, косо-слоистый, слабо известковистый, тонкопиритизированный; поверхности наслоения содержат глинистый материал. Прослоями (до 1,5мм) бурый, содержит в межзерновом пространстве вязкую нефть; не соленый, воду впитывает. Коллектор поровый, терригенный; генезис – аллювиальный, дельтовый.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 «КРУПНООБЛОМОЧНЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ»

Задания.

Изучить коллекцию крупнообломочных ОП – дресвы и гравия, щебня и гальки, брекчий, гравелита, конгломерата.

По индивидуальным образцам описать штуф (обломок) или шлиф ОП по плану, изложенному в лабораторной работе № 1.

*Пример краткого ответа после исследования образца.*

Гравелит красновато-серый; гравий представлен известняком, цемент – известковым песчаником, неслоистый, цемент базальный, местами поровый; участками трещины заполнены кальцитом, с выпотами и запахом УВ; отмечаются единичные створки пресноводных пелеципод до 2 см. Коллектор трещинно-поровый, терригенный; генезис – аллювиальный, русловой.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 «КАРБОНАТНЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ»

Задания.

Изучить коллекцию карбонатных ОП – известняков, доломитов, мергелей.

По индивидуальным образцам описать штуф (обломок) или шлиф ОП по плану, изложенному в лабораторной работе №1.

*Пример краткого ответа после исследования образца.*

Известняк серый, микрозернисто-пелитоморфный, с включением шламово-мелкодетритового материала, нарушенно-слоистый, сильно трещиноватый, плотный, крепкий. Органогенные остатки перекристаллизованы до водяно-прозрачного кальцита, овальной, круглой формы до 0,5 мм, створки до 1 мм.

Участками известняк пятнисто тонкорассеянно пиритизированный, возможно, с незначительной примесью глинистого вещества. Трещины короткие, извилистые, тонкие, залечены кальцитом. Поверхности наложения извилистые, стилолитоподобные, с примазками и пропластками глинисто-органического и глинистого зеленовато-серого вещества. Коллектор трещинный, карбонатный; генезис – морской, условия глубоководного шельфа.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 «СОЛЯНЫЕ И КРЕМНИСТЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ»

### Задания.

Изучить коллекцию карбонатных ОП – известняков, доломитов, мергелей.

По индивидуальным образцам описать штуф (обломок) или шлиф ОП по плану, изложенному в лабораторной работе №1.

*Пример краткого ответа после исследования образца.*

Опока светло-серая, тонкозернистая, тонкопористая, однородная, неслоистая, оскольчатая отдельность с раковистым изломом, слабо трещиноватая, липнет к языку, не соленая, воду не впитывает, трещины залечены молочно-белым кварцем; местами наблюдаются зеленоватые пятна, вероятно, включения глауконита; под микроскопом отмечаются спикулы криноидей. Покрышка кремнистая; генезис – морской, условия мелководного шельфа холодного моря.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 «КАУСТОБИОЛИТЫ»

### Задания.

Изучить коллекцию карбонатных ОП – известняков, доломитов, мергелей.

По индивидуальным образцам описать штуф (обломок) или шлиф ОП по плану, изложенному в лабораторной работе № 1.

*Пример краткого ответа после исследования образца.*

Горючий сланец серо-бурого цвета, карбонатно-глинистый, тонкозернистый, сланцеватый, горизонтально-слоистый, с включениями морских гастропод до 4 см, на поверхностях наложения наблюдаются черные корочки окислов марганца; воду не впитывает, не соленый; по поверхностям сланцеватости отмечаются тонкие закрытые трещинки. Покрышка карбонатно-глинистая; генезис – морской, условия опресненных лагун.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7  
«ФОСФАТНЫЕ, АЛЮМИНИСТЫЕ, ЖЕЛЕЗИСТЫЕ И МАРГАНЦЕВЫЕ  
ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ»

Задания.

Изучить коллекцию карбонатных ОП – известняков, доломитов, мергелей.

По индивидуальным образцам описать штуф (обломок) или шлиф ОП по плану, изложенному в лабораторной работе №1.

