

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

А.В. Ежова

ЛИТОЛОГИЯ

КРАТКИЙ КУРС

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области прикладной геологии в качестве учебного пособия по дисциплине «Литология» для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Геология нефти и газа»

Издательство
Томского политехнического университета
2014

УДК 552.5(075.8)
ББК 26.31я73
Е41

Ежова А.В.

Е41 Литология. Краткий курс: учебное пособие / А.В. Ежова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 102 с.

ISBN 978-5-4387-0492-8

Учебное пособие представляет собой курс лекций по дисциплине «Литология». Разработано на основе учебника «Литология» и учебного пособия «Практикум по литологии», составленных автором.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Прикладная геология».

УДК 552.5(075.8)
ББК 26.31я73

Рецензенты

Доктор геолого-минералогических наук, профессор
заведующий лабораторией геохимии и пластовых нефтей
ОАО «ТомскНИПИнефть»,

И.В. Гончаров

Кандидат геолого-минералогических наук
ведущий научный сотрудник ТФ ФГУП СНИИГГиМС,

В.Е. Пешков

ISBN 978-5-4387-0492-8

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2014

© Ежова А.В., 2014

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2014

ВВЕДЕНИЕ

Литология – наука о современных осадках и осадочных породах. Название её происходит от греческих слов: «литос» – камень, «логос» – учение. Литология тесно связана с другими науками геологического цикла – стратиграфией, палеонтологией, петрографией, кристаллографией, минералогией, исторической геологией, учением о нефти, геохимией и др. В последние годы от литологии отделилась и получила быстрое развитие наука «Седиментология», изучающая обстановки современного осадконакопления в самых разнообразных физико-географических условиях. Данные этой науки позволяют реконструировать обстановки осадконакопления в прошлые эпохи.

Учебное пособие предназначено для изучения основных закономерностей осадочного процесса, благоприятных для формирования залежей углеводородов, и включает в себя следующие разделы:

- основы литогенеза – посвящается вопросам теории породообразования, выявлению общих закономерностей осадочного процесса, постседиментационным преобразованиям осадочных пород;
- петрография осадочных пород – рассматриваются вопросы классификации, состава и генезиса осадочных пород;
- условия образования осадочных толщ – приводится детальная характеристика континентальных, морских и переходных фаций;
- литология природных резервуаров – рассматриваются условия, благоприятные для формирования и размещения региональных нефтегазонасных комплексов, а также вопросы формирования природных резервуаров и ловушек углеводородов, пород-коллекторов и пород-флюидоупоров.

В конце книги приводятся словарь геологических терминов и список литературы, в который включены источники, использованные при составлении учебного пособия, а также издания, которые могут быть использованы студентами для углубленной и самостоятельной работы.

Автор выражает благодарность Л.В. Батретдиновой за помощь в оформлении учебного пособия.

1. ОСНОВЫ ЛИТОГЕНЕЗА

1.1. Общие сведения о процессах осадко- и породообразования

Осадочной породой называется геологическое тело, возникшее из продуктов физического и химического разрушения литосферы в результате химического осаждения и жизнедеятельности организмов или того и другого одновременно.

Возникновение и изменение осадочных пород представляет собой ряд последовательных и закономерных процессов, которые включают в себя комплекс механических (физических), химических и биологических превращений.

Процесс породообразования носит название **литогенеза**. Основные положения теории литогенеза изложены в трудах выдающегося ученого, академика Н.М. Страхова [36].

Согласно его представлениям, в цикле процессов образования осадочных пород выделяется ряд стадий:

гипергенез – возникновение исходных продуктов для образования осадочных пород (результаты механического разрушения, химического разложения более древних пород, жизнедеятельности организмов, вулканической деятельности);

седиментогенез – перенос и осаждение вещества;

диагенез – совокупность процессов преобразования рыхлых осадков в осадочные породы в верхней зоне земной коры.

Условия осадкообразования определяются климатом, рельефом и геотектоническим режимом территории. Из этих трех факторов наибольшее значение имеет климат. По климатическому признаку Н.М. Страхов выделил следующие типы литогенеза:

- 1) *гумидный* – с климатом влажных зон, с положительными температурами большую часть года, с превышением количества осадков над испарением;
- 2) *аридный* – с климатом пустынь и полупустынь, с дефицитом влаги;
- 3) *нивальный*, или ледовый, – с климатом полярных и высокогорных областей.

По источнику исходного вещества Н.М. Страхов выделил четвертый тип литогенеза – *эффузивно-осадочный*, связанный с областями прошлой и современной вулканической деятельности.

В настоящее время в понятие литогенеза включают и стадии преобразования осадочных пород (рис. 1):

катагенез – стадия химико-минералогического преобразования осадочных пород при погружении их в более глубокие горизонты литосферы;

метагенез – стадия глубокой переработки осадочных пород в условиях повышающихся давления и температуры, предшествующая метаморфизму.

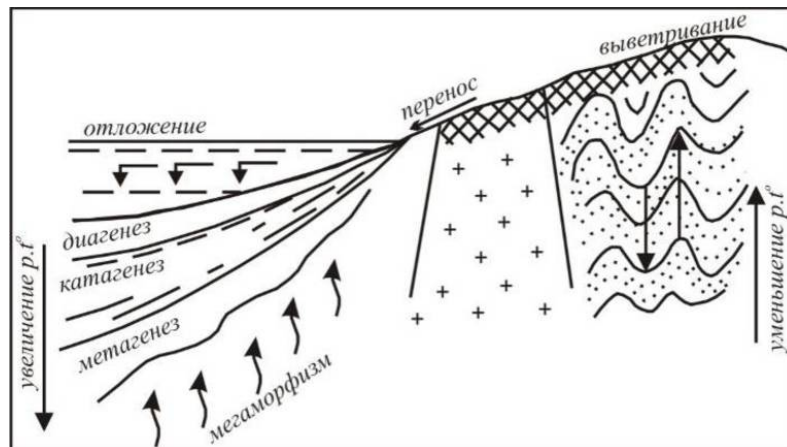


Рис. 1. Схема этапов образования и преобразования осадочных пород, по Р.С. Безбородову, 1989 [6]

1.2. Стадия гипергенеза

Гипергенез (выветривание) – разрушение материнских пород на поверхности Земли и в её приповерхностной зоне. В зависимости от того, какие факторы воздействия на породы являются главными, различают физическое и химическое выветривание.

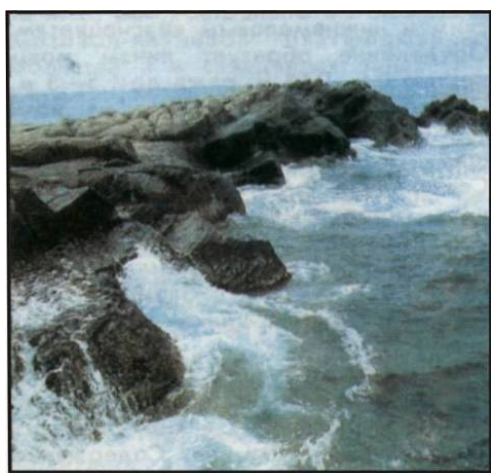
Физическое выветривание выражается в механическом разрушении минералов и горных пород при изменении температуры, ударах и истирании.



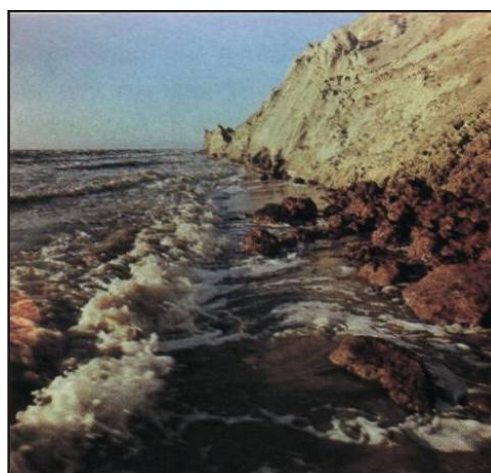
Рис. 2. Конусы осыпания, образующиеся в результате выветривания. Горный Алтай

Благодаря разным тепловым свойствам и анизотропии минералов, колебания температуры вызывает изменение объема минералов и ослабление связей между ними. В результате этого в породе появляются мелкие трещинки, в них попадает вода, которая, замерзая, расширяет их. Горная порода становится трещиноватой и разделяется на части или обломки. Обломки, отделяясь от общей массы породы, сосредотачиваются на разрушаемой поверхности и при малейших сотрясениях или под влиянием силы тяжести падают к подножью склонов, разбиваясь на более мелкие частицы (рис. 2). Продукты выветривания на склонах называются *делюви-ем*, а у подножья склонов – *коллювием*.

Большую работу производят текущие воды и волны прибоев, разрушающие прибрежные коренные породы (рис. 3).



а



б

Рис. 3. Разрушающее действие прибоев на прибрежные породы:
а – Восточное побережье Каспийского моря; б – побережье Австралии

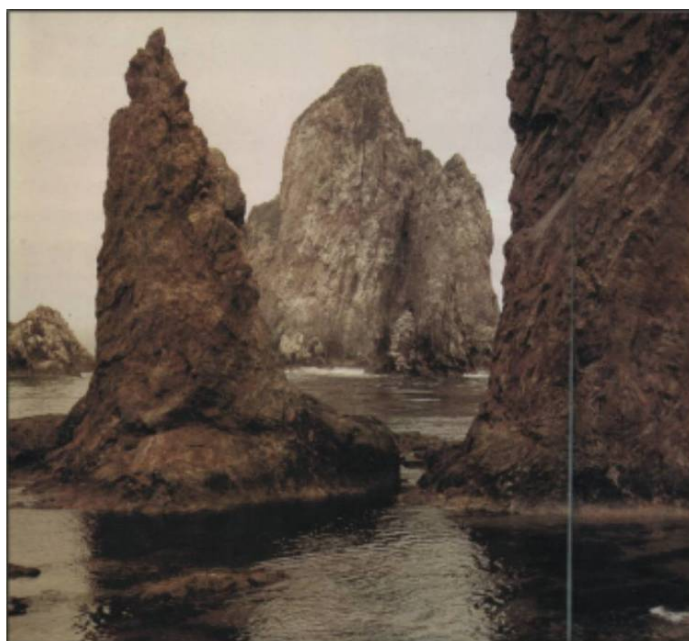


Рис. 4. Группа абразионных островов. Камчатка

Этот процесс, называемый *абразией*, приводит к образованию отдельных останцов, состоящих из наиболее крепких пород (рис. 4).

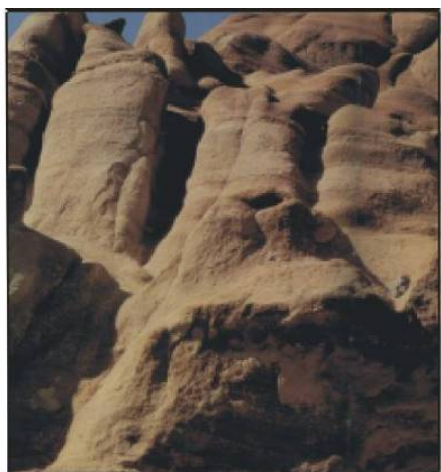
Движущиеся ледники сглаживают свое ложе, механически раздробляя горные породы (рис. 5) и оставляя глубокие борозды на крупных глыбах (рис. 6).



Рис. 5. Валунное поле, образованное при механическом дроблении коренных пород движущимся ледником



Рис. 6. Бараний Лоб с ледниковыми шрамами



а



б

Рис. 7. Формы золотого рельефа:
а – Камчатка; б – Якутия

Деятельность ветра вызывает явления *дефляции* (выдувания, развевания частиц) и *корразии* (обработки горных пород переносимыми ветром обломками). В результате образуются разнообразные причудливые формы золотого рельефа (рис. 7) и останцы выветривания (рис. 8).

Органическая жизнь механически разрушает горные породы различными путями. Корневая система растений действует так же, как и замерзающая вода: корни, увеличиваясь в объеме в процессе роста, развивают в трещинах давление и разрывают породу (рис. 9).

Физическое выветривание приводит к образованию обломков пород и минералов различной величины – от крупных глыб диаметром в несколько метров до тонких частиц размером менее 0,005 мм (рис. 10).



а



б

*Рис. 8. Останцы выветривания:
а – Хабаровский край; б – Турция*



*Рис. 9. Участие
растений в процессах
физического выветривания*



*Рис. 10. Продукты физического выветривания. Казахстан.
Фото Т.Г. Перевертайло*

Продукты механического раздробления в виде обломков различной формы и размера, а также коллоидные частицы представляют собой уже готовый осадочный материал.

Химическое выветривание играет большую роль при образовании осадочного материала. Основными действующими силами этого процесса являются вода, кислород, углекислый газ, а также гуминовые и минеральные кислоты.

1. Вода является главным фактором химического выветривания благодаря своим физико-химическим свойствам.

Вода – растворитель многих природных минеральных и органических соединений. Её растворяющая способность определяется полярной природой молекул воды (рис. 11).

Положительные и отрицательные концы диполей молекул воды присоединяются, соответственно, к отрицательным и положительным ионам вещества (рис. 12), нейтрализуя их заряды, в связи с чем происходит отрыв атомов, способствующий растворению вещества.

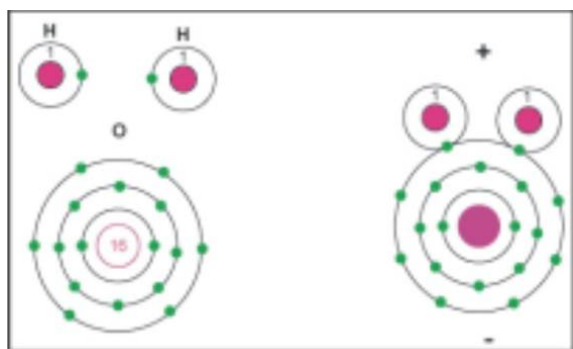


Рис. 11. Образование полярной молекулы воды посредством ковалентных связей

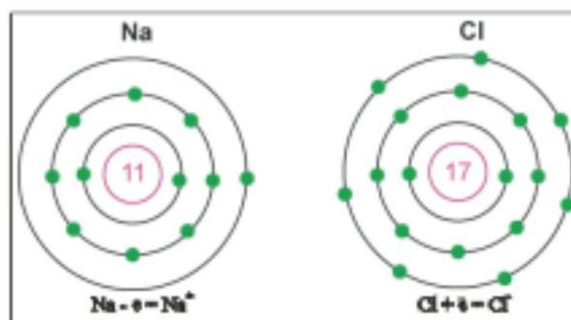


Рис. 12. Ионный тип связей

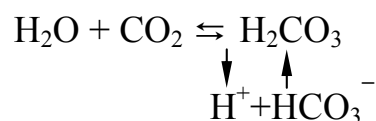
2. Вторым важным фактором химического выветривания является кислород.

Воздействие кислорода на минералы называется **окислением**. В случае отсутствия кислорода, например в сероводородной среде, происходит **восстановление** вещества.

В практике литологических исследований обстановка считается окислительной, если породы имеют бурую, красную, оранжевую окраску или оттенок. Эти цвета обусловлены наличием окисного железа (Fe^{+3}). Серый, чёрный, зеленовато- и голубовато-серый цвет связан с наличием в породах закисного железа (Fe^{+2}), а также присутствием тонкодисперсного органического вещества. Эти цвета являются признаком восстановительной обстановки.

3. Третьим важным фактором химического выветривания является углекислый газ, растворённый в воде, или угольная кислота.

Свободный углекислый газ, соединяясь с водой, образует угольную кислоту, которая при диссоциации резко повышает кислотность среды в ходе реакции:



Источником угольной кислоты является жизнедеятельность организмов, разложение органических остатков и карбонатов, а также вулканическая деятельность. Особенно много угольной кислоты в болотных водах и торфяниках.

4. Четвёртым агентом химического выветривания является работа гуминовых кислот, образующихся при разложении органических веществ, в основном животного происхождения. Особенно велика их роль во влажных заболоченных районах с умеренным и жарким климатом.

5. Пятый фактор химического выветривания проявляется в районах активной вулканической деятельности. Из недр Земли поступают газы: хлор (Cl), фтор (F), серный ангидрит (SO₃), сернистый ангидрит (SO₂) и др. Они вступают в реакцию с водяными парами и образуют минеральные кислоты, способные разлагать минералы и горные породы.

Таким образом, химическое выветривание приводит к изменению минералов глубинных зон Земли, превращению их в минералы, устойчивые на земной поверхности. Происходит изменение сложных соединений, превращение их в более простые.

Минералы имеют разную **устойчивость** к внешним воздействиям, зависящую от их состава и свойств.

В неоднородных по минералогическому составу породах в процессе выветривания происходит выщелачивание легкорастворимых минералов и образование пустот, т. е. проявляется избирательный характер выветривания (рис. 13).



*Рис. 13. Избирательный характер выветривания в толще глинисто-карбонатных сланцев. Казахстан.
Фото Т.Г. Перевертайло*

1.3. Стадия седиментогенеза

Вслед за выветриванием и одновременно с ним происходит перенос и осаждение вещества, т. е. образование осадков. Характер процессов осадкообразования, их направление и интенсивность определяются геологическими и физико-географическими условиями – рельефом и климатом. В связи с этим в разных климатических зонах осадкообразование проявляется по-разному.

1.3.1. Осадкообразование в областях с гумидным климатом

Главными агентами переноса и осаждения обломочного материала являются текущие воды, второстепенными – ветер, сила тяжести и деятельность организмов.

Перенос и отложение дождевыми и талыми водами. Продукты выветривания, накапливающиеся на склонах гор и возвышенностей, перемещаются дождевыми и талыми водами по мере возникновения этих потоков и на небольшие расстояния. В результате образуются *делювиальные* (склоновые) и *пролювиальные* (у подножья склонов) осадки.

Эти отложения характеризуются своеобразной потоковой слоистостью, т. е. чередованием косых однонаправленных и горизонтальных серий слоёв. Косые, крутонаклонённые серии грубого материала – результат действия временного потока, а горизонтальные серии, сложенные более тонким материалом, – осадки временных водоёмов.

В горах проливные дожди или быстрое таяние снега приводят к образованию бурных потоков – селей. Эти грязевые потоки стремительно переносят и отлагают огромное количество обломочного материала на предгорных равнинах. Отложения грязевых потоков отличаются от других осадков полным отсутствием сортировки.



Рис. 14. Схема речной системы от истока в горах до устья на равнине

Перенос и осаждение обломочного материала речными водами. Реки – стабильные водные потоки, скорость течения которых определяется рельефом земной поверхности. В горных районах углубление рельефа, где располагается русло, имеет вытянутую протяженную форму, а в равнин-

ных условиях русло с многочисленными притоками образует сложную речную систему (рис. 14).

Транспортирующее значение реки зависит от скорости её течения. Для равнинных рек максимальная скорость течения составляет 1,5–1,6 м/с, для горных – 5–8 м/с. Речные воды переносят осадочный материал в растворенном виде, волочением по дну и во взвешенном состоянии.

Осадки равнинных рек сложены главным образом песчаными и глинисто-алевритовыми отложениями, в реках горных областей широко распространены галечниковые и валунные отложения (рис. 15).



Рис. 15. Валунный и галечный материал, накопившийся в результате транспортирующей деятельности горной реки

В процессе перекачивания по дну обломочные частицы приобретают округлую форму. Степень окатанности зависит от дальности переноса и свойств самих обломков. Сортировка обломочного материала в реках осуществляется недостаточно хорошо. Это объясняется большими изменениями в скорости течения.

Перенос и осаждение обломочного материала в водных бассейнах. В морские и озёрные бассейны поступают с суши растворённые в воде вещества и часть обломочного материала, не осевшего на путях переноса. Значительная масса обломочного материала попадает в водоёмы в результате размыва берегов.

Главными агентами переноса вещества в водных бассейнах являются течения и волнения.

Течения возникают в результате разнообразных причин:

- ветра, вызывающего постоянные и периодические течения (дрейфовые);
- различия в плотности воды (конвекционные);
- различия уровней в соседних бассейнах (сточные);
- благодаря приливам и отливам (приливно-отливные).

Работа морских течений сочетается с деятельностью волн, причиной возникновения которых являются ветры. Ветровая волна, периодически взмучивая донный осадок, оставляет на его поверхности знаки ряби (рис. 16). Постоянно воздействуя на осадок, ветровая волна сортирует его по величине частиц, формирует текстуру и переносит осадочный материал.

Перенос и отложение коллоидов и истинных растворов. Воды рек приносят в бассейны седиментации огромное количество вещества в виде коллоидных и истинных растворов.

Коллоидные растворы (системы) – дисперсные системы, промежуточные между истинными растворами и грубодисперсными системами (суспензиями и эмульсиями). Коллоидные растворы могут быть в виде зелей (наиболее дисперсное состояние) и гелей (студенистые образования). Последние образуются после свёртывания (коагуляции) коллоидов при изменении химического состава, температуры раствора. В массовых масштабах коагуляция коллоидов наблюдается в прибрежной области моря при смешивании пресных вод с суши и солёных морских вод. Однако при повышенной активности вод коллоидные частицы выносятся в более глубоководную зону моря и там осаждаются.



Рис. 16. Прибрежно-морское мелководье

В виде коллоидов переносятся глинистые минералы, кремнезём, органическое вещество, соединения Fe, Mn, P, ряда малых элементов (V, Cr, Ni, Co и др.).

В виде *истинных* (ионных) растворов переносятся все легкорастворимые соли: хлориды, сульфаты, карбонаты, частично соединения Mn и P.

Осаждение, связанное с деятельностью организмов. Живые организмы обладают специфической способностью извлекать из растворов и концентрировать в своём теле, скелете или раковине вещества, присутствующие в растворах в количествах, иногда далёких от насыщения.

Органические остатки на дне могут быть разного происхождения (рис. 17):

- 1) прижизненные скопления организмов, обитающих вместе на определенном участке дна бассейна (биоценозы);
- 2) снесенные на дно донными течениями и суспензионными (мутьевыми) потоками;
- 3) остатки организмов, которые вели планктонный или свободноплавающий образ жизни;
- 4) остатки наземных организмов, принесенные с прилегающей суши;

- 5) органические остатки из размытых при абразии более древних пород, слагающих берег.

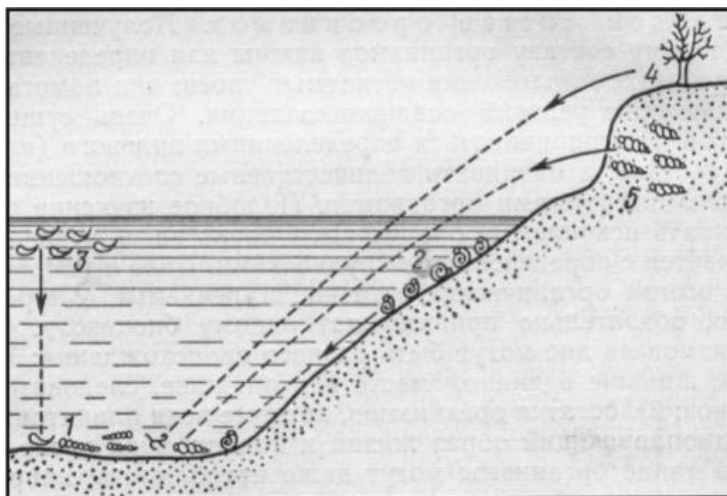


Рис. 17. Возможные источники (1–5) органических остатков в осадках на дне водоема, по Г.Ф. Крашенинникову [17]

1.3.2. Осадкообразование в областях аридного климата

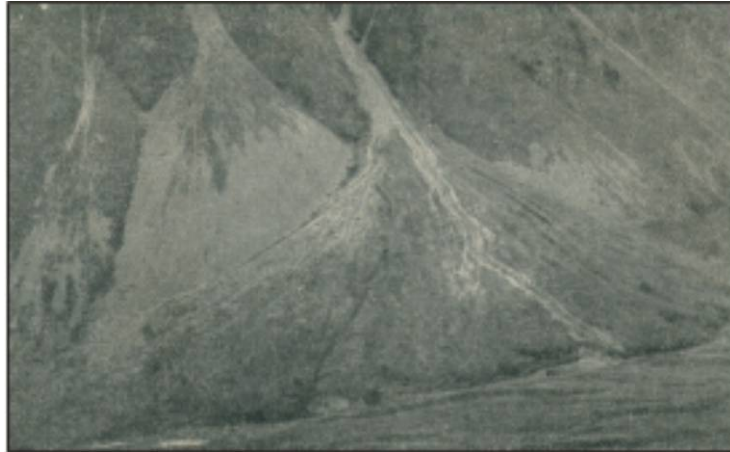
Перенос и осаждение обломочного материала. Главным агентом переноса и осаждения обломочного материала является ветер, второстепенными – вода и сила тяжести.

Ветры возникают благодаря неравномерному нагреванию воздуха. Они переносят частицы во взвешенном состоянии и путём перекачивания. В процессе переноса обломочные частицы окатываются и сортируются по размеру. Характерные формы рельефа – барханы и дюны, песчаные гряды и бугры (рис. 18).



Рис. 18. Золотые формы рельефа:
а – барханы пустыни Каракум; б – холмистый рельеф пустыни Кызылкум

В областях с засушливым климатом атмосферные осадки выпадают в виде кратковременных ливней. Образуются временные потоки, переносящие огромную массу разнообразного обломочного материала. У подножий гор и возвышенностей возникают веерообразные конусы выноса обломочного материала (пролювий) (рис. 19).

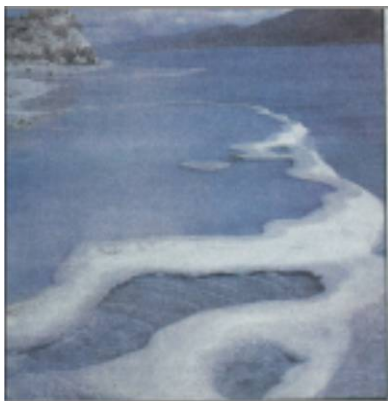


*Рис. 19. Конус выноса горного потока,
по А.М. Горбачеву, 1973 [14]*

В горах часто образуются осыпи, обвалы. Обломки скапливаются у подножия гор, образуя толщи несортированных угловатых обломков – коллювий.

Перенос и осаждение растворённых веществ. Основная масса растворённого вещества поступает в аридные области через реки и подток воды из морских и океанических бассейнов в заливы и лагуны.

Преобладание испарения над количеством выпадающих осадков создаёт идеальные условия для выпаривания воды и химического осаждения вещества (рис. 20).



а



б

*Рис. 20. Соленые озера:
а – Чжабуе, Китай; б – Австралия*

1.3.3. Осадкообразование в областях нивального климата

Главный фактор переноса – лёд (ледники и плавающие льды); второстепенные – вода по периферии ледников и сила тяжести (перемещение и накопление осадков на склонах).

Сведения о деятельности ледников относятся главным образом к современным горным ледникам. В зависимости от формы и режима различают два основных типа горных ледников: каровые и долинные (рис. 21).

Каровые ледники (пиренейский тип) формируются в чашеобразных углублениях на склонах гор, долинные ледники (альпийский тип) потоками сползают в горные долины.



а



б

Рис. 21. Типы ледников:
а – каровый; б – долинный

Ледник при движении разрушает ложе, шлифует его выступы, царапает их обломками пород, вмёрзшими в лед, переносит на большие расстояния продукты разрушения горных пород. Материал, перемещенный ледником, отлагается при таянии и отступании ледника в виде различных *морен*: конечных, донных, срединных, боковых, поверхностных. Морены представляют собой смесь глины и песка с гравием и валунами. Характерная черта морен – отсутствие сортировки материала.

С деятельностью подледниковых и приледниковых вод связано образование песчаных гряд и холмов, а также формирование ленточных глин со слоистостью сезонного характера.

В полярных и высокогорных областях происходит перемещение и накопление продуктов морозного выветривания на склонах, которое приводит к образованию каменных россыпей.

1.4. Стадия диагенеза

Диагенезом называется совокупность физических и химических процессов, которые воздействуют на осадочные зёрна ниже поверхности осадка.

В стадии диагенеза происходит уплотнение осадка, уменьшение его влажности, образование новых минералов из иловых растворов, перераспределение вещества в осадке. Вновь образованные минералы называются *аутигенными*, в отличие от *аллотигенных*, т. е. принесённых извне.

Состав аутигенных минералов, формирующихся в раннем диагенезе, зависит от физико-химических условий среды в осадке, концентрации ионов в иловых или поровых водах, количества и характера органического вещества.

В глинистых осадках морских бассейнов, обогащённых органическим веществом, формируются *пириты* FeS_2 в виде мелких кристалликов.

В мелководных обломочных и глинистых осадках морей нормальной солёности, содержащих незначительное количество органического вещества, образуются *глаукониты, хлориты, фосфориты*.

В прибрежных морских пористых осадках накапливаются *окисные и гидроокисные минералы*

В осадках опресненных внутренних морей и водоемов суши образуются *сидериты* FeCO_3 в виде оолитов и сферолитов. Особенно часто сидериты образуются в толщах дельтовых болотных осадков.

В терригенных осадках гумидной зоны (делювий, пролювий, аллювий), которые часто перекрываются водами, в поровом пространстве откладываются дисперсные глинистые минералы, а из уплотняющихся илов переносятся различные ионы. Они совместно с *глинистыми минералами* образуют *цемент* осадков.

В песчаных осадках аридной зоны при наличии большого количества Fe^{+3} и окислительной обстановки образуются оксиды Fe – *лимониты* и *гематиты*.

На позднем этапе диагенеза в терригенных и глинистых осадках из-за неравномерной концентрации иловых растворов в разных частях осадка происходит перераспределение диагенетических минералов: растворение их в одних местах и отложение в других. Образуются сгущения минералов – **конкреции** – стяжения минералов, имеющие состав, отличающийся от вмещающей породы, образованные в результате осаждения из водных растворов внутри породы.

1.5. Стадия катагенеза

Катагенез представляет собой длительную стадию вторичных изменений осадочной породы, следующую за стадией диагенеза.

Главными действующими факторами катагенеза являются:

- температура;
- давление;
- растворённые минеральные и газообразные вещества;
- величина pH и Eh пластовых вод;
- радиоактивное излучение;
- продолжительность действия этих факторов, т. е. геологическое время.

В стадии катагенеза происходят уплотнение, растворение составных частей породы, различные процессы минералообразования, перекристаллизация и другие изменения осадочных пород.

1.6. Стадия метагенеза

Метагенез – это стадия глубокого минерального и структурного преобразования пород, происходящего на значительной глубине, предшествующая превращению осадочной породы в метаморфическую.

Основные факторы метазенеза те же, что и для катагенеза, но с большими численными значениями:

- температура;
- давление;
- подземные воды с растворёнными в них солями и газами;
- иные значения pH (среда более кислая) и Eh (среда более восстановительная).

При метазенезе породы максимально *уплотняются*, их пористость становится минимальной. Перемещение флюидов становится возможным только по трещинам или путём диффузии. При тектонических движениях в породах возникает тонкая трещиноватость, благодаря этому создаются новые пути для миграции растворов.

На этой стадии глины превращаются в аргиллиты; максимально развивается регенерация кварца; широкое развитие получают структуры приспособления (конформные) и внедрения зерен друг в друга (инкорпорационные), а также процессы перекристаллизации.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Дайте определение осадочной горной породы.
2. Какие стадии и типы литогенеза вы знаете?
3. Приведите примеры осадочного материала, который образуется при физическом выветривании.
4. Объясните результаты действия основных факторов химического выветривания.
5. Чем объясняется избирательный характер химического выветривания?
6. Что такое кора выветривания?
7. Что такое седиментогенез и каковы его этапы?
8. . Перечислите основные формы переноса осадочного материала.
9. Объясните механизм осадконакопления в реках.
10. Каковы главные факторы осадконакопления в водных бассейнах?
11. Объясните роль органического мира в образовании осадков.
12. Объясните основные особенности осадконакопления в областях с аридным климатом.
13. Что такое диагенез?
14. Какие аутигенные диагенетические минералы образуются в различной физико-химической обстановке?
15. Какие факторы являются доминирующими при катагенетических процессах?
16. Какие основные катагенетические процессы вы знаете?
17. Опишите основные факторы и процессы метазенеза.

2. ПЕТРОГРАФИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

2.1. Классификация осадочных пород

Знание состава и строения осадочных горных пород, умение их систематизировать являются одним из необходимых условий для успешного использования литологии при изучении и освоении недр Земли.

Классификация осадочных пород, составленная Н.М. Страховым [36] на основе учения о типах литогенеза, с дополнениями Н.В. Логвиненко [20] учитывает вещественный состав и генезис пород одновременно:

- 1) обломочные;
- 2) глинистые;
- 3) глиноземистые (аллитные);
- 4) железистые;
- 5) марганцевые;
- 6) фосфатные;
- 7) кремнистые;
- 8) карбонатные;
- 9) соли;
- 10) каустобиолиты.

Обломочные, глинистые, глиноземистые и железистые породы представляют собой ряд последовательного разложения магматических, метаморфических и осадочных пород. Фосфатные, кремнистые, карбонатные породы и соли образуются из растворов, возникших при выветривании, и в результате жизнедеятельности организмов. Каустобиолиты – продукты жизнедеятельности растений в условиях гумидного климата и результат преобразования органического вещества.

2.2. Текстуры осадочных пород

Текстурой осадочной породы называется взаимное расположение фрагментов породы, их ориентировка относительно друг друга, поверхности напластования и породы в целом. Возникают текстуры во время осадконакопления (первичные – седиментационные), на стадии диагенеза и последующих изменений (вторичные – диагенетические и катагенетические).

2.2.1. Седиментационные текстуры

К числу первичных текстур, возникающих на самых ранних стадиях образования осадочных пород, относятся все явления слоистости.

Слоистость выражается в чередовании разных типов пород, которые достаточно чётко обособляются друг от друга. Она отражает гидродинами-

ку среды переноса и осаждения. Среда седиментации всё время находится в движении: изменяется скорость придонных течений, проявляется волновая деятельность, изменяется количество приносимого обломочного материала и т. д. Слоистость обуславливается более или менее ритмичными колебаниями интенсивности тех или иных факторов седиментации.

По морфологическим признакам различают 3 основных вида первичной слоистости: горизонтальную, волнистую и косую [14, 15].

Горизонтальная слоистость характеризуется чередованием слойков и слоев, параллельных плоскости наложения (рис. 22). Она образуется в спокойных условиях, вне течений и волнений. Тонкая горизонтальная слоистость может формироваться в спокойной обстановке в придонном слое и зависит от интенсивности поступления осадочного материала и его механических свойств.

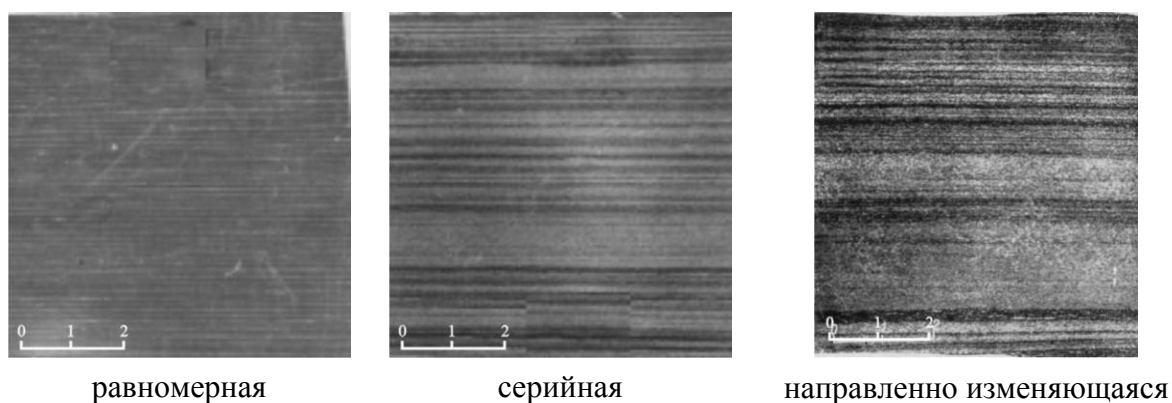


Рис. 22. Горизонтальная слоистость

Волнистая слоистость представляет собой чередование слойков, имеющих криволинейную выпукло-вогнутую форму (рис. 23). Этот вид слоистости характеризует волнение, т. е. разнонаправленные движения воды, которые в зависимости от силы и величины волн образуют разные формы слоистости. Волнистая слоистость указывает на глубину не более 70 м, встречается главным образом в мелководно- и прибрежно-морских, заливных, реже – в пойменных отложениях.

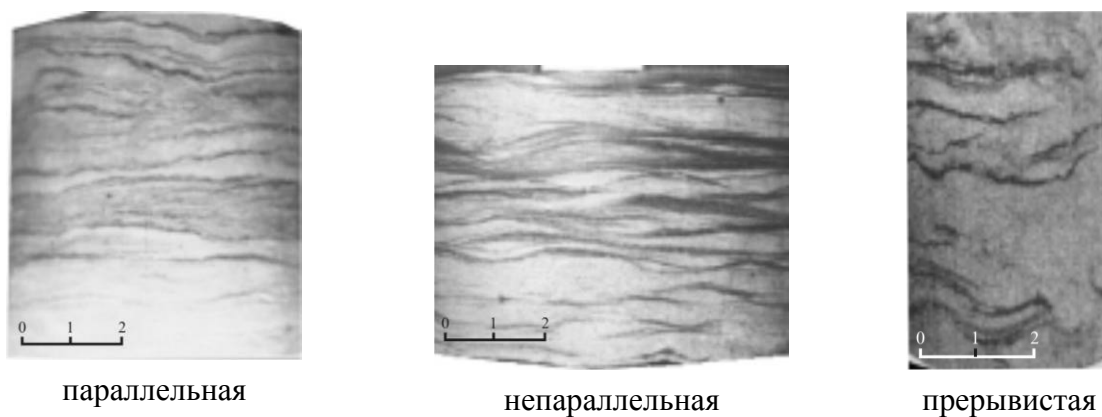
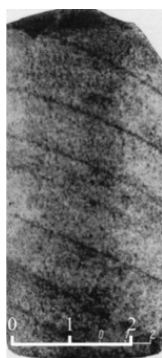


Рис. 23. Волнистая слоистость

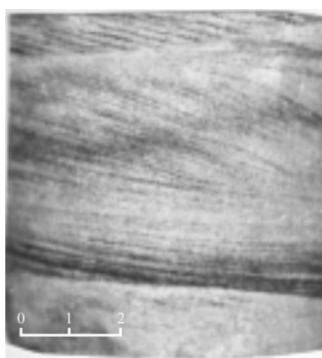
Косая слоистость возникает обычно при движении воды в определённом направлении и указывает на накопление осадков в условиях высокой динамической активности среды (рис. 24).

Слойки бывают прямолинейными и изогнутыми. Углы наклона слойков по отношению к плоскости напластования бывают крутыми ($> 30^\circ$), средними ($30-20^\circ$), пологими ($< 20^\circ$).

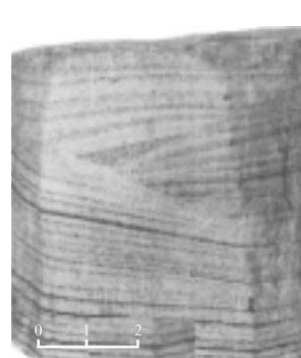
Соотношение слойков может быть однонаправленным (параллельным) и разнонаправленным (клиновидным).



однонаправленная
прямолинейная

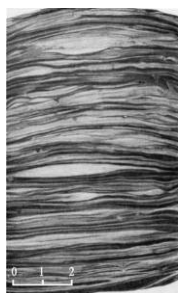


однонаправленная
с разным углом наклона

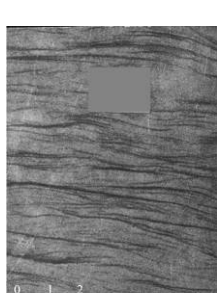


разнонаправленная

Рис. 24. Косая слоистость



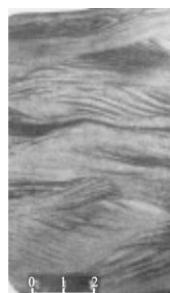
горизонтальная
и пологоволнистая



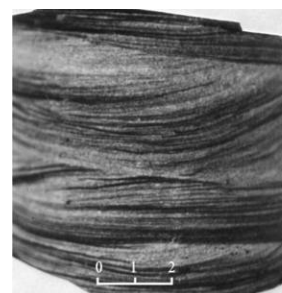
косоволнистая
прерывистая



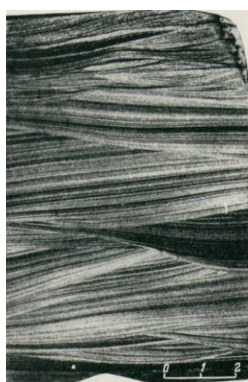
пологоволнистая
и мелкая
косоволнистая



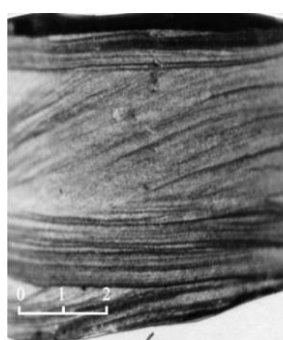
волнистая
перекрестная
срезанная



горизонтально-
косая с изогнутыми
слойками



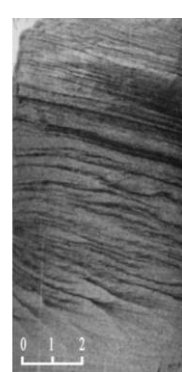
косая с перекрестными
сериями слойков



горизонтальная
и косая
прямолинейная



косая, с параллельными
сериями слойков



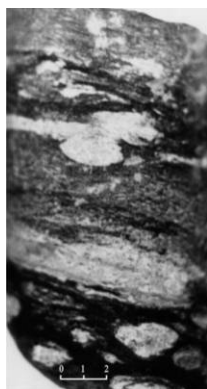
перистая
(пучковидная)

Рис. 25. Разновидности сложных слоистых текстур

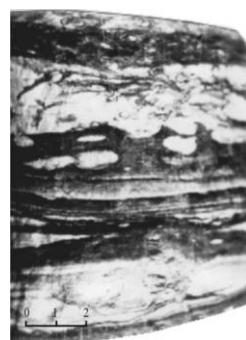
В осадочных породах широкое распространение получили *сложные* слоистые текстуры, которые представляют собой сочетания нескольких типов слоистости (рис. 25). Такие текстуры характеризуют быстрое и резкое изменение активности среды осадконакопления и формирование новой слоистости на фоне предыдущей, иногда срезая её.

Деформационные текстуры образуются в осадочных породах при внутрипластовых нарушениях горизонтальной слоистости, обусловленных разной плотностью незатвердевших осадков, скольжением их по дну и на палеосклонах.

Текстуры нагрузки и оседания возникают при непостоянной плотности слоистого материала, чаще всего при отложении песчаного слоя на менее плотный водонасыщенный пласт, сложенный глинистым материалом. При любых колебаниях Земли происходит разжижение глинистого материала, обуславливающее потерю его прочности. Песчаный материал образует так называемые *карманы внедрения*, в виде удлинённых сфероидов, погруженных в глинистую массу (рис. 26).



карманы внедрения



шаровидная текстура

Рис. 26. Текстуры нагрузки и оседания

Песчаные дайки связаны с песчаными породами. При уплотнении водонасыщенных песков и уменьшении их объёма происходит отжатие поровых вод. Удаляемая вода с большой скоростью поднимается вверх по любым трещинкам, захватывая песчаные зёрна, и выносит их на поверхность осадка (рис. 27).

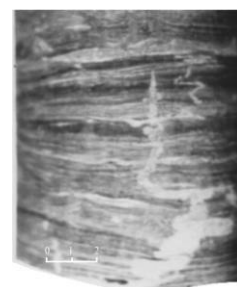
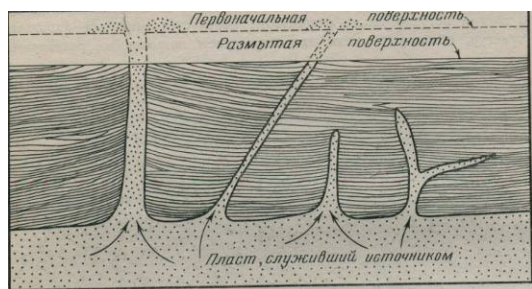


Рис. 27. Песчаные дайки

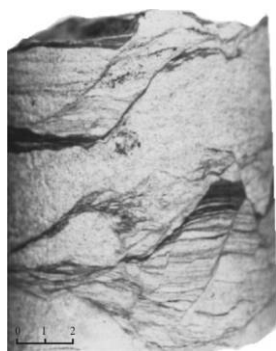
Текстуры оползания, разрыва и обрушения (рис. 28) образуются при деформации неконсолидированных осадков в результате движений, вызванных гравитацией на палеосклонах.

Водонасыщенный глинистый осадок обладает неустойчивостью и при любых сотрясениях начинает перемещаться по палеосклону, вовлекая в это движение слои, залегающие над поверхностью скольжения. Возникают мелкомасштабные складки, крупные складки с крутыми углами наклона крыльев. При медленном скольжении формируются текстуры *оползания*. Иногда наблюдается образование мелких разрывных нарушений – образуются текстуры *разрыва*.

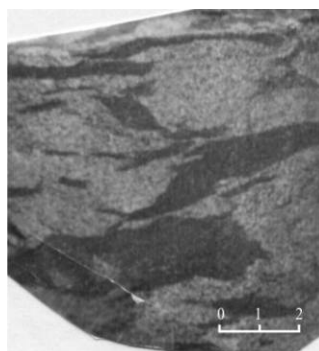
Оползание обычно захватывает несколько чередующихся слоёв. Маломощные слои разбиваются на отдельные фрагменты, которые могут быть в разной степени отделены друг от друга. Образуются текстуры *обрушения*.



текстура оползания



текстура разрыва



текстура обрушения (брекчиевидная)

Рис. 28. Деформационные текстуры на палеосклонах

Биогенные текстуры создаются деятельностью животных и растений или их остатков.

Ископаемые остатки *фауны* – *окаменелости* – представлены раковинами, створками, внутренними ядрами, слепками, фрагментами скелетов, разнообразными обломками и их скоплениями, а также мелким неопределимым раковинным детритом (рис. 29).

Черви и некоторые другие организмы, не имеющие твердого скелета или раковины, в ископаемом состоянии не сохраняются, однако в осадке, где они обитали, встречаются следы их жизнедеятельности, которые называются *ихнофоссилиями* (рис. 30). Эти текстуры отличаются от настоящих организмов тем, что они не могут перерабатываться и переоткладываться, при этом характеризуют обстановку седиментации.

Сохранность *растительных остатков* (рис. 31) зависит от условий формирования осадка. Тончайшие веточки, листья сохраняются только в спокойной обстановке на месте образования осадка. При переносе растительные остатки ломаются, их величина зависит от активности среды переноса и расстояния. Иногда в породе сохраняются остатки корневых систем, нарушающих первичную текстуру переслаивания.

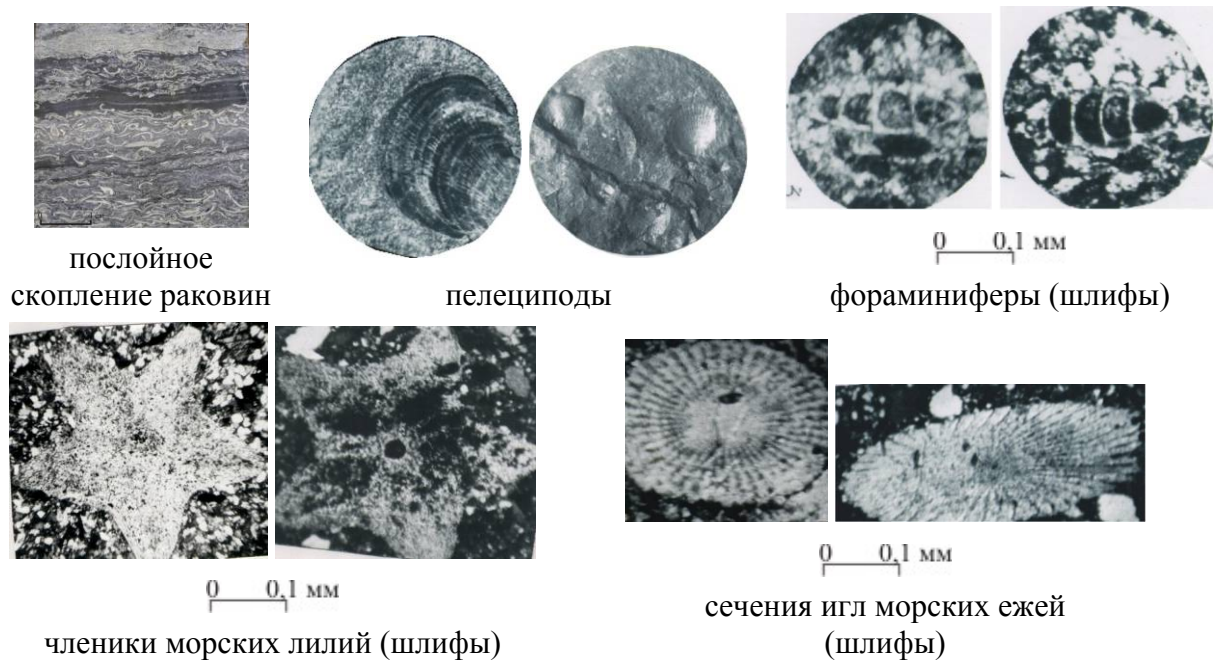


Рис. 29. Окаменелости

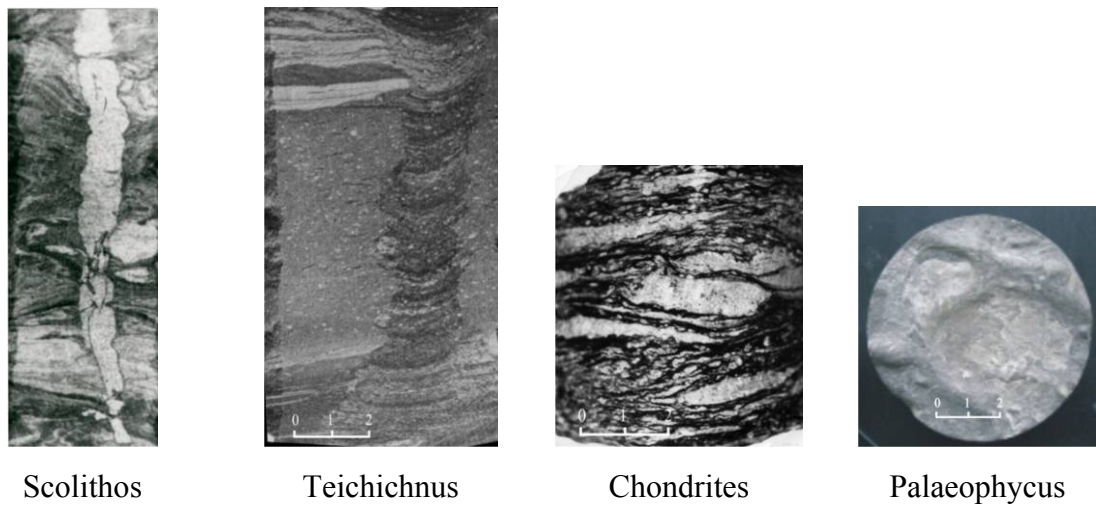


Рис. 30. Иchnofossilии



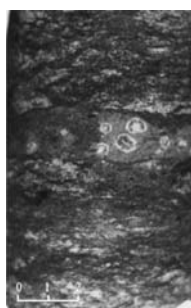
Рис. 31. Растительные остатки

2.2.2. Постседиментационные (вторичные) текстуры

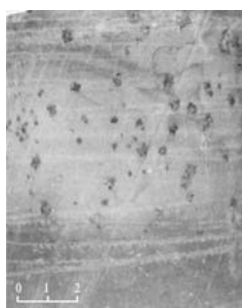
Диагенетические текстуры начинают формироваться в раннюю стадию в виде *оолитов, мелких кристаллов*, распространенных по всему слою слабо консолидированного осадка. Позднее рост отдельных кристаллов в этой мягкой породе способствовал образованию *звездчатых форм* (рис. 32).

Перераспределение диагенетических минералов вследствие неоднородности среды приводил к образованию *конкреций* (рис. 33). В породе они располагаются по плоскостям напластования, а также приурочены к границам раздела слоев. При наличии слоистости рост конкреций приводит к деформации слоистости, слои обтекают конкрецию.

К диагенетическим образованиям относятся также различные *псевдоморфозы* пирита по раковинам и обугленным растительным остаткам.



оолиты сидерита
в алевролите

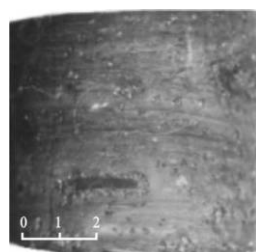


глобулы пирита
в алевролите



звездчатые кристаллы
пирита в глинистой породе

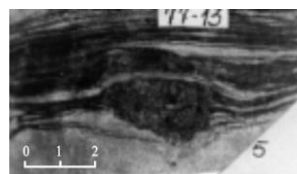
Рис. 32. Раннедиагенетические минералы



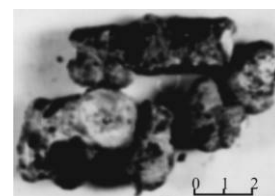
расположение
конкреций
согласно
с напластованием
породы



приуроченность
конкреции пирита
к границе раздела слоев



слойки обтекают
конкрецию
пирита



псевдоморфозы
пирита
по остаткам
древесной
растительности

Рис. 33. Диагенетические текстуры

К **катагенетическим текстурам** (рис. 34) относятся разнообразные *трещины*, выполненные новообразованными минералами. В известняках вторичный кристаллический кальцит выделяется в открытых трещинах и порах породы. В песчано-алевролитовых породах широкое развитие получают секущие слоистость кварцевые жилки, дендритоподобные трещинки и натеки, выполненные гидроксидами железа.



Рис. 34. Катагенетические текстуры

Текстуры **метагенеза** образуются под действием давления и перекристаллизации. В глинистых породах формируются *сланцеватые* и *плойчатые* текстуры, отличающиеся волнистостью и мелкими смятиями тончайших слоечков (рис. 35).



Рис. 35. Плойчатая текстура в глинисто-углистой породе

2.3. Структуры осадочных пород

Структура – совокупность морфологических признаков, таких, как размер, форма частиц, их взаимоотношение и степень кристалличности вещества. Для каждого класса пород, в зависимости от состава, условий образования и вторичных преобразований, они имеют свои особенности [14, 20, 26, 29, 35, 39].

Структуры обломочных пород определяются главным образом **размером** частиц и отчасти их формой. Для хемогенных пород характерно кристаллическое и зернистое строение. Классификация структур построена также с учетом размера и формы кристаллов их агрегатов.

Структуры пород, в составе которых большое участие принимают остатки организмов, определяются степенью сохранности этих остатков и их

количеством. Структуры глинистых пород определяются наличием терригенной примеси.

Кубический



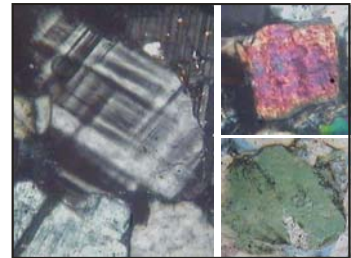
пирит

Призматический



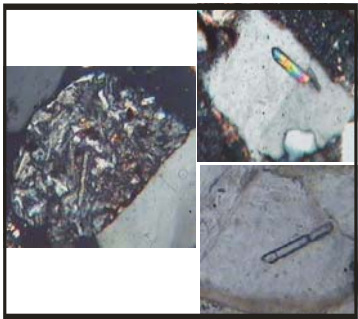
плаггиоклаз

Таблитчатый



микроклин, эпидот,
хлорит (внизу)

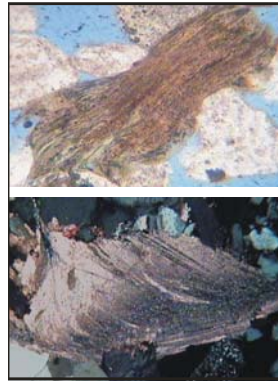
Игольчатый



ломок кислого
эффузива (слева),
кристаллы циркона
(вверху) и рутила
в кварцевых зернах

об-

Волокнистый



биотит,
кальцит (внизу)

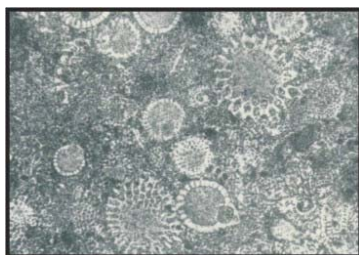
Ромбоэдрический



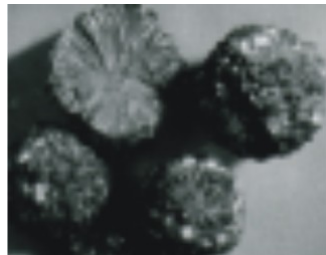
зонарные ромбоэдры
доломита среди зерен
кальцита неправильной
формы

0 0,1 0,2 0,3 0,4 мм

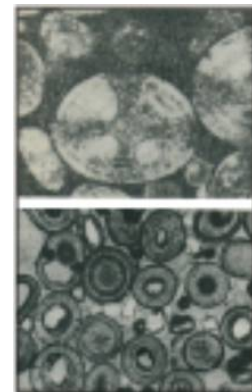
Округлый



радиолярии



марказит



сферолиты,
оолиты (внизу)

Рис. 36. Первичный облик осадочных зерен

Важной стороной структуры, которая определяет многие физические свойства пород и несет генетическую информацию, является **форма** зерен. Различают первичную и вторичную форму. *Первичная* форма кристаллов выражается в их идиоморфности, т. е. способности образовывать свойственную данному минералу кристаллографическую форму. В шлифах отмечается общий вид кристаллов, или их габитус: кубический, призматический, таблитчатый, игольчатый, волокнистый, ромбоэдрический (рис. 36). Округлую форму имеют и сохраняют осадочные образования – органические остатки, некоторые минералы, конкреции, оолиты, сферолиты (см. рис. 36).

Из *вторичных* изменений первичной формы наиболее распространены окатанность, регенерация, коррозия зерен, а также изменение формы при перекристаллизации (рис. 37).

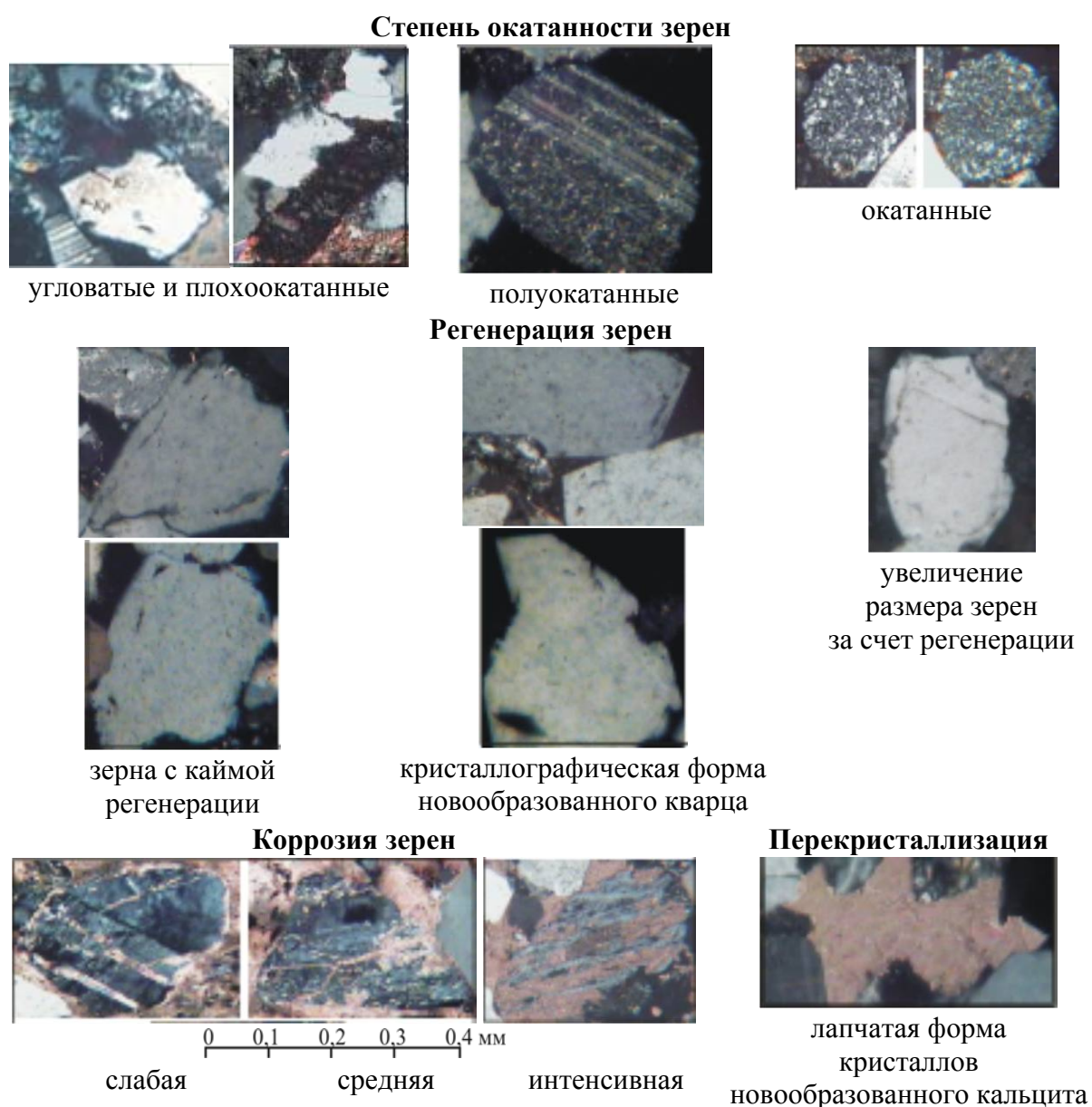


Рис. 37. Вторичная форма осадочных зерен

2.4. Описание осадочных пород

2.4.1. Обломочные и вулканогенно-осадочные породы

К группе обломочных относятся породы, в которых обломочная часть составляет более 50 % от суммы всех компонентов. В основу классификации обломочных пород положена структура – размер частиц и их форма.

Классификация обломочных пород по структурным признакам

Размеры частиц, мм	Наименование	
10–100	Конгломерат	Брекчия
1–10	Гравелит	
0,1–1,0	Песчаник	
0,1–0,01	Алевролит	
< 0,01	Глина, аргиллит	

Обломочные породы, в которых преобладают обломки размером более 1 мм по длинной стороне, называются **крупнообломочными**.

Крупнообломочные породы, состоящие из угловатых обломков, называются **брекчиями** (рис. 38).

К крупнообломочным породам с окатанными обломками относятся **конгломераты** (рис. 39). Кроме хорошей окатанности, обломки характеризуются разным минерало-петрографическим составом, свидетельствующем о длительном нахождении их в движении и приносе из разных областей размыва материнских пород.

Конгломераты образуются в морях в области приобья, в дельтах и долинах горных рек, в результате перемыва морен, в области предгорной при развитии временных потоков.

Важным типом крупнообломочных пород являются **конгломератобрекчии**. Они бывают двух типов. *Первый* из них (рис. 40, а) характеризуется тем, что одновременно накапливаются окатанные и угловатые обломки, имеющие и неодинаковый состав, и разное происхождение, т. е. принесённые из разных источников сноса.

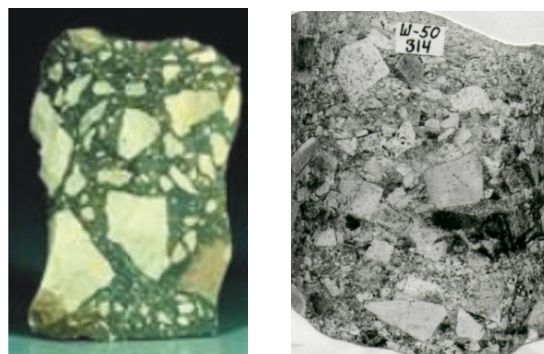


Рис. 38. Брекчия

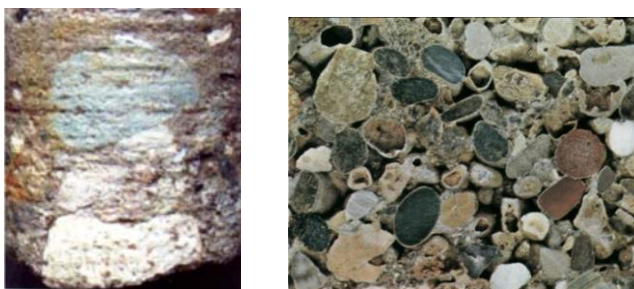


Рис. 39. Конгломераты

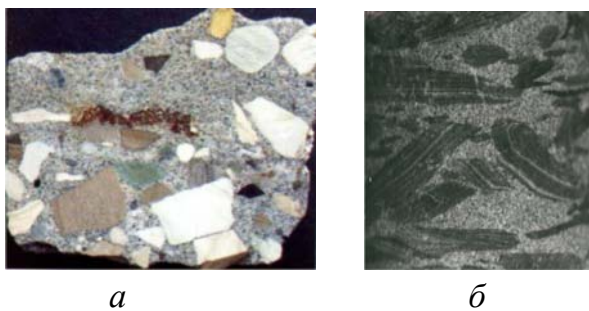


Рис. 40. Конгломерато-брекчии

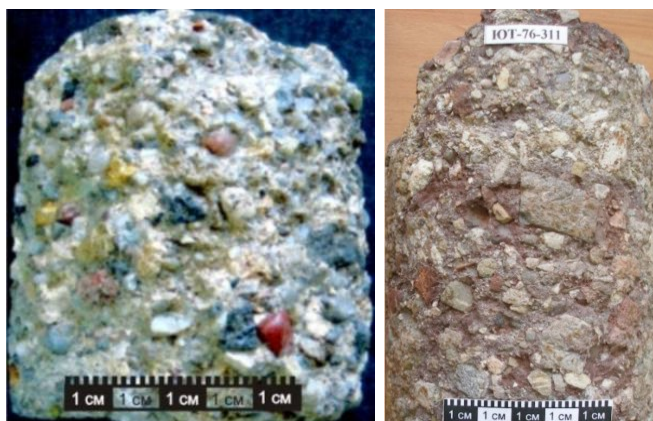


Рис. 41. Гравелиты

В конгломерато-брекчиях *второго* типа (рис. 40, б) преобладают обломки мягких пород (глин, слоистых алевролитов). Они образуются при размыве и переотложении нижележащих пород, а также при подводно-оползневых явлениях, часто залегают в основании аллювиальных циклов равнинных рек, а также характерны для озерных отложений.

Обломочные породы с преобладающим размером обломков от 1 до 10 мм называются **гравелитами** (рис. 41). Они распространены ограниченно, а слагаемые ими разрезы имеют небольшую мощность – десятки сантиметров – первые метры.

Накапливаются в небольших озерах при равнинном рельефе. Гравийные зерна, наряду с мелкой галькой, встречаются в основании косых серий равнинных меандрирующих рек и стариц.

К **мелкообломочным** относятся песчаные, алевритовые и смешанного состава породы.

Песчаными называются мелкообломочные породы, состоящие преимущественно из обломков минералов и горных пород, размер которых составляет от 0,1 до 1 мм. Рыхлые разности называются песком, сцементированные – песчаником.

По размеру частиц пески и песчаники подразделяются на крупнозернистые (1–0,5 мм), среднезернистые (0,5–0,25 мм) и мелкозернистые (0,25–0,1 мм) (рис. 42).

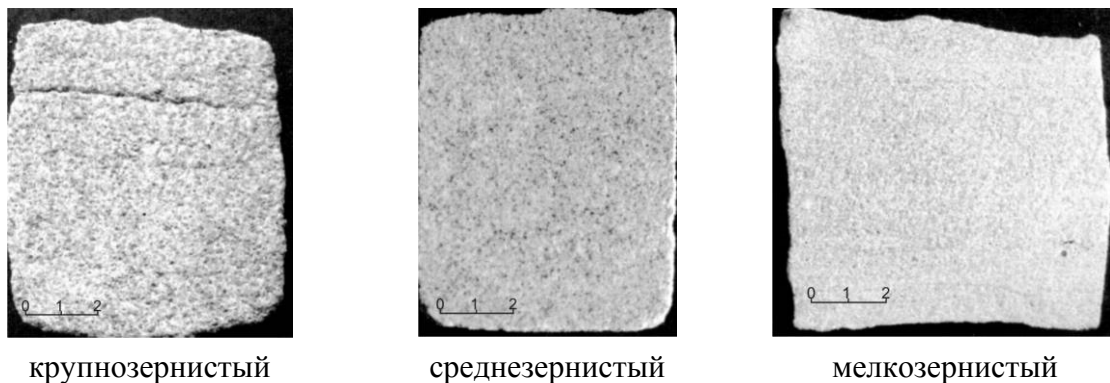
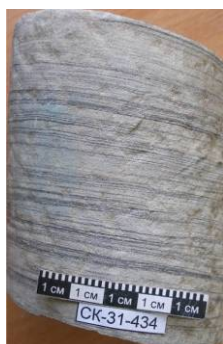


Рис. 42. Песчаники

Алевритовыми называются мелкообломочные породы, состоящие преимущественно из обломков минералов размером от 0,01 до 0,1 мм. Рыхлые разности называются алевритами, сцементированными алевролитами (рис. 43). Среди них выделяют крупнозернистые (0,05–0,1 мм) и мелкозернистые (0,05–0,01 мм).



крупнозернистый



тонкослоистый



контакт с песчаником

Рис. 43. Алевролиты

Особенностью алеврито-песчаных пород является присутствие в них косо-, волнисто- и горизонтальнослоистых текстур, следов жизнедеятельности организмов, растительных остатков, включений угля, текстур оползания и переотложения осадков.

Минералы, которые встречаются в песчано-алеувитовых породах в виде обломочных зёрен, могут быть основными (породообразующими), второстепенными, акцессорными (рис. 44).

Породообразующими компонентами являются кварц, полевые шпаты, реже обломки пород. *Второстепенными* могут быть слюды, хлорит, глауконит, обломки скелетов организмов. *Акцессорные* минералы чаще всего представлены цирконом, сфеном, турмалином, апатитом, минералами группы эпидота и другими тяжёлыми минералами. Помимо этого, могут встречаться *аутигенные акцессорные* минералы: гидроксиды железа, пирит, лейкоксен, цеолит и др.

Под *цементом* песчано-алеувитовых пород понимается содержащийся в них хемогенный или глинистый материал, скрепляющий обломки между собой. Классификации цемента весьма разнообразны. Обычно цементы подразделяют (рис. 45):

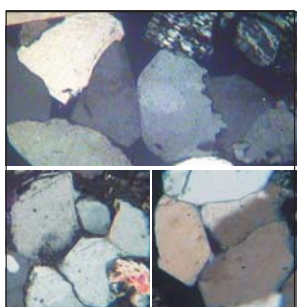
- 1) по составу материала (глинистый, кальцитовый, железистый);
- 2) по соотношению его с цементируемым материалом – *базальный* – цемента много, обломочные зёрна не соприкасаются друг с другом; *поровый* – цемент выполняет поры в породе; *контактный* – цемента мало и присутствует он на контакте зёрен; *плёночный* – в виде тонкой плёнки вокруг зёрен;
- 3) по способу образования – *крустификационный* – обрастание зёрен аутигенными минералами; *регенерационный* – разрастание зёрен, образование каёмки вокруг обломочных зёрен из того же вещества; *коррозион-*

ный – образуется благодаря коррозии обломочных зёрен; *цемент выполнения* – цементация породы происходит благодаря заполнению пор и пустот обломочными и аутигенными минералами;

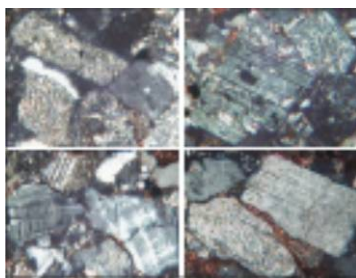
4) по структуре: *аморфный, тонкоагрегатный, кристаллический*;

5) по степени кристалличности: *беспорядочно-зернистый* (зёрна не имеют ни формы, ни определённой ориентировки); *пойкилитовый* (кристаллы цемента крупные, одновременно гаснущие в скрещенных николях); *волокнистый* (зёрна цемента имеют волокнистое строение); *радиально-лучистый* (зёрна цемента имеют радиально-лучистое строение).

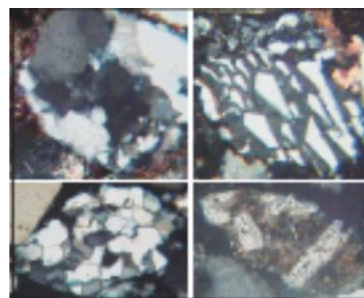
Породообразующие минералы



кварц

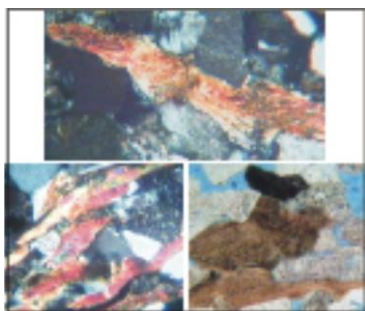


полевые шпаты

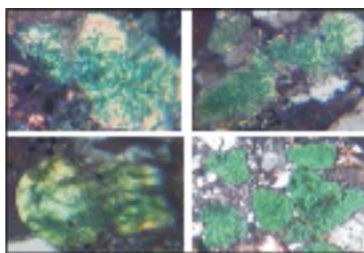


обломки пород

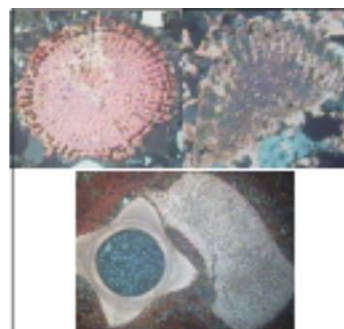
Второстепенные минералы



слюды



хлорит, глауконит



органические остатки

0 0,1 0,2 0,3 0,4 мм

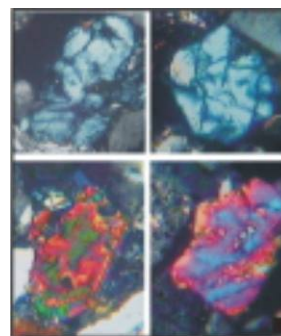
Акцессорные минералы



цирконы



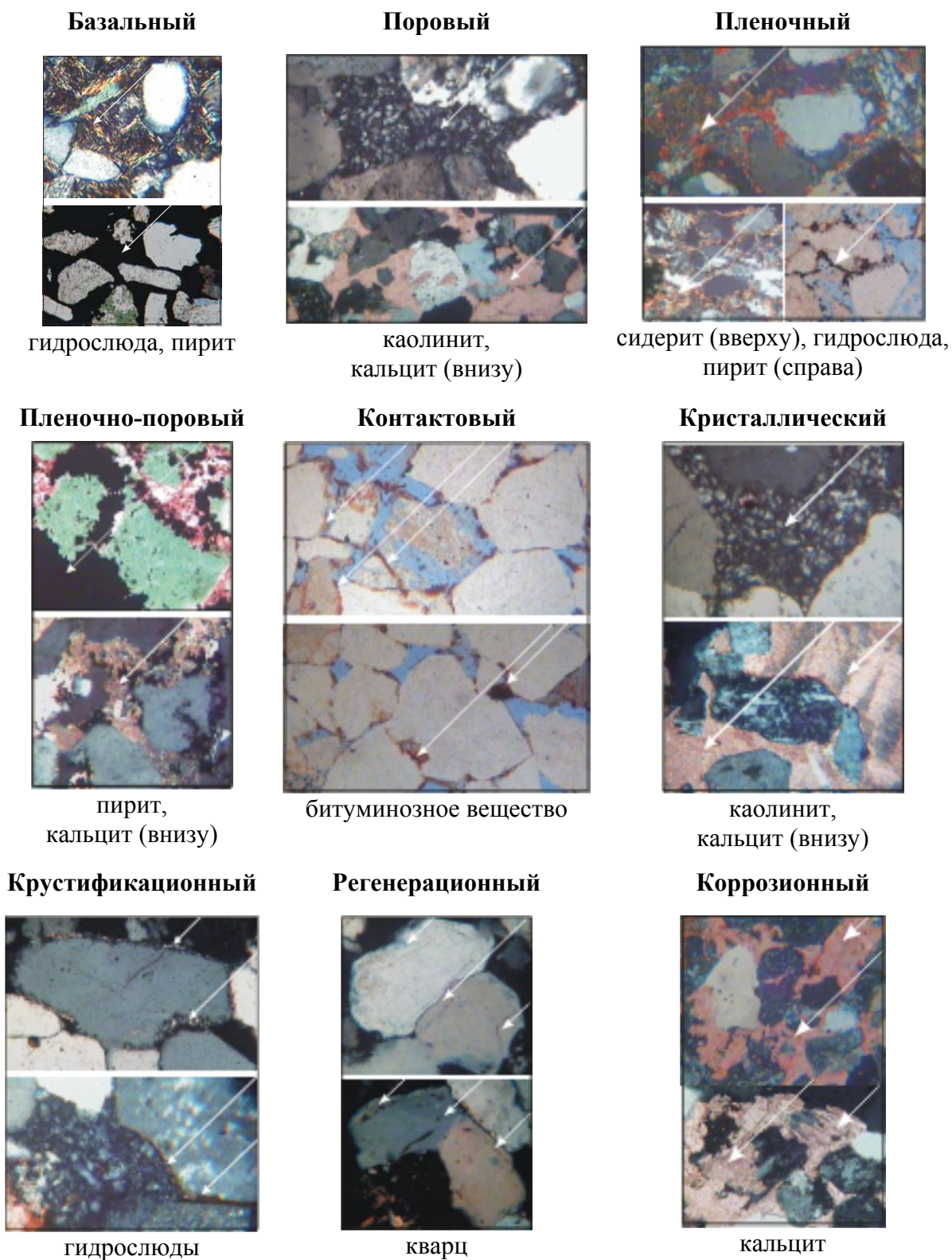
сфены



цоизиты,
эпидоты (внизу)

Рис. 44. Минералогический состав алеврито-песчаных пород. Шлифы

В большинстве случаев породы содержат несколько типов цемента, например, плёночно-поровый, базально-поровый и т. д.



0 0,1 0,2 0,3 0,4 мм

Рис. 45. Типы и состав цемента в алеврито-песчаных породах. Шлифы

Цвет песчаных и алевритовых пород весьма разнообразен. Он определяется как окраской самих обломков, так и цветом цементирующего их вещества. В случае незначительного содержания и неокрашенности цементирующего материала породы кварцевого состава обычно почти белого цвета, при значительном содержании полевых шпатов – розового, при обилии обломков эффузивных пород – серого, а при значительном содержании глауконита – зелёного цвета.

Окраска цементирующего материала может полностью затушёвывать окраску обломочной составляющей. Такое явление наблюдается в широко распространённых красноцветных и пестроцветных породах, окраска которых, как правило, определяется цветом глинистых минералов цемента или железистой плёнки вокруг зёрен.

Условия образования *песчаных* осадков: донные, разнообразные прибрежные, пляжевые, озёрные, речные, эоловые и флювиогляциальные. *Алевриты* образуются на дне озёрных, морских и океанических бассейнов в зоне слабо подвижных вод, а также среди пойменных отложений.

Породы, переходные между вулканогенными и обломочными

Крайними членами этого ряда являются вулканогенные (пирокластические) и осадочные породы.

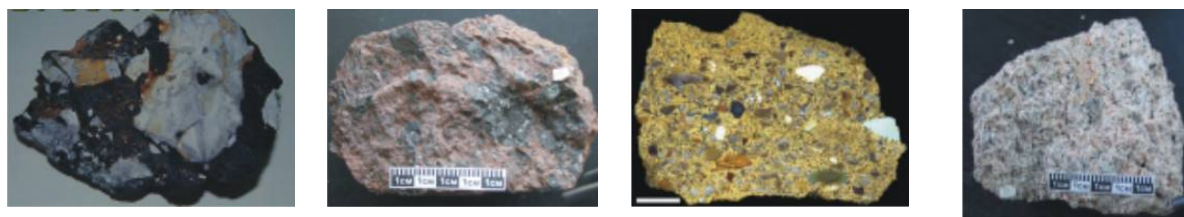
Пеплы – рыхлые скопления материала, выброшенного вулканами, сцементированные пеплы называются *туфами*.

К переходным породам относятся туффиты и туфогенные породы.

Туффиты состоят из обломков вулканического стекла, эффузивных пород и минералов (полевых шпатов, пироксенов, амфиболов). Содержание песка, алеврита и глинистых частиц обломочного происхождения до 50 %. Образуются они в водных бассейнах и на суше. Цементирующее вещество представлено хлоритами, глинистыми минералами, карбонатами.

Туфогенные породы представляют собой осадочные образования, содержащие небольшую примесь (20–30 %) вулканического материала (обломки вулканического стекла, эффузивных пород и минералов). Обломочные частицы окатаны, вулканогенные – угловаты.

Текстуры и структуры туффитов и туфогенных пород – нормальные осадочные (рис. 46), иногда отмечается слоистость.



туфобрекчия

туфоконгломерат

туфогравелит

туфопесчаник

Рис. 46. Туффиты

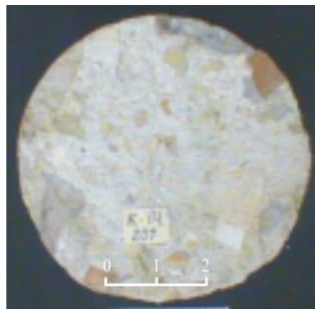
2.4.2. Глинистые породы

К глинистым относятся породы, сложенные частицами размером менее 0,01 мм. Главными *породообразующими* минералами являются каолинит, гидрослюда, монтмориллонит и смешанно-слойные образования.

Условия залегания глинистых пород весьма разнообразны. Это слои, пласты, линзы различной мощности и протяжённости.

Выделяется два основных генетических типа глинистых пород – хемогенные и обломочные.

Хемогенные глинистые породы формируются в результате химического выветривания кристаллических пород. Это глинистые образования древних и современных кор выветривания, современных и ископаемых почв. Характер глин зависит от климата и состава материнских пород (рис. 47). В гумидном климате при выветривании гранитоидных пород формируются каолиновые глины, а при выветривании силикатных пород основного состава – хлорит-монтмориллонитовые глины.



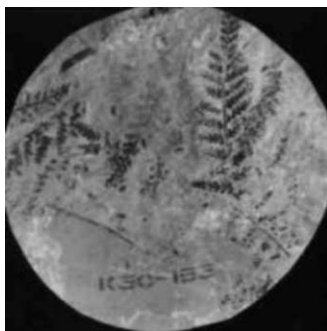
каолиновая с обломками выветрелых пород



монтмориллонитовая

Рис. 47. Хемогенные глины

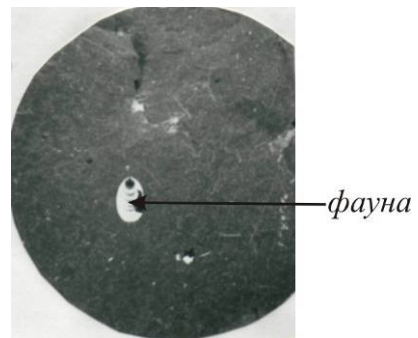
Обломочные глины (рис. 48) образуются в результате разрушения и переотложения коры выветривания, а также осадочных пород более древнего возраста. Образование обломочных глин происходит в континентальной и морской обстановках.



с остатками флоры



с корневыми остатками



с мелкой фауной

Рис. 48. Обломочные глины

В стадию *диагенеза* происходит постепенная потеря свободной воды, приводящая к уплотнению осадка, уменьшению пористости; образуются конкреции пирита (рис. 49, *а*), сидерита, гипса, оксидов и гидроксидов железа.

При *катагенезе* происходит преобразование глинистых пород под влиянием повышенных температуры и давления при участии поровых растворов. Образуются *уплотнённые глины* и *аргиллиты* (рис. 49, *б*).

В *метагенезе* в глинистых породах пористость резко уменьшается до 1 %, образуются *сланцеватые аргиллиты* (рис. 49, *в*), *глинистые сланцы*.

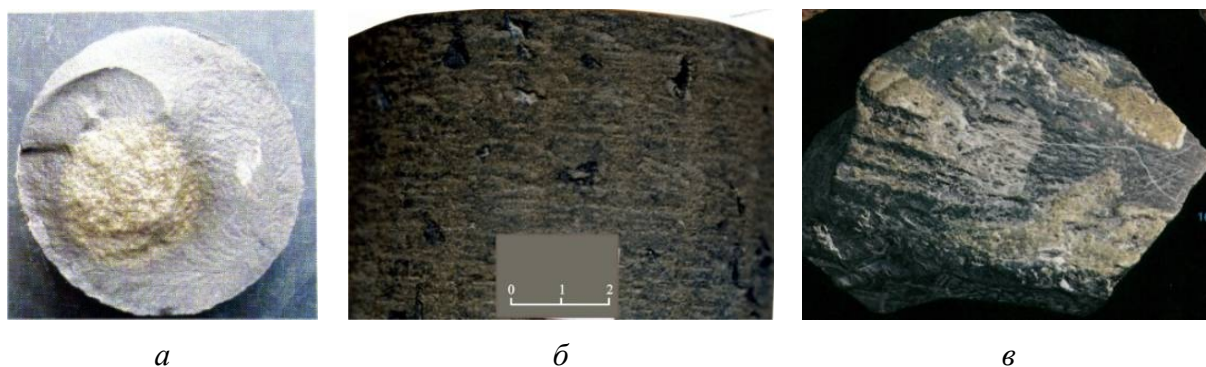


Рис. 49. Вторичные изменения глинистых пород:
а – конкреции пирита; *б* – аргиллит битуминозный; *в* – сланцеватый аргиллит

По степени уплотнения глинистые породы образуют ряд: глины – уплотнённые глины – аргиллиты – сланцеватые аргиллиты – глинистые сланцы. В этом ряду только глины и уплотнённые глины обладают пластичностью, которая определяется способностью тонкодисперсных глинистых минералов адсорбировать воду. В связи с этим названные глинистые породы обладают надежными экранирующими свойствами.

2.4.3. Глиноземистые (алюминистые) породы

Алюминистые осадочные породы представляют собой скопление оксидов и гидроксидов алюминия (глинозема). Содержание оксидов алюминия колеблется в широких пределах, составляя преимущественно 30–50 %. Значительное место в алюминистых породах занимают примеси, среди которых основными являются оксиды железа (10–15 %), а также каолинит и обломочные минералы – кварц, полевые шпаты и др.

Главнейшими алюминистыми осадочными породами являются латериты и бокситы.

Латериты – ярко окрашенные, преимущественно коричневатокрасные, реже серовато-розовые породы (рис. 50, *а*). Окраска пород определяется наличием в них железа в окисной форме.

Латериты представляют собой современную кору выветривания пород, богатых алюмосиликатами, образовавшуюся в условиях жаркого переменного-влажного климата.

Бокситы – так же, как и латериты, имеют коричнево-красную, розовато-красную, оранжево-красную окраску за счет оксидов железа и алюминия.

Остаточные (*псевдомофные*) бокситы представляют собой ископаемую кору выветривания (рис. 50, б).



а

б

в

Рис. 50. Глиноземистые породы:

а – фрагменты латеритов; б – бокситная глина;

в – боксит осадочный с бобовой структурой

Осадочные бокситы образуются в результате переотложения латеритной коры выветривания. Для них характерно наличие бобовых и оолитовых структур (рис. 50, в).

2.4.4. Железистые породы

В группу железистых пород объединяются природные образования осадочного происхождения, отличающиеся высоким содержанием железа. Главными представителями пород этой группы являются бурые железняки, сидериты и лептохлориты.

Бурые железняки представляют собой природную смесь гидрооксидов железа (гётита, гидрогётита, лимонита и др.). Окраска пород бурая, красновато-бурая, оранжево-желтая. Внешне это рыхлые, пористые, кавернозные или плотные массивные образования, нередко оолитовой или бобовой структуры (рис. 51, а, б). В континентальных (озерных, болотных) и морских условиях образуются *окисные* руды.

Бурые железняки образуются также в результате окисления сидерита и сульфидов железа («железная шляпа») (рис. 51, в). Кроме того, они могут формироваться за счет выветривания каких-либо железосодержащих пород. Так образуются *окисленные* руды.

Сидеритовые породы состоят в основном из сидерита, но содержат и значительное количество примесей – обломки кварца, глинистый материал, обугленный растительный детрит, иногда мелкие остатки фауны. При выходе на поверхность породы приобретают бурый цвет вследствие окисления (рис. 51, г).

Формируются они в болотах и торфяниках, речных и дельтовых осадках в восстановительной, застойной обстановке.

Лептохлоритовые (шамозитовые) породы слагаются в основном алюмосиликатом закиси железа – шамозитом со значительной примесью

глинистого материала, карбонатов, оксидов железа. Окраска пород серовато-зеленая, зеленовато-темно-серая (рис. 51, д). Образуются эти породы в застойной восстановительной среде в лагунно-заливных условиях, болотах и пойменных участках дельтовых областей.

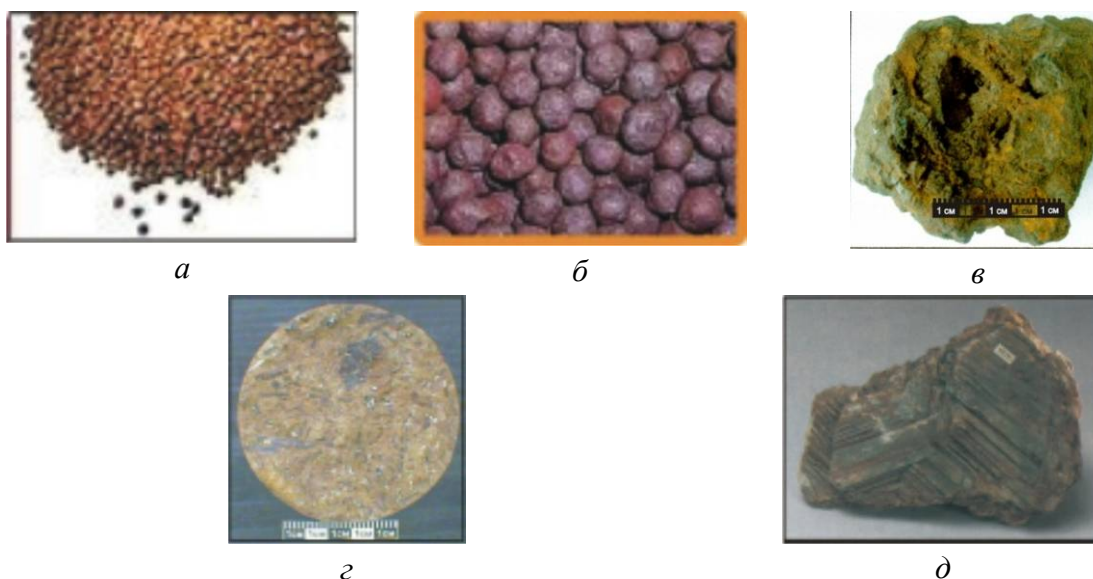


Рис. 51. Железистые породы:
 а – оолиты оксидов железа; б – бобовины гематита;
 в – продукт окисления сульфидного месторождения («железная шляпа»);
 г – сидерит окисленный с растительными остатками; д – лептохлорит

2.4.5. Марганцевые породы

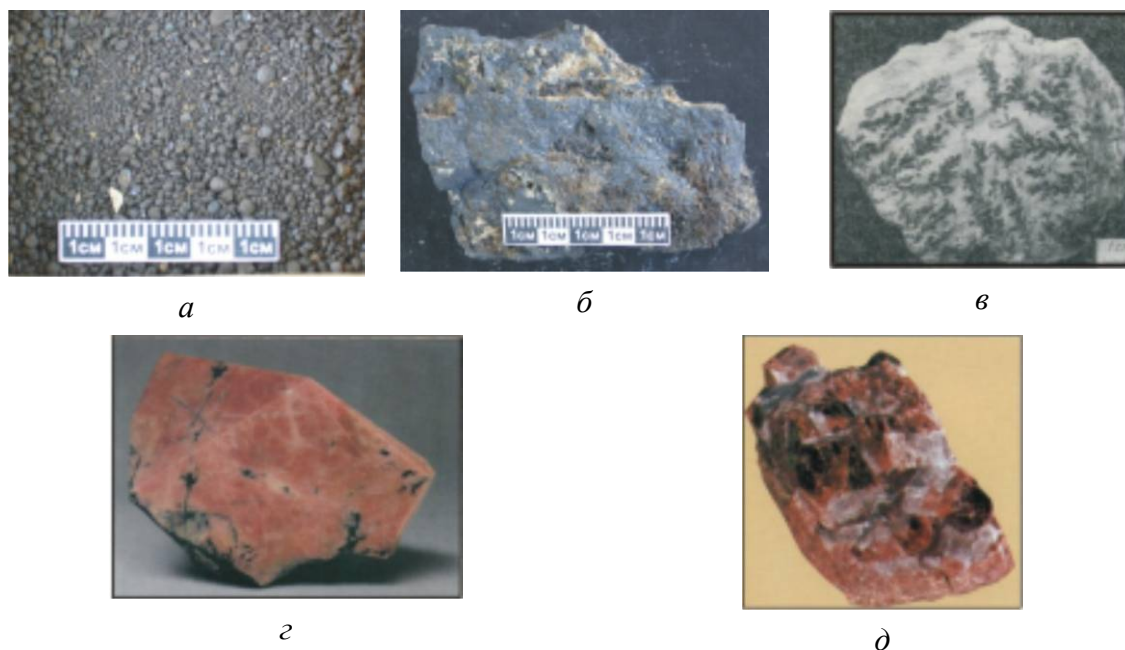
К марганцевым осадочным породам относятся образования, содержащие свыше 10 % оксида марганца. Они подразделяются на четыре минералогопетрографических типа: окисные, окисленные, карбонатные и силикатные.

Окисные руды состоят из минералов оксида и гидроксида марганца: пиролюзита, манганита, псиломелана. Эти породы имеют чёрную окраску, конкреционную, бобовую, оолитовую структуру (рис. 52, а). Окисные руды образуются в мелководной области моря, а также в болотно-озёрных условиях, где они ассоциируют в различных пропорциях с оксидами и гидроксидами железа.

Окисленные руды возникают в обстановках широкого развития кор выветривания на марганецсодержащих породах и рудах. Они представлены соединениями гидроксида марганца – псиломеланом, имеют землистое сложение (рис. 52, б). Окисленные руды обычно приурочены к кайнозойской коре выветривания на докембрийских кварц-гранатовых породах.

Карбонатные породы представлены родохрозитом $MnCO_3$ и манганокальцитом $(Mn, Ca)CO_3$. Образуются в морских условиях, в восстановительной обстановке. Это плотные светло-серые породы, мелко- и тонкозернистой структуры, в которых постоянно присутствуют чёрные гнёзда, тонкие прослои и дендриты гидроксида марганца (рис. 52, в).