*Пример краткого ответа после исследования образца.*

Латерит буро-красный, землистый, глинистый, сильно пористый (поры от долей миллиметра до 1 см), хорошо проницаемый, воду впитывает, не соленый, с темно-красными пятнами гематита. Коллектор поровый, глинистый; генезис – континентальный, условия возвышенностей, жаркого и влажного климата.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакиров, А. А. Литолого-фациальный и формационный анализ при поисках и разведке скоплений нефти и газа / А. А. Бакиров, А. К. Мальцева. – Москва : Недра, 1985. – 159 с.
2. Балицкий, В. П. Основы литологии / В. П. Балицкий, Л. В. Милосердова, П. В. Флоренский. – Москва : Изд-во РГУ нефти и газа, 2003. – 105 с.
3. Гринсмит, Дж. Петрология осадочных пород / Дж. Гринсмит – Москва : Мир, 1981. – 253 с.
4. Гриффитс, Дж. Научные методы исследования осадочных пород / Дж. Гриффитс. – Москва : Мир, 1971. – 422 с.
5. Ежова, А. В. Литология. Краткий курс. / А. В. Ежова. – Томск : Томский политехнический университет, 2014. – 102 с.
6. Крашенинников, Г. Ф. Учение о фациях / Г. Ф. Крашенинникова. – Москва : Высшая школа, 1971. – 367 с.
7. Кузнецов, В. Г. Литология. Осадочные горные породы и их изучение. / В. Г. Кузнецов. – Москва : Недра-Бизнесцентр, 2007. – 512 с.
8. Логвиненко, Н. В. Петрография осадочных пород / Н. В. Логвиненко. – Москва : Высшая школа, 1974. – 400 с.
9. Малиновский, Ю. М. Нефтегазовая литология: учеб. пособие / Ю. М. Малиновский. – Москва : Изд-во Российского Университета дружбы народов, 2007. – 217 с.
10. Наумов, В. А. Оптическое определение компонентов осадочных пород / В. А. Наумов. – Москва : Недра, 1989. – 349 с.
11. Прошляков, Б. К. Литология и литолого-фациальный анализ / Б. К. Прошляков, В. Г. Кузнецов. – Москва : Недра, 1981. – 286 с.
12. Прошляков, Б. К. Литология / Б. К. Прошляков, В. Г. Кузнецов. – Москва : Недра, 1991. – 443 с.
13. Рухин, Л. Б. Основы литологии / Л. Б. Рухин. – Ленинград : Недра, 1969. – 703 с.
14. Рыкус, М. В. Обстановки осадконакопления и литология природных резервуаров нефти и газа: учеб. пособие / М. В. Рыкус. – Уфа : УГНТУ, 2001. – 81 с.
15. Сергеева, Э. И. Теория литогенеза / Э. И. Сергеева. – Санкт-Петербург : С.-Петербург. ун-т, 2005. – 140 с.
16. Страхов, Н. М. Типы литогенеза и их эволюции в истории Земли / Н. М. Страхов. – Москва : Гостоптехиздат, 1963. – 535 с.
17. Теодорович, Г. И. Учение об осадочных породах / Г. И. Теодорович. – Москва : Изд-во АН СССР, 1958. – 231 с.

18. Фролов, В. Т. Литология / В. Т. Фролов. – Москва : Изд-во МГУ, 1992. – 334 с.
19. Чернова, О. С. Седиментология резервуара / О. С. Чернова. – Томск : Изд-во Центра профессиональной переподготовки специалистов нефтегазового дела ТПУ, 2004. – 455 с.
20. Швецов, М. С. Петрография осадочных пород / М. С. Швецов. – Москва : Госгеолтехиздат, 1958. – 412 с.
21. Шишлов, С. Б. Структурно-генетический анализ осадочных формаций / С. Б. Шишлов. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский горный институт, ЛЕМА, 2010. – 276 с.
22. Япаскурт, О. В. Литология / О. В. Япаскурт. – Москва : Академия, 2008. – 336 с.

### **ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ**

1. Википедия – свободная энциклопедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения 12.03.2026).
2. Геовикипедия. Все о геологии. – URL: <http://wiki.web.ru> (дата обращения 12.03.2026).
3. Горная энциклопедия. – URL: <http://www.mining-enc.ru/m/mineral> (дата обращения 12.03.2026).
4. Литология.РФ : Литология академическая, прикладная и прочая. – URL: <http://www.lithology.ru> (дата обращения 12.03.2026).