Силикатные породы обычно представлены родонитом и спессартином (минералом из группы гранатов). Они светло-серые с розоватым оттенком, розовато-лиловые, мелко- и микрозернистые, часто встречаются в докембрийских образованиях (рис. 52, з, д).



*Рис. 52. Марганцевые породы:
а – марганцевая окисная руда с оолитовой структурой;
б – марганцевая окисленная руда; в – марганцевая карбонатная порода с дендритами гидроксидов марганца по трещинам; з – родонит; д – спессартин*

2.4.6. Фосфатные породы (фосфориты)

К фосфоритам относятся породы, содержащие не менее 10 % P_2O_5 . Они представляют собой шаровидные образования размером от единиц до 20 сантиметров, имеющие хорошо выраженную радиально-лучистую структуру (рис. 53).

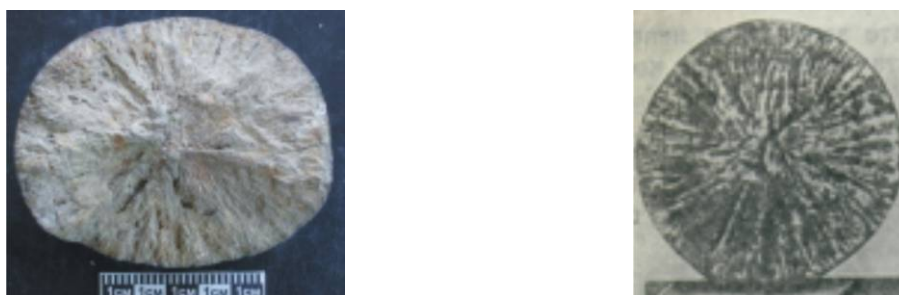


Рис. 53. Фосфориты

Окраска фосфоритов обычно темная, серая, коричневатая-серая, зеленоватая-серая, обусловленная присутствием примесей – органического вещества, сульфидов железа.

Образование фосфоритов в морских водоёмах происходит в результате гибели и разложения организмов, освобождения P_2O_5 , накопленного в телах организмов.

2.4.7. Кремнистые породы (силициты)

Кремнистые осадочные породы представляют собой образования, полностью или частично состоящие из кремнезема (SiO_2).

Хемогенные

Кремнистые туфы (гейзериты) – светлые пористые породы, состоящие из опала (рис. 54, а). Они залегают в виде тел неправильной формы, натёков, корочек, образуются из вод гейзеров и горячих источников. Воды их часто насыщены и перенасыщены кремнеземом. На большой глубине в условиях высокой температуры и повышенного давления кремнезем находится в растворе. Когда вода выбрасывается на поверхность Земли, давление и температура изменяются и кремнезем выпадает в осадок.

Кремни и кремневые конкреции – плотные твердые породы с раковинистым изломом. Окрашены в различные тона, чаще всего, в серые, темно-серые и черные, имеют тонкозернистый кварцевый состав (рис. 54, б). Кремни образуют косые жилы, пересекающие слоистость. Конкреции имеют округлую форму и концентрическое строение (рис. 54, в).

Железистые кварциты (джеспилиты) – породы, состоящие из чередующихся тонких слоечков микрозернистого кварцита и железистых окисных минералов (рис. 54, г). Эти породы являются продуктом химического выпадения железа и кремнистых осадков. Они образуют мощные толщи, но развиты лишь среди докембрийских образований, слагают железорудные залежи Курска и Кривого Рога.

Органогенные

Диатомиты – светлые, легкие, тонкопористые и мягкие породы, состоящие из скорлупок диатомовых водорослей (0,01–0,2 мм), сцементированных опалом (рис. 54, д).

Радиоляриты – породы слоистой текстуры серого и темно-серого цвета. Состоят из опала, в котором рассеяны многочисленные скелетные остатки радиолярий (рис. 54, е).

Спонголиты – белые, зеленовато-серые, бежевые пористые и плотные породы, состоящие из спикул кремневых губок, сцементированных опалом (рис. 54, ж).

Хемобиогенные

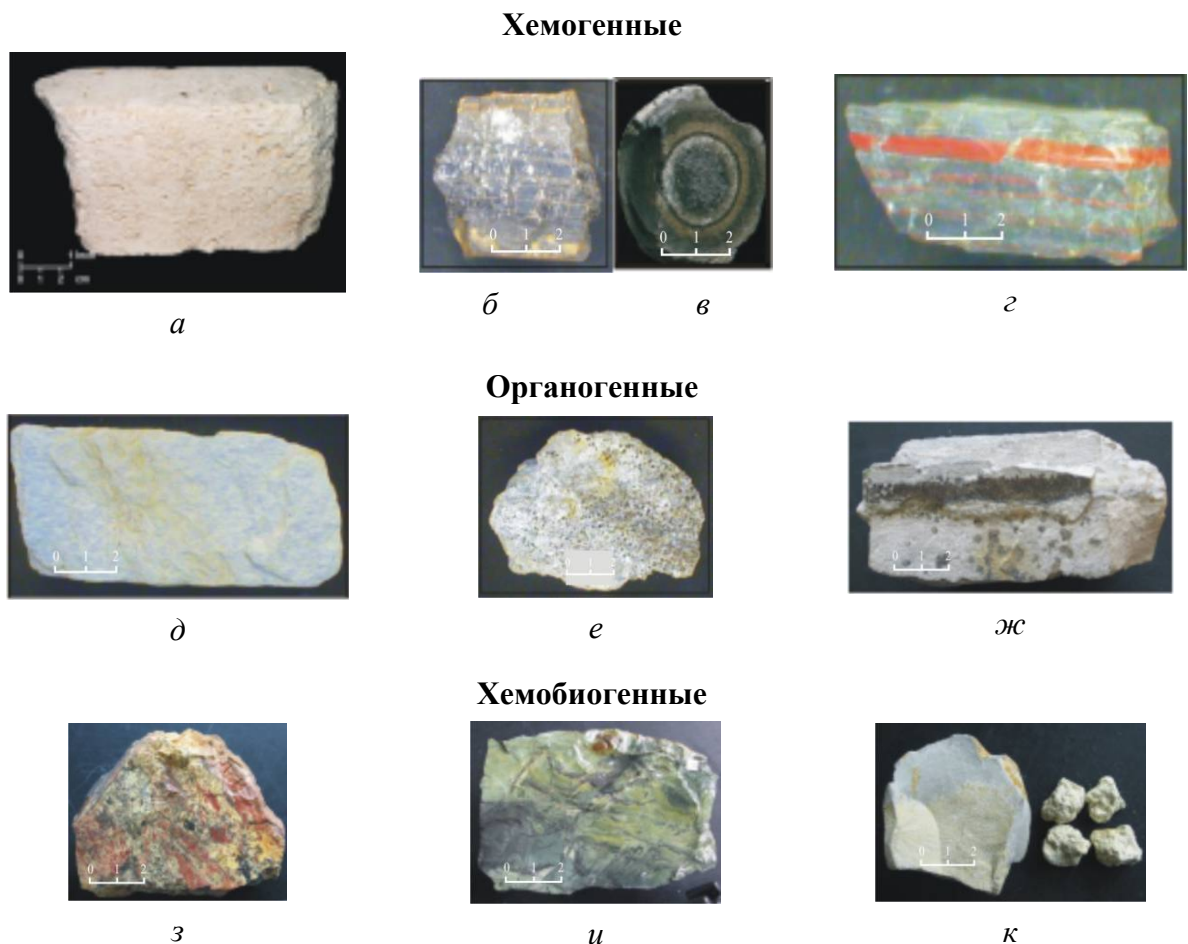
Это породы, образовавшиеся в результате накопления скелетов организмов, которые при диагенезе и катагенезе существенно изменились.

Яшмы – халцедоновые и кварц-халцедоновые породы, часто со следами радиолярий (рис. 54, з, и). Кроме основных породообразующих минералов, в яшмах встречается ряд примесей: оксиды и гидроксиды железа (яшмы бурого, коричневого, красного цвета), глинистые минералы и хлориты (яшмы серого и зеленого цвета), органическое вещество (яшмы темно-серого и черного цвета).

Образование яшм связано с интенсивной подводной вулканической деятельностью.

Трепелы и опоки – в куске серые, иногда почти белые легкие породы, отличающиеся друг от друга только плотностью (плотность трепелов $0,5-1,0 \text{ г/см}^3$, опок – $1,1-1,8 \text{ г/см}^3$). Главный минерал в трепелах и опоках – опал (рис. 54, к).

Опоки и трепелы образуются, вероятно, из диатомитов и спонголитов, претерпевших диа- и катагенетические изменения: растворение, переотложение кремнезема и частичную перекристаллизацию.



*Рис. 54. Кремнистые породы:
а – кремнистый туф; г – джеспилит; б – кремнь пластовый;
в – кремневая конкреция; д – диатомит; е – радиолярит; ж – спонголит;
з – яшма пестроцветная; и – яшма зеленая; к – опока и трепел*

2.4.8. Карбонатные породы

Известняки

Известняки – породы, состоящие более чем на 50 % из минерала кальцита – CaCO_3 .

Обломочные известняки – механические образования, сложенные карбонатными частицами, претерпевшими перед отложением перенос и большую или меньшую сортировку. В зависимости от размера и формы выделяют известняковые брекчии, конгломераты, песчаники (рис. 55, а), алевролиты (калькрениты). Цементом обычно служит пелитоморфный и кристаллический кальцит базального, контактового, порового и смешанного типа.

Признаками обломочных известняков являются: наличие слоистости, сортировки и окатанности, чередование слоёв с различной крупностью частиц, иногда – примесь терригенного материала. Они образуются в зоне литорали, на пляжах и отмелях в результате обработки карбонатного материала волнами, прибоем, течениями.

Органогенные известняки состоят из остатков организмов, не несущих следов механической обработки. В зависимости от характера материала и типов организмов различают известняки – *ракушечники* (*ракушняки*), состоящие из целых раковин (рис. 55, б), и *детритовые* (*органогенно-детритовые*) известняки, состоящие из раковинного детрита.

В строении известняков принимают участие раковины или раковинный детрит пелеципод, гастропод, брахиопод, остракод, криноидей (рис. 55, в), фораминифер, водорослей, а также остатки кораллов и других морских организмов которые цементируются пелитоморфным или кристаллическим кальцитом.

Особым типом биогенных известняков является *белый мел* – порода мягкая с высокой пористостью до 50 %. Мел состоит из мельчайших одноклеточных жгутиковых водорослей – кокколитофорид и мелких фораминифер.

Хемогенные известняки возникают при осаждении карбоната кальция в водоёмах и образовании его на суше. К ним относятся *пелитоморфные* известняки, образовавшиеся при осаждении тончайшего (размером менее 0,01 мм) известкового материала, находящегося в виде взвеси.

К хемогенным известнякам относятся *оолитовые* и *сферолитовые* известняки, состоящие из зёрен концентрического и радиально-лучистого строения размером от долей мм до нескольких мм (рис. 55, г). Образование их происходило в зоне литорали в период седиментогенеза.

К карбонатным породам химического происхождения принадлежат *известковые туфы*, *известковые натёки* (*сталактиты*, *сталагмиты*) (рис. 55, д–ж), образующиеся на выходах минеральных источников, а также *известковые коры*, образующиеся при испарении почвенных растворов в районах полуаридного и аридного климата.

К *измененным* в катагенезе и метагенезе относятся перекристаллизованные известняки. Перекристаллизация приводит к росту более крупных и поэтому более устойчивых кристаллов за счёт растворения мелких, менее устойчивых. Перекристаллизации способствуют колебание значений рН, повышение температуры и давления, наличие пор и пустот. В результате перекристаллизации образуются *кристаллически-зернистые* известняки с разным размером зёрен (рис. 55, з).

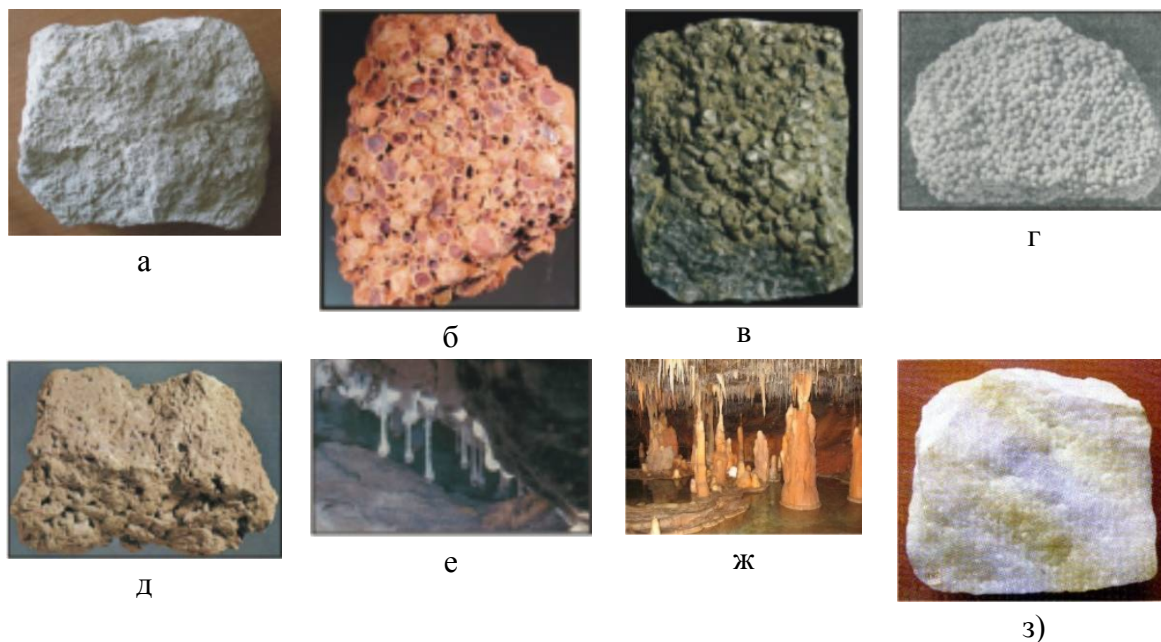


Рис. 55. Известняки:

а – известняковый песчаник; *б* – ракушечник; *в* – криноидный известняк;
г – оолитовый известняк; *д* – известковый туф; *е* – сталактиты;
ж – сталагмиты; *з* – кристаллический известняк

Доломиты

Доломитами называются карбонатные породы, состоящие более чем на 50 % из минерала доломита – двойной углекислой соли Ca и Mg – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. По макроскопическому облику доломиты напоминают известняки. Отличие заключается в различной реакции с HCl: известняки с холодной соляной кислотой бурно вскипают, доломиты – нет.

Обломочные доломиты различаются по размеру зерна, состоят из окатанных или угловатых обломков доломита, сцементированных доломитовым или кальцитовым цементом. Содержат примесь терригенного материала.

Биогенные доломиты – доломиты с органогенной структурой, характеризуются наличием более или менее различных органических остатков. Особо выделяются *водорослевые доломиты*. Они состоят из караваеобразных и шарообразных тел, которые почти нацело сложены водорослями, концентрирующими в своём теле карбонат магния. Водорослевые доломиты отличаются высокой пористостью и кавернозностью.

Хемогенные доломиты – это микрозернистые и пелитоморфные, лишённые органических остатков однородные породы, содержащие иногда примеси кальцита, ангидрита, гипса и глинистого материала (рис. 56, а). Они выпадают в осадок из вод с повышенной соленостью – в лагунах, морских заливах, в условиях жаркого засушливого климата, когда испарение преобладает над поступлением пресных вод.

Метасоматические доломиты (доломиты замещения) образуются при замещении кальцита доломитом. Эти породы обычно пористы и кавернозные (рис. 56, б, в). Это объясняется сокращением объёма породы при замещении молекулы кальцита на молекулу доломита во время катагенеза и метагенеза при воздействии вод, обогащённых магнием, на известковые породы.

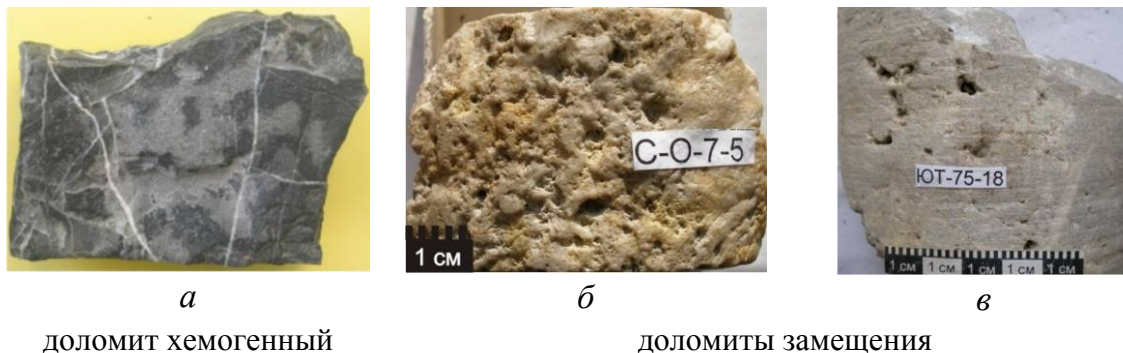


Рис. 56. Доломиты

Карбонатные породы смешанного состава

Мергели (глинистые известняки) – тонкозернистые мягкие породы, сложенные пелитоморфным или микрозернистым кальцитом и тонким глинистым материалом, образуются в морских, лагунных и континентальных условиях в случае одновременного накопления глинистого и карбонатного материала в обстановке теплого климата и щелочной среды.

Кремнистые известняки содержат до 50 % кремнезёма в виде кремнистых конкреций и неравномерно рассеянных выделений халцедона и кварца.

Углистые известняки содержат до 50 % углистого материала и обычно встречаются в ассоциации с угольными пластами. Окрашены они обычно в чёрные тона, содержат отпечатки растений и обугленный растительный детрит. Углистые известняки формировались в условиях низкого морского заболоченного побережья.

2.4.9. Соляные породы

К соляным породам принадлежат различные осадочные образования хемогенного происхождения, состоящие из минералов класса сульфатов, хлоридов. Они залегают в виде пластов, прослоев, линз различной мощности. Иногда в результате тектонических движений соляные породы образуют купола, штоки и другие вторичные, постседиментационные формы залегания.

Сульфатные породы

Ангидрит (CaSO_4) имеет тонкозернистую структуру и голубовато-серый, реже белый и красноватый цвет. Вблизи поверхности земли подвергается гидратации и переходит в гипс со значительным увеличением объёма и изменением текстуры и структуры. При этом в слоистых ангидритах возникает мелкая складчатость – плейчатость (рис. 57, а).

Гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) – порода белого, серовато-белого цвета, кристаллически-зернистая, обычно слоистая (рис. 57, б). Встречается совместно с ангидритом.

Селенит – розовый или красный гипс с шелковистым отливом волокнистого или столбчатого строения (рис. 57, в). Он образует прослои небольшой мощности (20–25 см) в мощных пластах гипса; часто имеет вторичное происхождение.

Хлоридные породы (галогены)

Каменная соль сложена галитом (NaCl), в виде примеси содержит небольшое количество других хлористых и сернокислых солей, ангидрита, оксидов железа и терригенных частиц. Она бесцветна или окрашена в серые, красные и синие тона. Серая окраска связана с примесью ангидрита и терригенных частиц, красная – гематита, синяя – с рассеянным в галите металлическим натрием (рис. 57, г).

Обычно каменная соль имеет тонкую слоистость – результат изменения условий осаждения; кристаллически-зернистую структуру, отмечаются следы растворения в виде стилолитовых швов (рис. 57, д, е).

Карналлитовая порода состоит на 50–80 % из минерала карналлита ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) и 20–50 % галита с небольшой примесью ангидрита, глинистых и других примесей. Окрашена в оранжево-красные тона, окраска пятнистая (рис. 57, ж, з). Благодаря высокой гигроскопичности карналлита поверхность породы влажная.

Сильвинит (сильвиновая порода) состоит из сильвина (KCl) на 50–75 %, галита 25–50 % и примесей ангидрита, глины. Цвет белый, молочно-белый (рис. 57, и). Окраска молочно-белая связана с многочисленными пузырьками газа и жидкости.

Образование солей происходит в прибрежно-морских, лагунных условиях и на суше в бессточных озёрах. Для образования их необходимы следующие предпосылки:

- аридный климат, где испарение в несколько раз превышает количество осадков;
- затруднённое сообщение лагуны или залива с морем, но вместе с тем и постоянный приток некоторого количества морской воды;
- непрерывное равномерное погружение бассейна.

Образовавшийся осадок соляных минералов при погружении дна бассейна перекрывается новыми осадками, постепенно превращается в осадочную породу (диагенез). В толще осадочных пород в условиях повышенных давления и температуры происходит перекристаллизация соленосных отложений и образование кристаллически-зернистой соли (катагенез). Под давлением вышележащих толщ соль приобретает пластичность и легко выжимается – перемещается в места с более низким давлением (метагенез). В связи с этим соли могут служить флюидоупорами.



Рис. 57. Соляные породы:

а – ангидрит; б – гипс; в – селенит;

г – каменная соль с рассеянным металлическим натрием (синее);

д – каменная соль с кристаллической структурой;

е – каменная соль со следами растворения;

ж – карналлитовая и каменная (серая) соли; з – карналлитовая соль; и – сylvинит

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Дайте определение понятию «текстура».
2. Какие основные морфологические типы слоистости вы знаете?
3. Определите основные причины возникновения различных типов слоистости.

4. Как образуются биогенные текстуры?
5. В чем генетическое преимущество ихнофоссилий среди других биогенных текстур?
6. Чем отличаются диагенетические конкреции от катагенетических?
7. Дайте определение понятию «структура».
8. Опишите условия образования крупнообломочных пород.
9. Какова форма (первичная и вторичная) зерен и обломков в алевроито-песчаных породах?
10. Какие минералогические компоненты песчаников и алевролитов относятся к пороодообразующим, второстепенным, аксессуарным? Объясните их палеогеографическое значение.
11. Дайте классификацию цементов по соотношению их с обломочным материалом.
12. Как образуются вулканогенно-осадочные породы?
13. Опишите генетические типы глинистых пород.
14. Какие осадочные породы относятся к карбонатным?
15. Опишите основные признаки и условия образования известняков обломочных и хемогенных.
16. Каковы условия формирования биогенных известняков?
17. Как образуются кристаллические известняки?
18. Как образуются метасоматические доломиты?
19. Приведите генетическую классификацию кремнистых пород.
20. Опишите условия формирования бокситов.
21. Опишите условия формирования осадочных железных руд.
22. В каких условиях формируются окисные и окисленные железные руды?
23. Опишите условия формирования и особенности строения различных марганцевых пород.
24. Какие геохимические условия способствуют концентрации фосфора?
25. Опишите основные факторы образования соляных пород.
26. Чем объясняется разнообразие цвета соляных пород?
27. Что такое диагенез в соляных отложениях?
28. Какова роль катагенетических и метагенетических процессов в формировании солей как флюидоупоров?

3. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ

3.1. Определение понятий «фация», «фациальный анализ»

Накопление осадков, в которых возможно возникновение углеводородов, происходило в определенных физико-географических условиях.

Закономерное чередование комплексов пород позволяет судить о периодической смене условий осадконакопления и общем направлении изменения этих условий в различные периоды. Для выражения изменения состава отложений определенного стратиграфического отрезка на площади его распространения в зависимости от условий осадконакопления было введено в геологию понятие «фация».

В настоящее время насчитывается более 100 различных определений термина «фация». Большинство исследователей вкладывают в понятие «фация» единство генетического типа пород и обстановки ее образования. Наиболее емким и кратким является определение, предложенное Н.В. Логвиненко [20]: **«Фация – это обстановка осадконакопления, современная или древняя, овеществленная в осадке или породе».**

Под физико-географическими условиями (обстановкой) понимаются все условия и характер среды осадкообразования, например: субаэральная или субаквальная среда; приуроченность к тем или иным геоморфологическим элементам суши; характер бассейна (озеро, лагуна, море) и вероятная его глубина; положение в определенной части бассейна (прибрежной, на открытом шельфе, батимальной, в застойной зоне и т. д.); удаленность от береговой линии; динамика среды; условия жизни и захоронения организмов и т. д.

В целом условия осадконакопления определяются рельефом, климатом, тектоникой и особенностями развития жизни на Земле в данный период. Раздел геологии, рассматривающий физико-географические обстановки осадконакопления, называется **учением о фациях**, а способы реконструкции этих обстановок для прошлых периодов в истории Земли называются **фациальным анализом**.

При фациальном анализе широко применяется метод актуализма. Этот метод научного познания геологической истории Земли, реконструкции процессов и обстановок прошлого путем использования закономерностей, выявленных при изучении современных геологических процессов.

3.2. Тектоника и осадконакопление

Среди факторов, определяющих условия образования осадочных пород и закономерности их формирования, ведущее положение занимают

вертикальные движения земной коры переменного знака и меняющейся амплитуды, или колебательные движения.

Ведущая роль тектоники в процессе литогенеза отражена в многочисленных трудах ученых [17, 35, 12, 36 и др.]. В кратком изложении Б.К. Прошлякова и В.Г. Кузнецова [30] значение тектонических движений для условий формирования осадочных толщ сводится к следующему.

Колебательные движения вызывают **трансгрессии** и **регрессии** морских водоёмов и, следовательно, перемещение береговых линий. Вместе с изменением положения берега меняется состав осадка. Например, накопившиеся толщи песчаных осадков при трансгрессии замещаются глинисто-алевритовыми отложениями. Колебательные движения могут привести к формированию мелководных водоёмов, в которых при интенсивном испарении терригенное осадконакопление может смениться солеобразованием.

Колебательные тектонические движения в пределах суши приводят к изменению **положения области сноса** обломочного материала, изменению базиса эрозии, что, в свою очередь, отражается на составе накапливающегося осадка.

Тектонические движения оказывают огромное влияние на **скорость накопления осадков** и их **мощность**. Это влияние осуществляется через направленность и скорость колебательных движений, продолжительность стабильного состояния тектонического режима, рельеф поверхности бассейна осадконакопления (суши или дна водоёма), направление и скорость водных потоков.

Скорость накопления и мощность осадков в значительной степени зависят и от количества поступающего обломочного материала. В тех случаях, когда его количество незначительно, прогибание не в состоянии обеспечить большую скорость накопления и мощность осадка. При обильном поступлении осадочного материала, превышающем необходимое количество для компенсации прогибания, будет происходить обмеление бассейна и изменение условий осадконакопления, а в конечном итоге аккумуляция может смениться денудацией. Максимальные мощности и скорости осадконакопления в крупных водных бассейнах характерны для областей компенсированного прогибания (впадинах, прогибах). При региональном продолжительном погружении территории образуются мощные, огромные по площади осадочные толщи.

Тектонический режим в значительной степени определяет **форму** и **размер осадочных тел**. Осадочные породы в большинстве своём залегают в виде слоев и пластов значительной протяжённости, с относительно параллельными поверхностями. При этом между терминами «пласт» и «слой», по Н.В. Логвиненко [20], существует определенная разница.

Пласт – плитообразное тело осадочной породы, представляющее единицу подразделения разреза по вещественному составу (пласт глины,

песчаника, известняка). Образование пластов связано с колебательными движениями земной коры, с перемещением береговой линии бассейна, изменением базиса эрозии.

Слой – часть пласта. Он образуется под влиянием локальных факторов: воздействия течений, волнений, состава и интенсивности приноса обломочного материала, периодичности осаждения вещества из водного раствора, жизнедеятельности организмов.

Тектонические колебательные движения являются одной из основных причин **слоистого строения** осадочных толщ, чередования в разрезе пород разного состава. Граница между слоями бывает выражена достаточно четко, это означает, что смена одной обстановки осадконакопления другой совершалась достаточно быстро, т. е. колебательные тектонические движения происходили не плавно, а прерывисто, с паузами, сопровождающимися стабилизацией обстановок осадконакопления, когда пласт состоит из одного слоя.

Тектонические движения оказывали влияние и на **постседиментационные преобразования** осадочных пород. Зоны разломов с развитием в их пределах интенсивной трещиноватости являлись каналами, по ним из глубоких горизонтов поступали горячие минерализованные растворы, благодаря которым происходили разнообразные процессы нового минералообразования, метасоматоза и перекристаллизации.

3.3. Континентальная обстановка осадконакопления

Континентальное осадконакопление обладает рядом особенностей (рис. 58):

1) характерна неустойчивость образующихся осадков, за накоплением часто следует размыв; разные по составу континентальные отложения быстро сменяют друг друга в горизонтальном направлении (на том же стратиграфическом уровне) и по вертикали (вверх по разрезу);

2) осадконакопление на континентах тесно связано с рельефом, который обуславливает большую пестроту и изменчивость отложений на коротких расстояниях;

3) континентальные отложения представлены главным образом обломочными и глинистыми породами, хотя в аридном климате накапливаются и хемогенные осадки, но их мощность меньше, чем обломочных;

4) для большинства континентальных отложений наблюдается тесная связь с материнскими породами, особенно характерная для элювиальных образований;

5) в континентальных отложениях присутствуют, иногда в обилии, растительные остатки;

6) в характере и распределении континентальных отложений находит отражение климатическая зональность.



Рис. 58. Континентальная обстановка осадконакопления

3.3.1. Элювиальная фация

Элювий – комплекс продуктов разрушения горных пород, образовавшихся на поверхности Земли под действием атмосферных агентов, почвенных и грунтовых вод, жизнедеятельности организмов и сохранившихся на месте своего образования. Наиболее типичными представителями элювия является кора выветривания и ее самая верхняя часть, – почва, где интенсивно протекают биохимические процессы.

В случае преобладания физического выветривания элювий представляет собой комплекс разных по размеру и форме обломков материнских пород. При активном химическом выветривании происходит не только дезинтеграция исходных пород, но и их глубокое химическое и минералогическое преобразование с формированием разнообразных глинистых, окисных железистых пород и остаточных бокситов (рис. 59).



каолинитовая глина
с реликтами кварцевых зерен



охристая порода

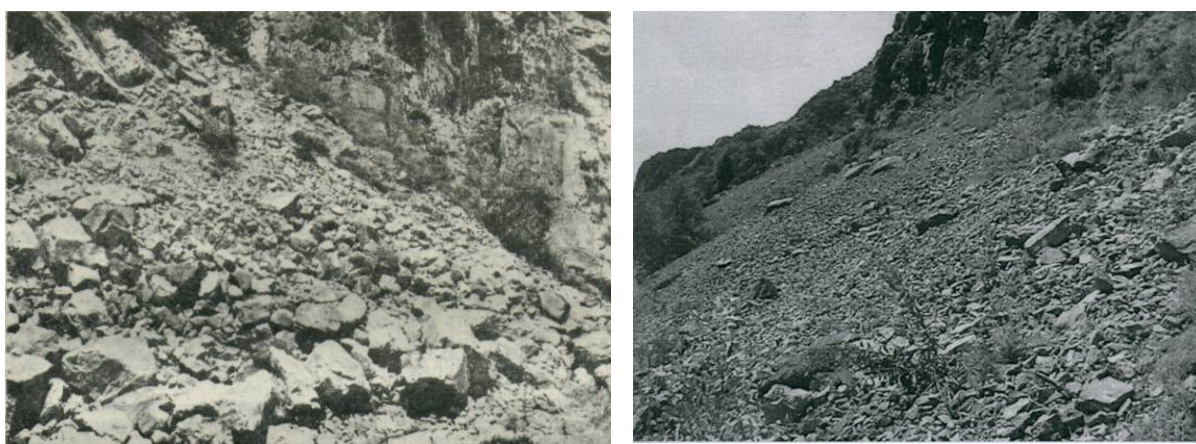


боксит остаточный

Рис. 59. Продукты коры выветривания

3.3.2. Коллювиальная и делювиальная фации

Коллювиальные и делювиальные отложения формируются у подножия возвышенностей и на их склонах в результате обвалов, оползания, обрушения, а также перемещения обломочного материала дождевыми и талыми водами (рис. 60). Их образование чаще связано с областями сухого климата и незначительного развития растительности, которая укрепляет склоны и предохраняет их от разрушения. Контакт этих осадков с подстилающими породами резкий, вещественный состав сходен с залегающими выше по склону породами. При расчлененном рельефе и крутых склонах формируются грубые брекчии, при пологих – более тонкие гравийно-песчаные осадки.



а

б

Рис. 60. Современный коллювий (а) и делювий (б)

Слоистость и сортировка материала, как правило, отсутствуют или выражены очень слабо. Обломки, особенно в приподошвенной части комплекса, совершенно не окатаны, остроугольны. Мощность коллювиальных и делювиальных отложений меняется резко на коротких расстояниях, на поднятиях они часто полностью выклиниваются.

3.3.3. Пролювиальная фация

Песчаные тела, образованные временно действующими водными потоками (пролювий), встречаются у подножия погребенных поднятий, древних эрозионных выступов и останцов, а также в палеодолинах.

Временные потоки образуются при сезонном таянии снегов или в результате стока обильных атмосферных осадков со склонов гор. Они несут значительные массы воды и развивают большие скорости, перенося значительное количество продуктов разрушения горных пород. Эти потоки образуют сравнительно небольшие прямые русла, выполненные крупными обломками. После окончания сезона дождей скорость потоков уменьшается.

ся, и русла заполняются плохо отсортированными гравийно-песчаными осадками (рис. 61), часто с крупными обломками древесины, ориентированными вдоль потока.



Рис. 61. Горный поток летом (а) и осенью (б). Горный Алтай

3.3.4. Аллювиальный комплекс фаций

Среди континентальных отложений наибольший интерес при поисках залежей нефти и газа представляют гравийно-песчаные образования, перекрытые глинистыми породами пойм.

Распределение осадков в русле связано с тем, что продукты разрушения, образуемые в зоне размыва, неравномерно разносятся по дну реки в зависимости от скорости течения, размера и веса обломков. Наиболее крупные из них, которые река не способна перемещать, остаются на месте или перемещаются на небольшие расстояния, более мелкие выносятся к противоположному берегу поперечным течением и, по мере ослабления водной струи, оседают. Еще более мелкие увлекаются потоком вниз по течению реки на большие расстояния, а глинистые частицы переходят во взвешенное состояние и находятся в таком состоянии длительное время.

Каждая речная система, в том числе и реки далекого прошлого, проходит три этапа своего развития: молодость, зрелость, старость (рис. 62).

В период молодости река ведет интенсивное углубление русла и транспортирует продукты разрушения вниз по течению в зону седиментации. Скорость течения водного потока в этот период наибольшая, а русло относительно прямое. В русле накапливается лишь незначительное количество терригенных осадков.

В период зрелости река, углубив русло и достигнув профиля равновесия, ведет, главным образом, размыв его за счет боковой эрозии, образуя многочисленные изгибы-меандры. В результате этих изгибов длина русла возрастает, хотя наклон его остается прежним. Это приводит к уменьшению скорости водного потока. Продукты разрушения уже не могут быть вынесены в область седиментации и начинают откладываться в пределах русла в виде русловых отмелей.

Старость реки характеризуется дальнейшим ростом меандр и увеличением длины русла: русловые отмели достигают наибольшего размера. Течение воды настолько замедляется, что река на отдельных своих участках оказывается неспособной транспортировать продукты разрушения. Происходит закупоривание русла, и река распадается на ряд изолированных друг от друга водоемов- стариц.

Таким образом, аллювиальные образования всегда состоят из двух частей. Нижнюю часть составляют преимущественно гравийно-песчаные осадки русел, в то время как верхнюю – глинистые осадки пойм.

Современные реки по характеру строения русел подразделяются на три типа: спрямленные, ветвистые (фуркирующие) и извилистые (меандрирующие).

Фация русловых отмелей спрямленных рек. Спрямленные русла образуются в начальные этапы развития речных систем либо в периоды омолаживания меандрирующих равнинных рек в связи с понижением базиса эрозии и выработкой нового, более прямого русла, отвечающего изменившимся палеогидродинамическим условиям. Развитие рек спрямленного типа начинается в узких оврагах или ущельях, где на первых этапах отлагаются лишь русловые отложения, переходящие на бортах в склоновые коллювиально-делювиальные отложения (рис. 63).

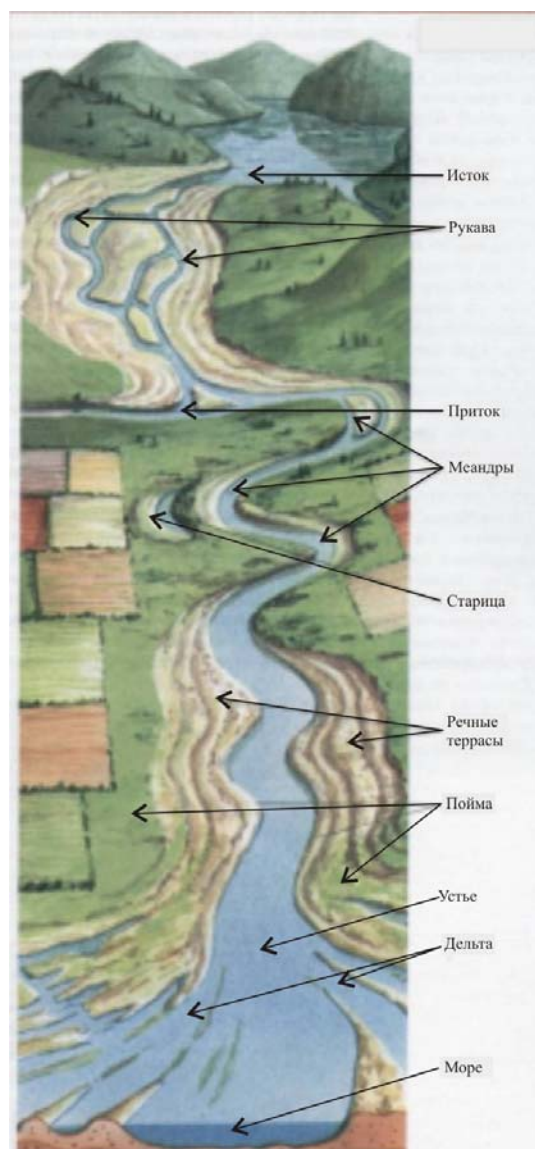


Рис. 62. Строение речной системы



а



б

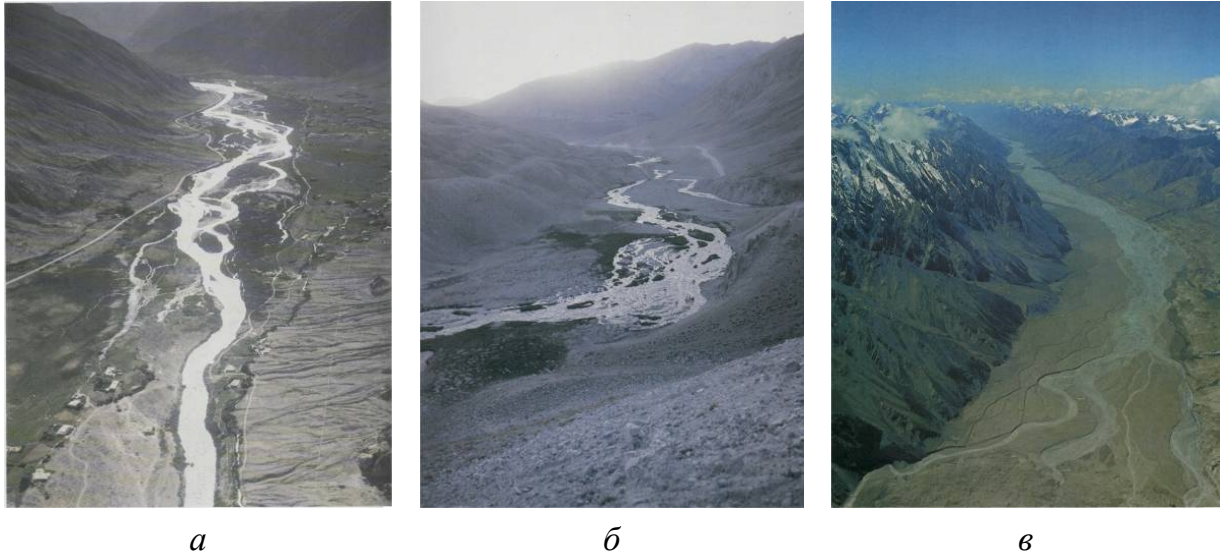
Рис. 63. Современные реки спрямленного типа:
а – Горный Алтай; б – Памир

Таким образом, для рек спрямленного типа характерны: повышенные скорости течения; ограниченное развитие русловых отмелей, которые сложены плохо отсортированным песчано-гравийно-галечниковым материалом и образуют линзообразно-изогнутые песчаные тела с резко выраженными нижней и верхней границами; крупная косая однонаправленная слоистость.

Фация русловых отмелей ветвящихся (фуркирующих) рек. Ветвистые реки характерны для горного рельефа. Условия осадконакопления в них обусловлены высокими скоростями течения, переносом преимущественно песчано-галечникового материала, наличием многочисленных неглубоких сходящихся и расходящихся русел различных порядков, нечеткими границами пойм (рис. 64). Для этих отложений характерна окатанность крупных галек.

Фации русловых отмелей меандрирующих рек. Меандрами, или излучинами, называются плавные изгибы равнинной реки. Струя водного потока размывает вогнутый берег, он становится обрывистым, а дно реки углубляется. У противоположного берега скорость заметно падает, так как глубина здесь меньше и, кроме того, возникают поперечные придонные течения. Эти течения захватывают с собой частицы обломочного материала и откладывают их. На пологом внутреннем склоне берега реки отлагаются косослоистые отложения русловой отмели (рис. 65).

Меандрирующие, или извилистые, реки формируются на стадии зрелости, когда река ведет интенсивную боковую эрозию, а на стадии старости река характеризуется максимальной извилистостью.



*Рис. 64. Горные ветвящиеся (фуркирующие) реки:
а, б – Памир; в – Центральный Тянь-Шань*



*Рис. 65. Формирование косой слоистости
на русловой отмели р. Обь*

Появление меандр приводит к образованию многочисленных рукавов, по которым вода течет параллельно руслу, и возникновению обширных аллювиальных равнин (рис. 66).

Фация стариц (рис. 67). Формирование старичного аллювия происходило в условиях меняющихся гидродинамических режимов. В период паводков старицы временно превращались в активно действующие боковые русла и протоки, где шло накопление песчаного материала. По мере спада паводковых вод и уменьшения скоростей водных потоков в старицах откладывались более мелкие осадки. Когда связь старицы с рекой прерывалась, она превращалась в изолированный водоем, в котором шло накопление преимущественно глинистых осадков.



а



б

*Рис. 66. Аллювиальные равнины:
а – Исландия; б – Западная Сибирь, р. Обь*



Рис. 67. Старицы – бывшие участки русла реки Обь

Фацции поймы. Отложения поймы образованы фациями временно заливаемых участков и пойменных озер и болот. Обе эти фации тесно переплетаются друг с другом и характеризуются взаимными переходами как по разрезу, так и по площади. Это связано с тем что полые воды достигали внутренних, наиболее удаленных частей поймы, когда скорости их были минимальными, а подавляющая масса более грубого обломочного материала уже выпала в осадок. В связи с этим, заливавшие пойму воды были способны переносить лишь наиболее тонкозернистые алеврито-глинистые частицы. При спаде полых вод вначале осушались наиболее приподнятые части пойм, на которых накапливались тонкогоризонтальнослоистые алеврито-глинистые осадки, сменявшиеся вверх по разрезу осадками тонких илов. Осушенные участки покрывались растительностью, на них формировались подпочвы и почвы.

В более пониженных участках поймы вначале также шло отложение принесенного полыми водами алеврито-глинистого материала. Затем, при спаде полых вод, в пониженных участках образовывались неглубокие изолированные водоемы, в которых продолжалось осаждение взвешенных

в воде глинистых частиц. Эти частицы откладывались на дне водоемов в виде тонких горизонтальнослоистых глинистых напластований.

3.3.5. Лимнические (озерно-болотные) фации

Образование этой группы фаций происходит во внутриконтинентальных или прибрежно-морских озерах и болотах. Общими признаками лимнических образований являются ограниченное распространение, соответствующее форме озера или болота, и сравнительно небольшая мощность. В связи с этим в разрезе комплекс *озерных* отложений представляет собой линзу с вогнутым основанием и относительно плоской кровлей, которая, в отличие от аллювиальной, образует не полосу, а относительно изометрическую зону.

В *гумидном* климате озера получают воды больше, чем испаряется с их поверхности. Поэтому эти озера обычно проточные, пресные и характеризуются, как правило, терригенным составом отложений. Для осадков в целом характерны сравнительно хорошая сортировка, наличие правильной, часто тонкой слоистости, иногда – знаки ряби и неотчетливая косая и косоволнистая слоистость.

Нередко в озерных отложениях обнаруживаются нарушения, вызванные оползанием полужидких пластичных осадков по наклонному дну озера. Такие оползни развиваются даже при небольших уклонах дна. В результате появляются своеобразные деформационные, в том числе оползневые текстуры.

В озерах часто идет накопление органического вещества сапропелевого типа. Мелководные озера, которые хорошо прогреваются летом, богаты питательными веществами и планктоном, отличаются высокой биологической продуктивностью. В таких озерах имеются благоприятные условия для консервации образующегося органического материала. В озерных отложениях отмечаются растительные остатки хорошей сохранности.

В озерах холодного гумидного климата при ослаблении приноса обломочного материала возможно образование железных бобовых руд за счет транспортировки железа реками. Если источником осадков служила кора выветривания, то образуются бокситы, железные и марганцевые руды. Они приурочены главным образом к береговой части.

В обстановке *аридного* климата, когда поступление вод невелико и часто не компенсирует испарение, формируются бессточные озера с повышенной минерализацией. В отличие от озер гумидной зоны, здесь, наряду с терригенной, идет, а иногда и преобладает, хемогенная седиментация. Накапливаются известняки, доломиты, магнезиальные силикаты, а также растворимые соли – гипсы и ангидриты, хлориды.

К группе лимнических фаций относятся и *болота*. В осадках болот преобладают накопления торфа, переходящего в уголь. Кроме того, среди

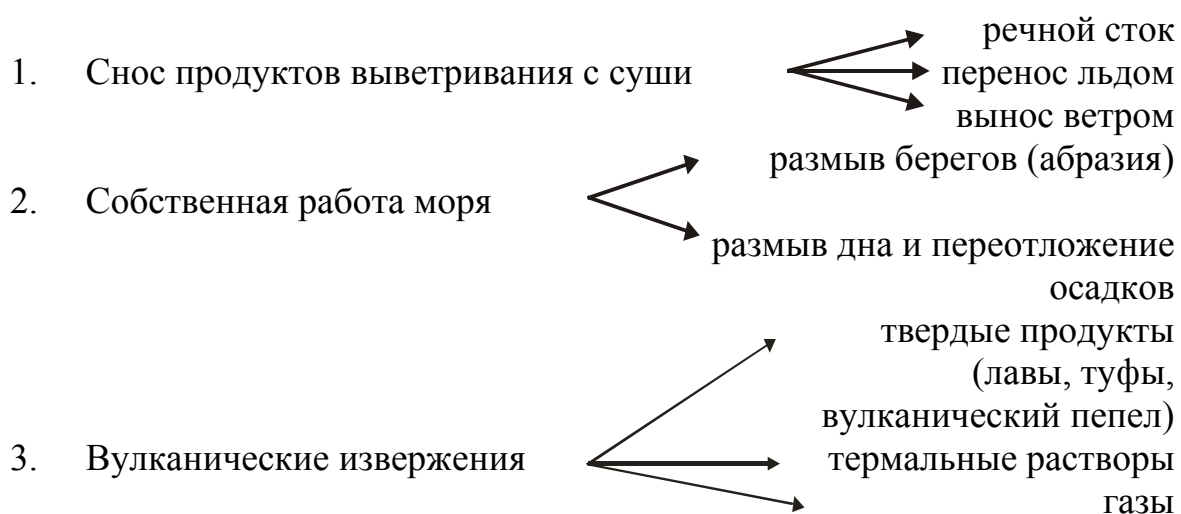
болотных отложений присутствуют глинистые (преимущественно каолинитового состава), а в отдельные периоды и песчано-алевритовые осадки, как правило, с обильными остатками растений. Торфяники часто залегают на озерных отложениях или ископаемых почвах. Болотные фации являются одним из примеров концентрированного накопления и сохранения органического вещества. Исходный состав, в котором преобладает высшая растительность, предопределяет преимущественно гумусовый характер органического материала и его последующую углефикацию.

3.4. Морская обстановка осадконакопления

Отличительными особенностями морских отложений являются:

- 1) относительное постоянство их состава на обширной территории, так как условия осадконакопления довольно стабильны на значительных пространствах и меняются не столь резко, как на континенте;
- 2) преимущественное развитие процессов накопления осадков;
- 3) обилие органических остатков животного происхождения;
- 4) широкое развитие хемогенных образований, обусловленное солевым режимом, газовым составом и температурой морской воды.

Моря получают осадочный материал главным образом из трех источников:



На характер морских отложений влияют следующие факторы [30]:

- 1) наличие волнений и течений, которые обуславливают разнос поступающего в водоемы материала и его отложение;
- 2) рельеф дна бассейна седиментации, оказывающий влияние на направление морских течений, которые формируют отмели и котловины, характеризующиеся специфическим составом осадков и геохимической средой осадконакопления;
- 3) физические свойства морской среды – температура, давление, прозрачность, количество и разнообразие органической жизни, которые

непосредственно способствуют осаждению многих компонентов из морской воды;

- 4) климат, оказывающий влияние на температуру, соленость воды, развитие органического мира, состав поступающего с прилегающей суши материала, карбонатообразование, накопление угленосных, кремнистых или эвапоритовых толщ;
- 5) степень изолированности морского бассейна определяет газовый обмен и солевой режим вод; в условиях гумидного климата изолированные бассейны седиментации подвержены опреснению, аридного – засоленению;
- 6) глубина бассейна седиментации является наиболее важным фактором морского осадконакопления, так как от нее зависят освещенность, состав и количество органических остатков, гидродинамический режим, размеры обломочного материала, скорость осадконакопления, температура воды и т. д.

По последнему признаку морские фации (и отложения) подразделяются на литоральные (прибрежно-морские), неритовые (шельфовые), батимальные и абиссальные (рис. 68).

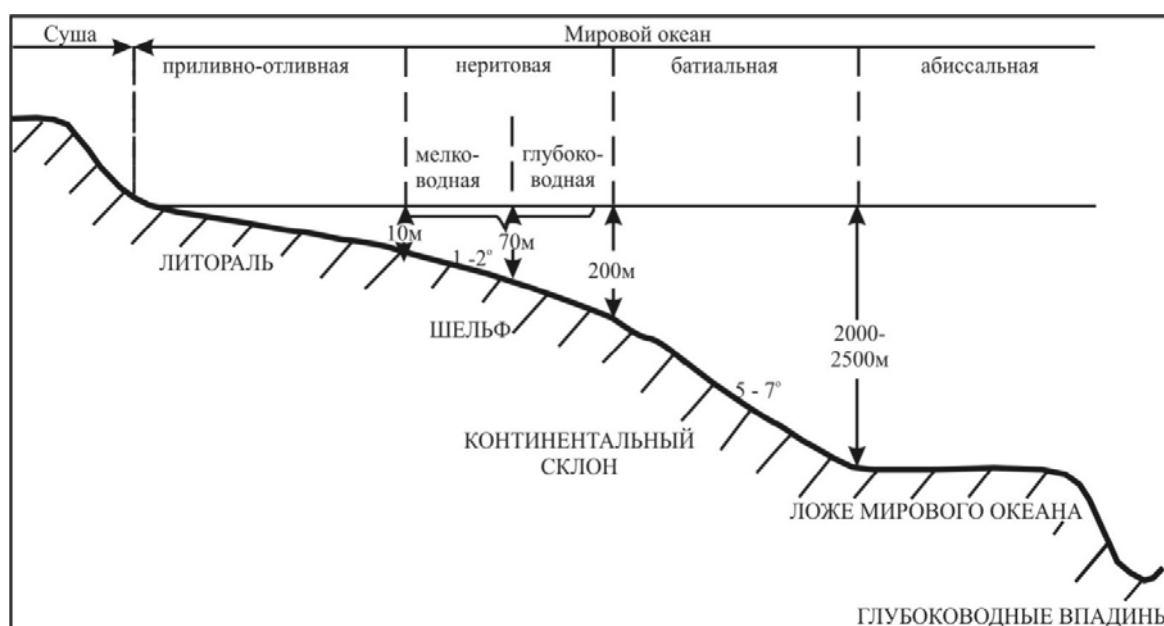


Рис. 68. Зоны отложения морских осадков и рельеф дна Мирового океана [24]

3.4.1. Прибрежно-морской комплекс фаций

Прибрежная часть моря является одним из участков, где происходит интенсивное накопление терригенного материала. Наибольшее количество обломочного материала выносят *реки*, представляющие собой основные транспортные артерии, по которым терригенный материал поступает в области седиментации.

Собственная работа моря выражается в разрушении морских берегов волнами (абразии) и подводных размывах ранее отложившихся на дне песчаных осадков.

Разрушение берегов происходит несколькими способами: непосредственным воздействием прибойной волны, механическим истиранием берега обломками горных пород и химическим растворением. Ударное воздействие производится прибойной волной в момент её опрокидывания на берег (рис. 69). Только за счет ударной силы волны способны разрушать довольно прочные породы, непрерывно долбя их своеобразными гидравлическими клинья, возникающими при волновых ударах. Если же в волне оказываются механические обломки, поднятые ею со дна (галька, гравий, песок), то разрушительное воздействие резко увеличивается. В этом случае волны абразируют, истирают крутой берег, пропиливают выемки и трещины, подтачивают породы (рис. 70).



Рис. 69. Ударное волновое воздействие на скальный берег



Рис. 70. Останцы разрушенных скальных пород

Содержание в морской воде различных солей, газов (прежде всего CO_2) делает её химически активной, способной растворять породы, слабящие берега.

Морские течения и волны перераспределяют обломочный материал, попавший в море из рек или при собственном разрушении берега. Во взвешенном состоянии течения, приливы и отливы способны переносить мелкие частицы. Сравнительно крупный обломочный материал вдоль берега переносится под действием косой волны, набегающей на берег под острым углом. В этом случае твердые частицы двигаются по зигзагообразным траекториям, периодически приближаясь и отдаляясь от берега (рис. 71).

При таком движении даже крупная галька диаметром 5–6 см переносится на многие километры, а песок – на сотни километров. На низких, наклоненных в сторону моря, берегах формируются отложения пляжей и приморских болот.

Работа моря заключается и в **подводных размывах** ранее отложившихся на дне песчаных осадков.

Фация вдольбереговых баров. При постоянной волновой деятельности образуются подводные валы, которые представляют собой вытянутые ва-

лообразные скопления обломочного материала, отделенные от берега вдольбереговой промоиной. По мере роста каждого подводного вала в высоту он начинает служить все большим препятствием для волн, которые откладывают на его поверхности все новые и новые порции терригенного материала. Часть этого материала переносится волнами через гребень вала на его внутренний (обращенный в сторону берега) склон, в результате чего вал растет вверх, постепенно перемещаясь в сторону берега и превращаясь во вдольбереговой бар (рис. 72).



Рис. 71. Морской пляж

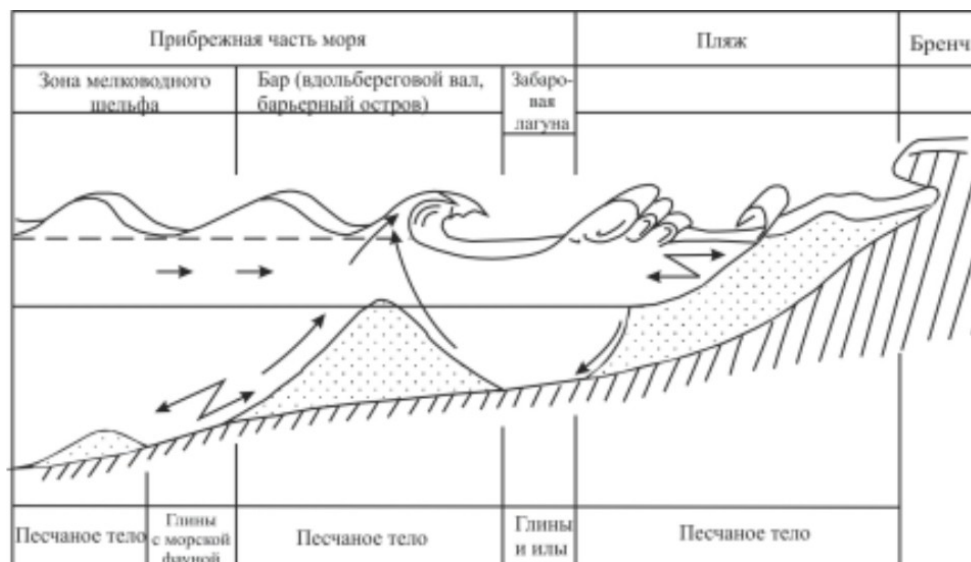


Рис. 72. Типовая модель образования аккумулятивных песчаных тел в прибрежной части мелководного моря, по В.С. Муромцеву, 1984 [25]

Баром называется песчаный вал, расположенный на некотором расстоянии от берега и выступающий из-под воды в период отлива. Расположенный между баром и берегом участок моря образует лагуну. Постепенно перемещаясь в сторону берега, бар может выйти на поверхность и превратиться в остров или цепь островов, которые образуют барьер между берегом и морем.

Фация барьерных островов. Барьерные баровые острова представляют собой отдельные бары или несколько наложенных друг на друга баровых гряд, вышедших на поверхность в виде островов. Прибрежные части этих островов могли подвергаться перемыву или намыву осадков. С момента образования острова вдоль его береговой линии под воздействием прибойных волн накапливается хорошо отсортированный обломочный материал.

Наиболее благоприятные условия для формирования барьерных островов возникали на участках стабилизации береговой линии в периоды переходов от регрессии к трансгрессии и наоборот.

Подводные валы и бары образуют асимметричные песчаные тела высотой до 10 м с выпуклой верхней и горизонтальной нижней поверхностями. Эти тела постепенно выклиниваются в сторону моря и расщепляются на отдельные песчаные прослои в сторону лагуны и протягиваются параллельно берегу на десятки и сотни километров.

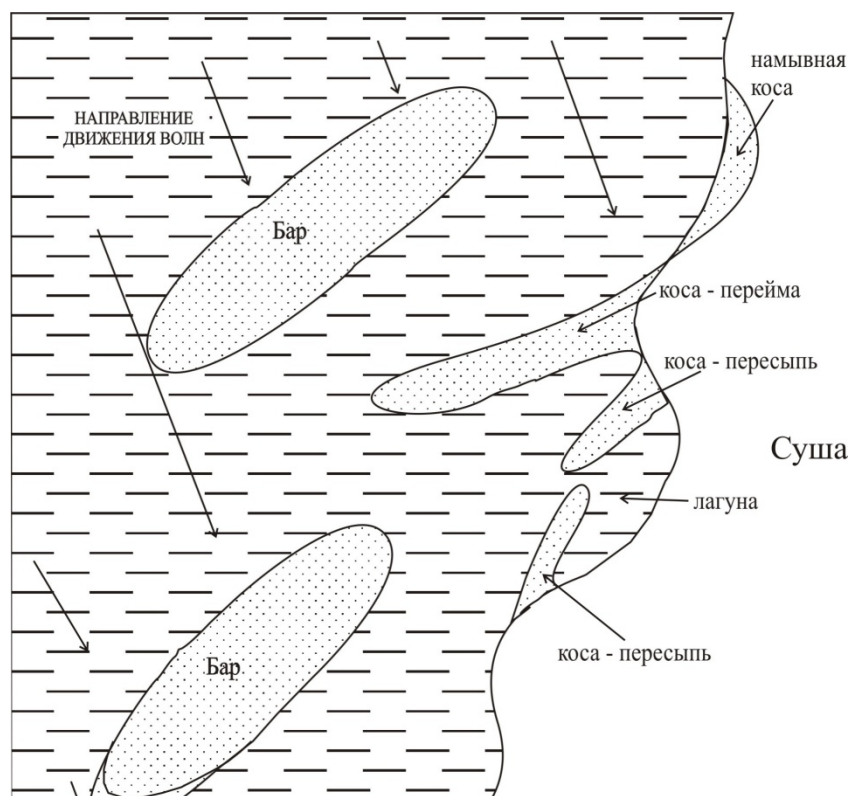


Рис. 73. Распределение аккумулятивных песчаных тел при косом набегании волн на берег, по В.С. Муромцеву, 1984 [25]

Эти аккумулятивные формы низкого морского побережья образуются при фронтальном (перпендикулярном) действии волн на берег. В тех слу-

чаях, когда волны двигаются под углом к берегу, образуются, кроме названных песчаных образований, косы и пересыпи (рис. 73). Косой называется узкий намывной вал, выступающий над уровнем моря и причлененный одним концом к берегу. Косы – переймы растут от выступов берега, где набегающая косо от берега волна испытывает перелом. Намывные косы образуются, наоборот, в вогнутых участках берега. Пересыпи представляют собой валы, образованные из сросшихся кос. Они могут совсем отчленить лагуну от моря.

Фация забаровых лагун. Образованию лагуны предшествует возникновение между берегом и растущим баром береговой промоины. При достижении баром поверхности моря или образовании барьерного острова вдольбереговая промоина превращается в лагуну. Лагуны – это мелководные бассейны, чаще всего вытянутые вдоль морских побережий и отделенные от открытого моря песчаными отмелями (барами) или барьерными островами.

Условия осадконакопления в пределах лагун характеризуются ограниченной площадью, малыми глубинами, застойностью водной среды. Вследствие этого в них накапливаются преимущественно илы с высоким содержанием органического вещества либо хемогенные осадки.

Фация промоин разрывных течений. Разрывные течения возникают в забаровых лагунах в результате нагона в них через бар морской воды в период штормов или заполнения их пресными водами, стекающими с суши. В этом или ином случае избыточные воды разрывают песчаное тело вдольберегового бара и устремляются в открытое море. Разрывные течения образуют на дне лагун и во вдольбереговых барах борозды и промоины, имеющие вид неглубоких желобов, располагающихся как вдоль, так и поперек забаровой лагуны. Во время приливов через эти промоины в лагуну могут проникнуть морские воды, а в периоды отлива масса воды устремляется в обратном направлении. Переносимый разрывными течениями обломочный материал заполняет промоины, образуя песчаные тела (рис. 74).

Отложения этой фации на 60–80 % состоят из песчаных пород обычно средне- и мелкозернистых с хорошо окатанным и отсортированным обломочным материалом и косослоистой текстурой. Наиболее часто встречаемыми органическими остатками являются различные морские организмы, в том числе роющие животные. Характерной особенностью залегания тел этой фации является наличие следов подводных размывов в подошве.

Фация головных частей размывных течений. Разрывные течения, устремляясь в открытое море через промоины в баровых грядах, выносят с собой часть обломочного материала. В открытом море из-за растекания струй и падения скорости течения выносимый алеврито-песчаный материал накапливается в виде подводного конуса выноса (см. рис. 74). Такие конусы выноса могли образовывать песчаные клинья, которые при благоприятных условиях могут служить литологическими ловушками углеводородов [25].