## Структуры обломочных осадочных пород

Структура	Размер частиц (обломков)
Сакситовая (скалистая)	более 10 000 мм (> 10 м)
Псефитовая (крупно-, грубообломочная): валунная, глыбовая галечная, щебеночная гравийная, дресвяная	1–10 000 100–10 000 10–100 1–10
Псефо-псаммитовая (грубозернистая)	более и менее 1
Псаммитовая (песчаная, среднеобломочная) псаммитовая крупнозернистая псаммитовая среднезернистая псаммитовая мелкозернистая	0,1–1 0,5–1 0,25–0,5 0,1–0,25
Алевро-псаммитовая	0,1–1,0 с заметной примесью менее 0,1
Псаммо-алевритовая	0,01–0,1 с заметной примесью более 0,1
Алевритовая (пылеватая, мелкообломочная) алевритовая крупнозернистая алевритовая среднезернистая алевритовая мелкозернистая алевритовая тонкозернистая	0,005–0,1 0,05–0,1 0,025–0,05 0,01–0,025 0,005–0,01
Алевро-пелитовая	менее 0,01 с примесью (5–50%) более 0,01
Пелитовая (глинистая) пелитовая крупная (грубая) пелитовая тонкая порфиробластовая ооидная фитопелитовая сланцеватые и линзовидно- полосчатые	менее 0,005 0,005–0,001 менее 0,001 с хорошо развитыми кристаллами с рассеянными ооидами с растительными обугленными остатками ориентированные
Псаммо-пелитовая	примесь песка 5–10%

## ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ СЛОИСТОСТИ



Рис. 17. Прибрежно-морская слоистость



Рис. 18. Дельтовая слоистость



Рис. 19. Аллювиальная русловая слоистость



Рис. 20. Аллювиальная старичная слоистость

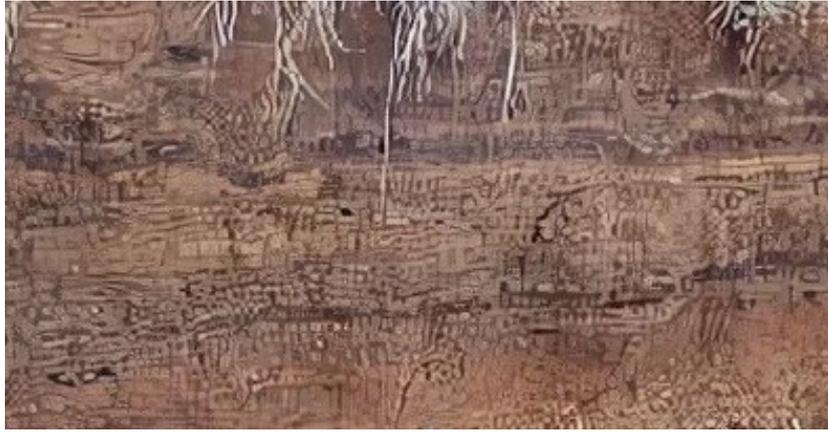


Рис. 21. Аллювиальная пойменная слоистость



Рис. 22. Эоловая слоистость

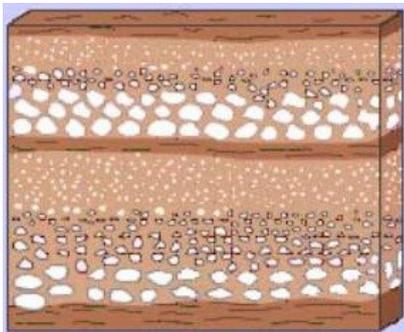


Рис. 23. Градационная слоистость



Рис. 24. Потокосвая слоистость



Рис. 25. Подводно-оползневая (конволютная) слоистость



Рис. 26. Биогенная строматолитовая слоистость



Рис. 27. Озерная слоистость



Рис. 28. Озерно-болотная слоистость



Рис. 29. Морена (слоистость отсутствует)



Рис. 30. Водно-ледниковая слоистость

## **ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ИЗДАНИЯ:**

Интерфейс электронного издания (в формате pdf) можно условно разделить на 2 части.

Левая навигационная часть (закладки) включает в себя содержание книги с возможностью перехода к тексту соответствующей главы по левому щелчку компьютерной мыши.

Центральная часть отображает содержание текущего раздела. В тексте могут использоваться ссылки, позволяющие более подробно раскрыть содержание некоторых понятий.

## **МИНИМАЛЬНЫЕ СИСТЕМНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ:**

Минимальные системные требования: Celeron 1600 Mhz; 128 Мб RAM; Windows XP/7/8 и выше; 8x DVD-ROM; разрешение экрана 1024×768 или выше; программа для просмотра pdf.

## **СВЕДЕНИЯ О ЛИЦАХ, ОСУЩЕСТВЛЯВШИХ ТЕХНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И ПОДГОТОВКУ МАТЕРИАЛОВ:**

Оформление электронного издания : Издательский центр «Удмуртский университет».

Компьютерная верстка: В. В. Данилова

Авторская редакция.

---

Подписано к использованию 26.03.2026

Объем электронного издания 6 Мб

Издательский центр «Удмуртский университет»

426034, г. Ижевск, ул. Ломоносова, д. 4Б, каб. 021

Тел. : +7(3412)263-751 E-mail: editorial@udsu.ru

---