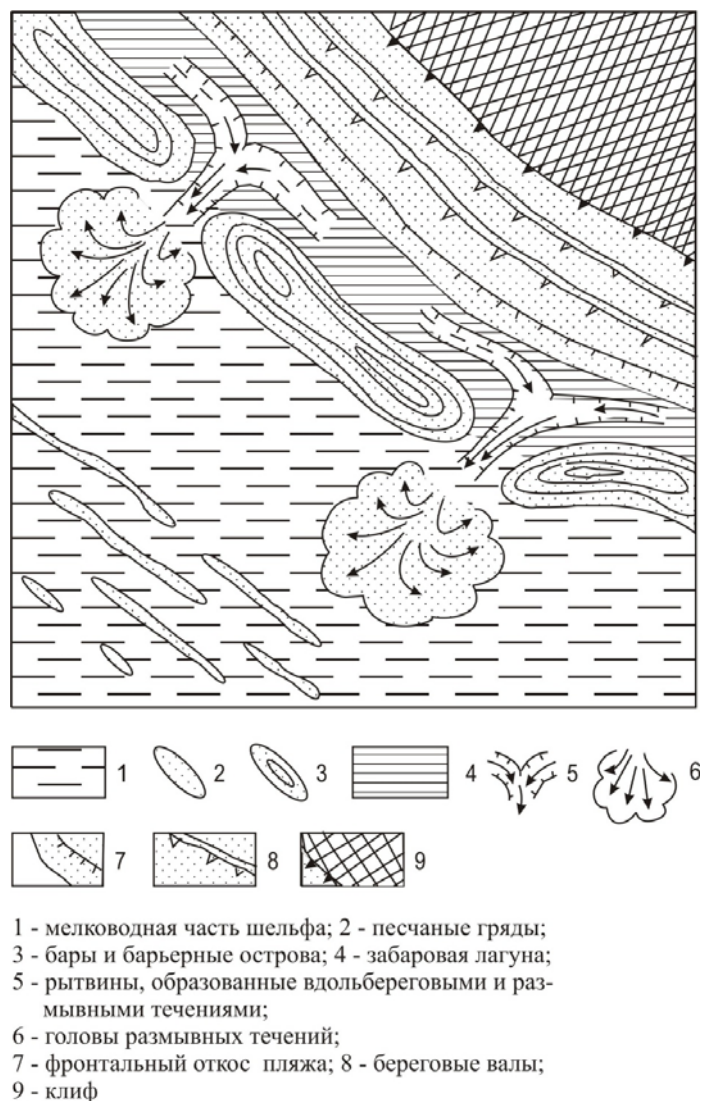


Рис. 74. Схема образования и размещения аккумулятивных песчаных тел в прибрежной части мелководного моря, по В.С. Муромцеву, 1984 [25]

Песчаный материал составляет 60–80 %. Пески хорошо отсортированы, окатаны, преимущественно мелкозернистые, косослоистые. Падение слойков по отношению к береговой линии веерообразное. Среди органических остатков встречаются раковины фораминифер, спикулы губок, остатки различных морских организмов, включения глауконита.

3.4.2. Шельфовые фации

По условиям осадконакопления неритовая область подразделяется на две части – мелководную и относительно глубоководную.

Мелководные обстановки охватывают районы шельфа с глубиной 50–70 м. Для этих отложений характерны две особенности. Во-первых, на открытых пространствах морей волнение распространяется практически до дна, в связи с чем осадки часто взмучиваются и сортируются. При этом отмечаются следы перемыва осадка. Поэтому в мелководных отложениях часто ус-

танавливаются следы местных перемылов и размывов. Активное перемешивание водной толщи ведет к ее насыщению кислородом, поэтому геохимическая обстановка в придонном слое практически всегда окислительная.

Второй особенностью мелководных обстановок является обилие и разнообразие бентосных организмов. В связи с тем, что практически везде до дна проникает свет, пышно развиваются водные растения, поставляющие в воду дополнительный кислород. Высшие и одноклеточные водоросли обеспечивают обильное развитие разнообразного животного бентоса – подвижного, лежащего на дне, прикрепляющегося и роющего. Бентосные организмы часто являются породообразующими или в значительных количествах встречаются в терригенных отложениях.

Наиболее распространенными *терригенными* типами в мелководных условиях являются песчаники, алевролиты и глины.

Форма песчаных тел зависит от количества поступающего обломочного материала (рис. 75). В случае ограниченного поступления песка и обильного поступления ила (при очень низком побережье) возникает серия изолированных линз песков, выклинивающихся к внутренней части бассейна и залегающих кулисообразно друг к другу (рис. 75, а).

При умеренном поступлении песка и ила образуется покровообразное песчаное тело, верхняя граница которого представлена серией кулисообразно выклинивающихся языков (рис. 75, б).

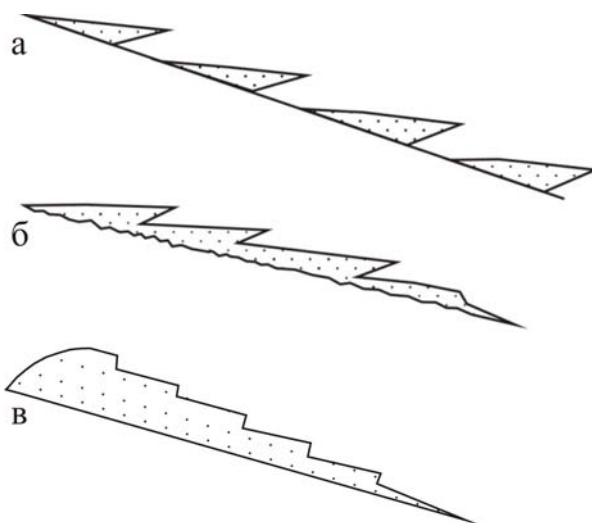


Рис. 75. Форма песчаных тел мелководного шельфа, по Д.А. Бушу, 1977 [11]:

а – ограниченное поступление песка и обильное поступление ила;

б – умеренное поступление песка и ила;

в – обильное поступление песка и умеренное поступление ила

При обильном поступлении песка и ограниченном поступлении ила образуются покровы песчаника с террасовидной верхней поверхностью (рис. 75, в).

Песчаники преимущественно мелкозернистые с хорошо окатанным и отсортированным обломочным материалом. Часто встречаются зерна хлорита и глауконита. Слоистость косая разнонаправленная, чередующаяся с горизонтальной. Среди органических остатков часто отмечаются остатки донной фауны, следы жизнедеятельности роющих организмов.

Особо важную в практическом отношении группу мелководных образований представляют *органогенные постройки* и *риффы*. Эти органогенные постройки образуются при глубинах моря 20–70 м вдоль берегов, при отсутствии речного стока. Схема развития различных органогенных образований показана на рис. 76.

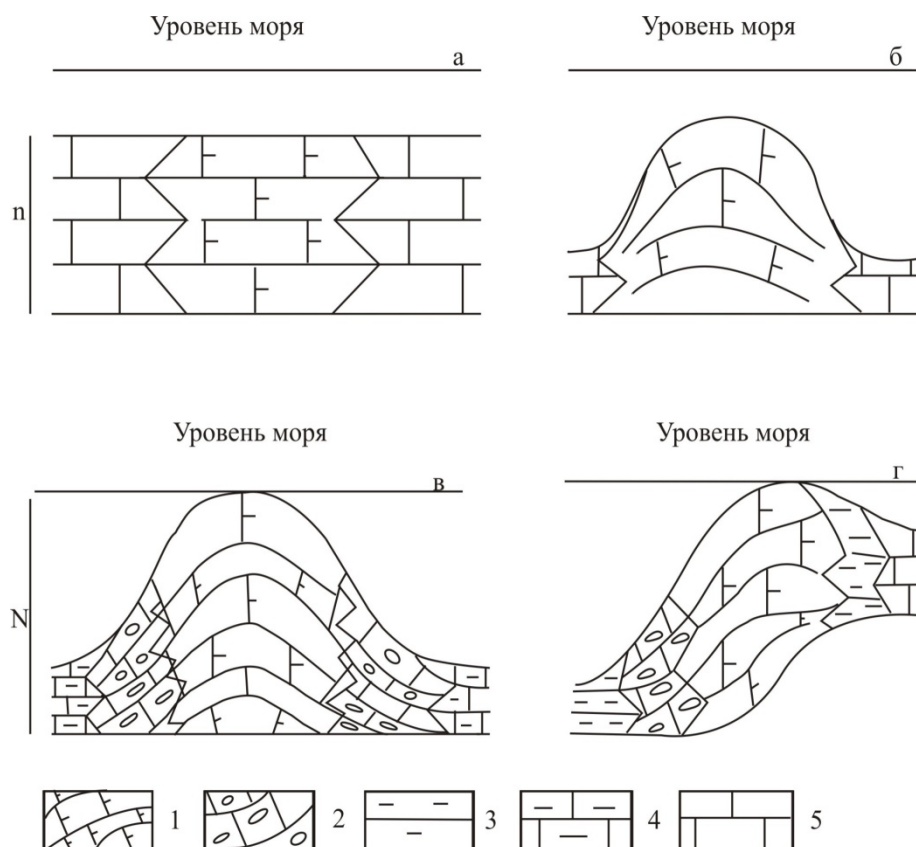


Рис. 76. Схема строения органогенных построек: биостром (а), биогерм (б) и рифов – симметричных куполовидных (в), асимметричных систем (г), по Б.К. Прошлякову и В.Г. Кузнецову, 1981 [30]. Фации:

- 1 – ядра рифа (биогермные); 2 – предрифового шельфа;
 3 – тыльно-рифовые; 4 – относительно глубоководные межрифовые и предрифовые;
 5 – мелководные внерифовые (внебиогермные); n – метры, реже первые десятки метров; N – десятки, сотни, иногда первые тысячи метров

Если скорость образования постройки была равна скорости накопления окружающих осадков иного состава или структуры, то палеогеоморфологической её формой являлось плоское морское дно, покрытое зарослями разных организмов. В геологическом разрезе возникает органогенная постройка в виде пласта или линзы, получившая название *биостром*.

В рельефе дна при формировании постройки, быстрее, чем накопление окружающих синхронных осадков, образуется холм, изолированная отмель, подводный выступ. В ископаемом состоянии такая постройка имеет вид выпуклой линзы и называется *биогермом*.

При длительном развитии биогерма, когда он поднимается до уровня моря, и одновременно с ростом происходит его частичное разрушение волнами, возникает подводная или надводная скала, окруженная продуктами своего разрушения – *риф*. Это сложное геологическое образование, возникшее в результате жизнедеятельности колониальных или нарастающих организмов.

Рифостроящими организмами в современную эпоху служат разные группы: кораллы, мшанки, водоросли. Самыми характерными рифообразователями современности являются шестилучевые и восьмилучевые кораллы (рис. 77). Они развиваются при нормальной или почти нормальной солености воды, средней годовой температуре не ниже 18° С, на глубине до 10–50 м.

В крупных органогенных рифах выделяются три основные части: остов рифа, его склон, обращенный к открытому морю, внутренняя лагуна (рис. 78).

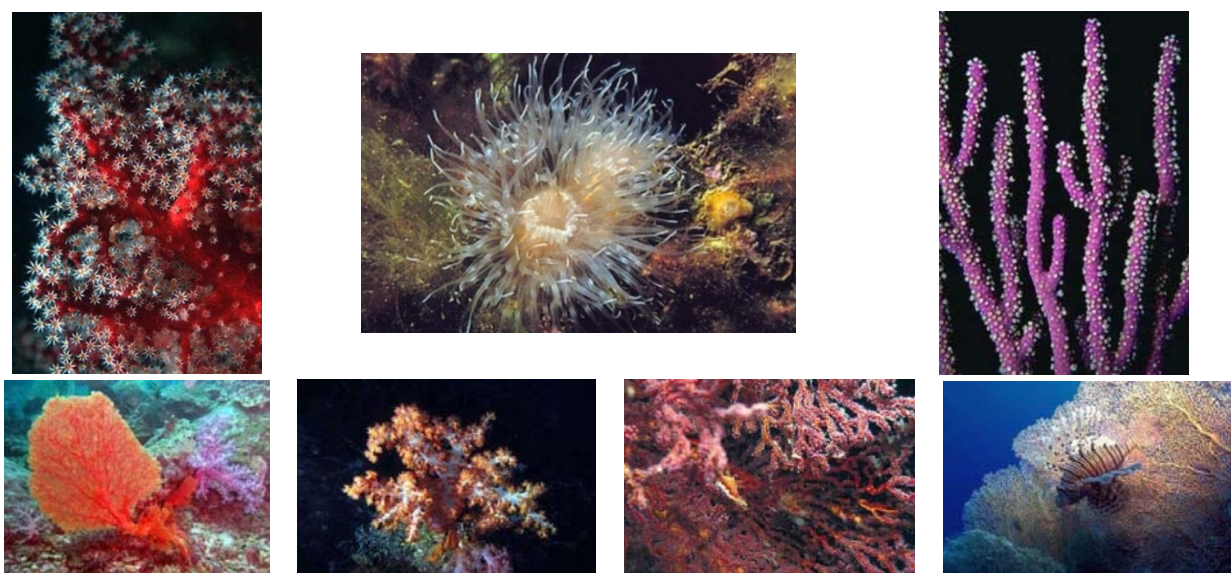


Рис. 77. Кораллы-рифостроители

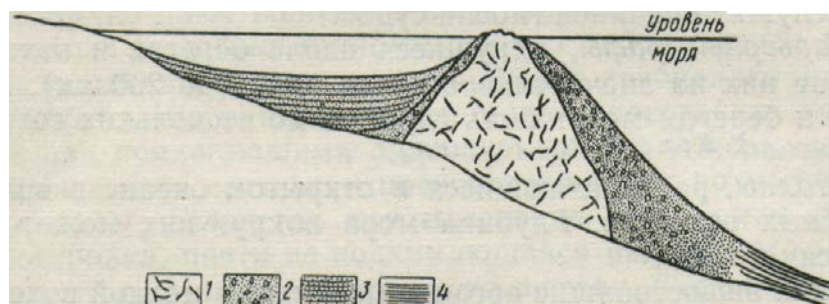


Рис. 78. Общая схема строения биогенного рифового комплекса отложений, по Г.Ф. Крашенинникову, 1971:

1 – остов рифа; 2 – обломочные накопления;
3 – осадки мелководной лагуны; 4 – глубоководные осадки

Остов рифа представляет собой сложное образование. Прикрепленные колониальные организмы образуют скелет, или остов, на котором формируются своеобразные биоценозы. Особенно богат в них мир водных растений: известковые зеленые, бурые и сине-зеленые водоросли; поселяются многочисленные животные: двустворчатые моллюски, гастроподы, крупные донные фораминиферы, морские ежи и другие иглокожие, губки, крабы и роющиеся в иле организмы, а также рыбы (рис. 79).

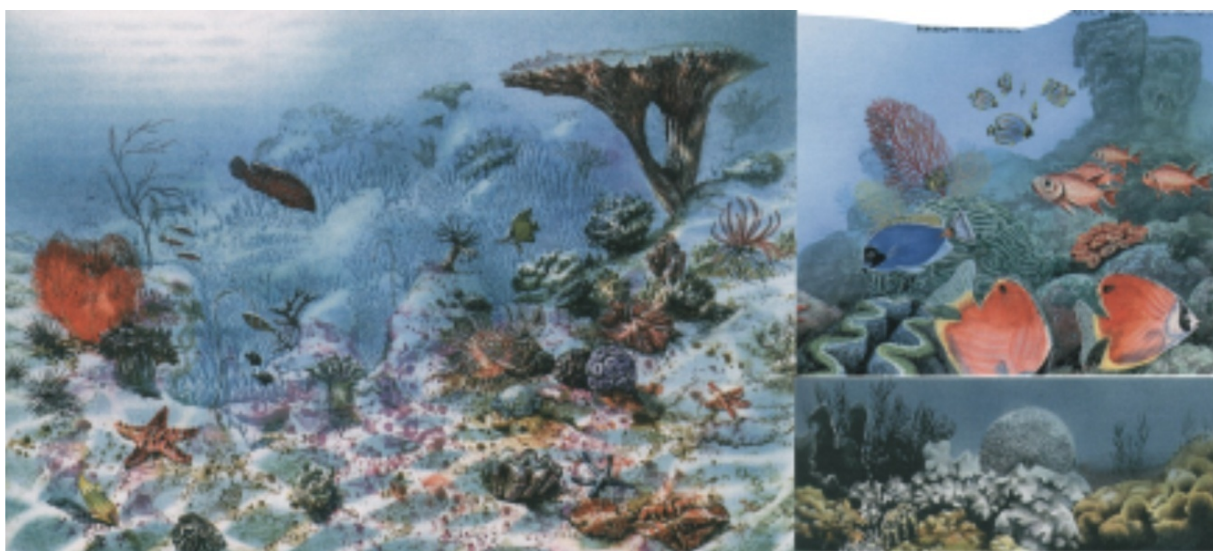


Рис. 79. Подводный мир кораллового рифа

На поверхности рифов, поднимающейся выше уровня моря, широко развиты разнообразные обломочные накопления, формирующиеся из выбрасываемых волнами обломков рифа. Поэтому на *внешнем склоне* широко представлены разнообразные обломочные типы известняков.

Внутренняя лагуна располагается между рифом и берегом внутри рифа. Здесь накапливаются тонкие известковые илы, часто встречаются известковые водоросли, иногда – фауна.

Таким образом, риф представляет собой карбонатный массив, сложенный остатками организмов в прижизненном положении и продуктами их разрушения, возвышавшийся в период своего формирования над дном и достигающий уровня моря. Мощность рифа всегда больше мощности синхронных отложений.

Рифовые обстановки характеризуются мелководностью, нормальной соленостью, высокой средней температурой воды, ее прозрачностью, интенсивной гидродинамикой. Для рифов в целом характерны: куполовидная форма массива, очень чистый карбонатный состав, частое развитие органо-генных структур с прижизненным положением органических остатков, наличие обломочных известняков, массивное неслоистое строение и различные пятнистые текстуры, отчетливая фациальная зональность, нередко интенсивное развитие процессов перекристаллизации и доломитизации.

Возникновение рифов часто начинается на локально приподнятых участках морского дна (аккумулятивных формах рельефа, тектонических поднятиях, затопленных вулканических конусах и т. д.), в мелководных условиях при глубинах не более первых десятков метров. В этом случае образуются одиночные изолированные рифы, относительно симметричные в поперечном сечении. Кроме того, рифы часто возникают на перегибе морского дна, при смене мелководных обстановок более глубоководными. В этом случае формируются протяженные вдоль этого уступа, асимметричные в поперечном сечении рифовые системы.

Известно четыре основных типа рифовых массивов.

1. *Береговые рифы*, тянущиеся вдоль берега на небольшом от него расстоянии и в мелкой воде. Таковы, например, многие рифы, расположенные вдоль берегов Красного моря.
2. *Площадные рифы*, занимающие обширные плоские пространства в мелком море. Примером служат обширные рифовые сооружения в морях Малайского архипелага, где они с давних времен служат причиной гибели судов.
3. *Барьерные рифы*, тянущиеся вдоль берегов и отходящие иногда от них на значительное расстояние (до 200 км). Между рифами и берегом могут быть глубины до нескольких сотен метров. Большой барьерный риф Австралии имеет следующие параметры: длина 2000 км, ширина 200 км и мощность около 400 м.
4. *Атоллы*, располагающиеся в открытом океане в виде изолированных островов. Глубина моря вокруг них может достигать тысяч метров.

Относительно *глубоководные обстановки шельфа* располагаются на его внешнем краю от глубин 50–70 м и далее до материкового склона, т. е. в среднем до глубины 130–200 м. В отличие от мелководной части шельфа, здесь отсутствует постоянное волнение. Донные течения также обычно не очень активны, а главное, пространственно ограничены. Поэтому основной перенос материала и его распределение по площади происходит во взвешенном состоянии в верхней, подверженной волнению, части водной толщи. Условия в придонном слое отличаются значительным постоянством во времени и пространстве.

Органический мир относительно глубокого шельфа резко обеднен. Из донных организмов чаще встречаются кремневые губки, морские ежи, одиночные кораллы, отдельные группы пелеципод, гастропод. Раковины, даже при больших размерах, тонкостенные, со слабой скульптурой. Зато возрастает количество остатков нектонных и планктонных организмов – фораминифер, диатомей, радиолярий, рыб.

Спокойная гидродинамическая обстановка, способы поступления осадочного материала обусловили накопление тонкоотмученных глинистых осадков. Песчано-алевритовые осадки встречаются значительно реже

и главным образом в зонах течений. Среди других образований распространены пелитоморфные известняки, а в зонах холодного климата – кремнистые образования (спонголиты, опоки).

3.4.3. Глубоководные фации

Глубоководные отложения формируются в двух фациальных зонах – батимальной (континентальный склон) и абиссальной (ложе Мирового океана) (см. рис. 68). Обстановки и характеризующие их осадки в обеих областях во многом подобны.

Для обеих зон характерны слабая подвижность водной толщи и отсутствие волновых движений. Движение воды осуществляется только различного рода течениями. Осадочный материал разносится ветром, а также поверхностными и донными течениями. Наряду с терригенным преимущественно глинистым материалом присутствуют биогенные (органогенные) осадки. Они образуются за счёт планктона, носят название планктоногенных, а по составу разделяются на известковые и кремнистые.

Известковые осадки образуются за счёт скелетов фораминифер, кокколитофорид и крылоногих моллюсков (птеропод). Кремнистые биогенные глубоководные осадки состоят из опаловых раковин диатомей, радиолярий.

Характерной особенностью глубоководных осадков морей является присутствие в них вулканогенного материала в виде кусочков пемзы, пепла и минералов вулканического происхождения.

Описанные осадки образуются как в батимальной, так и абиссальной областях морей и океанов. Вместе с тем есть осадки, которые характерны для каждой из этих зон.

Батимальные фации распространены на глубинах от 200 до 3000–3500 м. На континентальном склоне часто возникают суспензионные (мутьевые) потоки, благодаря которым в нижних частях континентального склона образуются песчано-алевритовые отложения с глауконитом и градационной слоистостью. Средние и верхние части склона покрыты алевритово-глинистыми илами, часто известковыми.

Для спокойных гидродинамических условий батимальной области характерным осадком является синий (голубой) ил – глинистый, слабо известковистый осадок.

Абиссальные осадки распространены на глубинах свыше 3000 м. Абиссальная зона охватывает огромные пространства, рельеф дна очень разнообразен – существуют глубоководные желоба, котловины, высокие океанические хребты, отдельные горы и острова.

Кроме органогенных осадков, в абиссальной зоне накапливаются специфические осадки – красная глубоководная глина, содержащая подводно-вулканические продукты. В этих осадках отмечается повышенное содер-

жание железа и марганца, а также малых элементов (Co, Ni, Cu, Mo, Pb). В красных глубоководных глинах встречаются целые поля железомарганцевых конкреций, образующих богатые рудные залежи.

3.5. Переходная обстановка осадконакопления

3.5.1. Дельтовый комплекс фаций

Дельта – это область отложения осадков, выносимых рекой, расположенная в ее устье при впадении реки в море (или озеро). Образование дельты обусловлено сочетанием двух основных факторов: выносом реками значительных масс обломочного материала и его переработкой морскими волнениями и течениями. При этом на характер дельты и ее отложений влияют рельеф дна водоема, тектонические движения и климатическая обстановка.

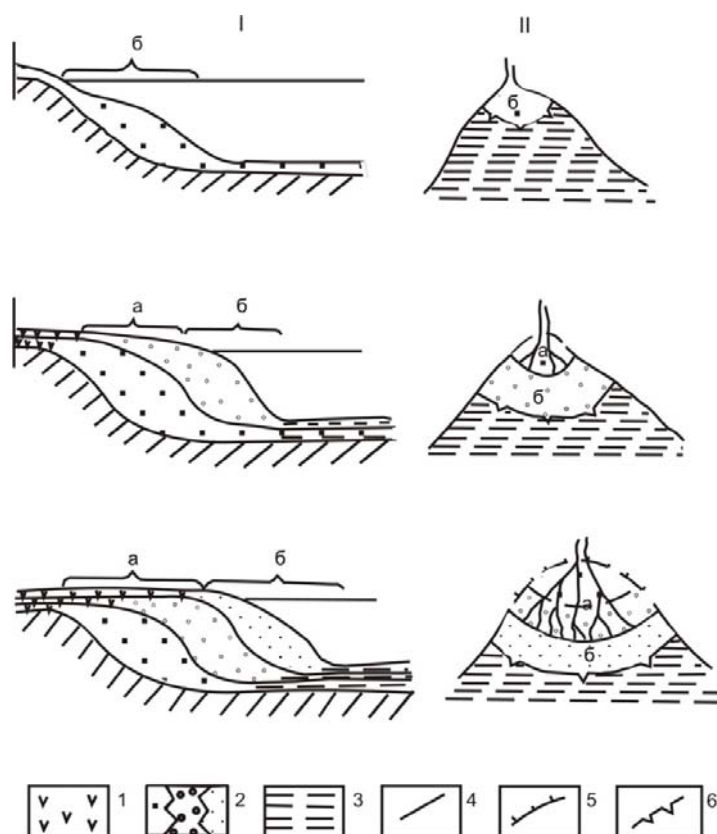


Рис. 80. Принципиальная схема формирования дельты при стабильном уровне моря в разрезе (I) и в плане (II), по Б.К. Прошлякову и В.Г. Кузнецову, 1981 [30]. Отложения:

- 1 – континентальные; 2 – дельтовые разных стадий;
- 3 – морские; 4 – береговая линия; контуры дельты;
- 5 – внутренние континентальные; 6 – внешние морские;
- а – надводная часть дельты; б – подводная часть дельты (авандельта)

Схематически формирование дельты представлено на рис. 80. При впадении реки в море (или озеро) скорость ее течения резко падает, влекомый

ею обломочный материал осаждается и образуется аккумулятивная линза осадков, залегающая на морских отложениях. Поскольку море не успевает разрушить эту линзу, в следующий этап река течет уже по ней, ее поверхность выходит выше уровня воды и покрывается наземными, преимущественно речными отложениями, а основная часть переносимого рекой обломочного материала отлагается на обращенном к морю склоне образованной ранее линзы и прилегающей к ней части морского дна.

В результате формируется отмель, которая, разрастаясь, достигает поверхности воды и превращается в приустьевой бар. При интенсивной разгрузке бар превращается в остров-осередыш, который разделяет речной поток на две части.

Постепенно остров увеличивается в размерах, покрывается растительностью. В обеих частях речного потока, разделенного островом, в свою очередь, образуются новые приустьевые бары, снова разделяющие эти протоки на более мелкие. Так постепенно создается многоруслое речное устье, являющееся зачатком дельты (рис. 81).

Созданная дельта разрастается, выдвигается в сторону моря, образуя область в виде греческой буквы Δ (рис. 82, а). Если взморье, располагающееся перед устьем реки, глубокое, то формируется дельта типа «птичьей лапы», число рукавов относительно невелико. Обломочный материал не успевает заполнить приустьевую глубокую часть водоема, а образует отдельные мощные полосы, вдающиеся далеко в глубь водоема (рис. 82, б).

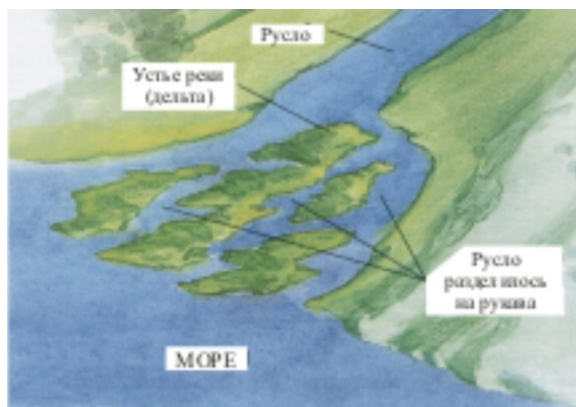


Рис. 81. Многоруслое речное устье – зачаток дельты

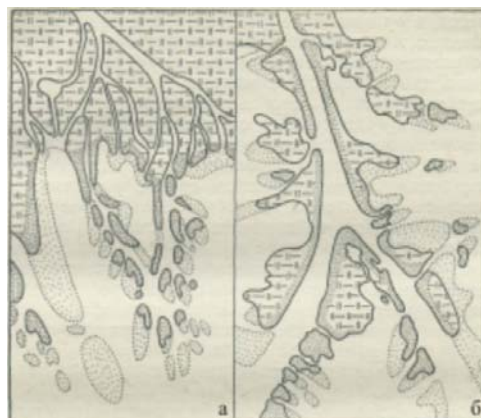


Рис. 82. Строение края дельты, по Н.И. Марковскому [21]. Дельта: а – Волги; б – Миссисипи

Дельтовые отложения формируются в различных условиях и сложены разнообразными осадками – от континентальных до морских включительно. Тем не менее они представляют собой единое целое в генетическом отношении. В пределах дельтового комплекса выделяются следующие палеогеографические зоны: зона нижнего течения реки (аллювиальная равнина); надводная часть дельты; подводная часть дельты (авандельта),

которая подразделяется на подводную равнину и подводный склон дельты (внешний край, фронт дельты, свал глубин); мелководная зона шельфа (рис. 83, 84).

Характеристика фаций разных областей дельты дается по работе В.С. Муромцева [25].

Фация надводной равнины дельтового комплекса. Надводная равнина представляет собой плоскую или очень слабо наклоненную к морю область наземной дельты. Песчаные тела в отложениях этой зоны связаны с осадками дельтовых протоков, береговых валов, песков разливов. Они характеризуются небольшой мощностью, мелкозернистым составом, плохой сортировкой и непостоянством положения в разрезе. Песчаные тела имеют вид пологих врезов и образуют в плане ветвящуюся и расходящуюся сеть полос и пятен различной ширины. Зоны развития этих отложений протягиваются на большие расстояния, располагаясь субперпендикулярно к простиранию береговой линии.

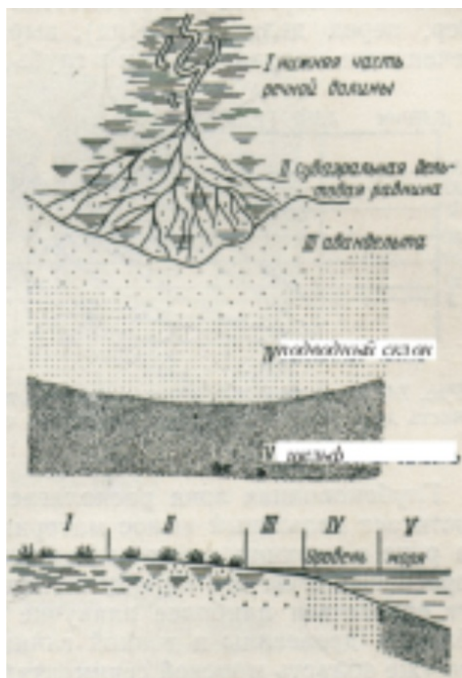


Рис. 83. Общая схема зональности дельтового комплекса в плане и разрезе, по Г.Ф. Крашенинникову, 1971 [17]

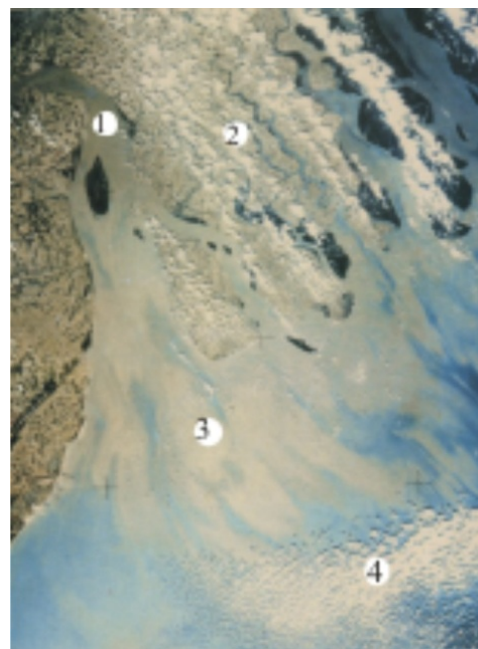


Рис. 84. Современная дельта реки Ганг (снимок из космоса):
1 – русло реки; 2 – надводная часть;
3 – подводная часть дельты;
4 – подводный склон

Между протоками располагается обширная пойма, периодически во время паводков заливаемая водой, с многочисленными мелководными озерами. Здесь идет накопление тонкозернистых плохо отсортированных алеврито-глинистых отложений, иногда образуется тонкая горизонтальная, чаще же неправильная пологоволнистая слоистость. В условиях гумидного климата многие озера заболачиваются, образуются обширные болотистые

низины, формируются линзы и пласты торфа. В засушливом климате многие озера засоляются, в дельтовых комплексах появляются линзы карбонатных пород и растворимых солей.

Фация подводной равнины дельтового комплекса. Подводная равнина представляет собой слабонаклоненную в сторону водоема поверхность. На ней располагаются пологие желобообразные понижения – бороздины, которые являются продолжениями дельтовых каналов. В периоды паводков по бороздинам в море выносятся терригенный материал, который после ослабления деятельности речного потока может заполнять их. Песчаные образования, выполняющие бороздины, представлены мелкозернистыми отсортированными косослоистыми разностями.

Глинистые отложения в пределах рассматриваемой палеогеографической зоны имеют подчиненное развитие и приурочены к участкам, располагающимся между бороздинами.

Фация подводного склона дельтового комплекса. Отложения этой фации формируют крутонаклонный и постепенно перемещающийся в сторону моря подводный склон дельтового комплекса. Он подвергается воздействию волн, приливных и вдольбереговых течений, производящих частичный размыв и разнос терригенного материала вдоль склона. Нарастание склона происходит за счет терригенного материала, выносимого бороздинами в периоды паводков. Эти образования сложены мелкозернистыми, хорошо отсортированными, косослоистыми песчаниками.

3.5.2. Лагунные и лиманные фации

Различные аккумулятивные образования типа баров, кос, пересыпей, островов отделяют от моря небольшие узкие водоемы – заливы, лагуны, лиманы. *Заливы* часто имеют свободное сообщение с морем, поэтому режим солености, характер осадков, органический мир в них еще находятся под влиянием морских условий. *Лагуны* обычно соединяются с морем мелководными проливами или отчленяются от него аккумулятивными формами, вследствие чего соленость, органический мир и характер осадков в них становятся более автономными. *Лиманы* образуются при затоплении морем устьевых частей речных долин.

Для лиманов и лагун характерна спокойная гидродинамика, поэтому в них развиты тонкозернистые осадки – глины, алевроиты, мелкозернистые пески. Отложения отличаются плохой отсортированностью, тонкослоистыми и линзовидными текстурами.

Осадкообразование в лагунах зависит от климата, степени изоляции лагуны от моря и от наличия впадающих в неё рек. В гумидном климате лагуны обычно опресняются, заболачиваются и становятся ареной торфонакопления. В аридном климате, когда испарение значительно превосходит приток морских вод, лагуны засоляются, в них идет садка различных солей.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Охарактеризуйте влияние тектоники на развитие трансгрессий и регрессий морских водоёмов, положение областей сноса обломочного материала и характер продуктов выветривания.
2. Охарактеризуйте механизм формирования мощностей, формы и размеров осадочных тел.
3. Как отражается влияние тектоники на скорость накопления осадков?
4. Назовите основные особенности континентального осадконакопления.
5. Этапы развития речной системы.
6. Чем отличаются фации русловых отмелей спрямлённых и ветвящихся рек?
7. Как формируются меандрирующие реки?
8. В каких условиях формируется старичный аллювий?
9. В каких условиях формируется пойменный аллювий?
10. Охарактеризуйте терригенное осадконакопление в озерах.
11. Какие породы накапливаются в озерах холодного гумидного климата при ослаблении приноса обломочного материала?
12. Назовите основные особенности морского осадконакопления.
13. Охарактеризуйте источники поступления осадочного материала в морские бассейны и факторы, влияющие на характер морских отложений.
14. Охарактеризуйте основные факторы, влияющие на характер морских отложений.
15. Назовите зоны отложений морских осадков и схему рельефа дна Мирового океана.
16. Как формируются вдольбереговые бары?
17. Какие аккумулятивные песчаные тела формируются при изрезанном характере береговой линии?
18. Как формируются барьерные острова?
19. Как формируются забаровые лагуны?
20. Назовите главные факторы осадконакопления в мелководной части шельфа.
21. От чего зависит морфология песчаных тел в обстановке мелководного шельфа?
22. При каких условиях образуются органогенные постройки?
23. Дайте определение понятиям: «биостром», «биогерм», «риф».
24. Назовите основные типы рифовых массивов.
25. Назовите основные факторы осадконакопления в условиях глубоководного шельфа.
26. Назовите характерные особенности осадконакопления в батимальной и абиссальной зонах.
27. Дайте определение понятию «дельта».

28. Назовите главные факторы формирования дельты.
29. Назовите основные палеогеографические зоны дельтового комплекса.
30. В чем различие песчаных тел надводной и подводной частей дельтового комплекса?
31. Как формируется подводный склон дельтового комплекса?
32. Дайте определение понятиям: «залив», «лагуна», «лиман».
33. Какое влияние оказывает климат на осадкообразование в заливах, лагунах и лиманах?

4. ЛИТОЛОГИЯ ПРИРОДНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

4.1. Типы природных резервуаров и ловушек углеводородов

Нефтегазоносность является одним из важнейших свойств осадочных толщ. В их состав входят определенные литолого-стратиграфические комплексы, которые отличаются региональной нефтегазоносностью в пределах обширной территории. Основными факторами, определяющими образование региональных нефтегазоносных комплексов, являются [5]:

- 1) накопление органического вещества и вмещающих его осадков в субаквальной среде с анаэробной геохимической обстановкой на фоне относительно устойчивого прогибания бассейна седиментации;
- 2) отсутствие возможности попадания рассматриваемой толщи в зону активного водообмена и аэрации в последующие фазы развития восходящих движений;
- 3) наличие в комплексе пород, характеризующихся благоприятными коллекторскими свойствами;
- 4) наличие в комплексе толщи плохо проницаемых пород – покрышек для обеспечения сохранности залежей.

Таким образом, *региональный нефтегазоносный комплекс* – это природная система, состоящая из совокупности горных пород, условия накопления и дальнейшее преобразование которых характеризуются благоприятными геологическими, геохимическими, гидрогеологическими, тектоническими и другими факторами, обусловившими возникновение, развитие и завершение процессов регионального нефтегазообразования и нефтегазонакопления [5].

Региональный нефтегазоносный комплекс состоит из трех частей:

- нефтегазопроизводящей толщи, генерирующей нефть или газ;
- нефтегазосодержащей толщи, представленной коллекторами, в которых содержатся скопления нефти и газа;
- перекрывающей ее слабопроницаемой толщи-покрышки, обеспечивающей сохранность скоплений углеводородов.

Две последних составляющих создают *природные резервуары* – естественные вместилища для нефти, газа и воды, внутри которых эти флюиды могут циркулировать.

Форма природного резервуара обусловлена соотношением коллектора с вмещающими его плохо проницаемыми породами. По этому принципу выделяются пластовые, массивные и литологически ограниченные природные резервуары [9].

Пластовый резервуар представляет собой коллектор, имеющий широкое площадное распространение (сотни и тысячи квадратных километров), характеризующийся небольшой мощностью (от долей до десятков метров) и ограниченный в кровле и подошве плохо проницаемыми породами. Движение флюидов по пласту – боковое по пласту.

Возможны 3 варианта строения пластового резервуара (рис. 85):

- а) пласт-коллектор однородного состава и хорошо выдержан по площади и мощности;
- б) пласт-коллектор, регионально выдержанный на больших площадях, выклинивается к сводам отдельных поднятий;
- в) пласт-коллектор представлен несколькими прослоями, сообщающимися между собой, имеющий неровную кровлю и подошву.

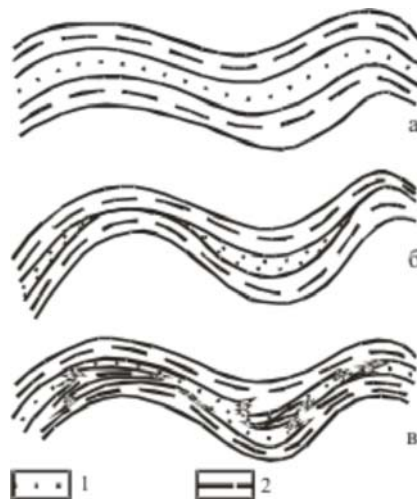


Рис. 85. Разновидности пластового резервуара:

1 – коллектор; 2 – экраняющая толща

Массивный резервуар представляет собой мощную (несколько сот метров) толщу проницаемых пород, перекрытую сверху и ограниченную с боков плохо проницаемыми породами (рис. 86).

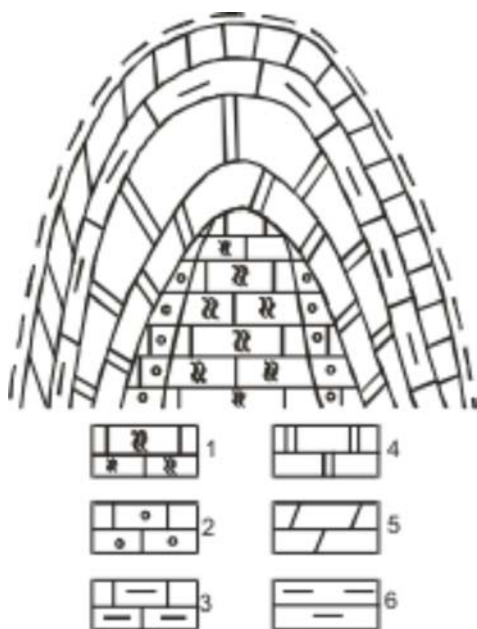


Рис. 86. Схема строения массивного резервуара. Породы:

- 1 – рифовая постройка;
- 2 – известняки органогенно-обломочные;
- 3 – известняки глинистые;
- 4 – доломиты;
- 5 – мергели;
- 6 – аргиллиты

Массивный резервуар обычно приурочен к структурному, эрозионному или биогенному выступу. В толще пластов-коллекторов могут быть непроницаемые прослои, однако все пласты проницаемых пород сообщаются, представляя единую гидродинамически связанную толщу. Коллекторы

могут быть представлены терригенными, карбонатными породами. Движение флюидов в массивных резервуарах – вертикальное и боковое.

Частым случаем массивного природного резервуара являются ископаемые рифы, представляющие собой захороненные под мощной толщей молодых отложений рифовые постройки.

Природные резервуары, *литологически ограниченные*, практически со всех сторон окружены непроницаемыми породами. Примером такого природного резервуара является линза песчаников в глинах (рис. 87).

Кроме того, к ним относятся все участки повышенной пористости и проницаемости, которые могут возникать в различных породах по разным причинам (например, зоны дробления, выщелачивания и т. п.). Этот тип резервуара является замкнутой изолированной системой с ограниченной циркуляцией флюидов.

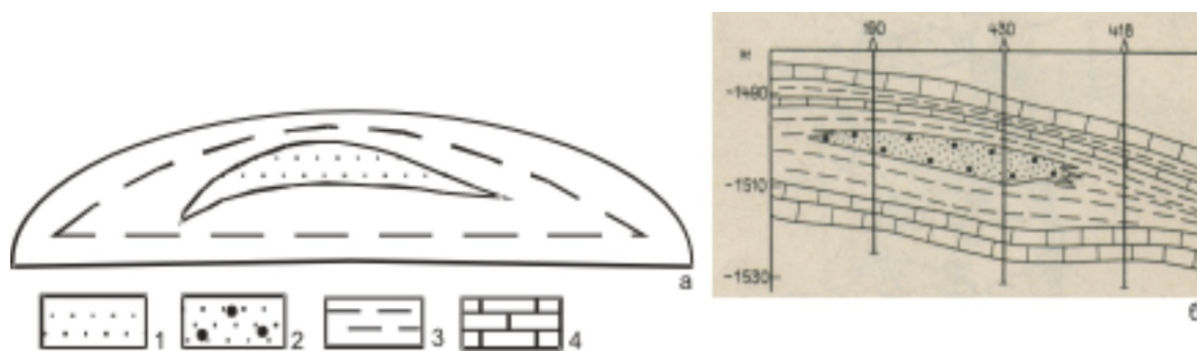


Рис. 87. Литологически ограниченный природный резервуар:
 а – схема; б – разрез Покровского нефтяного месторождения
 (Волго-Уральская НГП). Породы: 1 – песчаники;
 2 – нефтенасыщенные песчаники; 3 – глины; 4 – известняки

Форма, размер, пористость и проницаемость пород резервуара определяют его вместимость, т. е. энергетический запас. У пластовых резервуаров он наибольший, т. к. флюиды, создающие напор, подтекают с огромной площади.

Часть природного резервуара, в котором может образоваться скопление нефти или газа, называется *ловушкой*. Схематически образование ловушки происходит следующим образом [13, 22].

Породы природного резервуара насыщены первичными седиментационными или внедрившимися инфильтрационными (атмосферными) водами. Нефть и природный газ по отношению к седиментационной воде являются более поздними образованиями. Оказавшись в свободном состоянии в природном резервуаре, заполненном водой, нефть или газ стремятся занять в нем самое высокое положение. Они перемещаются вверх, оттесняя воду, до тех пор, пока достигнут кровли пласта-коллектора.

Нефть (или газ) из точки А (или Б) может переместиться в точку Л, но не может переместиться из точки Л в точку А (или Б). В точке Л нефть

(или газ) будет задерживаться (экранироваться), т. е. заполнит ловушку (рис. 88).

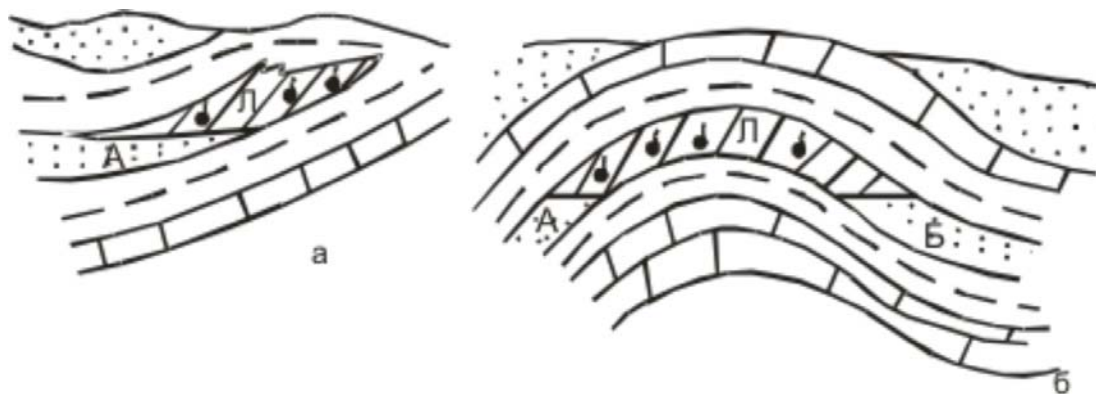


Рис. 88. Схема возможных перемещений и экранирования нефти (или газа) в природном резервуаре [13]:
а – в случае литологического экрана; б – в антиклинально изогнутом пласте

4.2. Породы-коллекторы

4.2.1. Основные параметры коллекторов

Горные породы, обладающие способностью вмещать нефть, газ и воду и отдавать их в промышленных количествах при разработке, называются **коллекторами**. Большинство пород-коллекторов имеют осадочное происхождение. Коллекторами нефти и газа являются терригенные (песчаники, алевролиты и некоторые глинистые породы), карбонатные (известняки, доломиты), кремнистые (радиоляриты, спонголиты) породы. В редких случаях коллекторами могут служить изверженные и метаморфические породы. Характер пустотного пространства в породах определяется текстурными особенностями породы, размерами и формой минеральных зерен, составом цемента, способностью пород к трещиноватости.

Основными параметрами коллекторов является пористость и проницаемость.

Пористостью называется доля пустотного пространства в общем объеме породы. Величина пористости может быть выражена в процентах или долях единицы.

Различают общую, открытую и эффективную пористость. *Общая* (полная, абсолютная) пористость – это объем всех пор в породе.

При промышленной оценке залежей нефти и газа принимается во внимание *открытая* пористость – объем только тех пор, которые связаны, сообщаются между собой.

В нефтяной геологии наряду с понятиями общей и открытой пористости существует понятие *эффективной* пористости, которая определяется наличием таких пор, из которых нефть может быть извлечена при разработке. Неэффективными считаются субкапиллярные и изолированные поры.

Другим важным параметром, характеризующим фильтрационные свойства пород-коллекторов, является **проницаемость** – свойство пород пропускать сквозь себя жидкости и газы. Проницаемость выражается в долях квадратного метра. Обычно проницаемость, измеренная параллельно слоистости, выше проницаемости, определенной перпендикулярно к напластованию.

Различают несколько видов проницаемости: абсолютную, фазовую (эффективную) и относительную [9].

Абсолютная проницаемость – проницаемость, измеренная в сухой породе при пропускании через неё сухого инертного газа (азота, гелия); часто она измеряется по воздуху.

Фазовая (эффективная) проницаемость – способность породы пропускать через себя один флюид в присутствии других; для отдельных флюидов зависит от их количественного соотношения. Особенно это заметно при разработке месторождения. При откачке и уменьшении количества нефти в пласте ее фазовая проницаемость постепенно падает.

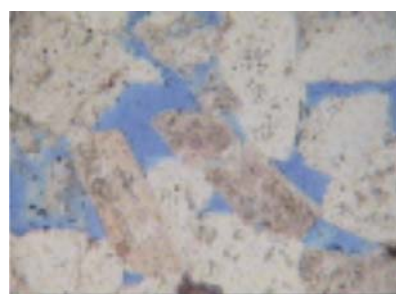
Относительная проницаемость – отношение величины эффективной проницаемости данного флюида к величине проницаемости при 100 % насыщении породы данным флюидом. Она непрерывно меняется при эксплуатации залежи, т. к. меняется соотношение флюидов. Относительная проницаемость породы для любого флюида возрастает с увеличением ее насыщенности этим флюидом.

Пластовые флюиды – нефть, газ, вода – аккумулируются в пустотном пространстве породы-коллектора, представленном порами, кавернами и трещинами. По преобладающему виду пустот породы-коллекторы делятся на поровые, кавернозные, трещинные и биопустотные [9, 10].

Поровыми (гранулярными) являются в основном песчано-алевритовые породы и некоторые разновидности карбонатных – оолитовые, обломочные известняки. Пустоты коллекторов представлены порами, размеры их не превышают 1 мм (рис. 89).

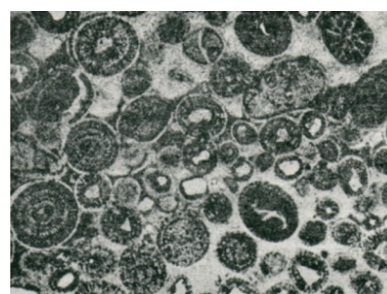


Керн



Шлиф

Песчаники



Шлиф

Оолитовый известняк

Рис. 89. Поровые коллекторы

Трещинными коллекторами могут быть осадочные породы, изверженные и метаморфические. Трещины определяют главным образом проницаемость этих образований. В качестве трещинных коллекторов среди осадочных пород чаще всего выступают карбонатные, но бывают и песчано-алевритовые и даже глинистые, которые ранее могли являться и нефтепроизводящими (рис. 90).

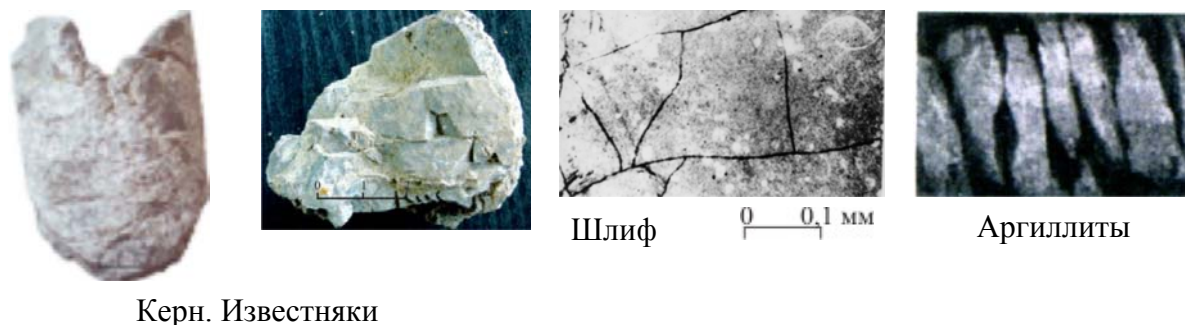


Рис. 90. Трещинные коллекторы

Кавернозные коллекторы чаще всего связаны с зонами выщелачивания с образованием пустот (каверн) в карбонатных толщах. Размеры каверн превышают 1 мм. Пустотное пространство образуется также при метасоматическом замещении кальцита доломитом (рис. 91).

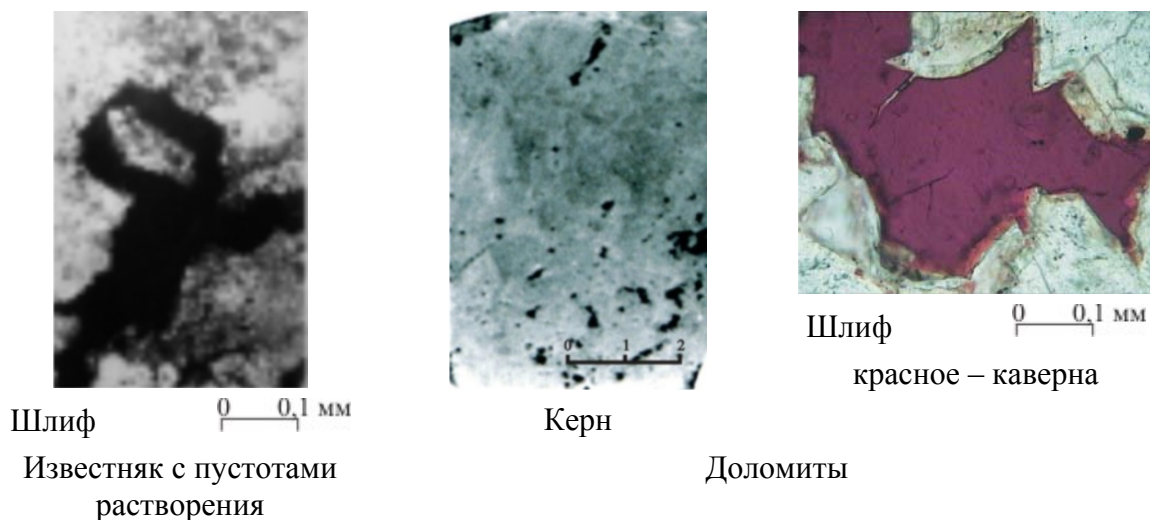


Рис. 91. Кавернозные коллекторы

Биопустотные коллекторы связаны с органическими карбонатными и кремнистыми породами, пустоты носят внутрискелетный и межскелетный характер (рис. 92).

По времени формирования все виды пустот могут быть **первичные**, образовавшиеся вместе с породой, и **вторичные**, образовавшиеся уже в готовой породе. Поры чаще бывают первичные, а каверны и трещины – вторичные. В карбонатных породах могут существовать еще реликтовые пустоты, например, пустоты раковин.

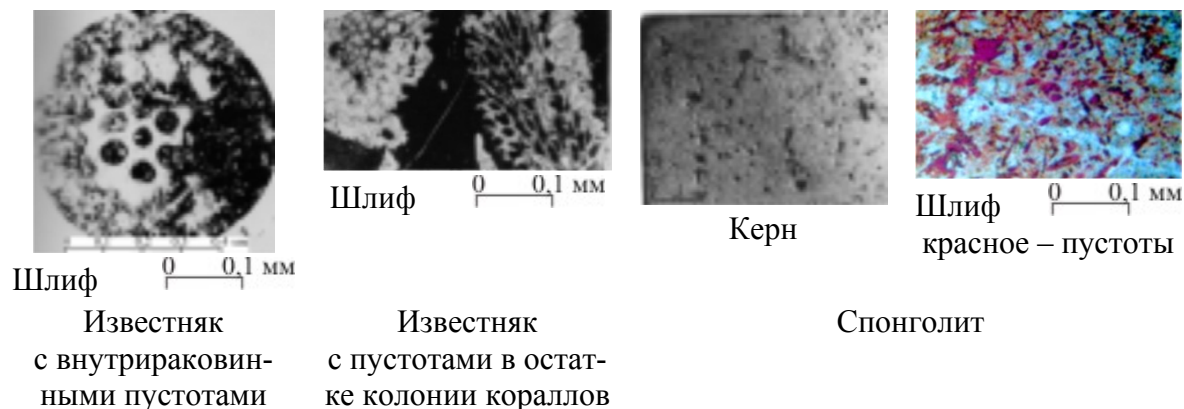


Рис. 92. Биопустотные коллекторы

4.2.2. Влияние постседиментационных процессов на изменение пустотного пространства

После завершения седиментации пористость образовавшегося песчаного осадка называется гипергенно-седиментационной. Последующие процессы диагенеза и катагенеза (уплотнение, цементация, регенерация) способствуют уменьшению, сокращению свободного порового пространства (рис. 93).

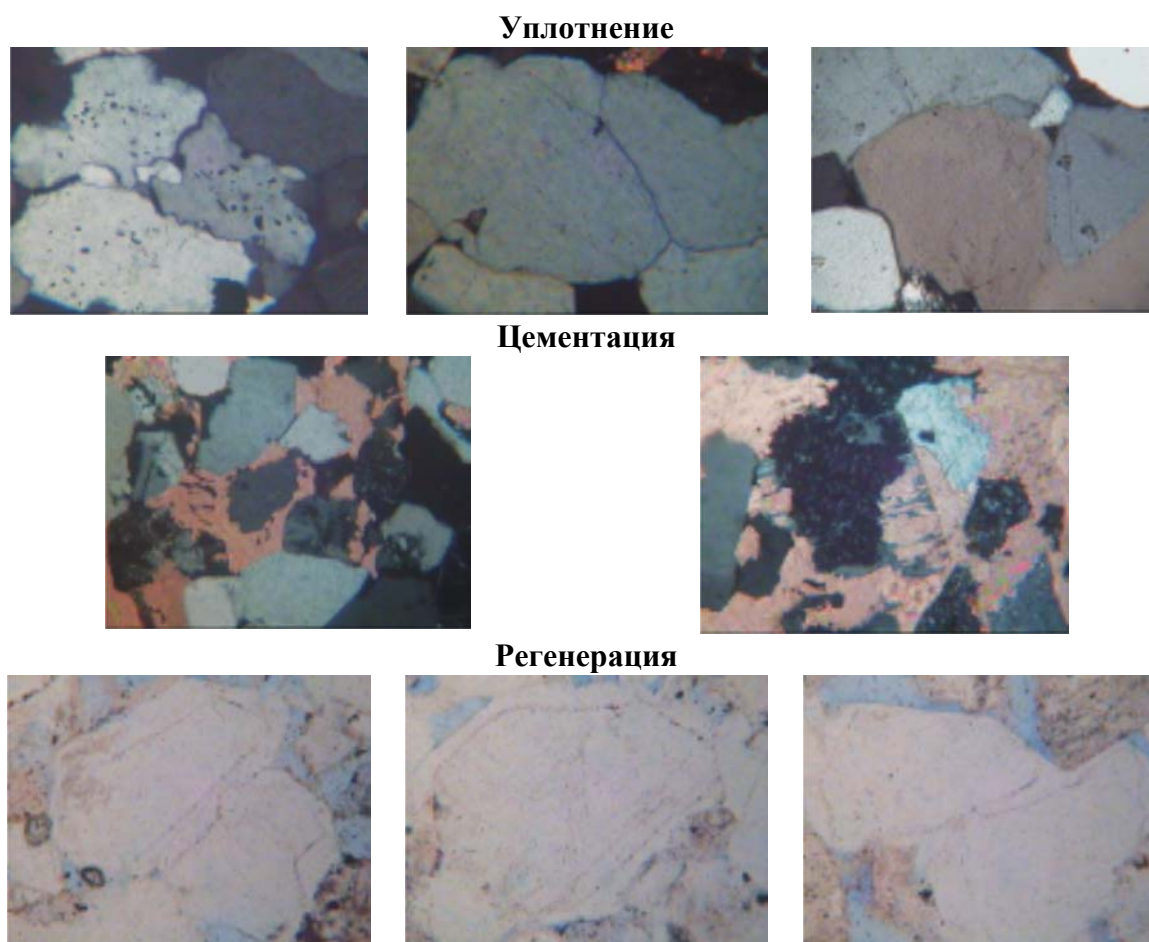
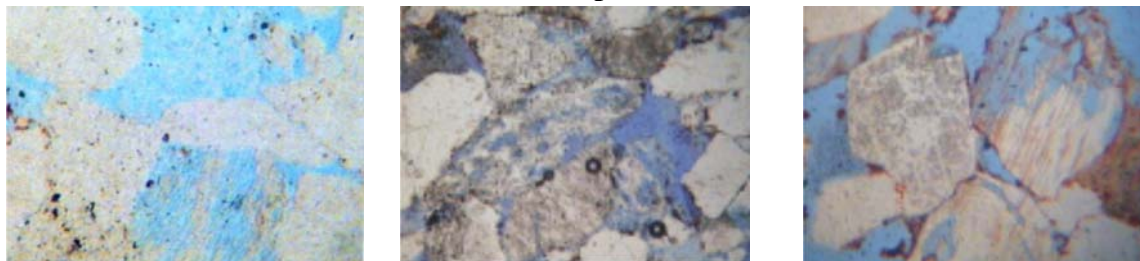


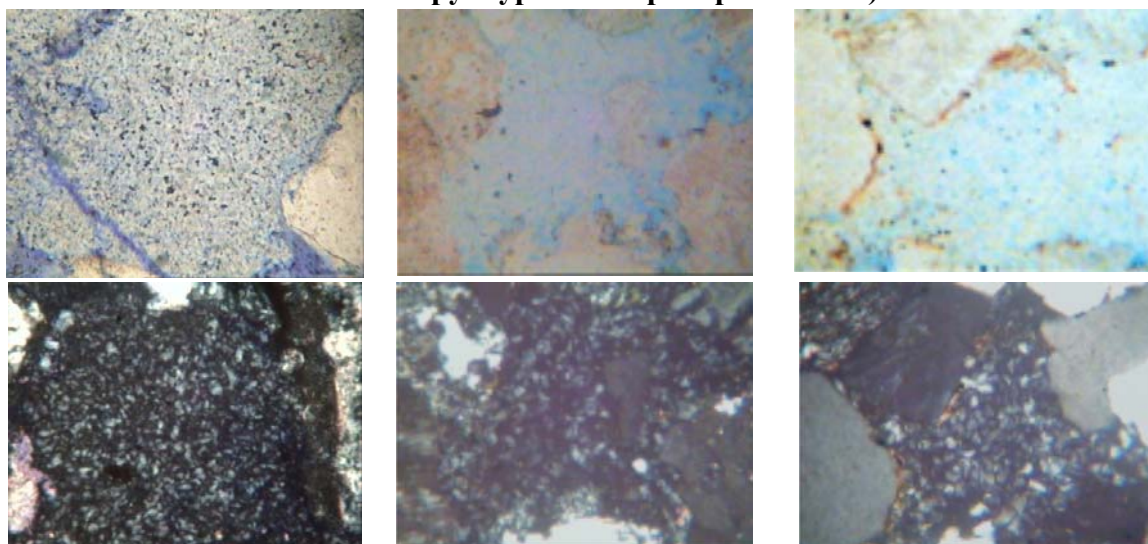
Рис. 93. Сокращение порового пространства в песчаниках за счет вторичных процессов. Шлифы

Наряду с уменьшением пористости пород на глубине иногда развиваются процессы, которые способствуют увеличению порового пространства: растворение, выщелачивание, перекристаллизация, образование трещин, метасоматоз (рис. 94).

Растворение



Перекристаллизация (замещение гидрослюд цемента каолинитом кристаллической структуры с микропористостью)



Трещинообразование



Метасоматоз (доломитизация)

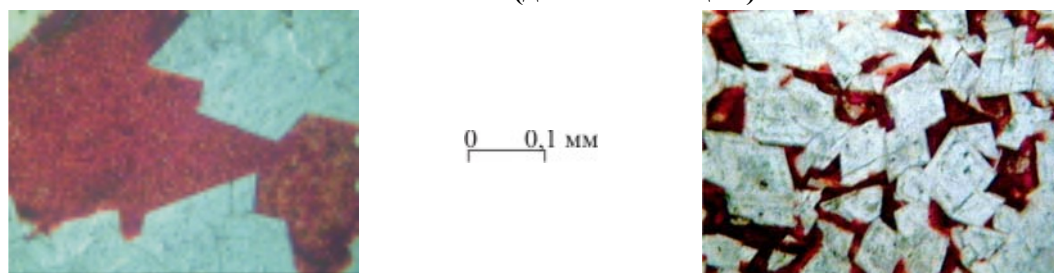


Рис. 94. Процессы, способствующие формированию вторичной пористости в породах-коллекторах. Шлифы

4.3. Породы-флюидоупоры

Сохранение скоплений нефти и газа в породах-коллекторах невозможно, если они не будут перекрыты непроницаемыми для флюидов (нефти, газа и воды) породами – флюидоупорами (покрышками, экранами). Лучшими покрышками считаются соленосные толщи, но наиболее распространены в этом качестве глины.

Экранирующие свойства *глин* зависят от их состава, мощности и выдержанности, песчанистости или алевритистости, вторичных изменений, трещиноватости. Большое значение также имеют находящиеся в глинах вода и органическое вещество.

Важнейшим качеством глин для формирования экранирующих свойств является пластичность – важнейшее качество глин, обеспечивающее способность к перестройке структуры под влиянием приложенной нагрузки без нарушения сплошности сложенного глинами пласта. Она исключает механическое разрушение при прорыве нефти и газа под избыточным давлением (до определенного предела). Однако при росте давления в течение достаточно продолжительного времени предел пластичности может быть пройден, глина становится ломкой и хрупкой и теряет свои экранирующие свойства.

Соли, гипсы и ангидриты являются покрышками, хотя сквозь их толщу проходит медленный, но постоянный поток углеводорода. Более пластичные покрышки каменной соли являются лучшими по качеству, чем ангидриты и гипсы. С увеличением глубины возрастает пластичность солей и сульфатных пород, в связи с чем улучшаются и их экранирующие свойства.

Покрышки, относящиеся к разряду плотностных, образуются обычно толщами однородных монолитных, лишенных трещин тонкокристаллических *известняков*, реже *доломитов*, *мергелей*, *аргиллитов*. Карбонатные покрышки характерны для нефтяных залежей платформенных областей, для условий пологого залегания пород.

По площади распространения различаются региональные, зональные и локальные покрышки. Региональные покрышки имеют широкое площадное распространение, характеризуются значительной мощностью и литологической выдержанностью. Они обычно выдерживаются в пределах отдельных нефтегазоносных областей. Зональные покрышки бывают выдержаны как минимум в пределах одной зоны нефтегазонакопления. Локальные покрышки имеют ограниченное распространение, часто занимают площадь одного или нескольких месторождений. Они обуславливают сохранность отдельных залежей и характер их распределения в разрезе месторождения.

Карбонатные покрышки часто ассоциируются с карбонатными же коллекторами, границы между ними имеют весьма сложную поверхность. Для

карбонатных покрышек характерно быстрое приобретение ими изолирующей способности (в связи с быстрой литификацией и кристаллизацией карбонатного осадка). Для плотностных покрышек большое значение имеет мощность, увеличивающая в целом крепость пород.

Плотностные покрышки теряют свою герметичность на больших глубинах за счет появления трещин механического образования.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Дайте определения понятиям: «региональный нефтегазоносный комплекс», «природный резервуар».
2. Назовите основные типы природных резервуаров.
3. Опишите особенности строения природных резервуаров.
4. Опишите особенности строения массивных резервуаров.
5. Охарактеризуйте особенности строения литологически ограниченных резервуаров.
6. Назовите основные типы ловушек углеводородов.
7. Приведите классификацию пород-коллекторов по структуре пустотного пространства.
8. Опишите основные факторы формирования гранулярных коллекторов.
9. Опишите основные факторы формирования трещинных коллекторов.
10. Опишите основные факторы формирования кавернозных коллекторов.
11. Опишите основные факторы формирования биопустотных коллекторов.
12. Охарактеризуйте виды пористости и способы её определения.
13. Охарактеризуйте виды проницаемости.
14. Оцените степень влияния катагенетических процессов на коллекторские свойства обломочных пород.
15. Какие факторы способствуют формированию вторичной пористости в терригенных породах?
16. Опишите процессы, способствующие формированию вторичных пустот в карбонатных породах.
17. В чём принципиальное отличие глинистых коллекторов от песчано-алевритовых?
18. Какие факторы определяют экранирующие свойства пород-флюидоупоров?
19. В каких условиях глинистые породы-флюидоупоры могут превращаться в породы-коллекторы?
20. Оцените влияние катагенетических и метагенетических процессов на экранирующие свойства соляных пород.

СЛОВАРЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ

Абиссаль – батиметрическая область в океане, расположенная на глубинах более 2000 м.

Абразия – процесс механического разрушения волнами и течениями морских берегов.

Аккумуляция – накопление осадков или осадочных пород на поверхности Земли.

Актуализма метод – метод научного познания геологической истории Земли, реконструкции процессов и обстановок прошлого путем использования закономерностей, выявленных при изучении современных геологических процессов.

Алеврит – рыхлая обломочная горная порода, состоящая из обломков минеральных зёрен 0,1–0,01 мм.

Алевролит – мелкообломочная осадочная горная порода, состоящая из сцементированных обломков минеральных зерен размером 0,1–0,01 мм.

Аллотигенный – образовавшийся раньше осадочной породы, привнесенный в нее извне. Относится к минералам, обломкам пород, фауне и т. д., привнесенным из областей сноса или переотложенным в результате перемыва осадков на дне бассейна.

Аллювий – отложения, формирующиеся постоянными водными потоками в речных долинах.

Ангидрит – минерал, CaSO_4 ; осадочная горная порода, состоящая из минерала ангидрита.

Аргиллит – глинистая осадочная порода, не размокающая в воде; образуется за счёт уплотнения глин под давлением.

Аридный климат – сухой климат, при котором величина испарения превышает количество выпавших в течение года осадков.

Атолл – коралловая постройка вокруг острова вулканического происхождения.

Аутигенный – компонент осадочной породы, образовавшийся на месте.

Базальные отложения – отложения, залегающие в основании какого-либо мощного осадочного комплекса и фиксирующие начало нового этапа осадконакопления.

Базальный цемент – скрепляющий обломки так, что они не соприкасаются.

Базис эрозии – уровень, на котором скорость водного потока становится равной нулю и прекращаются все виды эрозии.

Бар – крупная песчаная гряда, образовавшаяся в результате поперечного перемещения донных наносов в сторону берега водоема.

Бар вдольбереговой – песчаный вал, расположенный на некотором расстоянии от берега и выступающий из-под воды во время отлива.

Бар устьевой – изогнутый в форме полумесяца аккумулятивный вал в устье реки, выпуклая сторона которого обращена к морю.

Бархан – серповидный песчаный холм с пологим (до 15°) наветренным и крутым (до 36°) подветренным склоном.

Барьерный риф – подводная скала, протягивающаяся параллельно берегу и отделённая от него лагуной. Образуется колониями кораллов, мшанок и других беспозвоночных организмов.

Батиаль – батиметрическая область с глубинами 200–2000 м, к которой приурочены континентальный склон и его подножие.

Белемнитиды (белемниты) – вымерший отряд внутрираковинных головоногих моллюсков; морские подвижные животные.

Бентос – организмы, населяющие дно водоема и придонный слой воды.

Береговой риф – примыкающая к берегу подводная скала, сложенная скелетами кораллов, мшанок, водорослей и других беспозвоночных животных.

Биогенные породы – породы, сложенные главным образом остатками организмов (животных и растений): известняки, силициты, угли.

Биогерм – известковый нарост на дне водоема, образованный прикрепленными организмами (подводный холм, выступ).

Биостром – органогенная постройка в виде пласта или линзы на дне бассейна.

Биоценоз – прижизненное скопление организмов, обитающих вместе на определённом участке дна бассейна.

Битуминозные горные породы – содержащие в порах, трещинах и других пустотах битумы.

Битумы – обобщённое название бескислородных углеводородов – нефтяные газы, нефть, озокерит, асфальт.

Биотурбация – интенсивное воздействие роющих организмов, нарушающих первичную текстуру.

Бобовины – сферические образования минералов размером 1–10 мм, не обладающие концентрической слоистостью.

Боковая эрозия – размыв и разрушение бортов долины водным потоком.

Боксит – основная руда на алюминии, возникшая при выветривании или осадочным путём и состоящая из гидрооксидов Al (гиббсита, бёмита, диаспора) с примесью гидрооксидов Fe, глинистых минералов и кварца.

Болота – переувлажнённые участки поверхности Земли, образуются за счёт атмосферных осадков и повышения уровня грунтовых вод (верховые) или при зарастании озёр, стариц (низинные).

Брекчия – раздробленная на остроугольные обломки и цементированная горная порода.

Бурый железняк – общее наименование всех руд, состоящих из водных оксидов Fe.

Вулканогенно-обломочные породы – вулканические туфы с примесью обломочного материала.

Выветривание – процесс, протекающий на поверхности Земли и приводящий к разрушению горных пород механическим (физическим) или химическим путём.

Галечник – рыхлая горная порода, состоящая преимущественно из галек – окатанных обломков горных пород (10–100 мм).

Гейзерит – пористая белая порода, состоящая из опала, выпавшего из воды гейзеров и других горячих источников.

Генезис – происхождение горных пород, минералов, полезных ископаемых, подземных вод и других образований, возникших в определенных условиях при воздействии геологических процессов.

Генерация минералов – минералы или группы минералов, образующиеся в разные стадии процесса. Одни и те же минералы различных генераций отличаются составом и формой.

Гидрослюды – минералы, слюды, обогащённые OH, H₂O: гидробиотит, гидромусковит и др.; обычные компоненты глин; терригенные и аутигенные минералы морских и континентальных отложений.

Гипергенез – разрушение материнских пород на поверхности Земли под воздействием воздуха, воды, льда, изменения температуры и других физических и химических явлений, а также жизнедеятельности организмов.

Глауконит – глинистый минерал, относящийся к смешанослойным гидрослюдисто-монтмориллонитовым образованиям. Характерная черта состава – присутствие в значительном количестве железа как двух-, – так и трехвалентного. Встречается в осадках морей нормальной солености.

Глины – тонкодисперсные осадочные горные породы с частицами размером менее 0,01 мм, содержащие различные глинистые минералы.

Градационная слоистость – чередование слоев обломочного материала, при котором отдельные слои не разделяются четкими поверхностями раздела, но различаются размером, формой, составом или окраской минеральных и органических частиц.

Гравелит – цементированный гравий.

Гравий – рыхлая горная порода, сложенная окатанными обломками 1–10 мм.

Гумидный климат – влажный климат, при котором количество выпавших осадков во много раз превышает испарение.

Дезинтеграция – распадение целого на части.

Дельта – область отложения осадков, выносимых рекой, расположенная в ее устье при впадении реки в море или озеро.

Делювий – тип отложений, возникающих в результате накопления смытых со склонов дождевыми и талыми снеговыми водами рыхлых продуктов выветривания.

Дендриты – древовидные агрегаты кристаллов, образующиеся в результате быстрой кристаллизации минералов в тонких трещинах или в вязкой среде.

Денудация – совокупность процессов разрушения горных пород и переноса продуктов разрушения.

Детрит – обломочный материал, состоящий из углефицированных обрывков растений, фрагментов раковин, скелетных частей животных.

Диагенез – преобразование осадка в осадочную горную породу в процессе уплотнения и физико-химического уравнивания среды.

Доломит – 1) минерал $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$; 2) осадочная порода, состоящая из минерала доломита, обычно с примесью кальцита.

Донная эрозия – размыв и разрушение дна русла водного потока, приводящие к его углублению.

Джеспилиты – слоистые кварцевые железосодержащие породы.

Дюны – песчаные холмы, возникающие в результате деятельности ветра на песчаных берегах морей, рек, озер.

Железная шляпа – скопление оксидных и гидрооксидных минералов Fe с примесью гидроксидов Mn и сульфатов, возникшее в результате окисления сульфидных руд.

Залив – необособленный участок моря, ограниченный выступом берега, косой или подводным валом.

Известковый туф – пористая горная порода, состоящая из CaCO_3 и возникшая путём отложения вещества из холодных углекислых источников.

Ихнофоссилии – следы жизнедеятельности древних вымерших организмов.

Каверны – пустоты в горных породах размером более 1 мм, возникающие главным образом в результате растворения горных пород.

Коагуляция – процесс слипания коллоидных частиц в более крупные, способные самостоятельно перемещаться в растворе под влиянием силы тяжести.

Каолинит $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ – минерал, в осадочных породах аллотипный (образуется в корях выветривания жаркого и влажного климата) и аутигенный (типичен для угленосных отложений, где при разложении органического вещества выделяется большое количество CO_2 , создающего кислую среду, необходимую для образования каолинита).

Карстовые пустоты – сообщающиеся полости в горных породах, возникшие в результате их растворения подземными водами; часто разви-

ваются по трещинам в горных породах и в прослоях наиболее пористых пород. Их размеры колеблются от первых сантиметров до десятков метров.

Катагенез – длительная стадия вторичных изменений осадочной породы при увеличении глубины ее погружения и повышении пластовой температуры, происходящих без привноса вещества из внешних источников.

Керн – цилиндрический столбик горной породы или полезного ископаемого, получаемый при бурении скважины и поднимаемый наверх для изучения с помощью бурового снаряда.

Коллекторы – горные породы, обладающие способностью вмещать нефть, газ и воду и отдавать их при разработке.

Коллоид – раствор коллоидный – высокодисперсные системы, в которых, в отличие от истинных растворов, сохраняются поверхности раздела между веществом и средой.

Коллювий – продукты выветривания, смещенные вниз по склону под влиянием силы тяжести.

Конкреции – стяжения минералов, образованные в результате осаждения из водного раствора внутри вмещающей породы и отличающиеся от нее по составу.

Коралловые полипы – наиболее высокоорганизованные кишечнополостные, исключительно морские, одиночные или колониальные.

Красноцветные породы – осадочные породы красного цвета, что обусловлено присутствием оксидных минералов железа; имеют континентальное происхождение в условиях засушливого климата.

Кристалл – твёрдое тело из закономерно расположенных атомов и ионов, способное принимать облик многогранника.

Конгломерат – обломочная осадочная порода, сложенная более чем наполовину сцементированными гальками.

Кора выветривания – образования в верхней части земной коры, переработанные в условиях влажного жаркого климата процессами выветривания, главным образом химического.

Корразия – разрушение поверхности вещества песчинками, переносимыми по ветру.

Коррозия – разрушение поверхности вещества в результате растворения, окисления и др.

Коса – узкий намывной песчаный вал, выступающий над уровнем моря и причленённый одним концом к берегу.

Лагуна – мелководный бассейн, вытянутый вдоль морского побережья и отделенный от открытого моря песчаными отмелями (баррами) или барьерными островами.

Латерит – богатые глинозёмом железистые породы кирпично-красного цвета – продукты выветривания алюмосиликатных горных пород в жарком влажном климате.

Лейкоксен – землистый агрегат вторичных минералов титана и гидроксидов железа. В осадочных породах аллотигенный и аутигенный.

Лиман – затопленное морем устье реки, часто отделенное от моря косой или пересыпью.

Литификация – термин широкого использования, под которым понимают все процессы, в результате которых нецементированный осадок превращается в осадочную породу с высокой и стабильной плотностью (происходит окаменение осадка).

Литогенез – совокупность процессов образования и изменения осадочных пород.

Литораль – прибрежная полоса морского дна, осушающаяся во время отлива.

Меандры – изгибы, образованные рекой.

Мергель – осадочная порода, переходная от известняков и доломитов к глинистым породам.

Метагенез – стадия глубокого минералогического и структурного изменения осадочных пород, происходящая под влиянием повышенной температуры в условиях повышенного давления в присутствии минерализованных растворов.

Метаморфизм – преобразование пород под действием высокой температуры и (или) высокого давления, заключающееся в полной или частичной смене первичных минералов новыми – метаморфическими, – обладающими, как правило, большей плотностью.

Метасоматоз – процессы преобразования горных пород, протекающие под воздействием пневматолито-гидротермальных растворов, которые приносят одни компоненты и выносят другие.

Минерал – природное тело, однородное по химическому составу и физическим свойствам, образующееся в результате физико-химических процессов в земной коре.

Монтмориллонит – глинистый минерал $\text{CaMg}_3\text{OH}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]\times n\text{H}_2\text{O}$; образуется в корках выветривания основных изверженных пород, а также в процессе подводного изменения вулканических пеплов.

Морена – материал, принесенный ледником и оставшийся на месте после его таяния.

Морские ежи – класс иглокожих, подвижные морские животные, тело которых заключено в известковый панцирь, состоящий из сросшихся многочисленных табличек. Панцирь покрыт известковыми подвижными иглами.

Морские лилии – класс иглокожих, ведущих прикрепленный образ жизни, морские животные.

Мутьевой поток – кратковременный подводный поток взвешенных в воде илистых частиц, срывающихся со склонов морского дна под действием силы тяжести во время землетрясений или штормов.

Мшанки – тип колониальных морских животных, ведущих прикреплённый образ жизни.

Нектон – водные животные, обладающие способностью активного передвижения в водной среде.

Неритовая область – область шельфа между литоралью и континентальным склоном, где накапливаются мелководные морские осадки.

Нефть – горючая маслянистая жидкость, состоящая из углеводородов метанового, нафтенового и ароматического рядов с примесью сернистых, азотистых и кислородных соединений.

Нивальный климат – характерный для арктических и высокогорных областей, где осадки выпадают преимущественно в виде снега; часть из них накапливается в виде льда.

Озёра – водоёмы в природных впадинах, не имеющие связи с морем.

Окатанность – степень сглаженности обломочных зёрен, приобретаемая ими за счёт столкновения с другими твёрдыми частицами во время переноса водой или ветром.

Оолиты – округлые, эллипсоидальные концентрически-слоистые образования размерами 0,1–2 мм. Образуются хемогенным путем во взвешенном состоянии в условиях подвижных мелких вод, преимущественно морских, иногда озерных и речных.

Опока – кремнистая микропористая осадочная порода, сложенная более чем наполовину хемогенным опалом.

Осадочные породы – породы, образовавшиеся в поверхностной части земной коры в результате различных экзогенных процессов.

Песчаник – осадочная порода, представляющая собой сцементированный песок с размерами зёрен 0,1–1,0 мм.

Пирит – минерал, FeS_2 . Встречается в рассеянном состоянии или в виде конкреций. Образуется в восстановительной среде при достаточном количестве в водах ионов $[\text{SO}_4]^{-2}$ или $[\text{S}]^{-2}$.

Планктон – организмы, пассивно передвигаемые в воде волнами и течениями и не обладающие способностью активного движения.

Поток суспензионный – гравитационное движение (течение) суспензии (воды, насыщенной взвесью) по дну водоема.

Природный резервуар – естественноеместилище для нефти, газа и воды, внутри которого они могут циркулировать.

Пролювий – рыхлые образования, возникающие в результате переноса и отложения временными потоками продуктов выветривания горных пород.

Псевдоморфозы – минеральные индивиды, обладающие внешней кристаллографической формой, чуждой слагающему их веществу. Образуются путем заполнения полостей, оставшихся при выщелачивании минералов, или путем химического замещения ранее существовавших минералов с сохранением их внешней формы.

Радиолярии – микроскопические одноклеточные морские планктонные организмы с кремневым скелетом.

Радиолярит – кремнистая порода, сложенная более чем на 50 % скелетами радиолярий.

Размыв – процесс разрушения горных пород и последующего удаления образовавшихся продуктов водными потоками, течениями, ледниками и др., совершаемый в наземных или подводных условиях.

Рапа – соляной раствор в соляных природных и искусственных водоемах.

Регрессия – отступление моря с суши.

Регенерация – обрастание и разрастание кластических зёрен кварца и полевых шпатов преимущественно в песчаниках; каймы разрастания обычно отличаются в шлифе своей чистотой.

Риф – карбонатный массив, сложенный остатками организмов в прижизненном положении и продуктами их разрушения, возвышавшийся в период своего формирования над дном, достигающий уровня моря.

Сапропель – органно-минеральные осадки озерных водоемов.

Седиментогенез – мобилизация веществ в областях сноса, их перемещение в водной или воздушной среде, окончательное осаждение терригенных, хемогенных и органогенных компонентов.

Сидерит – минерал, $FeCO_3$. В осадочных породах аутигенный, встречается в виде конкреций или в рассеянном состоянии, чаще всего в терригенных континентальных отложениях. Образуется в основном на стадии диагенеза при восстановлении соединений трехвалентного железа.

Слоистость – текстура осадочных горных пород, выражающаяся в чередовании обособленных друг от друга слоев.

Спикулы – мельчайшие игловидные известковые или кремневые скелетные образования различной формы у губок.

Спонголит – кремнистая порода, сложенная в основном спикулами кремневых губок.

Структура осадочных пород – строение, определяемое размером, формой, ориентировкой частиц и степенью кристалличности вещества.

Субаквальные осадки – слои осадочного материала, отложенные в водной среде.

Субаэральные осадки – слои осадочного материала, отложенные в воздушной среде.

Текстура – взаимное расположение частиц, слагающих породу.

Трансгрессия – наступание моря на сушу (перемещение береговой линии в сторону суши).

Турбидиты – отложения турбидитных (суспензионных, мутьевых) потоков.

Фациальный анализ – способы реконструкции физико-географических обстановок для прошлых периодов в истории Земли.

Фация – обстановка осадконакопления, современная или древняя, овеществленная в осадке или породе.

Флюидопор – толща пород, которая перекрывает, подстилает или иным способом ограничивает коллектор, обеспечивая существование в нем гидродинамической системы и сохранность залежи.

Фораминиферы – широко распространенный тип простейших, бентосные или планктонные организмы, большинство из них имеет известковую раковину.

Хлориты – минералы, слоистые силикаты переменного состава. Выделяются хлориты магнезиальные, магнезиально-железистые и железистые (лептохлориты).

Цемент обломочных пород – минеральное вещество, заполняющее пространство между обломочными зёрнами и скрепляющее их между собой.

Цикл седиментационный – определенная последовательность в смене обстановок осадконакопления, повторяющаяся в тех или иных вариациях в ходе развития акватории или территории.

Циклит – породно-слоевая ассоциация, главным свойством которой является связь элементов во времени и пространстве, т. е. целостная во времени слоевая система.

Циркон – минерал, $ZrSiO_4$. Образуется преимущественно в кислых и щелочных изверженных породах. В осадочных породах аллотигенный аксессуарий.

Шельф – относительно выровненная подводная окраина континентов глубиной до 200 м.

Эвапориты – химические осадки, выпадающие на дно бассейнов в аридных зонах вследствие повышения концентрации солей при испарении воды.

Элювий – комплекс продуктов разрушения горных пород, образовавшихся на поверхности Земли под действием атмосферных агентов, почвенных и грунтовых вод, жизнедеятельности организмов и сохранившихся на месте своего образования.

Эрозия – размыв горных пород и удаление продуктов размыва движущейся водой.

Эстуарий – однорукавный устьевой участок реки, глубоко вдающийся в пределы суши в виде узкого залива. Образуется при совместном воздействии на берег абразии и приливно-отливных течений

Яшма – кремнистая осадочная порода, окрашенная в различные цвета оксидами Fe и Mn.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.П. Атлас фаций юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии). – Екатеринбург: Изд-во УГГА, 2007. – 209 с.
2. Алексеев В.П. Литология: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГА, 2001. – 249 с.
3. Атлас литогенетических типов угленосных отложений Алдан-Чульманского района Южно-Якутского каменноугольного бассейна / А.В. Александров, В.М. Желинский, В.Н. Коробицына и др. – М.: Наука, 1970. – 226 с.
4. Атлас литогенетических типов угленосных отложений среднего карбона Донецкого бассейна / Л.Н. Ботвинкина, Ю.А. Жемчужников, П.П. Тимофеев и др. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 368 с.
5. Бакиров А.А., Мальцева А.К. Литолого-фациальный и формационный анализ при поисках и разведке скоплений нефти и газа: учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1985. – 159 с.
6. Безбородов Р.С. Краткий курс литологии. – М.: Изд-во УДН, 1989. – 313 с.
7. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. – М.: Госгеолтехиздат, 1961. – 540 с.
8. Ботвинкина Л.Н. Слоистость осадочных пород. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 543 с.
9. Бурлин Ю.К. Природные резервуары нефти и газа: учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1976. – 136 с.
10. Бурлин Ю.К., Конюхов А.И., Карнюшина Е.Е. Литология нефтегазоносных толщ. – М.: Недра, 1991. – 286 с.
11. Буш Д.А. Стратиграфические ловушки в песчаниках. – М.: Мир, 1977. – 216 с.
12. Вылцан И.А. Фации и формации осадочных пород: учебное пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 2002. – 484 с.
13. Геология нефти и газа: учебник для вузов / Э.А. Бакиров, В.И. Ермолкин, В.И. Ларин и др. – М.: Недра, 1990. – 240 с.
14. Ежова А.В. Литология: учебник для вузов. – 2-е изд. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 336 с.
15. Ежова А.В. Практикум по литологии: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 147 с.
16. Ежова А.В., Тен Т.Г. Литология нефтегазоносных толщ: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 122 с.

17. Крашенинников Г.Ф. Учение о фациях. – М.: Высшая школа, 1971. – 368 с.
18. Кузнецов В.Г. Литология карбонатных пород-коллекторов: учебное пособие. – М.: МИНГ, 1986. – 80 с.
19. Лидер М.Р. Седиментология. – М.: Мир, 1986. – 439 с.
20. Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород (с основами методики исследования): учебник для студентов геол. спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1984. – 416 с.
21. Марковский Н.И. Палеогеографические основы поисков нефти и газа. – М.: Недра, 1973. – 304 с.
22. Методика прогнозирования и поисков литологических, стратиграфических и комбинированных ловушек нефти и газа / А.А. Гусейнов, Б.М. Гейман, Н.С. Шик, Г.В. Сурцуков. – М.: Недра, 1988. – 270 с.
23. Методы палеогеографических реконструкций (при поисках залежей нефти и газа) / В.А. Гроссгейм, О.В. Бескровная, И.Л. Геращенко и др. – Л.: Недра, 1984. – 271 с.
24. Мильничук В.С., Арабаджи М.С. Общая геология: учебник для вузов. – М.: Недра, 1989. – 333 с.
25. Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа. – Л.: Недра, 1984. – 260 с.
26. Недоливно Н.М., Ежова А.В. Петрографические исследования терригенных и карбонатных пород-коллекторов: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 172 с.
27. Петтиджон Ф.Дж. Осадочные породы: пер. с англ. – Недра, 1981. – 751 с.
28. Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. – М.: Мир, 1976. – 536 с.
29. Прошляков Б.К., Кузнецов В.Г. Литология: учебник для вузов. – М.: Недра, 1991. – 444 с.
30. Прошляков Б.К., Кузнецов В.Г. Литология и литолого-фациальный анализ. – М.: Недра, 1981. – 284 с.
31. Рейнек Г.-Э., Сингх И.Б. Обстановки терригенного осадконакопления. – М.: Недра, 1981. – 439 с.
32. Рухин Л.Б. Основы литологии. – М.: Недра, 1969. – 779 с.
33. Седиментология / Р. Градзинский, А. Костецкая, А. Радомский и др. – М.: Недра, 1980. – 640 с.
34. Селли Р.Ч. Древние обстановки осадконакопления. – М.: Недра, 1989. – 294 с.
35. Справочник по литологии / под ред. Н.Б. Вассоевича, В.И. Марченко. – М.: Недра, 1983. – 509 с.
36. Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. – М.: Госгеолтехиздат, 1963. – 535 с.

37. Фролов В.Т. Литология: учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ. – Кн. 1, 1992. – 336 с; кн. 2, 1993. – 432 с.; кн. 3, 1995. – 352 с.
38. Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и газа и их изучение. – М.: Недра, 1969. – 368 с.
39. Швецов М.С. Петрография осадочных пород. – М.: Госгеолтехиздат, 1958. – 416 с.
40. Япаскурт О.В. Литология: учебник для студентов высших учебных заведений. – М.: Изд-во центр «Академия», 2008. – 336 с.
41. Япаскурт О.В., Карпова Е.В., Ростовцева Ю.В. Литология. Краткий курс (избранные лекции): учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 228 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОСНОВЫ ЛИТОГЕНЕЗА	4
1.1. Общие сведения о процессах осадко- и пороодообразования	4
1.2. Стадия гипергенеза	5
1.3. Стадия седиментогенеза	10
1.3.1. Осадкообразование в областях с гумидным климатом	11
1.3.2. Осадкообразование в областях аридного климата	14
1.3.3. Осадкообразование в областях нивального климата	15
1.4. Стадия диагенеза	16
1.5. Стадия катагенеза	17
1.6. Стадия метагенеза	17
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ	18
2. ПЕТРОГРАФИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД	19
2.1. Классификация осадочных пород	19
2.2. Текстуры осадочных пород	19
2.2.1. Седиментационные текстуры	19
2.2.2. Постседиментационные (вторичные) текстуры	25
2.3. Структуры осадочных пород	26
2.4. Описание осадочных пород	29
2.4.1. Обломочные и вулканогенно-осадочные породы	29
2.4.2. Глинистые породы	35
2.4.3. Глиноземистые (алюминистые) породы	36
2.4.4. Железистые породы	37
2.4.5. Марганцевые породы	38
2.4.6. Фосфатные породы (фосфориты)	39
2.4.7. Кремнистые породы (силициты)	40
2.4.8. Карбонатные породы	42
2.4.9. Соляные породы	44
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ	46

3. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ	48
3.1. Определение понятий «фа́ция», «фа́циальный анализ»	48
3.2. Тектоника и осадконакопление	48
3.3. Континентальная обстановка осадконакопления	50
3.3.1. Элювиальная фа́ция	51
3.3.2. Коллювиальная и делювиальная фа́ции	52
3.3.3. Проллювиальная фа́ция	52
3.3.4. Аллювиальный комплекс фа́ций	53
3.3.5. Лимнические (озерно-болотные) фа́ции	58
3.4. Морская обстановка осадконакопления	59
3.4.1. Прибрежно-морской комплекс фа́ций	60
3.4.2. Шельфовые фа́ции	65
3.4.3. Глубоководные фа́ции	71
3.5. Переходная обстановка осадконакопления	72
3.5.1. Дельтовый комплекс фа́ций	72
3.5.2. Лагунные и лиманные фа́ции	75
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ	76
4. ЛИТОЛОГИЯ ПРИРОДНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ	78
4.1. Типы природных резервуаров и ловушек углеводородов	78
4.2. Породы-коллекторы	81
4.2.1. Основные параметры коллекторов	81
4.2.2. Влияние постседиментационных процессов на изменение пустотного пространства	84
4.3. Породы-флюидоупоры	86
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ	87
СЛОВАРЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ	88
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	97

Учебное издание

ЕЖОВА Александра Викторовна

ЛИТОЛОГИЯ

КРАТКИЙ КУРС

Учебное пособие


Корректурa А.А. Цыганкова
Компьютерная верстка К.С. Чечельницкая
Дизайн обложки Т.А. Фатеева

Подписано к печати 14.10.2014. Формат 60×84/8. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 11,86. Уч.-изд. л. 10,73.
Заказ 1038-14. Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета
сертифицирована в соответствии с требованиями ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru