

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

А.В. Ежова

ПРАКТИКУМ ПО ЛИТОЛОГИИ

*Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации
по высшему образованию в области прикладной геологии в качестве учебного
пособия по вариативной дисциплине «Исследование керна материала
нефтегазовых скважин» для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности 130101.3 «Геология нефти и газа»
специальности 130101 «Прикладная геология»*

Издательство
Томского политехнического университета
2011

УДК 552.5(075.8)
Е41

Ежова А.В.

Е41 Практикум по литологии: учебное пособие / А.В. Ежова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 147 с.

ISBN 978-5-4387-0009-8

Практикум по литологии разработан на основе учебника «Литология», методических указаний «Руководство для выполнения лабораторных и самостоятельных работ», «Иллюстрированные материалы (стенды) выполнения лабораторных и самостоятельных работ», «Учебные коллекции пород для выполнения лабораторных и самостоятельных работ», составленных автором.

Содержащиеся в Практикуме задания охватывают разделы (темы) дисциплины «Литология»: «Осадкообразование», «Текстуры осадочных пород», «Макроскопическое изучение осадочных пород», «Методы изучения осадочных пород», «Литолого-фациальный анализ», «Литология природных резервуаров», и могут выполняться студентами самостоятельно и под руководством преподавателя, а также могут использоваться в научных исследованиях по тематике нефтяной литологии.

Предназначено для студентов направления «Прикладная геология» при выполнении курсовых и самостоятельных работ, проведении учебно-научных исследований, а также для подготовки специалистов высшей квалификации в области нефтегазовой литологии.

УДК 552.5(075.8)

Рецензенты

Доктор геолого-минералогических наук, профессор
зав. кафедрой петрографии ТГУ
А.И. Чернышев

Доктор геолого-минералогических наук, профессор
зав. лабораторией геохимии и пластовых нефтей
ОАО «ТомскНИПИнефть»
И.В. Гончаров

ISBN 978-5-4387-0009-8

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2011

© Ежова А.В., 2011

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2011

ВВЕДЕНИЕ

Практикум составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины «Литология» [15], предусматривающей проведение лекционных занятий, лабораторных и самостоятельных работ студентами специальности «Геология нефти и газа» очного обучения на 3 курсе в 5, 6 семестрах, и является практическим руководством для изучения разделов (тем) дисциплины:

- «Осадкообразование» включает в себя изучение продуктов гипергенеза и седиментогенеза.
- «Текстуры осадочных пород» - изучение условий возникновения и морфологии первичных (седиментационных) и вторичных (диагенетических и катагенетических) текстур.
- «Макроскопическое изучение пород» включает в себя задания по изучению свойств, структурно-текстурных особенностей осадочных пород, строению пустотного пространства в них.
- «Методы изучения осадочных пород» - приводятся краткие сведения, необходимые для выполнения лабораторных работ, способы их графических изображений, приемы интерпретации полученных результатов.
- «Литолого-фациальный анализ» - показаны методы построения литолого-фациальных карт и палеопрофилей для двух смежных стратиграфических подразделений, а также предусмотрено проведение научного анализа геологического развития территории и оценка всех изменений.
- «Литология природных резервуаров» - для выполнения лабораторных работ дается детальная петрографическая характеристика компонентов терригенных пород, приводится методика анализов обломочных и карбонатных пород-коллекторов с оценкой влияния условий осадконакопления и постседиментационных преобразований на пустотное пространство.

Для выполнения лабораторных, самостоятельных и контрольных работ даются принципиальные схемы исследований, планы описания и иллюстративный материал в виде фотографий, отображающих наиболее типичные продукты гипергенеза и седиментогенеза, текстуры и различные осадочные породы. Фотографии выполнены ассистентом кафедры ГРПИ Т.Г. Перевертайло и автором. Исходным материалом служат учебные коллекции пород кафедры ГРПИ [19], стенды текстур [13], теоретический материал лекций [18], учебная и методическая литература [2, 7, 14, 16, 17, 25, 26, 30, 33, 44].

Автор выражает благодарность учебному мастеру кафедры геологии и разведки полезных ископаемых ТПУ Л.В. Батретдиновой за помощь при оформлении Практикума.

1. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Тема: ОСАДКООБРАЗОВАНИЕ

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 [25].

Основными компонентами осадочных пород являются:

- 1) обломочная часть – продукты механического раздробления горных пород различного генезиса;
- 2) хемогенная часть – продукты химических реакций, происходивших, главным образом, в водной среде;
- 3) биогенная часть – остатки животных и растительных организмов в виде минеральных скелетных остатков или неполностью разложившихся органических тканей;
- 4) вулканогенная часть – продукты вулканической деятельности;
- 5) коллоидный материал – тонкодисперсные частицы величиной 1-100 мкм (1×10^{-6} – 1×10^{-4} мм), образовавшиеся при тончайшем раздроблении обломочного материала;
- 6) космическая часть – космическая пыль, метеориты.

Значительный объем в осадочных породах часто составляют пустоты различного размера, заполненные жидкостями или газами.

В самом общем виде процесс образования осадочных пород можно представить в виде схемы: возникновение исходных продуктов; перенос и частичное осаждение осадочного материала на путях переноса; осаждение осадочного вещества в водных бассейнах; преобразование осадков и превращение их в осадочные породы.

Таким образом, 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 [40].

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 четвёртый тип литогенеза – *эффузивно-осадочный*, связанный с областями прошлой и современной вулканической деятельности.

В настоящее время ряд ученых – литологов (Н.Б. Вассоевич, Н.В. Логвиненко, О.В. Япаскурт, В.П. Алексеев и др.) в понятие литогенеза включают и стадии преобразования осадочных пород [39, 25, 45, 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 и предшествующая метаморфизму.

Лабораторная работа № 1

Продукты гипергенеза

Задание и содержание работы :

- изучить основные изменения горных пород при гипергенезе;
 - установить основные процессы химического выветривания.
- Исходный материал - учебная коллекция № 1.

Гипергенез (выветривание) – разрушение материнских пород на поверхности Земли и в её приповерхностной зоне. В зависимости от

степени воздействия на породу факторов физического и химического выветривания образуются обломки различной формы и размера, а также проявляется избирательный характер разрушения материнских пород (рис. 1).

1.1. Глина каолинитовая – конечный продукт выветривания кислых магматических пород (гранитов, гранодиоритов).

1.2. Глина монтмориллонитовая – конечный продукт выветривания основных магматических пород (габбро, базальтов).

1.3. Глина нонтронитовая – конечный продукт выветривания ультраосновных магматических пород (дунитов, оливинитов).

1.4. Глина гидрослюдистая с гидрооксидами железа – конечный продукт выветривания железосодержащих пород с обломочной примесью.

1.5. Латерит – конечный продукт выветривания алюмосиликатов в условиях влажного тропического и субтропического климата.

1.6. Бурый железняк – продукт выветривания железных руд.

1.7. Охра – конечный продукт выветривания железных руд.

1.8. Последовательные стадии химического выветривания порфирита.

Порфирит – общее название палеотипных эффузивных пород с порфиrowыми вкрапленниками основных или средних плагиоклазов, роговой обманки или пироксенов в основной массе, состоящей из тех же минералов.

1.8.1. Слабо измененный порфирит.

1.8.2. Глинизация плагиоклазов, окисление железосодержащих минералов.

1.8.3. Лимонитизация и гидрослюдизация породы.

1.8.4. Охристая порода.

1.9. Избирательный характер выветривания.



1.1. Глина каолининовая



1.2. Глина
монтмориллонитовая



1.4. Глина
гидроослюдистая с
гидрооксидами железа



1.5. Латерит



1.6. Бурый железняк



1.7. Охра

1.8. Последовательные стадии химического выветривания порфирита



глинизация плагиоклазов,
окисление
железосодержащих
минералов



лимонитизация и
гидроослюдизация породы



охристая порода

1.9. Избирательный характер выветривания



«галки» кремнистого
известняка в глине



выступы кремня в
окисленной железистой
породе



гребневидные выступы
кремнистой породы в
глине

Рис. 1. Продукты гипергенеза

В неоднородных по минералогическому составу породах в процессе химического выветривания происходит выщелачивание растворимых минералов и образование своеобразных выступов, гребней из твердых (устойчивых) компонентов на фоне менее устойчивых к растворению участков породы.

1.9.1. «Гальки» кремнистого известняка в глине.

1.9.2. Выступы кремня в окисленной железистой породе.

1.9.3. Гребневидные выступы кремнистой породы в глине.

Порядок выполнения работы

1. В образцах изучаются основные признаки: цвет, состав, агрегатное состояние.

2. Устанавливается связь состава конечных продуктов химического выветривания (глин, охр) с материнскими породами.

3. Делается вывод о принадлежности образцов к типу выветривания или определенной зоне выветривания.

4. Устанавливается приуроченность коры выветривания к определенной климатической зоне.

Форма отчетности

Отчет о проделанной работе представляется в виде описания каждого образца (не менее 4) и выводов о факторах гипергенеза и зонах их проявления.

Лабораторная работа № 2

Продукты седиментогенеза

Задание и содержание работы

– изучить преобразование осадочного материала при его транспортировке;

– объяснить способы и формы переноса вещества на конкретных образцах;

– установить принадлежность осадочного вещества к определенным типам бассейнов седиментации.

Исходный материал - учебная коллекция № 2.

На стадии седиментогенеза осуществляется перенос и осаждение продуктов выветривания. Основными агентами переноса являются текущая вода, ветер и движущийся лед. Значение этих агентов различно

для разных климатических зон, что сказывается на характере и составе осадков (рис. 2).

Осадки областей с гумидным климатом

2.1. Пролувий

Осадки переносятся временными потоками на небольшие расстояния, откладываются у подножия возвышенностей. Характерны плохая сортировка и окатанность.

2.2. Галька (русловые осадки горных рек).

Хорошо окатанные крупные (8–10 см и более) обломки.

2.3. Песок речной (русловые осадки равнинных рек).

Песчаные частицы в разной степени окатаны и отсортированы. Присутствуют более крупные слабо окатанные обломки.

2.4. Продукты разрушения морских скалистых берегов (результат абразии).

Окатанные и полуокатанные обломки размером

10–100 мм – галька (2.4.1);

1–10 мм – гравий (2.4.2).

2.5. Песок морской с мелкими обломками раковин.

2.6. Песок морской ракушечный.

Состоит преимущественно из раздробленных раковин. Обычно образуется в литоральной и сублиторальной зонах тропических морей.

2.7. Песок морской пляжевый.

Аккумулятивные накопления в надводной части береговой зоны, созданные прибойным потоком. Частицы отсортированы и достаточно хорошо окатаны.

2.8. Песок морской ильменитовый.

Состоит в основном из ильменита. Образовался в результате разрушения и сортировки ильменитсодержащих пород. Нередко наблюдаются на морских пляжах.

2.9. Песок кварцевый белый.

2.10. Песок кварцевый серый.

Кварцевые пески более, чем на 90 % состоят из обломков кварца и обычно имеют относительно хорошие сортировку и окатанность зерен. Пески кварцевые характерны для платформенных районов. Возникают как в условиях влажного и жаркого климата за счет переотложения продуктов глубокого химического выветривания материнских пород, так и вне связи с климатом при длительном переотложении песчаного материала, а также формировании осадков за счет размыва более древних кварцевых песков и песчаников.



2.1. Пролувий



2.2. Галька речная



2.3. Песок речной



2.4.1. Галька морская



2.4.2. Гравий морской



2.5. Песок морской с обломками раковин



2.6. Песок морской ракушечный



2.7. Песок морской пляжевый



2.8. Песок морской ильменитовый



2.9. Песок кварцевый белый



2.11. Песок золотой



2.12. Соль (гранатка)

Рис. 2. Продукты седиментогенеза

Осадки областей с аридным климатом

2.11. Песок эоловый.

Осадки возникают в результате ветрового захвата и переноса частиц с последующим их выпадением из воздуха. Характерными особенностями являются: хорошая сортировка и окатанность, матовая шероховатая поверхность зерен преимущественно кварцевого состава и желтый (иногда красный) цвет за счет пленки окислов железа.

2.12. Соль (гранатка).

Осадочная порода химического происхождения, сложенная в основном галитом (99 %). Окраска обусловлена примесями.

Осадки областей с нивальным климатом

2.13. Ленточная глина (результат деятельности приледниковых вод).

Светлая порода с тонкими более темными слоями сезонного характера.

Порядок выполнения работы

1. В образце изучаются обломки, их размеры, сортировка, окатанность; продукты хемогенной седиментации, их состав, форма, агрегатное состояние.

2. Устанавливаются способы переноса обломочного материала, продуктов химического выветривания в разных климатических зонах на конкретных образцах.

3. Дается характеристика преобладающих факторов переноса и осаждения вещества по конкретным образцам.

4. Делается вывод о принадлежности образцов к определенной обстановке осадконакопления.

Форма отчетности

Отчет о проделанной работе представляется в виде описания каждого образца (не менее 4) и выводов о характере осадконакопления в различных климатических зонах.

Тема: ТЕКСТУРЫ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Текстура – сложение осадочной породы, определяемое взаимным расположением компонентов породы, их ориентировкой по отношению друг к другу, поверхности наложения и породе в целом. Текстуры

разделяются на **седиментационные**, образовавшиеся при переносе и осаждении вещества на разных этапах осадконакопления, и **постседиментационные (вторичные)**, формирование которых происходило в осадочных породах под воздействием внутренних факторов.

Седиментационные текстуры

Лабораторная работа № 3

Типы слоистости

Задание и содержание работы

- изучить основные морфологические типы слоистости;
- определить гидродинамическую активность среды переноса и отложения осадков.

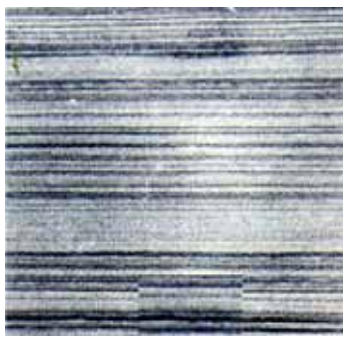
Исходный материал – учебная коллекция № 3, стенды 1-3.

Все явления слоистости возникают на самых ранних стадиях образования осадочных пород. Слоистость выражается в чередовании разных типов пород, которые достаточно чётко обособляются друг от друга. Она отражает гидродинамику 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.

Чаще всего наблюдается чередование слойков двух типов, один из которых характеризуется большей толщиной и является основным. Толщина слойков варьирует от долей миллиметров до нескольких сантиметров. Иногда чередующиеся слойки, сходные по размерам, общему характеру и форме, объединяются в серии.

По морфологическим признакам различают 3 основных вида первичной слоистости: горизонтальная, волнистая, косая (рис. 3, 4).

Горизонтальная слоистость характеризуется чередованием слойков и слоев, параллельных плоскости наложения. 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.



Горизонтальная

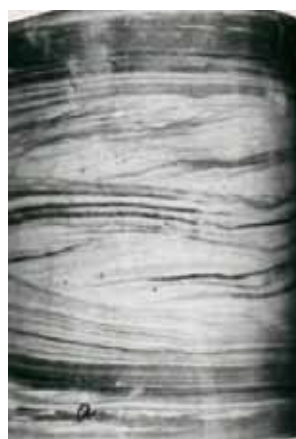
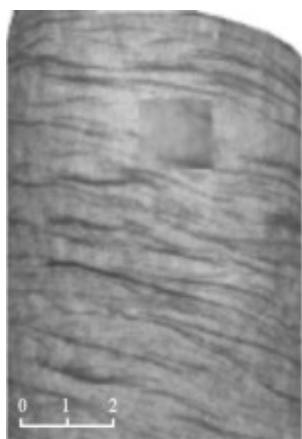


Волнистая



Косая

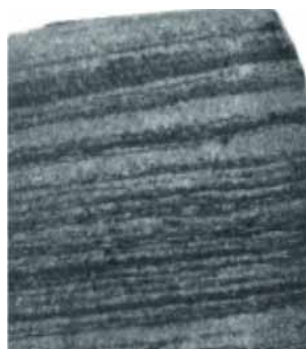
Рис. 3. Типы слоистости



Косоволнистая



Горизонтально-косая



Пологонаклонная
параллельная



Перистая
(пучковидная)



Линзовидная

Рис. 4. Разновидности слоистых текстур

Слоистость бывает равномерной и неравномерной. Равномерная слоистость обусловлена закономерным ритмичным чередованием слойков. Неравномерная горизонтальная слоистость указывает на колебания в поступлении обломочного материала. Она может быть серийной и направленно изменяющейся.

Косая слоистость возникает обычно при движении воды в определённом направлении, т.е. при её поступательном движении. Условия формирования косой слоистости в разрезах чрезвычайно разнообразны и указывают на накопление осадков при высокой динамической активности среды.

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).

Волнистая слоистость представляет собой чередование слойков, имеющих криволинейную выпукло-вогнутую форму. Этот вид слоистости характеризует волнение, т.е. разнонаправленные движения воды, которые в зависимости от силы и величины волн, образуют разные формы слоистости. Соотношение слойков бывает параллельное (близкое к нему) и непараллельное (линзовидное), непрерывное и прерывистое.

Волнистая слоистость указывает на глубину не более 100 м, встречается, главным образом, в прибрежно-морских, заливных, реже – в пойменных отложениях.

В осадочных породах широкое распространение получили **сложные** слоистые текстуры (рис. 5), которые представляют собой сочетание нескольких типов слоистости или чередование серий слойков, расположенных внутри одного слоя под определенным углом. Такие текстуры характеризуют быстрое и резкое изменение активности среды осадконакопления и формирование новой слоистости на фоне предыдущей, иногда срезая её.

Образование сложной слоистости обусловлено направленным турбулентным (струйно – вихревым) потоком водной среды. Наиболее ярко такая слоистость выражена в аллювиальных отложениях руслового и дельтового типа. Она также может формироваться временными потоками, морскими волнениями и течениями, в лагунах, озёрах и береговых валах рек.

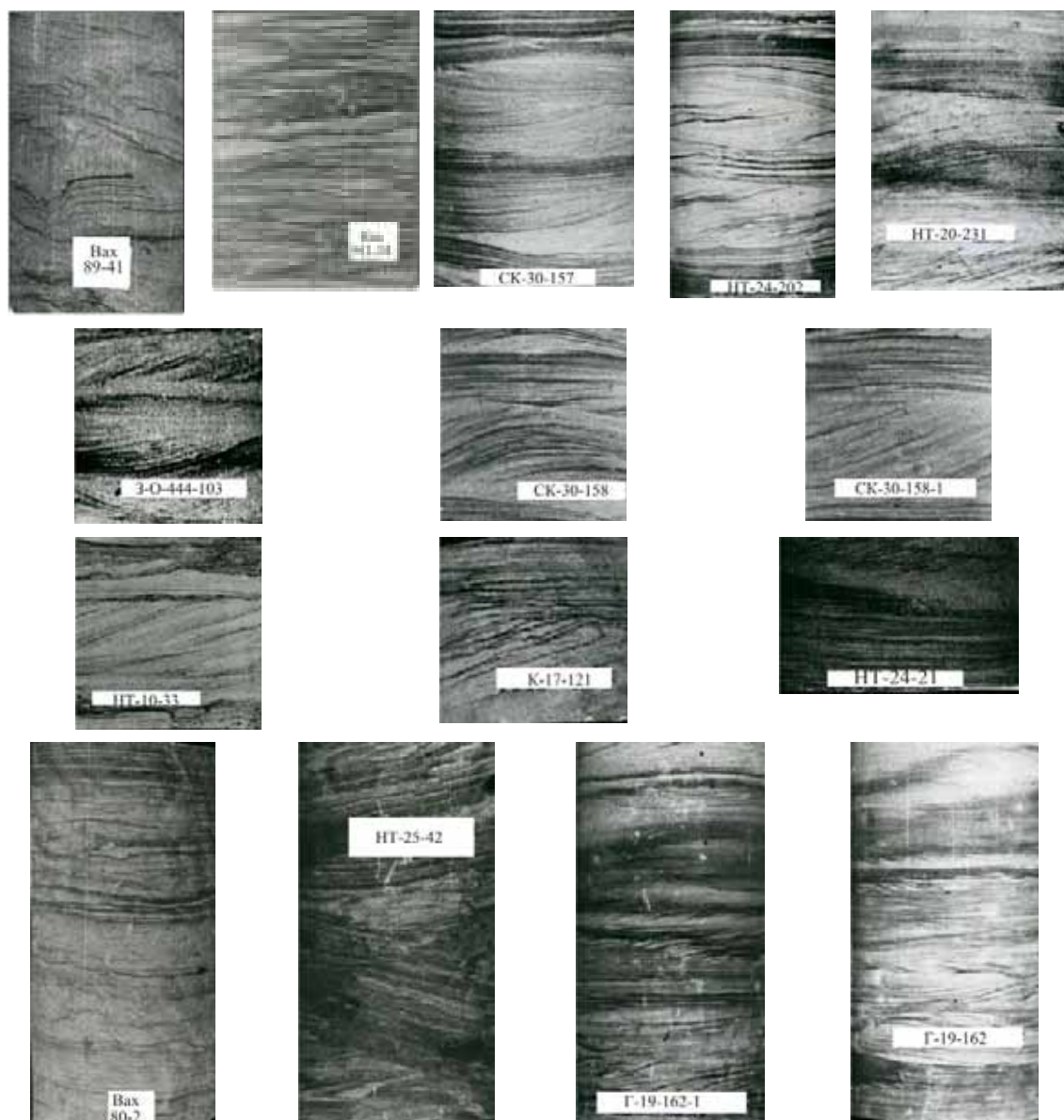


Рис. 5. Сложная слоистость

Порядок выполнения работы

1. В образцах определяется тип слоистости (горизонтальная, волнистая, косая или их комбинации), описываются степень ее выраженности, толщина слоев и серий, характер их границ, последовательность смены слоев, углы их наклона, равномерность.

2. Определяются причины слоистости: неравномерность поступления материала, изменение скорости переноса осадков, взмучивание осадка.

3. Устанавливается характер среды переноса и отложения осадков: гидроактивность потока, осаждение из взвеси, изменение физико-химической обстановки среды седиментации.

Форма отчетности

Отчет о проделанной работе представляется в виде подробного описания каждого образца (не менее 4), зарисовок и выводов об условиях переноса и среде седиментации.

Лабораторная работа № 4

Деформационные текстуры

Задание и содержание работы

- изучить причины деформации слоистости в образцах;
- установить физико-географические условия среды седиментации.

Исходный материал – учебная коллекция № 3, стенды 4–8.

В деформационных текстурах слоевые единицы изогнуты, смяты, разорваны, смещены или частично уничтожены. Они образуются в придонном слое из-за нестабильности неоднородного слоистого осадка, обусловленной разной плотностью незатвердевших осадков, скольжением их по дну, взмучиванием, внутренним давлением газов и др. нарушениями.

Текстуры нагрузки и оседания (рис. 6), 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. В этом случае образуются так называемые *конвекционные ячейки*, песчаный материал перемещается вниз, а глинистый – вверх. Языки глин, которые проникают в песчаный пласт, образуют *факельную* текстуру.

Песчаный материал образует так называемые *карманы внедрения*. Они имеют вид мешочков, соединяющихся с материнской породой через пережатую горловину. Чаще всего они имеют округлую, эллипсоидальную форму или образуют удлинённые сфероиды.

Иногда карманы внедрения имеют форму чаши, обращённой выпуклостью вниз, или имеет вид перевернутого гриба. Иногда они отделяются от песчаного слоя и погружаются в глинистый материал подстилающего слоя, образуя *шаровидную* текстуру. Размеры отдельных шаров варьируют от нескольких сантиметров до нескольких метров в диаметре. Слоистость в шарах бывает деформирована.

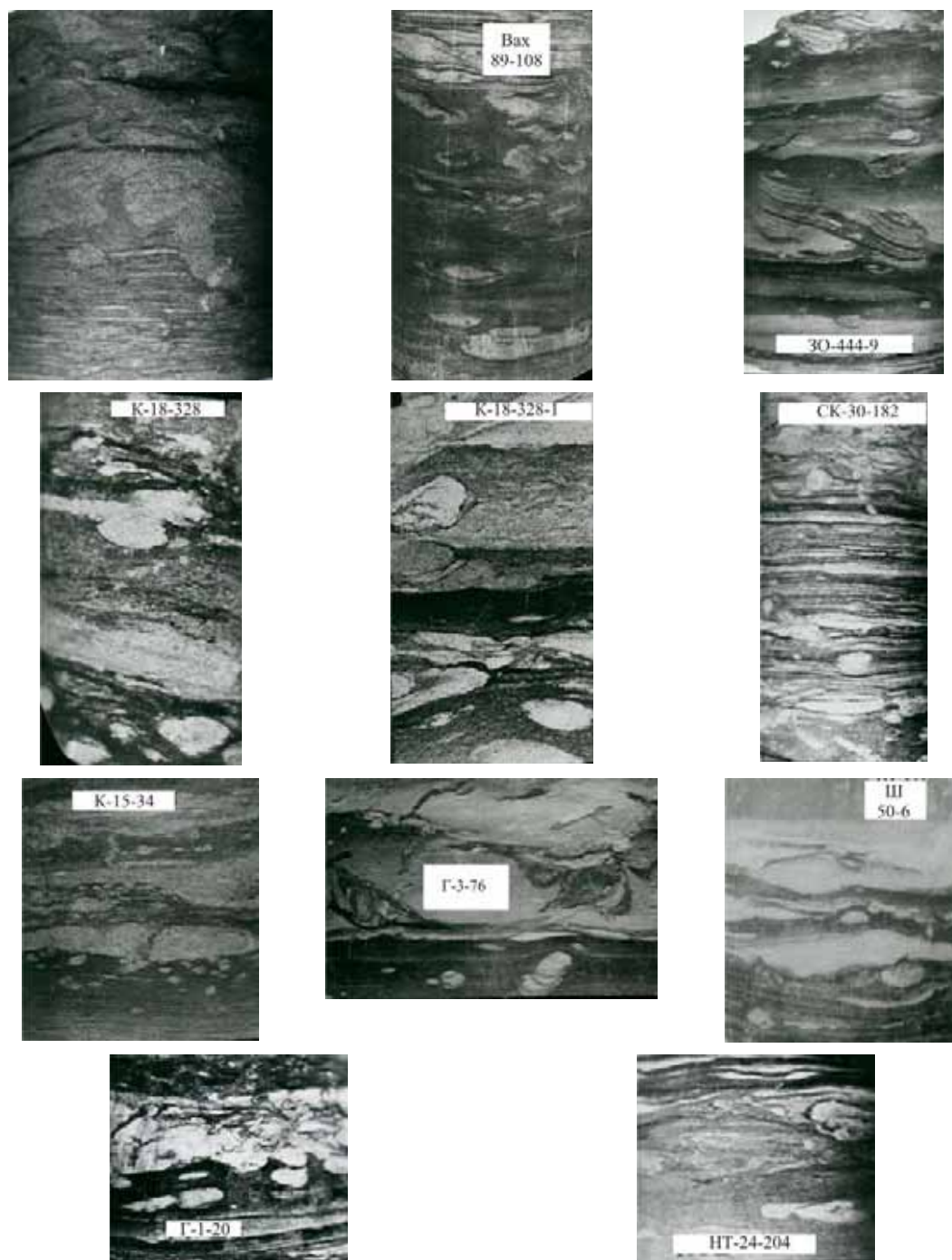


Рис. 6. Текстуры нагрузки и оседания

Песчаные дайки (рис. 7), образуются при отложении глинистого материала на песчаный. 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. В ископаемом состоянии сохраняются своеобразные столбчатые текстуры,

пересекающие слоистость. Если поровые воды мигрируют медленно, процесс затухает, внедрение песчаного материала в осадок прекращается.

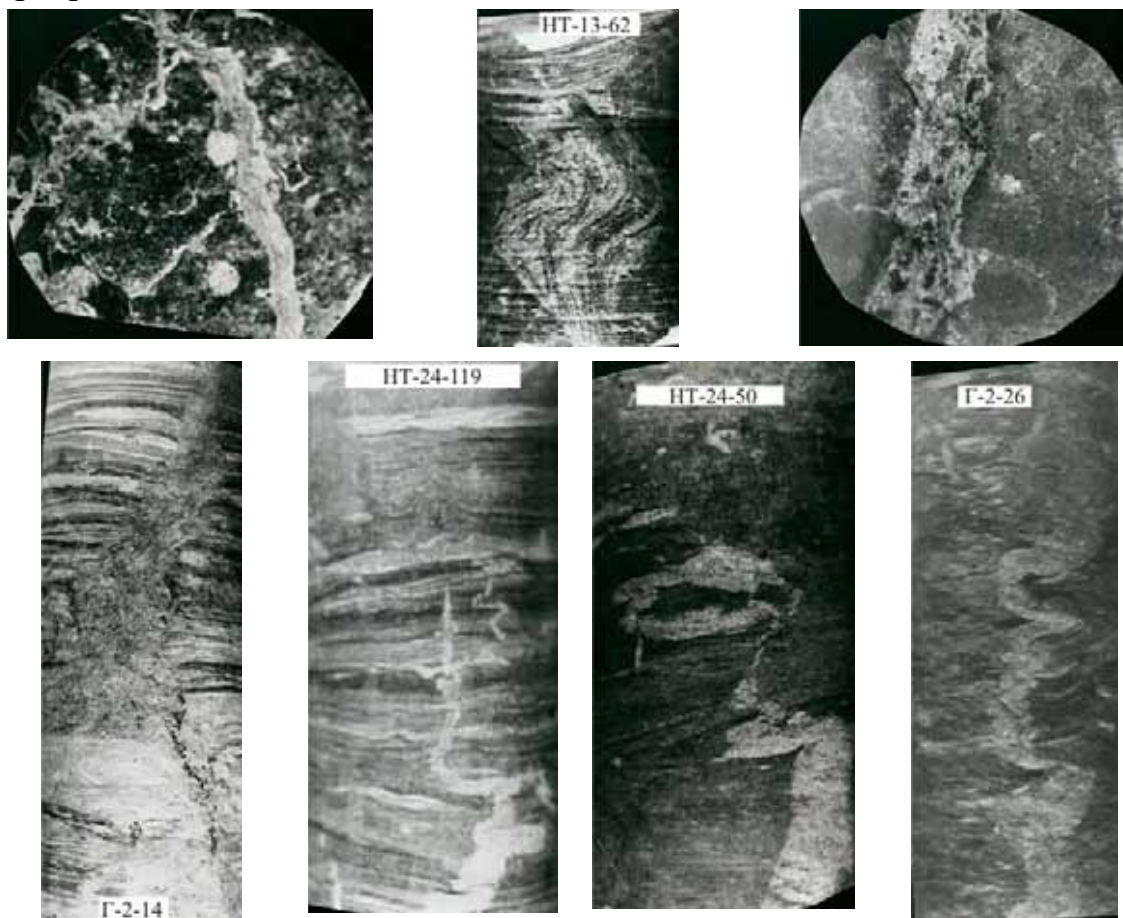


Рис. 7. Песчаные дайки

Текстуры оползания, разрыва и обрушения, 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. В большинстве случаев возникают мелкомасштабные складки, при ускоренном скольжении образуются относительно крупные складки с крутыми углами наклона крыльев. При медленном скольжении осадка на пологом склоне образуются линейные складки течения, иногда осложнённые мелкой складчатостью. Так формируются текстуры *оползания* (рис. 8). Нередко наблюдается образование мелких разрывных нарушений – образуются текстуры *разрыва* (рис. 9).

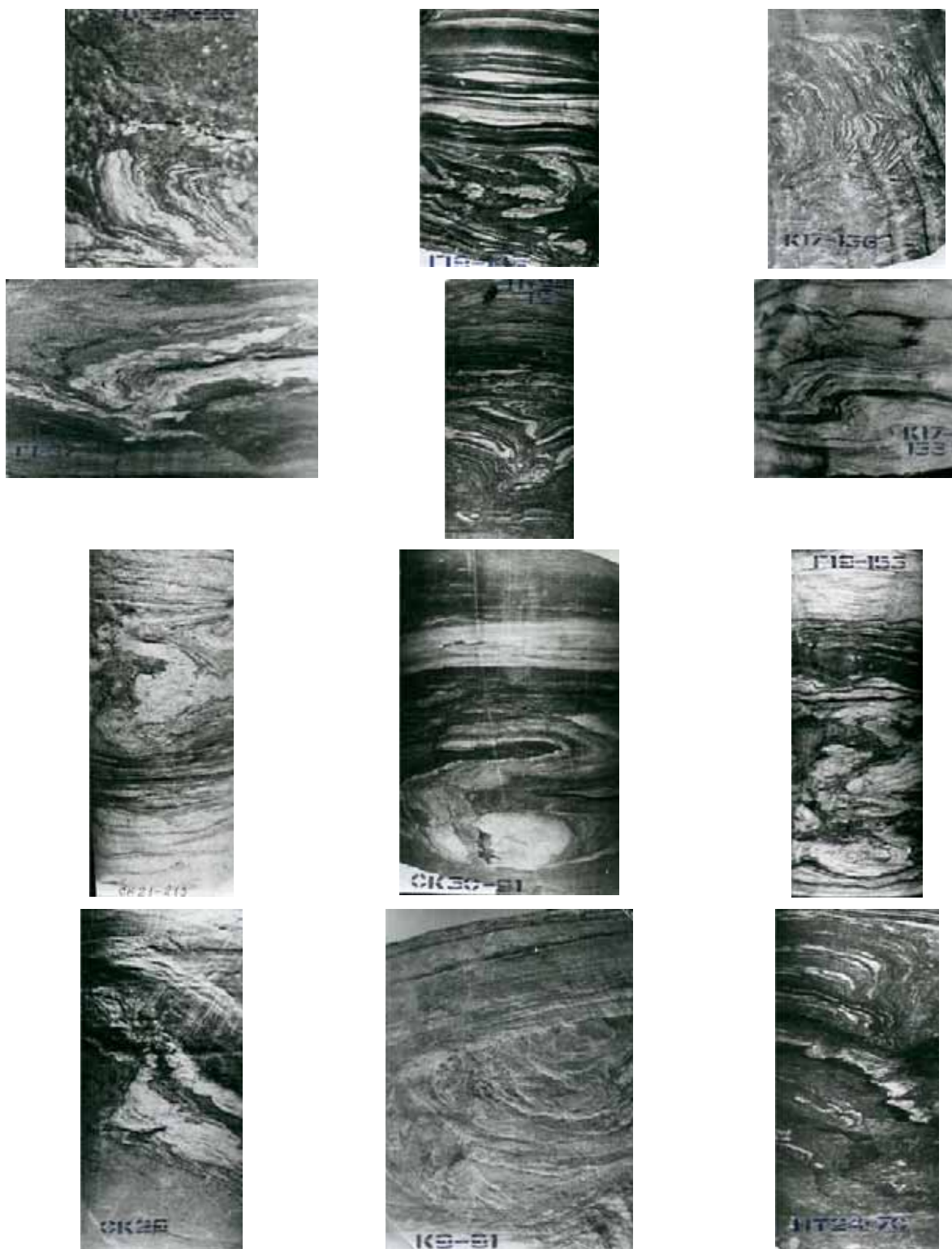


Рис. 8. Текстуры оползания

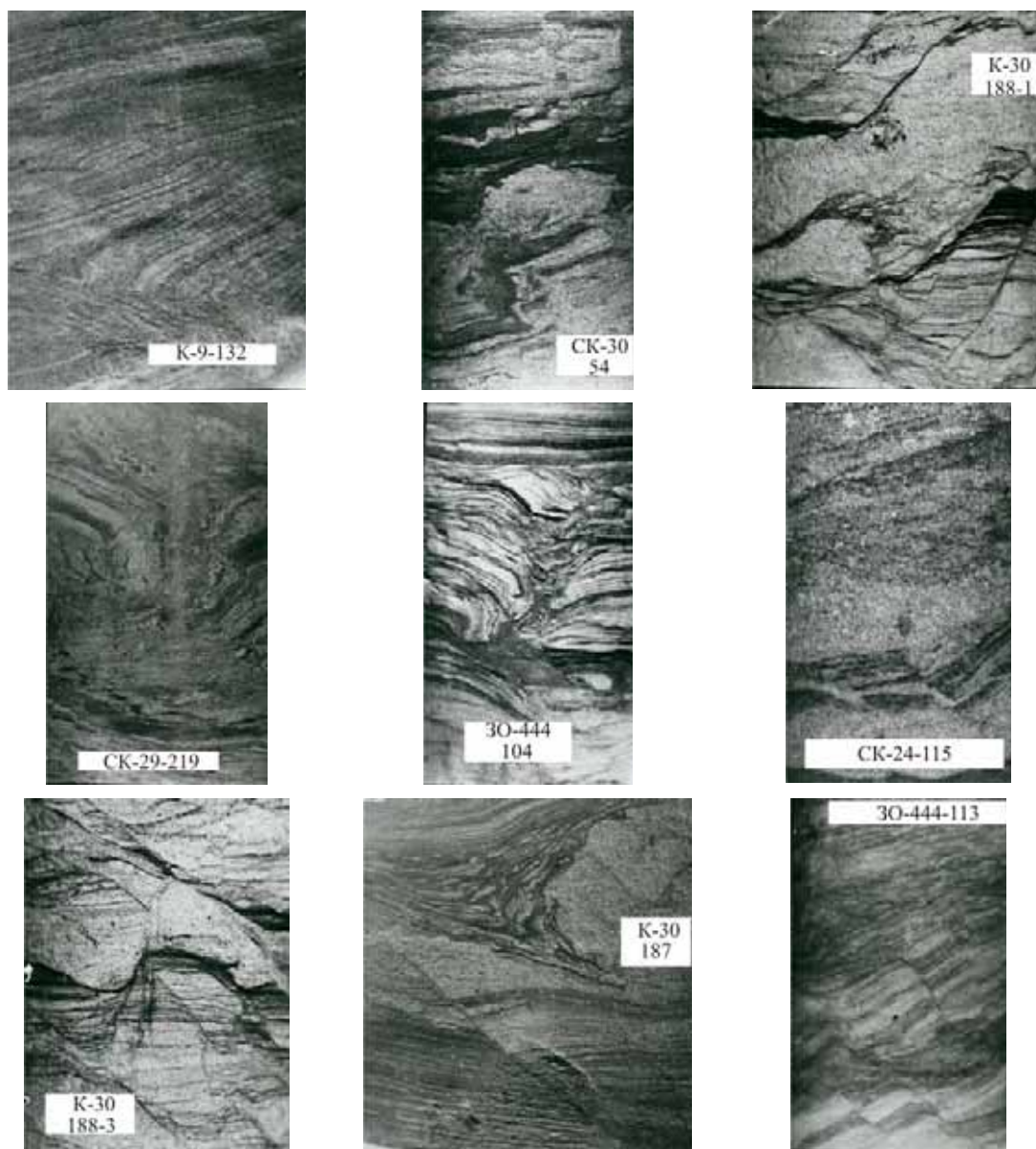
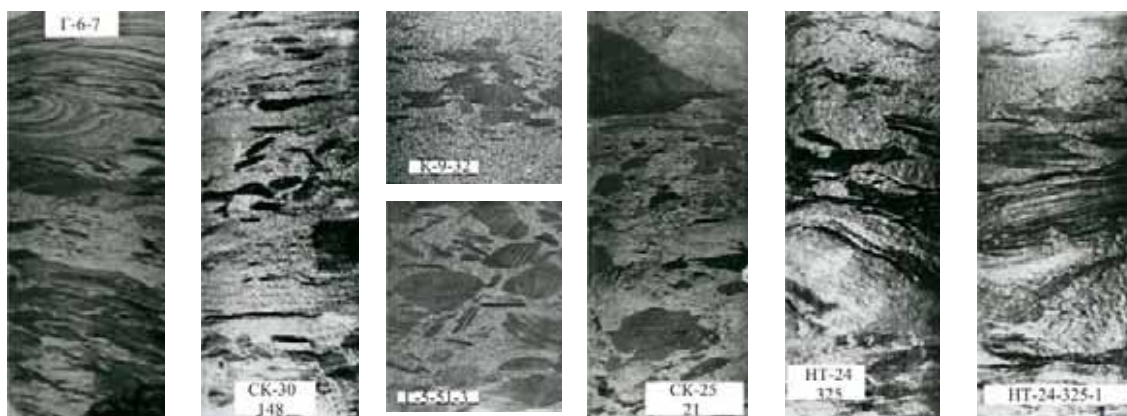


Рис. 9. Текстуры разрыва

Оползание обычно захватывает несколько чередующихся слоёв. В результате массивованного течения этих материалов за продолжительное время происходит частичное или полное разрушение слоистости. Маломощные слои разбиваются на отдельные фрагменты, которые могут быть в разной степени отделены друг от друга. Образуются текстуры *обрушения* (рис. 10).

БРЕКЧИЕВИДНЫЕ



КОНГЛОМЕРАТОВИДНЫЕ

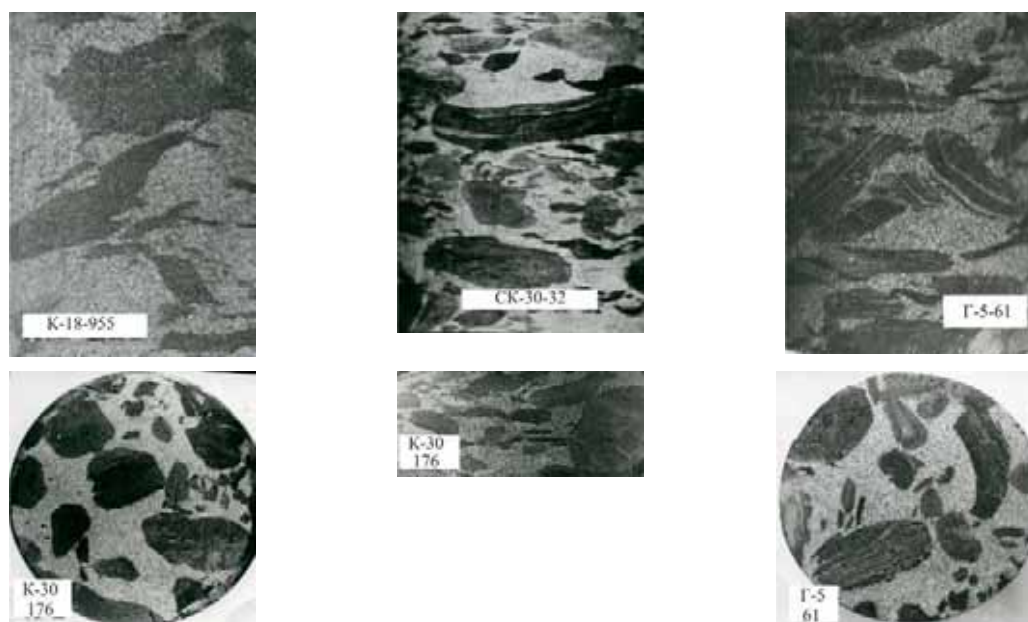


Рис. 10. Текстуры обрушения

Как правило, неокатанные и полуокатанные обломки сложены глинами, нередко слоистыми, а пространство между ними заполнено песчаным материалом. Так формируются брекчиевидные породы (псевдобрекчии) с неокатанными обломками, имеющими неровные рваные края, и конгломератовидные породы (псевдоконгломераты), в которых преобладают полуокатанные обломки, хотя могут присутствовать и угловатые.

Порядок выполнения работы

1. Делается подробное описание деформационных текстур в образцах.

2. Указывается генезис деформации нормального осадка: песчаные дайки; нагрузка и неравномерное оседание вышележащих песчаных осадков в нижележащий глинистый; подводные оползни, конседиментные разрывы слойков, обрушение и перенос слабо литифицированного слоистого осадка.

3. Учитывая характер деформационных текстур, устанавливаются физико-географические условия седиментации: скорость поступления обломочного материала, нестабильность неоднородного слоистого осадка в придонном слое, уклон дна.

Форма отчетности

Отчет о проделанной работе представляется в виде подробного описания, зарисовок и пояснительной записки о генезисе деформационных текстур.

Лабораторная работа № 5

Биогенные текстуры

Задание и содержание работы

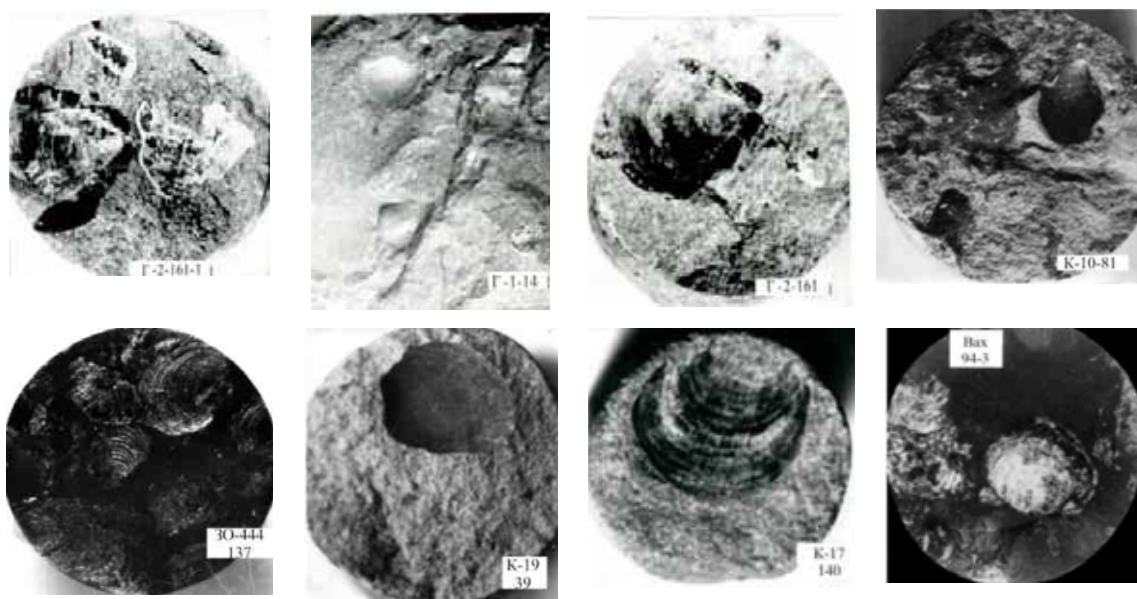
- изучить характер ископаемых организмов и следов их жизнедеятельности;
- установить условия седиментации по ископаемым органическим остаткам.

Исходный материал - учебная коллекция № 3, стенды 9-15.

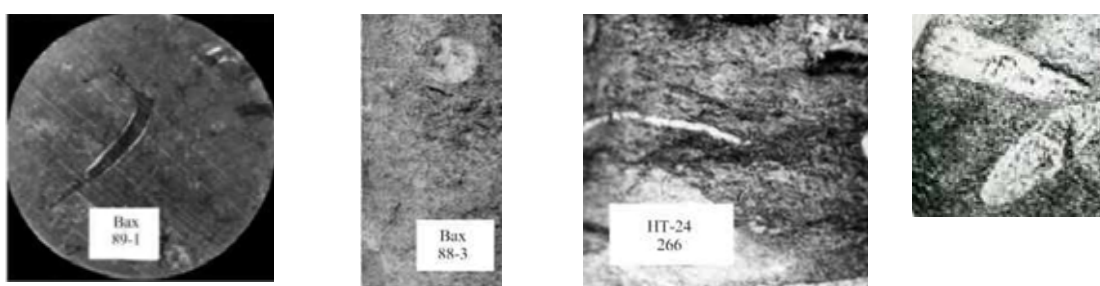
Биогенные текстуры создаются деятельностью животных и растений или их остатками. Ископаемые остатки *фауны* называются ***окаменелостями***.

На рис. 11 помещены фотографии раковин пелеципод разной сохранности: от внешних ядер с хорошо сохранившейся радиальной и концентрической скульптурой до гладких и поврежденных внутренних ядер; а также ростов и онихитов белемнитов.

ПЕЛЕЦИПОДЫ



БЕЛЕМНИТЫ



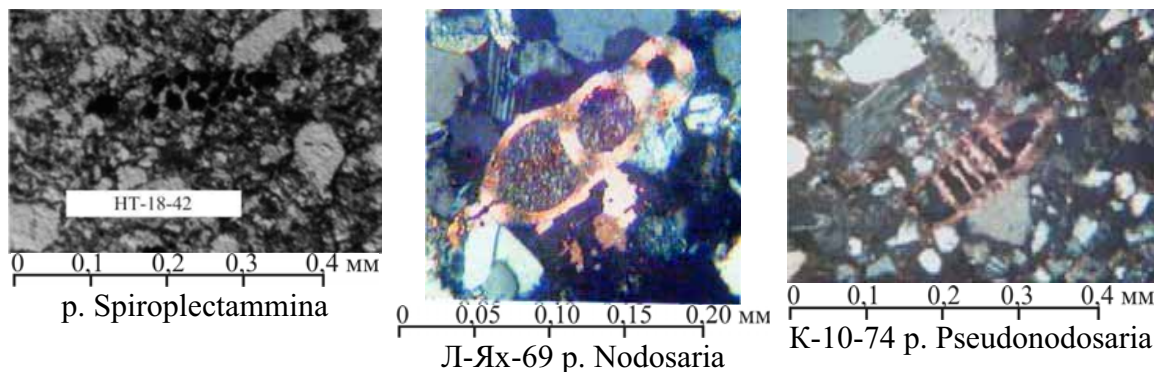
*Рис. 11. Биогенные текстуры. Окаменелости.
Пелециподы, белемниты*

Пелециподы, или двустворчатые моллюски являются бентосными организмами. На стенде показаны представители морских пелеципод, обитавших на разном субстрате дна. Исключение составляет фотография образца Г 1–14, где показаны пелециподы с сидеритизированными раковинами одного размера, имеющими тонкую радиальную скульптуру, а также обугленные растительные остатки. Эти пелециподы обитали в бассейне с пониженной соленостью.

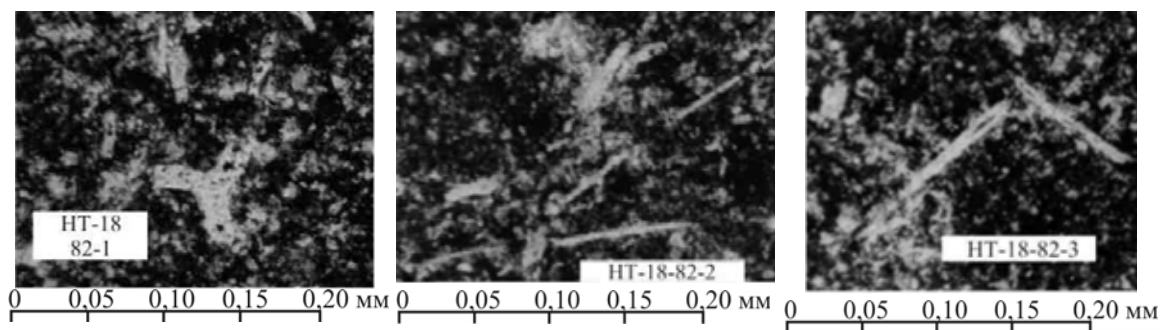
Белемниты (внутрираковинные головоногие моллюски) – представители исключительно морского образа жизни. В ископаемом состоянии сохраняются ростры – образования кальцита конической и сигарообразной формы, а также и крючки (онихиты), которые были на концах щупалец.

На рис. 12 помещены фотографии шлифов с изображением двух групп животных – фораминифер и губок.

ФОРАМИНИФЕРЫ



СПИКУЛЫ ГУБОК



*Рис. 12. Биогенные текстуры. Окаменелости.
Фораминиферы, спиккулы губок. Шлифы*

Фораминиферы – морские одноклеточные животные, ведущие преимущественно бентоносный, а также планктонный образ жизни. Они являются стеногалинными организмами, т.е. не переносят значительных колебаний солености. На фотографиях видно, что полости раковин заполнены пиритом. Определения фораминифер сделаны научными сотрудниками ТГУ Габышевой Е.Н. и Полковниковой Е.В.

Губки имеют минеральный скелет, состоящий из отдельных спиккул (игл), которые изображены на фотографиях. Это прикрепляющиеся бентосные морские животные.

На рис. 13 помещены фотографии шлифов из песчано-алевритовых пород юрского возраста. В этих породах впервые в Западной Сибири автором были обнаружены остатки типично морских бентосных животных – иглокожих, которые представлены члениками морских лилий (криноидей) и иглами морских ежей.

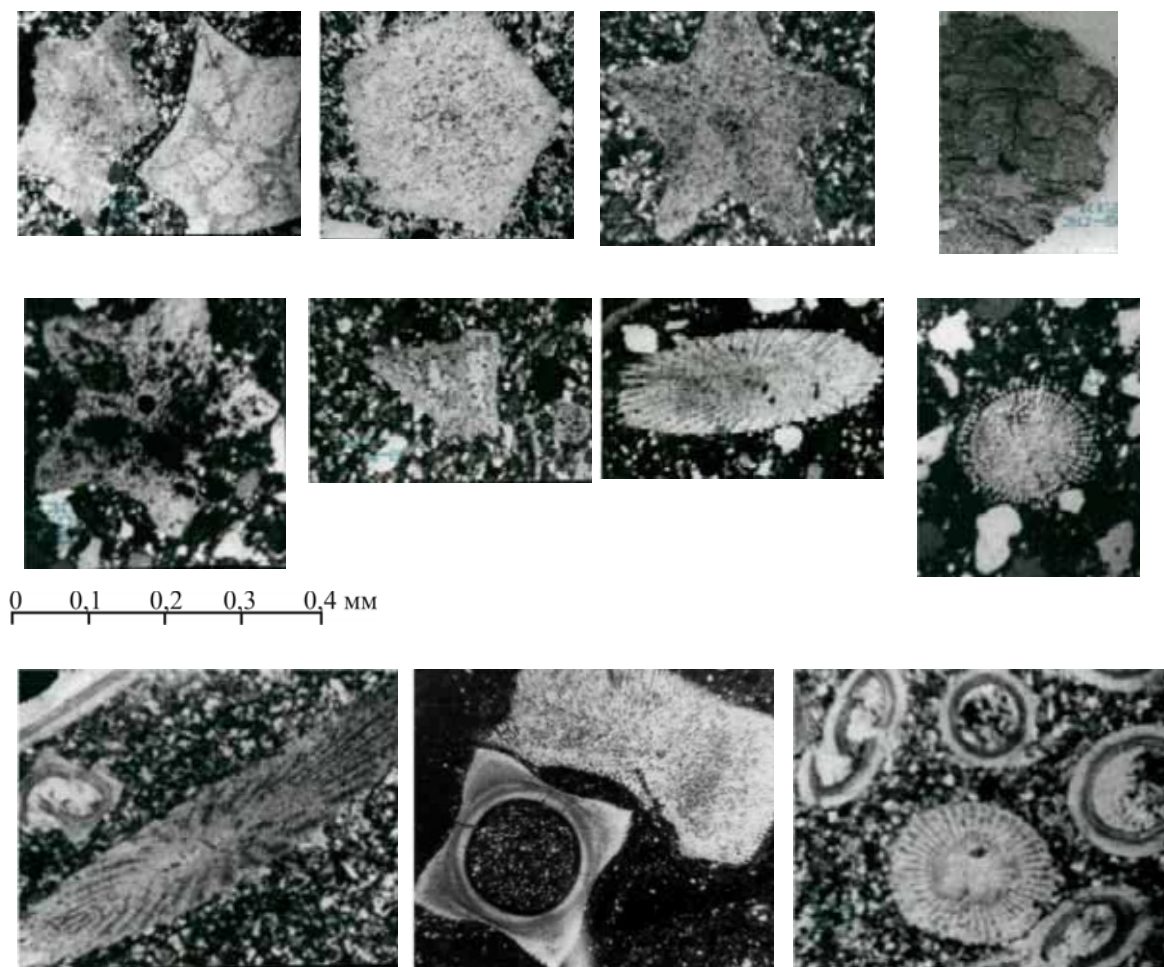
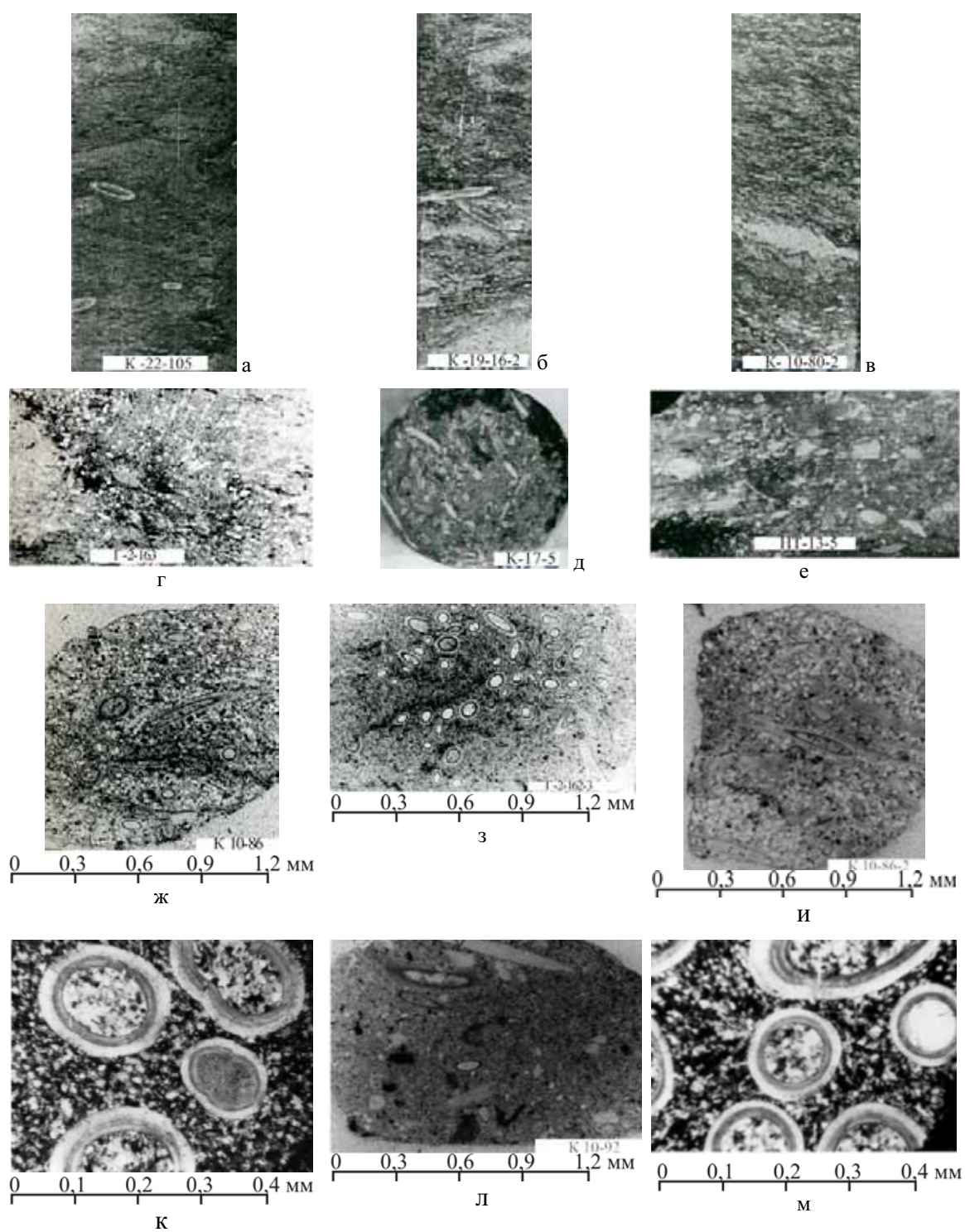


Рис. 13. Биогенные текстуры. Окаменелости.
Иглокожие. Шлифы

Криноидеи обитали в мелких морях с нормальной соленостью и вели прикрепленный образ жизни. *Морские ежи* – непрекрепляющиеся животные, обитатели шельфа и прибрежных зон с нормальной соленостью.

В глинисто-алевритовых породах часто содержатся многочисленные известковые трубки диаметром около 1 мм. Это защитные трубки мелких морских прикрепляющихся червей сем. *Serpuloidea*. Они формируют своеобразную биотурбационную текстуру, изменяющую первоначальный облик породы (рис. 14).



*Рис. 14. Биогенные текстуры. Трубки морских червей.
Керн – а-е; шлифы - ж-м*

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*. Эти текстуры отличаются от настоящих организмов тем, что они не могут перерабатываться и переоткладываться.

Морские и пресноводные ихнофоссилии отличаются друг от друга, по характеру структуры заполняющего материала, отличающемуся от вмещающей породы (рис. 15).

МОРСКИЕ



а) Palaeophycus



б



в

Teichichnus



г



д



е

Chondrites

ПРЕСНОВОДНЫЕ



ж



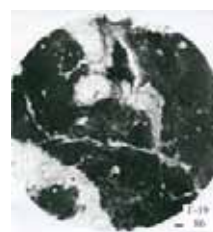
з



и



к



л

Skolithos

Рис. 15. Биогенные текстуры. Ихнофоссилии. Керн

В *морских* отложениях встречаются ходы *червей* или других относительно крупных животных – илоедов. Ходы илоедов могут располагаться в горизонтальной плоскости на границе между слоями. На поверхности керна они выглядят в виде валиков диаметром до нескольких миллиметров, синусоидально и причудливо изгибающихся – ихнофоссилии *Palaeophycus* (рис. 15, а).

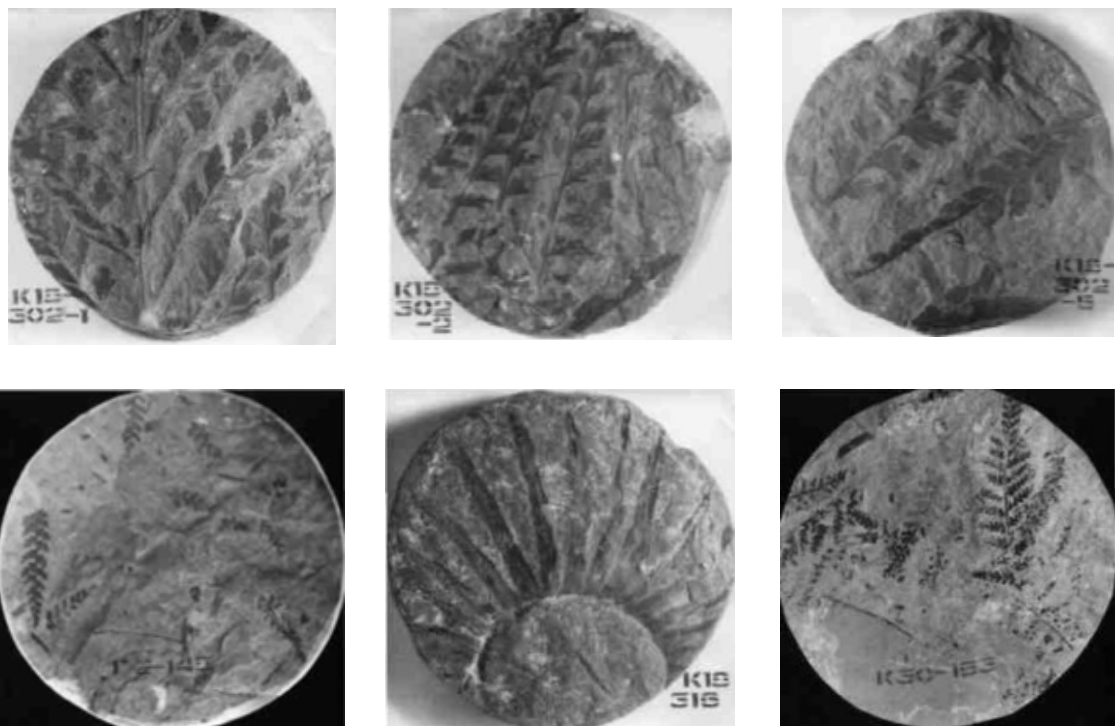
Они образуются в результате перемещения червей по илистому дну и заполнения желобков песчаным материалом вышележащего слоя.

Широко распространены ихнофоссилии *Teichichnus* в виде норок диаметром около 10 мм, выполненных тонкослоистым глинисто-алевритовым материалом (рис. 15, б, в). Ихнофоссилии *Chondrites* отмечаются в глинистых породах в виде мелких (диаметром около 1 мм) ходов, заполненных светлым алевритовым материалом (рис. 15, г, д, е).

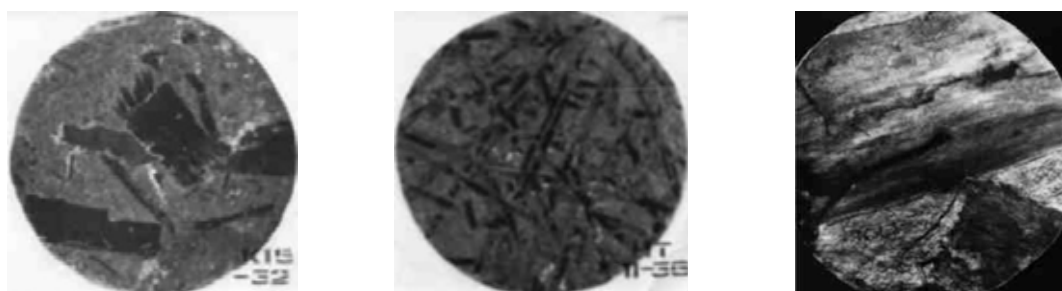
К *пресноводным* относятся ихнофоссилии *Scolithos*, представленные субвертикальными цилиндрическими норками различного размера. Они заполнены осадком, аналогичным вмещающему и имеют очень неровную мелкобугорчатую поверхность стенок (рис. 15, ж-л).

Сохранность *растительных остатков* (рис. 16) 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.

ФЛОРА



ДЕТРИТ



КОРНЕВЫЕ ОСТАТКИ

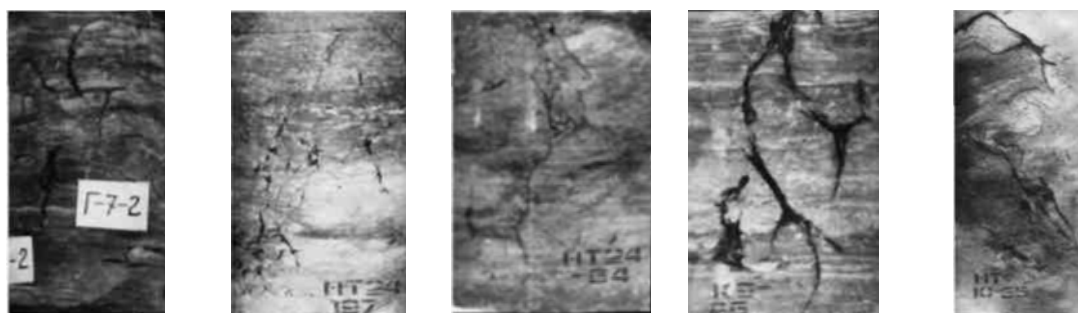


Рис. 16. Биогенные текстуры. Растительные остатки. Керн

Порядок выполнения работы

1. Определяется систематическое положение органических остатков, хотя бы в общей форме (двустворки, белемниты, ихтиофауна), степень их сохранности.

2. Делается подробное описание остатков и отпечатков организмов: формы, размеров, количества и расположения органических остатков относительно друг друга и по отношению к структурно-текстурным элементам вмещающих их отложений, характер скульптуры на раковинах.

3. Устанавливается характер органических остатков: автохтонные (захороненные на месте обитания) или аллохтонные (переотложенные). Для последних указываются формы переноса и условия отложения органических остатков.

4. При описании растительных остатков указывается, какая это часть растения, степень сохранности, величина, соотношение со слоистостью и поверхностью наложения.

5. Описывая следы жизнедеятельности (ходы, норки), указываются происхождение, размеры, заполнение, соотношение с поверхностью наложения, в случае биотурбации – ее причина, интенсивность процесса.

6. На основании описаний делается вывод об условиях образования осадка: глубине, близости береговой линии, температуре, характере движения воды в бассейне седиментации, климате, рельефе на поверхности суши.

Форма отчетности

Отчет о проделанной работе представляется в виде подробного описания 4–5 образцов, зарисовок и обоснованного вывода об условиях седиментации.

Лабораторная работа № 6

Вторичные текстуры

Задание и содержание работы

- определить характер постседиментационных преобразований;
- указать физико-химическую обстановку формирования пород по диагенетическим текстурам;
- установить основные процессы постседиментационных преобразований пород по катагенетическим текстурам.

Исходный материал – учебная коллекция № 3, стенд № 16.

Диагенетические текстуры (рис. 17) 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 и копьевидных форм*.



Оолиты сидерита в алевролите



Глобулы пирита в алевролите



Звездчатые кристаллы пирита в глинистой породе



пирит



пирит



сидерит

Расположение конкреций согласно с напластованием породы



Приуроченность конкреции пирита к границе раздела слойков



Конкреция пирита, деформирующая слоистость



Псевдоморфозы пирита по остаткам древесной растительности

Рис. 17. Диагенетические текстуры

Перераспределение диагенетических минералов вследствие неоднородности среды и, соответственно изменения pH, Eh и концентрации иловых растворов приводило к образованию *конкреций*.

Конкреции – минеральные образования округлой или эллипсоидальной формы в осадочных горных породах или современных осадках. Размеры конкреций колеблются от долей миллиметра до десятков сантиметров. По своему составу конкреции бывают пиритовые, сидеритовые, кремневые, фосфатные, железо-марганцевые. В породе они располагаются согласно с напластованием, а также приурочены к границам раздела слоев. При наличии слоистости рост конкреций приводит к деформации слоистости, слои обтекают конкрецию. Расположение конкреций параллельно слоистости является отличительным признаком диагенетических текстур.

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

К **катагенетическим текстур**ам (рис.18) относятся текстуры растворения и минерального новообразования. Последние представляют собой разнообразные *трещины*, выполненные новообразованными минералами. В известняках вторичный кристаллический кальцит выделяется в открытых трещинах и порах породы. В песчано-алевритовых породах широкое развитие получают секущие слоистость кварцевые жилки и линзочки, дендритоподобные трещинки и натеки, выполненные гидрооксидами железа.

К текстурам растворения относятся сутурно-стилолитовые швы. Они представляют собой зубчатые швы, ориентированные преимущественно почти параллельно плоскостям наложения. Высота зубцов достигает 1–2 см, а в отдельных случаях – десятков сантиметров. В плоскости, параллельной наложению, сутурно-стилолитовые текстуры выглядят как мелкобугорчатые поверхности, по которым сочленяются подстилающие и перекрывающие слои карбонатных (известняки, доломиты), соляных и иногда обломочных пород. Между этими поверхностями в зубцах сутурно-стилолитовых швов нередко концентрируются битуминозные, глинистые и песчаные частички, обугленный растительный материал и другие нерастворимые соединения.

Сутурно-стилолитовые текстуры возникают в результате избирательного растворения пород под давлением.



Прожилки кальцита и гнезда
перекристаллизации в
известняке



Прожилки кварца, пересекающие слоистость в
песчаниках



Дендритоподобные прожилки окислов
железа в сидерите



Натеки окислов железа в
песчанике



Стилолитовый шов
в известняке



Стилолитовый шов
в соляной породе



Поверхность сутурно-
стилолитового шва

Рис. 18. Катагенетические текстуры

Порядок выполнения работы

1. Определяется характер вторичных текстур по форме конкреций: округлые, уплощенные, звездчатые, псевдоморфозы по растительным остаткам, огибание слоистостью – диагенетические; прожилки, трещины, натеки, стилолиты, пересечение слоистости – катагенетические.

2. Устанавливается физико-химическая обстановка раннего диагенеза по составу новообразованных минералов.

3. Устанавливаются геохимические факторы образования катагенетических конкреций.

Форма отчетности

Отчет о проделанной работе представляется в виде подробного описания, зарисовок и выводов о физико-химической обстановке диагенеза, факторов и основных процессах преобразования осадочной породы в катагенезе.

Тема: **МАКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД**

Осадочные породы представляют собой скопления минерального или органического вещества, образующиеся в условиях земной поверхности (на дне водоема или на поверхности суши) как результат действия экзогенных процессов. Последующая затем стадия преобразования пород продолжается сотни миллионов лет. Завершается эта стадия разрушением осадочной породы в случае выхода ее на поверхность или превращением ее в метаморфическую при глубоком погружении.

По вещественному составу и генезису выделяются породы [22, 17]: 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. Этот класс пород в данном учебном пособии не рассматривается.

Заданием для лабораторных работ по этой теме является:

- изучить особенности строения, состав, структуры и текстуры осадочных пород в образцах;
- установить условия образования и постседиментационные преобразования осадочных пород.

Исходным материалом для выполнения лабораторных работ служат: учебная коллекция № 4, лупа, 5 %-ный раствор соляной кислоты, мерные стаканы, дистиллированная вода. Количество образцов при выполнении лабораторных работ №№ 7–10 должно быть не менее 4 в каждой, а в работе № 11 – 8–10.

Отчет о проделанной работе представляется письменно в виде подробного описания, согласно методическим указаниям по порядку выполнения работы, зарисовок и обоснованных выводов о генезисе пород, последующих изменениях, свойствах пород как коллектора или флюидоупора, условий залегания.

Лабораторная работа № 7

Крупнообломочные породы

Обломочные породы, в которых присутствует свыше 25 % обломков размером более 1 мм по длинной стороне, называются крупнообломочными (рис. 19).

В крупнообломочных породах различают три составных элемента:

- обломки пород или минералов размером > 1 мм;
- заполняющее вещество, представляющее собой относительно более тонкий обломочный материал, например, песок, отложившийся одновременно с крупными обломками;
- цемент или связывающее вещество, обычно эпигенетичное по отношению к обломкам и заполняющему материалу, представленное кальцитом, кварцем, глинистыми минералами, оксидами и гидрооксидами железа, которые образуются из коллоидных или истинных растворов.

Крупнообломочные породы, состоящие из угловатых обломков называются *брекчиями*, из окатанных – *конгломератами*. Важным типом крупнообломочных пород являются *конгломерато - брекчии*. Они бывают двух типов. Первый из них характеризуется тем, что одновременно накапливаются окатанные и угловатые обломки, имеющие и неодинаковый состав, и разное происхождение, т.е. принесённые из разных источников сноса. Конгломерато-брекчии второго типа возникают на промежуточной стадии окатывания обломков; в этом случае окатанность обломков определяется их устойчивостью в процессе транспортировки.



Брекчия, состоящая из обломков разной величины, с песчано-глинистым цементом



Брекчия мелкообломочная с отдельными крупными обломками, с песчано-гравийным заполняющим веществом



Брекчия мелкообломочная с песчано-глинистым цементом



Конгломерат базальный крупногалечный



Конгломерат базальный мелкогалечный



Конгломерат внутриформационный



Конгломерато-брекчия с обломками, принесенными из разных областей



Конгломерато-брекчия с обломками разной степени окатанности



Гравелит с угловатыми обломками



Гравелит с окатанными обломками

Рис. 19. Крупнообломочные породы

Конгломераты по генетическим признакам разделяются на базальные и внутриформационные.

Для *базальных* конгломератов характерны:

- 1) хорошая окатанность и разный минералого-петрографический состав галек, свидетельствующие о длительном нахождении их в движении и приносе из разных областей размыва материнских пород;
- 2) преобладание обломков относительно твёрдых и крепких пород;
- 3) преимущественно песчано-гравийное заполняющее вещество.

Базальные конгломераты залегают в основании осадочных трансгрессивных толщ.

Внутриформационным конгломератам свойственны:

- 1) слабая окатанность обломков, объясняющаяся образованием их путём разрушения местных пород;
- 2) преобладание обломков мягких пород, например, глин, слоистых алевролитов;
- 3) разнообразие заполняющего вещества.

К внутриформационным относятся конгломераты и конгломерато-брекчии, образующиеся при размыве и переотложении нижележащих пород, а также при подводнооползневых явлениях. Конгломераты часто залегают в основании аллювиальных циклов равнинных рек, а конгломерато-брекчии характерны для озерных отложений.

Обломочные породы с преобладающим размером обломков от 1 до 10 мм называются *гравелитами*.

Структуры крупнообломочных пород определяются размерами и формой обломков, наличием или отсутствием заполняющего вещества и цемента.

Порядок выполнения работы

1. В образцах определяется цвет, интенсивность окраски, распределение по породе, причины окраски.
2. Определяются размеры, форма, степень окатанности и ориентировка обломков в образцах.
3. Определяется состав обломков, заполняющего вещества и цемента.
4. При наличии слоистости указываются ее причины (например, ориентировка галек, чередование слоев по крупности обломков), толщина слойков, углы наклона.
5. При описании органических остатков указывается их состав, сохранность, характер расположения, следы жизнедеятельности.

6. При описании пустотного пространства определяется его характер (поры, каверны, трещины), размеры, форма, происхождение.

7. После описания породы дается ее название. Например, конгломерат красный, мелкогалечный (10–20 мм), среднеотсортированный состоящий из полуокатанных галек эффузивов, кремней, сидерита; с железисто-глинистым базальным цементом; пористый ($0,1 \times 0,3 - 0,5 \times 1,0$ мм).

8. На основании описания породы делается вывод об условиях формирования крупнообломочных пород. Для брекчий: формирование при обвалах и оползнях, в осыпях, селевых потоках. Для конгломератов: тип (базальный или внутрiformационный), формирование в прибрежно-морской полосе, в долинах горных рек, в потоках склонов и предгорий. Для конгломерато-брекчий: характер переноса и переотложения пород из местных источников сноса. Устанавливается состав пород в областях сноса.

Лабораторная работа № 8

Мелкообломочные породы

К мелкообломочным относятся песчаные, алевритовые смешанного состава породы (рис. 20).

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).

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



Песчаник крупнозернистый
с гравием и галькой



Песчаник
крупнозернистый



Песчаник
крупнозернистый
с косою
однаправленной
слоистостью



Песчаник среднезернистый



Песчаник
среднезернистый
нефтенасыщенный с
линзочками глин



Песчаник
среднезернистый с
включениями угля



Песчаник
средне мелкозернистый



Песчаник
мелкозернистый



Алевролит песчанистый

Рис. 20. Мелкообломочные породы

Песчаные и алевроитовые породы связаны между собой постепенными переходами. Порода принято относить к песчаной или алевроитовой, если содержание обломков соответствующей размерности в ней $> 60 \%$. Таких же границ обычно придерживаются при выделении среди этих типов породных разностей по зернистости. Если 90% зёрен сосредоточено в двух классах, то даётся двойное название, причём на второе место ставится название того класса, содержание которого больше, например, среднемелкозернистый песчаник.

При наличии в алевролите или песчанике примеси до 40% к названию добавляется соответствующее прилагательное, например, при содержании в мелкозернистом песчанике зёрен алевроитовой размерности в количестве 30% , следует называть песчаник мелкозернистый алевроитовым.

Порядок выполнения работы

1. В образцах определяется цвет, его оттенок, интенсивность, распределение по породе, причина окраски.

2. При оценке структуры (строение породы, определяемое формой, агрегатным состоянием, величиной составляющих ее компонентов) указывается размер зерен и дается приблизительная оценка степени однородности породы.

3. При описании текстуры (строение породы, определяемое взаимным расположением составляющих ее компонентов) определяется ее генетический тип (седиментационная, диагенетическая, катагенетическая). Если порода обладает слоистой текстурой, описывается тип слоистости, толщина слойков и серий, характер их границ; наличие относительно крупных обломков в подошве слойков. При наличии деформации слоистости указываются ее причины: подводные оползни, конседиментационные разрывы, переотложение слабо литифицированного слоистого осадка. В неслоистой породе отмечается однородность или неоднородность строения, причины проявления последней (неравномерность окраски, ориентировка отдельных фрагментов, минеральные включения).

4. Состав породы определяется составом обломочной части и цемента. Этот параметр в мелкообломочных породах устанавливается приблизительно (по реакции с 5% -ным раствором HCl фиксируется содержание карбонатной части в породе).

5. При наличии органических остатков необходимо описать состав, сохранность и условия захоронения. Описывая следы жизнедеятельности, указываются их происхождение, размеры,

заполнение, соотношение со слоистостью и поверхностью напластования.

6. При описании минеральных включений (конкреций, прожилков, гальки в песчанике) указываются размеры, форма, состав, количество, характер расположения.

7. Описывается пустотное пространство: видимые поры, каверны, трещины, их размеры, расположение.

8. После описания породы дается ее название, которое должно включать все пункты описания. Например, песчаник серый средне-мелкозернистый, полевошпато-кварцевый, с карбонатным цементом (вскипает от HCl), косослоистый за счет чередования слоев (3–5 мм) крупного и мелкого материала, встречаются скопления обломков (3–5 мм) раковин пелеципод; с трещинами (доли мм), выполненными железистым веществом.

9. На основании составленного описания необходимо сделать вывод об условиях образования осадка, гидродинамической активности среды переноса и осаждения материала, глубине, солёности, температуре бассейна седиментации, а также о процессах постседиментационных преобразований.

Вулканоогенно-осадочные породы

Вулканоогенно-осадочные породы – это горные породы, состоящие из вулканического и осадочного материала (рис. 21).

Основной вулканический компонент – пирокластический материал извержений вулканов. В зависимости от количества вулканического материала различают:

- вулканокластические несцементированные продукты рассеяния жидкой лавы при взрыве вулканов (бомбы, шлак, пемза);
- лавокластические породы – сцементированные эффузивы, в которых обломки и цемент образованы из лавового потока;
- туфы вулканические – породы, почти полностью состоящие из пирокластического материала, разделяются по размеру частиц;
- туффиты – породы, сложенные пирокластическим материалом, содержащие осадочные обломки (до 50 %) и связующее вещество (хлорит, глинистые минералы, карбонаты);
- туфогенные породы – осадочные образования, содержащие небольшую примесь (20–30 %) вулканического материала (обломки вулканического стекла, эффузивных пород и минералов). Обломочные частицы окатаны, вулканогенные – угловаты.

ВУЛКАНОКЛАСТИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ



Вулканическая бомба



Пемза – «орешек»



Лавобрекчия

ТУФЫ



Туф оранжевый



Туф розовый

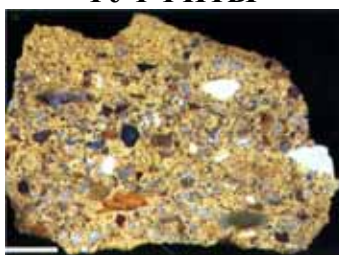


Туф чёрный

ТУФФИТЫ



Туфоконгломерат



Туфогравелит



Туфопесчаник

Рис. 21. Вулканогенно-осадочные породы

Текстуры и структуры туффигов и туфогенных пород – нормальные осадочные, иногда отмечается слоистость.

Порядок выполнения работы

- В образцах определяется цвет, интенсивность окраски, распределение по породе.
- Определяется агрегатное состояние, дается оценка степени однородности породы.
- По количеству обломков устанавливается принадлежность породы к вулканогенному, вулканогенно-осадочному или осадочному подклассам. При этом в туффитах и туфогенных породах указываются цвет, размеры, форма и минералогический состав обломков.

- Описывается пустотное пространство: видимые поры, каверны; их размеры, расположение.
- На основании составленного описания необходимо сделать вывод об условиях образования породы, а по реакции с 5 %-ным раствором HCl – наличие вторичной карбонатизации.

Лабораторная работа № 9

Глинистые породы

К глинистым относятся породы, сложенные частицами размером менее 0,01 мм. Главными породообразующими минералами являются каолинит, гидрослюда (иллит), монтмориллонит и смешанно-слойные образования. Важными компонентами иногда являются хлорит, оксиды и гидроксиды железа и алюминия, глауконит и опал. Второстепенные минералы представлены кварцем, халцедоном, слюдами, полевыми шпатами.

Новообразования в порах, трещинах и в виде конкреций представлены карбонатами (кальцитом, сидеритом), сульфатами (гипсом), сульфидами (пиритом), оксидами и гидроксидами железа и марганца. В глинистых породах обычно много органического материала. Это обломки растительных частиц различной степени углефикации или органическое вещество, рассеянное и сконцентрированное в линзы, прослой.

Структуры глинистых пород пелитовые, алевро-пелитовые, псаммо-пелитовые. В зависимости от расположения и формы частиц различают структуры: ориентированные (микрослоистая, сланцеватая); неориентированные (беспорядочно-зернистая, хлопьевидная, волокнистая).

Текстуры глинистых пород слоистые и неслоистые. Преобладают слоистые текстуры, чаще всего горизонтально-слоистые. Среди неслоистых текстур различаются пятнистые, комковатые.

Излом глинистых пород зависит от степени дисперсности, степени уплотнения и примесей. Излом глин – гладкий, раковистый, при наличии алевроитовых и песчаных примесей – неровный, шероховатый. Излом аргиллитов – оскольчатый, шероховатый, занозистый.

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

Выделяется два основных генетических типа глинистых пород – хемогенные и обломочные (рис. 22).

ГЛИНЫ ХЕМОГЕННЫЕ



Глина каолининовая



Глина монтмориллонитовая



Глина гидрослюдистая с гидроксидами железа

ГЛИНЫ ОБЛОМОЧНЫЕ



Глина с мелкой фауной



Глина уплотнённая с растительным детритом



Глина уплотнённая с корневыми остатками

АРГИЛЛИТ



Аргиллит плитчатый



Аргиллит битуминозный



Аргиллит углистый

Рис. 22. Глинистые породы

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. В гумидном климате при выветривании гранитоидных пород формируются каолиновые глины, а при выветривании Fe–Mg–Al силикатных пород – хлорит-монтмориллонитовые глины.

Обломочные глины образуются в результате разрушения и переотложения коры выветривания, а также осадочных пород более древнего возраста. Образование обломочных глин происходит в континентальной и морской обстановках. В этих глинах обычно много органического материала. Это обломки растительных частиц различной степени углефикации или органическое вещество, рассеянное и сконцентрированное в линзы, прослои, а также остатки фауны.

В диагенетическую стадию глины уплотняются; кроме того, в них формируются конкреции. При катагенезе происходит преобразование глинистых пород под влиянием повышенных температуры и давления при участии поровых растворов. Образуются уплотнённые глины и аргиллиты. В метагенезе осуществляется коренная перестройка микроструктур и текстур глинистых пород. Породы становятся сланцеватыми, пористость резко уменьшается до 1 %. Образуются сланцеватые аргиллиты, глинистые сланцы.

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 и обменными свойствами.

Пластичность глин определяется способностью тонкодисперсных глинистых минералов адсорбировать воду. Обменная способность глин связана с наличием электрического заряда на базальных плоскостях структур глинистых минералов, что позволяет им удерживать наряду с молекулами воды анионы и катионы.

Порядок выполнения работы

1. Определяются водно-физические свойства глин – размокаемость, пластичность и разбухаемость. Для определения первого свойства кусок (3–4 см) глинистой породы помещается в стакан с водой. Если порода в воде размокает в течение 1–5 мин., ее называют глиной, 20–30 мин. – уплотненной глиной. Если порода не размокает, то ее относят к аргиллитам или глинистым сланцам.

При определении пластичности кусок (3–4 см) породы замешивают с водой и раскатывают. Настоящая глина раскатывается в очень тонкую нить, суглинки – в более толстую, а супеси не раскатываются.

Свойство разбухания определяется следующим образом: кусок породы (3–4 см) помещается в мерный стакан, затем определяется изменение объема. Каолиновые глины в воде не разбухают, гидрослюдистые – не разбухают, но распадаются на мелкие комки,

чешуйки и пластинки. Монтмориillonитовые глины сильно набухают (до 10-ти кратного увеличения объема).

2. Определяется цвет глинистых пород, его интенсивность, распределение по породе, причина окраски. Каолиновые глины отличаются обычно белой окраской, монтмориillonитовые глины окрашены в голубовато-зеленые, сероватые цвета. Гидрослюдистые глины характеризуются разнообразной окраской. Гидроксиды и оксиды железа окрашивают глину в различные оттенки желтого, бурого, красного цветов. Примесь битумов придает глине светло-коричневые тона, а органическое вещество окрашивает глину в серый и черный цвета.

3. При изучении текстур дается детальное описание слоистости, определяется ее морфологический тип, делаются измерения толщины слоев и серий. При отсутствии слоистости отмечаются причины неоднородности: пятнистая, гнездовидная, линзовидная текстура с указанием размеров включений.

4. Определяется отдельность глинистой породы. В слоистых глинах наблюдается плитчатая или листоватая отдельность. Неслоистые глины распадаются на куски угловатой, комковатой или эллипсоидальной формы. В уплотненных глинах и аргиллитах встречаются скорлуповатая, желвакообразная, плитчатая отдельности.

5. Определяется излом в глинистой породе. Тонкодисперсные глины имеют гладкий, матовый, шелковистый, раковистый, чешуйчатый излом. Глины, содержащие алевритовую примесь – землистый, неровный, шероховатый излом, песчанистые глины – зернистый и неровный. Аргиллиты имеют матовый и раковистый излом. Глинистые сланцы отличаются наличием сланцеватости и плитчатости.

6. Делается детальное описание включений обломочного материала, органических остатков, минеральных включений.

7. На основании макроскопического описания делается вывод об обстановке образования глинистой породы.

Лабораторная работа № 10

Глиноземистые (алюминистые) породы

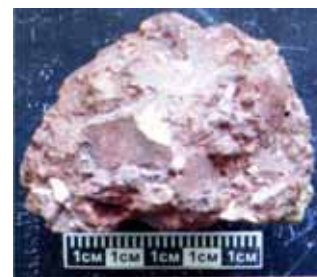
Алюминистые осадочные породы представляют собой скопление оксидов и гидроксидов алюминия (глинозема) с примесью оксидов железа и обломочного материала. Главнейшими алюминистыми осадочными породами являются латериты и бокситы (рис. 23).



Боксит к
брекчиевидной
структурой



Боксит с мелкими
обломками кварца



Боксит с обломками кварца
и кремнистых пород



Боксит с оолитовой
структурой



Боксит с нечеткой
бобовой структурой



Боксит с оолитами кварца

Рис. 23. Глинозёмистые породы

Латериты – ярко окрашенные, преимущественно коричневатокрасные, реже серовато-розоватые породы, рыхлые, водопроницаемые или плотные. Окраска пород определяется наличием в них железа в окисной форме. Основным алюминийсодержащим минералом является гидраргиллит.

Латериты представляют собой современную кору выветривания пород, богатых алюмосиликатами, образовавшуюся в условиях жаркого переменновлажного климата. В результате химического выветривания в условиях кислой среды из материнских кристаллических пород удаляются подвижные соединения, а на месте остаются и постепенно накапливаются оксиды алюминия, железа, кремния и глинистые минералы, составляющие в совокупности латерит.

Бокситы – так же, как и латериты, имеют преимущественно коричнево-красную, розовато-красную, оранжево-красную окраску, но встречаются разности светло-серые и черные. Окраска определяется составом и количеством примесей. Прочность пород непостоянна, встречаются как рыхлые, так и весьма плотные разности. Алюминийсодержащие минералы представлены диаспором, бёмитом и гидраргиллитом. Суммарное их содержание может достигать 70–80 %.

По происхождению бокситы разделяются на две крупные группы: остаточные (псевдоморфные) и переотложенные (осадочные).

Псевдоморфные бокситы представляют собой ископаемую кору выветривания и характеризуются в различной степени реликтовыми структурами пород, за счёт выветривания которых они возникли. Наиболее распространены бокситы с реликтовыми структурами основных пород: базальтов и долеритов. Отмечаются и бесструктурные бокситовые глинистые породы.

Осадочные бокситы образуются в результате переотложения латеритной коры выветривания. Текстуры и структуры бокситов землистые, обычно пористые и кавернозные, оолитовые, бобовые, конкреционные и различные обломочные от конгломератовидных и брекчиевидных до мелкозернистых псаммитовых.

Железистые породы

К железистым породам относятся железные руды осадочного генезиса: окисные, карбонатные, силикатные и другие железистые образования (рис. 24). Главные минералы железистых пород - лимонит, гетит, гидрогетит, гематит, магнетит, сидерит, сульфиды железа и др.

Текстуры и структуры железистых пород слоистые и неслоистые, землистые, оолитовые, бобовые, конкреционные, брекчиевидные, конгломератовидные, сферолитовые, радиально-лучистые, коррозионные.

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.

Источником железа для формирования бурых железняков являются кристаллические породы, содержащие многочисленные железистые минералы. При процессах выветривания железо переходит в гидрооксид и перемещается водами в виде механической взвеси и коллоидов гидрооксида железа. Перенесённое таким образом железо распределяется в водоёмах по законам механической дифференциации согласно с гидродинамикой бассейна. В континентальных (озерных, болотных) и морских условиях образуются *окисные* руды.

Бурые железняки образуются также в результате окисления сидерита и сульфидов железа («железная шляпа»). Кроме того, они могут формироваться за счёт выветривания каких-либо

железосодержащих пород и концентрации железистых минералов в элювии или коре выветривания. Так образуются *окисленные руды*.

ОКИСНЫЕ РУДЫ



Оолиты оксидов железа



Гематитовая руда



Бобовины гематита

ОКИСЛЕННЫЕ РУДЫ



Продукт окисления
сульфидного
месторождения
(«железная шляпа»)



Бурый железняк



Охристая порода

СИДЕРИТ-ХЛОРИТОВЫЕ РУДЫ



Сидерит окисленный



Сидерит окисленный с
растительными
остатками



Лептохлорит-сидеритовая
окисленная порода

Рис. 24. Железистые породы

Сидеритовые породы состоят, в основном, из сидерита, но содержат и значительное количество примесей – обломки кварца, полевых шпатов, глинистый материал, обугленный растительный детрит, иногда мелкие остатки фауны. В связи с присутствием

органического вещества окраска сидеритов темно-серая, серая, иногда черная. При выходе на поверхность породы приобретают бурый цвет вследствие окисления.

Сидериты встречаются в виде слоев, линз, конкреций и представляют собой, в основном, диагенетические образования. Формируются они в болотах и торфяниках речных и дельтовых осадках в восстановительной, застойной обстановке и щелочной среде.

Лептохлоритовые (шамозитовые) породы состоят, в основном, алюмосиликатом закиси железа – шамозитом со значительной примесью глинистого материала, карбонатов, оксидов железа. Окраска пород серовато-зеленая, зеленовато-темно-серая, при наличии оксидов железа – буроватая, почти коричневая. Структура пород однородная, скрытокристаллическая, иногда оолитовая. Образуются эти породы в застойной восстановительной среде в лагунно-заливных условиях, болотах и пойменных участках дельтовых областей.

Железистые осадочные породы являются рудой для получения железа (при содержании железа свыше 20–25 %). Кроме того, некоторые окисные соединения железа используются для приготовления минеральных красок (охра, сурик и др.).

Марганцевые породы

К марганцевым осадочным породам относятся образования, содержащие свыше 10 % оксида марганца. В их состав входят различные минералы марганца, в основном оксиды (манганит, псиломелан, пиролюзит, браунит) и карбонаты (родохрозит, мангано-кальцит). Кроме того, обычно присутствует значительное количество других компонентов, представленных окисными соединениями железа, глинистыми минералами, кальцитом, обломочным материалом, кремнистыми образованиями.

Марганцевые породы подразделяются на четыре минералогическо-петрографических типа: окисные, окисленные, карбонатные и силикатные (рис. 25).

Окисные руды состоят из минералов оксида и гидроксида марганца: пиролюзита, манганита, псиломелана. Эти породы имеют черную окраску, конкреционную, бобовую, оолитовую структуру, реже землистое сложение. Источником марганца являются кристаллические породы. Переносится он в виде коллоидов гидроксида марганца, частично в ионной форме. Причиной осаждения марганца является коагуляция коллоидов и деятельность бактерий.



Оолиты оксидов и гидроксидов Mn (икряная руда)



Окисная (манганитовая) руда Mn



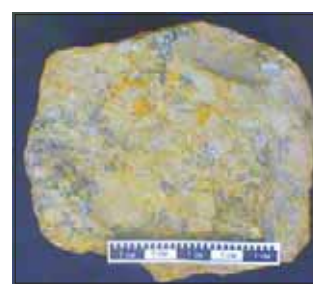
Окисная (псиломелан-браунитовая) руда Mn с оолитовой структурой



Окисленная Mn руда



Карбонатная Mn порода кавернозная



Карбонатная порода с дендритами гидроксидов Mn

Рис. 25. Марганцевые породы

Окисные руды образуются в мелководной области моря, где, благодаря волнениям, в изобилии присутствует кислород. Широко известны болотно-озёрные руды марганца, в которых он в виде гидроксидных соединений ассоциирует 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. Окисленные руды обычно приурочены к кайнозойской коре выветривания на докембрийских кварц-гранатовых породах.

Карбонатные породы по своей природе бедны марганцем. Часто они представлены известняками и доломитами с более или менее богатой вкрапленностью родохрозита $MnCO_3$ и мангано-кальцита $(Mn, Ca)CO_3$.

Карбонатные руды марганца образуются в морских условиях, в восстановительной обстановке. В ряде случаев по мере приближения к

берегу происходит замещение их окисными соединениями марганца, что связано с лучшей аэрацией осадка под влиянием волнений.

Это плотные светло-серые породы, мелко-и тонкозернистые, внешне иногда трудноотличимые от известняков или доломитов. В естественных обнажениях они выделяются постоянным присутствием чёрных гнёзд, тонких прослоев гидроксида марганца и дендритов оксида марганца.

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.

Фосфатные породы

К фосфатным относятся породы, содержащие не менее 10 % P_2O_5 . Наиболее известны из них фосфориты, основной составной частью которых являются минералы – соли фосфорной кислоты – гидроксилапатит, фторапатит, карбонатапатит, а также аморфный фосфат – коллофанит.

В качестве примесей в фосфоритах присутствуют глинистый материал, карбонаты кальция и магния, обломочные зерна, органическое вещество, а также аутигенный опал, халцедон, глауконит и пирит. Примеси придают фосфоритам темную, серую, коричневатую-серую, зеленоватую-серую окраску. Чистые фосфориты имеют белый цвет.

Текстуры и структуры фосфоритов – слоистые, конкреционные, оолитовые, псевдооолитовые, сферолитовые, органогенные, обломочные (рис. 26).



Фосфорит
пластовый



Фосфорит
желваковый



Фосфорит
конкреционный
шаровидный



Фосфорит
конкреционный
радиально-
лучистый

Рис. 26. Фосфатные породы

По условиям образования различают пластовые, конкреционные фосфориты, костяные брекчии и терригенные фосфатные породы.

Пластовые – геосинклинальные фосфориты залегают в виде пластов мощностью от нескольких сантиметров до 15-17 метров, окрашены обычно в темные тона. Макроскопически похожи на песчаники, кремнь, яшму. В шлифах видно, что частицы покрыты концентрическими слоистыми оболочками фосфата, а сцементированы они аморфным фосфатом, кальцитом или доломитом.

Конкреционные фосфориты разделяют на радиально-лучистые и желваковые. *Радиально-лучистые* фосфориты представляют собой шаровидные образования размером от единиц до 20 сантиметров, имеющие хорошо выраженную радиально-лучистую структуру. *Желваковые* фосфориты слагаются однородными стяжениями фосфата, имеющими разнообразную форму. В них часто встречаются сложенные кальцитом обломки фауны и фосфатизированные растительные остатки. Поверхность первичных желваков шероховатая, а переотложенных – глянцевая.

Костяные брекчии – породы желто-бурого цвета, довольно пористые, состоят из позвонков рыб и других костей, сцементированных карбонатным, песчано-глинистым или фосфатным цементом.

Терригенные фосфатные породы представлены *ракушечниками*, сложенными остатками фосфатных раковин беззамковых брахиопод (*p.p. Obolus, Lingula*), и песчаниками, в которых обломочный материал сцементирован фосфатным веществом.

Образование фосфоритов в морских водоёмах происходит в результате гибели и разложения организмов, освобождении P_2O_5 , накопленного в телах организмов. Осаждение фосфатных минералов происходило в осадке в раннем диагенезе из иловых растворов, где концентрация P_2O_5 в 4–5 раз выше, чем в морской воде.

Порядок выполнения работы по глиноземистым, железистым, марганцевым и фосфатным породам

1. Определяется в образце цвет, его оттенок, интенсивность, распределение по породе, причина окраски.

2. Делается описание структуры: кристаллическая, обломочная, оолитовая, бобовая, колломорфная; указывается размер зерен, оолитов, бобовин, обломков, подробно описывается форма компонентов породы.

3. При описании текстур определяется их генезис – первичный или вторичный. Во вторичных текстурах указываются факторы, их обуславливающие: диа- и катагенетическая перекристаллизация, растворение, кальцитизация, окисление, трещиноватость.

4. Определяется минеральный состав образцов. С помощью 5 %-ного раствора НСІ устанавливается наличие карбонатных примесей. Песчаные и глинистые включения в мономинеральной породе фиксируются в виде линз, слоев.

5. При описании минеральных включений (оолитов, бобовин, конкреций) указываются размеры, форма, состав, характер расположения, количество.

6. Описывая пустотное пространство, определяется его характер (поры, трещины, каверны), размеры, форма, происхождение.

7. Определяются физические свойства пород: плотность, крепость, пористость.

8. Делается вывод о происхождении породы, условиях ее осаднения, постседиментационных преобразованиях и формах залегания.

Лабораторная работа № 11

Кремнистые породы (силициты)

Кремнистые осадочные породы представляют собой образования, полностью или частично состоящие из кремнезема. Эти породы часто содержат обильные остатки организмов. Наряду с кремнеземом в них нередко присутствуют значительные количества обломочного материала песчано-алевритовой размерности, глинистые минералы, оксиды железа, карбонаты.

По происхождению различают хемогенные, биогенные (органогенные) и хемобиогенные силициты (рис. 27).

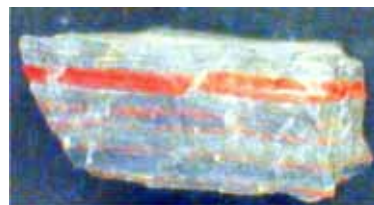
ХЕМОГЕННЫЕ



Кремень пластовый



Кремень желваковый



Джеспилит

БИОГЕННЫЕ



Диатомит



Радиолярит



Спонголит

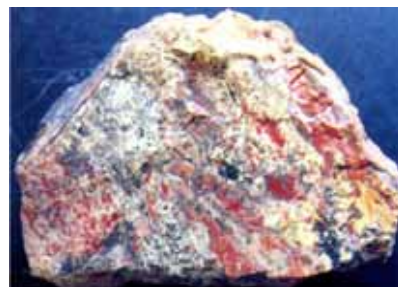
ХЕМОБИОГЕННЫЕ



Трепел



Опока



Яшма

Рис. 27. Кремнистые породы

Кремнистые хемогенные породы

Кремнистые туфы (гейзериты) – светлые пористые породы, состоящие из опала. 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.

Кремневые конкреции или кремни – плотные твердые породы с раковистым изломом. Окрашены в различные тона, чаще всего, в серые, темно-серые и черные. Конкреции имеют халцедоно-кварцевый и

кварцевый состав, разную форму и размеры. Кроме минералов кремнезема, в составе конкреций имеется органическое вещество, придающее им черный цвет, встречается пирит, глинистые минералы, терригенные примеси.

Кремневые конкреции являются продуктом раннего диагенеза. Об этом свидетельствуют минеральный состав (они состоят из тонкокристаллического халцедона и кварца), взаимоотношения со слоистостью (слои обтекают конкрецию), отсутствие фауны. Иногда кремневые конкреции образуются в катагенетическую стадию. У них кварцевый состав, они образуют косые жилы и желваки, пересекающие пласты.

Фтаниты (лидиты) – породы черного или темно-серого цвета, полосчатые или однородные, часто сланцеватые, состоят из кварца с примесью пирита и углистых частиц (реже графита). Они встречаются в протерозойских и палеозойских отложениях.

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

Кремнистые биогенные породы

Диатомиты – светлые, легкие, тонкопористые и мягкие породы, состоящие из скорлупок диатомовых водорослей (0,01–0,2 мм), сцементированных опалом. Как и большинство опаловых пород, прилипают к языку (благодаря высокой пористости и большой удельной поверхности). Часто слоистые и микрослоистые. В виде примесей содержат глинистые частицы, зерна глауконита, спикулы губок. По внешнему виду они напоминают писчий мел, пачкают руки, впитывают воду, но не «вскипают» при взаимодействии с соляной кислотой.

Радиоляриты – породы слоистой текстуры серого и темно-серого цвета. Состоят из опала, в котором рассеяны многочисленные скелетные остатки радиолярий, содержат примесь глинистых частиц и органического вещества, пирита.

Спонголиты – белые, зеленовато-серые, бежевые пористые и плотные породы, состоящие из спикул кремневых губок, сцементированных опалом. Часто содержат алевритовые и песчаные примеси и глауконит.

Кремнистые хемобиогенные породы

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. 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).

В шлифах видна смесь мельчайших светлых и темных, иногда красноватых точек, так как порода сложена микрозернистым халцедоном или кварцем с примесями микрозернистой окиси железа и глинистого, пеплового или органического вещества. На этом темном фоне в яшмах часто встречаются светлые круги или овалы со следами сетки и шипов. Это полости радиолярий, выполненные более раскристаллизованным халцедоном, не загрязненным примесями, а поэтому прозрачные.

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 г/см³, опок – 1,1–1,8 г/см³). Главный минерал в трепелах и опоках – опал. Он встречается в виде мельчайших шариков микроскопического размера и в виде цемента, связывающего эти шарики. Кроме опала, в составе опок и трепелов встречаются кальцит, глауконит и терригенные примеси. При содержании последних > 50 %, принято говорить об опоковидных породах.

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

Порядок выполнения работы

1. В образце определяется цвет, его оттенок, интенсивность, распределение по породе, причина окраски.

2. Описываются плотность, пористость: фтаниты, кремниевые конкреции, яшмы очень плотные, непористые; гейзериты, диатомиты, радиоляриты, спонголиты имеют небольшую плотность, пористые; трепелы и опоки легкие, сильно пористые.

3. Отличаются примеси терригенного материала, глауконита, фосфатных стяжений, конкреций.

4. Делается вывод о принадлежности образца к генетической группе (хемогенной, биогенной, хемобиогенной). Устанавливаются результаты диа- и катагенетических изменений.

Карбонатные породы

Карбонатные породы относятся к числу широко распространенных осадочных образований. Основными частями их являются кальцит CaCO_3 и доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, в виде примесей присутствуют глинистые минералы, обломочные частицы, сульфиды и оксиды железа, остатки обугленного вещества. Для отнесения породы к группе карбонатных необходимо, чтобы в ней содержалось не менее 50% карбонатного материала. Наиболее характерными представителями описываемой группы являются известняки, доломиты и породы смешанного состава (рис. 28).



Известняковый песчаник



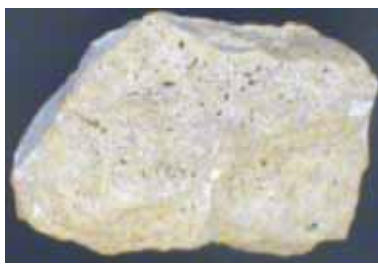
Известняк-ракушечник



Известняк
органогенно-
обломочный



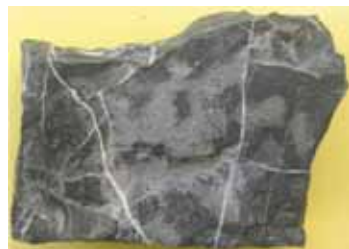
Известняк оолитовый



Известковый туф



Известняк
кристаллический



Доломит хемогенный



Доломит замещения



Мергель (глинистый
известняк)

Рис. 28. Карбонатные породы

Структуры карбонатных пород обломочные: псефитовые (более 1 мм), псаммитовые (0,1–1,0 мм), алевроитовые (шламовые) – 0,1–0,05 мм, тонкозернистые (спарит) – 0,05–0,005 мм, пелитоморфные (микрит) – менее 0,005 мм.

Кристаллически-зернистые структуры: мелкокристаллические – 0,10 до 0,25 мм, среднекристаллические – 0,25–0,5 мм, крупнокристаллические – 0,5–1,0 мм, тонкозернистые – 0,1–0,05 мм, мелкозернистые – 0,05–0,01 мм, пелитоморфные менее 0,01 мм. Отмечаются структуры – органогенные (цельнораковинные и детритовые), а также оолитовые, комковатые, сферолитовые.

Текстуры карбонатных пород слоистые, пятнистые, оолитовые, брекчие- и конгломератовидные и др. В перекристаллизованных известняках текстуры массивные.

Известняки

По генезису различаются известняки обломочные, органогенные (биогенные) и хемогенные. Кроме того, выделяется особая группа известняков – измененных диагенетическими и катагенетическими процессами.

Обломочные известняки – широко распространённые механические образования, сложенные более, чем на 50 % карбонатными частицами, претерпевшими перед отложением перенос и большую или меньшую сортировку. В зависимости от формы и размера выделяют конгломератовидные, брекчиевидные известняки, известняковые песчаники и алевролиты (калькрениты).

Среди обломочных известняков различают: *механокластические*, сложенные обломками карбонатных пород; *биокластические (органогенно-обломочные)* – с преобладанием переотложенных обломков скелетов различных организмов. 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, и *детритовые (органогенно-детритовые)* известняки, состоящие из раковинного детрита.

В строении известняков принимают участие раковины или раковинный детрит пелеципод, гастропод, брахиопод, остракод, криноидей, которые цементируются пелитоморфным или кристаллическим кальцитом.

К биогенным относятся *фораминиферовые известняки*, состоящие из раковин планктонных фораминифер, сцементированных пелитоморфным или зернистым кальцитом. Стенки раковин сложены пелитоморфным кальцитом, в камерах раковин встречаются глобули пирита.

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, в небольшом количестве встречаются и другие органические остатки – раковины пелеципод, гастропод, брахиопод, пластинки морских ежей, трубочки червей. Цементом является пелитоморфный кальцит.

Водорослевые известняки состоят из тел известковых водорослей. Это нитевидные, трубчатые и овальные образования, сложенные пелитоморфным кальцитом. Разновидностью водорослевых являются *сферовые известняки*, сложенные остатками сферовых водорослей в виде кальцитовых сферических образований диаметром 0,03–0,1 мм. Они состоят из оболочки, сложенной микрозернистым кальцитом, и полостей, представленных кристаллическим кальцитом; цементом, как правило, является пелитоморфный кальцит.

К биогенным известнякам относятся *биогермы* – прижизненные скопления прикрепленных организмов, находящихся в положении роста, и *биоценозы* – прижизненные скопления организмов, обитающих вместе на определённом участке дна бассейна. Они образуют обычно мощные тела большой протяжённости.

Представителями биогермов являются рифовые известняки, сложенные постройками кораллов, мшанок, строматопорат. Они имеют обычно куполообразную форму тел, неслоистые. По периферии рифовые известняки переходят в органогенно-обломочные.

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

Разновидностью пелитоморфных известняков являются комковатые и сгустковые. *Комковатые* известняки сложены более или менее отчётливыми комками пелитоморфного или микрозернистого кальцита округлой, угловатой, реже неправильной формы размером 0,1–1,0 мм, сцементированных микрозернистым и кристаллическим кальцитом. Толщи комковатых известняков формировались в результате дезинтеграции и переотложения слабоуплотнённого известкового ила.

В *сгустковых* известняках преобладают образования неправильной формы с расплывчатыми очертаниями, состоящие из пелитоморфного кальцита, цементирующая масса почти отсутствует. Они образовывались в результате слабой дезинтеграции уплотнённого ила без его переотложения.

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

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

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

На начальных стадиях перекристаллизации образуется кристаллический цемент, основные форменные элементы – раковины, комки – сохраняются. При почти полной перекристаллизации первоначальная структура исчезает, но следы её иногда сохраняются. Конечным продуктом перекристаллизации известняков является *мрамор*, в котором исчезают и следы первоначальной структуры; порода состоит из крупных зёрен почти одной величины – до нескольких сантиметров.

Доломиты

Доломитами называются карбонатные породы, состоящие более, чем на 50 % из минерала доломита – двойной углекислой соли Ca и Mg

– $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Обычно доломитовые породы содержат примесь кальцита, реже пирита, халцедона, кварца, органического вещества. В некоторых доломитах встречаются вкрапления ангидрита, гипса. В шлифах доломита часто наблюдается значительное количество правильных ромбоэдрических кристаллов.

По макроскопическому облику доломиты напоминают известняки. Отличие заключается в различной реакции с HCl . Известняки с холодной соляной кислотой бурно вскипают, доломиты – нет. Если доломитовую породу истереть в тонкий порошок, он будет вскипать в холодной соляной кислоте, но слабее, чем известняк.

Доломиты так же как известняки, разделяются на обломочные, биогенные, хемогенные и измененные в постседиментационную стадию.

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. Тела водорослей сложены пелитоморфным доломитом. Цементов мало, он состоит из микрозернистого доломита. 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. Они выпадают в осадок из вод с повышенным рН (до 8–10) и солёностью – 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 кавернозны. Это объясняется сокращением объёма породы при замещении молекулы кальцита на молекулу доломита.

Различаются *диагенетические* и *катагенетические* доломиты. Первые образуются в период диагенеза при воздействии морских и иловых вод на известковые и известково-доломитовые осадки. Размеры зёрен 0,01–0,05 мм, пустоты и поры имеют такие же небольшие размеры. Доломитизации подвергается микрозернистый и

пелитоморфный кальцитовый цемент, раковины фораминифер, водорослевые остатки и различный органический детрит. Крупные раковины, как правило, почти не затронуты процессом доломитизации.

Катагенетические доломиты образовывались путём метасоматоза во время катагенеза, метагенеза и гипергенеза при воздействии вод, обогащённых магнием на известковые породы. Скелетные остатки в них обычно растворены, сохраняются только отпечатки, ядра, полости. В шлифах хорошо видны следы метасоматоза доломита по кальциту: относительно крупные (0,05-0,2 мм) прозрачные ромбоэдрические доломиты заключают осадочный пелитоморфный кальцит, выделяющийся тёмными пятнами, иногда он равномерно «запыляет» зёрна доломита. В эпигенетических доломитах образуются поры размером 0,2 x 0,8 мм и каверны размером более 1 мм.

Карбонатные породы смешанного состава

Мергели (глинистые известняки) – тонкозернистые мягкие породы, сложенные пелитоморфным или микрозернистым кальцитом и тонким глинистым материалом. Распределение глинистой примеси равномерное, реже она концентрируется в тонких прослоях. Глинистое вещество представлено монтмориллонитом и гидрослюдой. Состав фауны в мергелях зависит от условий и глубины их образования. Многие слои мергелей содержат ходы илоедов, остатки остракод, фораминифер и мельчайших известковых водорослей – кокколитофорид.

Мергели образуются в морских, лагунных и континентальных условиях в случае одновременного накопления глинистого и карбонатного материала в обстановке теплого климата и щелочной среды. В зависимости от минерализации вод, величины pH и содержания углекислоты в воде могут возникать или мергели – при осаждении CaCO_3 , или доломитовые мергели – при осаждении $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ [10].

Кремнистые известняки содержат до 50 % кремнезёма в виде кремнистых конкреций и неравномерно рассеянных выделений халцедона и кварца. Кремнезём частично замещает мелкие зёрна кальцита, а иногда наблюдается в виде более крупных кристаллов в полостях раковин.

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.

Порядок выполнения работы

1. Определяется основной вещественный состав карбонатных пород с помощью 5 %-ного раствора HCl. Известняки бурно вскипают в HCl, крупнокристаллические доломиты – не вскипают, мелкокристаллические и пелитоморфные доломиты сначала впитывают кислоту, а затем медленно выделяются пузырьки газа. Сидериты в 5 %-ном растворе HCl не вскипают.

2. Определяется присутствие некарбонатных примесей. Наличие песчано-алевритового обломочного материала устанавливается визуально с помощью лупы. Глинистая примесь проявляется в темно-серой окраске, мягкости породы, а также наличием темного пятна после действия HCl.

3. Описывается цвет как на свежем изломе, так и на выветрелой поверхности. Желтый или красный цвет свидетельствует о наличии железистых включений, а белесая окраска – о чистых известняках.

4. Структура карбонатных пород макроскопически может быть охарактеризована только для крупно- и среднезернистых разновидностей. Об особенностях структуры можно судить по излому породы. Микрозернистые породы имеют землистый излом, средне- и крупнозернистые имеют кристаллический сверкающий излом.

5. При описании текстуры отмечается слоистость, ее морфологические признаки, причины ее проявления; постседиментационные текстуры фиксируются проявлением зон растворения (стилолитов), перекристаллизации, замещения новообразованными минералами.

6. При характеристике органических остатков определяется их систематическое положение, состав, сохранность, условия захоронения и следы жизнедеятельности (сверление, зарывание в грунт, прикрепление к твердому субстрату).

7. Описываются конкреции и включения в карбонатных породах, их состав, количество, форма, структура, текстура, взаимоотношение с основной частью породы.

8. Описывается пустотное пространство, определяется его характер (пористость, кавернозность, трещиноватость), размеры, форма, происхождение.

9. Делается вывод о принадлежности образцов к генетической группе (органогенной, обломочной, хемогенной или измененной). Устанавливается обстановка карбоната накопления и вторичных преобразований в каждом образце.

Соляные породы

К соляным породам принадлежат различные осадочные образования, главным образом, хемогенного происхождения, состоящие из минералов класса сульфатов, хлоридов (рис. 29). 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.



Ангидрит



Гипс



Селенит



Каменная соль с кристаллической структурой (белая)



Каменная соль с рассеянным металлическим натрием (синее)



Каменная соль с оксидами железа (красное)



Каменная соль со следами растворения



Карналлитовая и каменная (серая) соли



Калийная соль (сильвинит)

Рис. 29. Соляные породы

По генетическому признаку выделяются хемогенные лагунные и озёрные образования и континентальные почвенные соляные (галогенные) породы.

Главные минералы соляных пород – ангидрит, гипс, галит, сильвин, карналлит, мирабилит, глауберит, бишофит, эпсомит.

Второстепенные – карбонаты (сода, магнезит, доломит), минералы бора, оксиды и гидроксиды железа, сульфиды железа, органическое вещество.

Соляные породы обычно содержат в различном количестве терригенные примеси, которые представлены, главным образом, глинистыми, реже алевритовыми частицами.

Текстуры соляных пород массивные, слоистые, сталактитовые, пятнистые, пльчатые. Структуры – кристаллически-зернистые, спутанно-волокнистые, натечные, метасоматические.

Сульфатные породы

Ангидрит (CaSO_4) встречается в виде тонких прослоек, пластов и линз. Он чаще всего тонкозернистый голубовато-серого, реже белого и красноватого цвета. 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 – пльчатость.

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

Селенит – розовый или красный гипс с шелковистым отливом волокнистого или столбчатого строения. 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.

Обычно каменная соль имеет тонкую слоистость – результат изменения условий осаждения; кристаллически-зернистую структуру; отмечаются следы растворения в виде стилолитовых швов.

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. 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. 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 флюидопорами.

Порядок выполнения работы

1. В образце определяются цвет, распределение по породе, причина окраски.

2. Дается характеристика структуры (кристаллическая, тонкозернистая, волокнистая), текстуры (массивная, слоистая, столбчатая, пльчатая, пятнистая, стилолитовая).

3. Делается вывод о принадлежности образцов к классам сульфатов или хлоритов; устанавливается обстановка образования солей и постседиментационные преобразования.

Тема: МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Лабораторная работа № 12

Гранулометрический анализ и графическое изображение его результатов, расчет количественных структурных показателей

К р а т к и е с в е д е н и я , н е о б х о д и м ы е д л я
в ы п о л н е н и я л а б о р а т о р н о й р а б о т ы

Под гранулометрическим анализом понимается разделение слагающих породу зерен или агрегатов на классы по крупности и установление содержания каждого класса. Другими словами, это анализ, при помощи которого определяется масса или число частиц заданного размера в данной пробе. Совокупность частиц определенного размера называется гранулометрической фракцией.

Применяемые способы гранулометрического анализа обломочных отложений делятся на три группы:

- ситовой анализ, заключающийся в просеивании зерен через сита с постепенно уменьшающимися отверстиями;
- седиментометрические (водные) способы, основанные на различной скорости осаждения частиц разной крупности в воде;
- непосредственное измерение поперечников зерен в шлифах под микроскопом или в препаратах под биноклем.

При детальном литологическом исследовании применяется разделение песчаных пород на узкие гранулометрические классы. В настоящее время чаще всего применяют шкалу, значения которой связаны отношением 1,25. Использование набора сит с указанным соотношением отверстий позволяет производить 19-фракционный анализ.

Для определения условий образования песчаных и алевритовых пород гранулометрические анализы подвергаются специальной обработке. Самым сжатым видом точной и полной записи первичных лабораторных данных является таблица. Однако, при числе фракций больше десяти и при большом количестве анализов она становится громоздкой и неудобной для пользования.

Для наглядного представления результатов анализа широко применяются различные графические способы.

Т р е у г о л ь н ы е д и а г р а м м ы подходят для представления коротких унимодальных гранулометрических спектров. Каждая вершина треугольника соответствует 100 %-ному содержанию одной из трех групп, в которые предварительно объединяются

имеющиеся фракции. Внутри треугольника каждому анализу соответствует точка, координатами которой являются содержания трех групп фракций.

Циклограммы или секторные диаграммы представляют собой круги, разделенные на секторы, площади которых пропорциональны содержанию фракций, каждому проценту соответствует угол $3,6^\circ$.

Гистограммы или столбчатые диаграммы представляют собой систему прямоугольников, построенных на оси абсцисс. Они строятся либо на условно равных отрезках, либо их основания пропорциональны размерам фракций. Высоты прямоугольников пропорциональны содержаниям фракций.

Кривые распределения строятся путем откладывания по оси абсцисс логарифмов конечных размеров фракций, а по оси ординат против середины каждого интервала ставится точка, отвечающая процентному содержанию фракций.

Кумулятивные кривые (нарастающие или суммарные, или интегральные кривые) отражают в каждой точке состав какой-либо фракции, суммированной с частицами больших или меньших размеров. Для построения кумулятивной кривой по оси абсцисс откладывают логарифмы размеров фракций, по оси ординат откладывают нарастающие проценты.

Результаты анализа можно представить в виде обобщенных характеристик гранулометрического спектра. Подобные величины получили название гранулометрических коэффициентов. Наиболее часто в литологических исследованиях используются следующие [23, 26, 28, 37]: медиана M_d , отвечающая среднему размеру зерен; M_m – максимальный размер зерен; S_o – коэффициент сортировки, характеризующий степень однообразия частиц данной совокупности; S_k – коэффициент асимметрии, показывающий положение преобладающей размерности по отношению к медиане.

Задание и содержание работы

- изучить основы гранулометрического анализа, методы его проведения, изображение результатов; установить факторы, определяющие изменение размеров зерен;
- построить кумулятивные кривые по данным таблиц, подготовленных преподавателем по 10 образцам;
- определить гранулометрические коэффициенты: медианный и максимальный размеры зерен, коэффициенты отсортированности и асимметрии;

– сделать вывод о динамике среды переноса и седиментации при сравнении гранулометрических коэффициентов по разрезу снизу вверх.

Исходный материал: таблицы гранулометрического анализа пород по фракциям, соответствующим размерам сит с отношением отверстий 1,25; палетки для построения.

Порядок выполнения работы

1. Для построения кумулятивной кривой по оси абсцисс откладывают размеры фракций (в логарифмическом масштабе). По оси ординат откладываются нарастающие проценты. Сначала откладывается содержание, процент наиболее крупных частиц, затем содержание следующего размера фракций плюс содержание предыдущей фракции. При конечном размере частиц (менее 0,01 мм) содержание частиц составляет 100 %. Полученные точки соединяют плавной линией, для каждого образца подбирают свой цвет. Сбоку от кривой подписывают номер образца.

2. Определяются гранулометрические коэффициенты для каждого образца.

Средний размер зерен (Md-медиана) определяют непосредственно на кумулятивной кривой: из точки кривой с ординатой 50 % опускают на ось абсцисс перпендикуляр и читают там искомый размер.

Для определения максимального размера зерен (Mm) кумулятивную кривую "достраивают" слева, плавно продолжая до пересечения с линией, соответствующей ординате 1 %, затем опускают перпендикуляр на ось абсцисс и получают искомый размер. Он соответствует статистическому значению максимального размера зерна.

Коэффициент отсортированности (S_o) высчитывается следующим образом: определяются первая и третья квартили Q_1 и Q_3 , т.е. размеры частиц, которым отмечают ординаты соответственно 25 и 75 % на кумулятивной кривой. Коэффициент отсортированности определяется по формуле: $S_o = Q_3/Q_1$. По степени сортировки выделяются хорошо отсортированные осадки ($S_o = 1,0-1,58$), среднеотсортированные ($S_o = 1,58-2,12$) и плохо отсортированные ($S_o > 2,12$) [26].

Коэффициент асимметрии (S_k) вычисляется по формуле: $S_k = Q_3 - Q_1 / Md$. Если $S_k > 1$, то в осадке преобладает мелкая фракция, при $S_k < 1$, преобладающей будет крупная фракция.

3. Делается вывод о динамике среды переноса и седиментации при сравнении гранулометрических коэффициентов по разрезу снизу вверх.

Форма отчетности

Отчет о проделанной работе представляется в виде:

- комплекта кумулятивных кривых разного цвета для каждого образца;
- таблицы с вычисленными гранулометрическими коэффициентами;
- пояснительной записки об изменении динамики среды седиментации по разрезу.

Лабораторная работа № 13

Термический фазовый анализ

К р а т к и е с в е д е н и я , н е о б х о д и м ы е д л я
в ы п о л н е н и я л а б о р а т о р н о й р а б о т ы .

Термический фазовый анализ основан на методах нагревания минералов с регистрацией изменения температуры во времени и на фиксации термических эффектов, которые возникают при фазовых превращениях исследуемого вещества, сопровождающихся резким повышением или понижением температуры. *Э н д о т е р м и ч е с к и е* эффекты проявляются отклонением кривой нагревания вниз от нулевой линии, так как часть тепла расходуется на реакцию. Во время *э к з о т е р м и ч е с к о й* реакции на кривой нагревания наблюдается отклонение вверх, благодаря суммированию тепла реакции и нагрева исследуемого вещества.

В процессе нагревания в минералах происходят различные изменения:

– обезвоживание (потеря воды с разрушением или без разрушения кристаллической решетки);	Эндотермические реакции идут с поглощением тепла
– диссоциация (распад вещества с выделением газовой фазы);	
– плавление;	
– окисление;	
– кристаллизация (образование новой твердой фазы);	Экзотермические реакции идут с выделением тепла
– перекристаллизация (превращение аморфного вещества в кристаллическое);	
– выгорание	

Термический анализ используется для определения минерального состава глинистых и карбонатных пород, а также примесей в них кварца, органического вещества, пирита, окислов железа и других минералов.

Глинистые минералы представляют собой алюмосиликаты со слоистым или ленточно-слоистым строением. Все они содержат различные типы воды, что и определяет их поведение при нагревании (табл. 1).

Характерной реакцией карбонатных минералов при нагревании является их диссоциация (*эндотермические* эффекты). Отмечаются также *экзотермические* реакции окисления, кристаллизация некоторых карбонатов (табл.2).

Наличие примесей усложняет характер температурных кривых глинистых и карбонатных минералов. Так, наличие кварца снижает температуру диссоциации у карбонатных минералов.

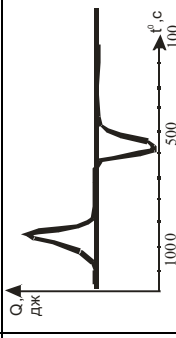
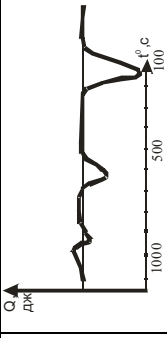
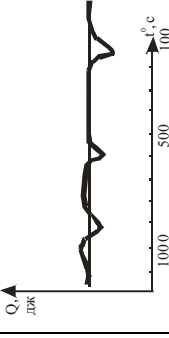
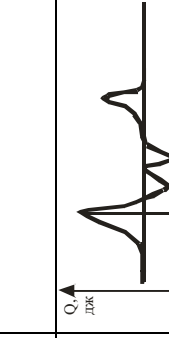
Глинистая примесь в карбонатных минералах приводит к появлению дополнительных *экзо- и эндоэффектов* на термограммах. Присутствие тонкорассеянной органики приводит к появлению *экзоэффекта* в области 300–450° С из-за ее выгорания.

Наличие пирита даже в количестве 2 % дает четкий *экзоэффект* в области 400–420°, благодаря окислению железа.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КРИВЫХ

Глинистые минералы

Таблица 1

Эффекты Минералы	Эндотермический		Экзотермический		Типичная Термограмма
	Инт-л темп. °С	Причина проявления	Интервал темп. °С	Причина проявления	
Каолинит	550–610	Потеря воды, распад решетки, аморфизация минерала	900–1000	Кристаллизация	
Монтмориллонит	100–200 500–700 850–900	Удаление межслоевой воды Удаление связанной воды Аморфизация (распад решетки)	900–950	Кристаллизация	
Гидро-слюды	100–160 550–650 850–950	Удаление межслоевой воды, интенсивность меньше, чем у монтмориллонитов. Потеря гидроокисла (ОН⁻). Полное разрушение решетки.	900–1000	Перекристаллизация аморфных продуктов. Выражен весьма слабо	
Хлориты	550-700 710-820	Удаление структурной воды. Распад решетки.	300–500 820–840	Окисление железа. Кристаллизация (образование минерала с оливниновой структурой)	

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КРИВЫХ

Карбонатные минералы

Таблица 2

Эффекты Минералы	Эндотермический		Экзотермический		Типичная термограмма
	Интервал темп. °С	Причина проявления	Интервал темп. °С	Причина проявления	
Кальцит CaCO_3	900–940	Диссоциация		НЕТ	
Доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	750–800 900–950	Диссоциация, соответствующая двум компонентам минерала		НЕТ	
Сидерит FeCO_3	500–560	Диссоциация	600–750	Окисление железа	
Мангано- кальцит $(\text{Mn}, \text{Ca})\text{CO}_3$	700–800	Диссоциация изоморфной смеси	950–960	Окисление марганца	

Задание и содержание работы

- изучить основы термического анализа глинистых и карбонатных пород;
- изучить особенности строения температурных кривых глинистых и карбонатных пород по таблицам;
- определить глинистые, карбонатные минералы и примеси на контрольных термограммах.

Исходный материал: таблицы интерпретации температурных кривых, термограммы из образцов керна нефтяных месторождений Томской области.

Порядок выполнения работы

1. На термограммах, выданных преподавателем, определить глинистые и карбонатные минералы в мономинеральных породах по характерным эндотермическим и экзотермическим эффектам (используются табл.1 и 2).
2. Определяются глинистые, карбонатные минералы и примеси на термограммах полиминеральной смеси.
3. Дается полная характеристика контрольных термограмм с указанием температурных интервалов эндотермических и экзотермических эффектов, по которым определяются присутствующие в образцах минералы.

Форма отчетности

Отчет о проделанной работе представляется в виде таблиц с указанием номеров образцов, названий минералов с характерным для каждого из них эндотермическими и экзотермическими эффектами и интервалами температур их проявления.

Лабораторная работа № 14

Рентгеноструктурный анализ

К р а т к и е с в е д е н и я , н е о б х о д и м ы е д л я
в ы п о л н е н и я л а б о р а т о р н о й р а б о т ы .

Рентгеновский метод исследования осадочных пород используется для изучения минерального состава и структуры как отдельных минералов, так и смешанно-слойных образований. Изучаются минералы, представленные крупными кристаллами, в том числе единичные зерна, а также тонкодисперсные фракции размером менее 0,001 мм.

Рентгеновские исследования основаны на явлении дифракции (отражения) рентгеновский лучей от плоских сеток пространственной решетки кристалла. При отражении от целого ряда плоских сеток пространственной решетки происходит наложение волн, т.е. возникают явления интерференции. Интенсивность отражения зависит от величины межплоскостного расстояния и угла отражения.

В зависимости от способов регистрации различают два основных варианта:

- рентгеновскую дифрактометрию, когда отраженные кванты регистрируются с помощью различных счетчиков и записываются на ленте, т.е. регистрируется дифракционный спектр или интенсивность отражения;

- рентгеновский метод в камерах, когда рентгеновская картина фиксируется на фотопленке, т.е. регистрируются отражения в виде рентгенограммы.

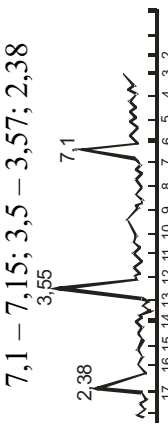
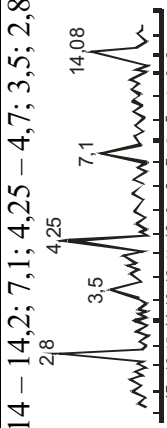
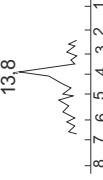
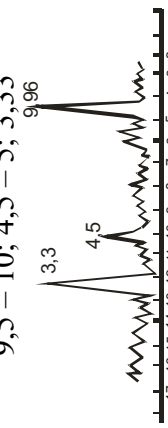
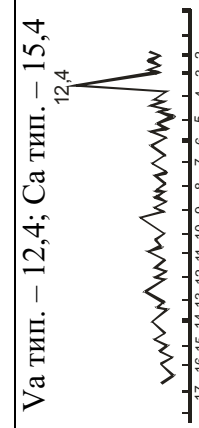
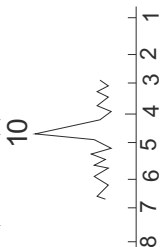
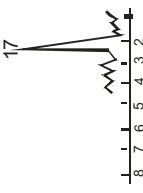
В настоящее время наиболее эффективным способом регистрации дифракционного спектра являются аппараты типа ДРОН (дифрактометры рентгеновские общего назначения). Дифрактометр позволяет автоматически регистрировать кривые интенсивности рентгеновского излучения в зависимости от углов дифракции. В дифрактометре рентгеновский пучок направляется на исследуемый образец и, отражаясь от него, через систему щелей попадает в счетчик. Во время съемки образец медленно поворачивается по отношению к потоку рентгеновских лучей, вследствие чего лучи падают на плоскости кристаллов под разными углами. Дифрактограмма регистрируется на специальной разграфленной бумажной ленте и представляет собой ломаную линию с характерными пиками (рефлексам) разной интенсивности. Одновременно на дифрактограмме отмечаются углы падения рентгеновских лучей на плоскости кристаллической решетки.

Каждый минерал в зависимости от структуры и кристаллографических особенностей характеризуется специфическим комплексом рефлексов в зависимости от углов отражения рентгеновских лучей.

В таблицах 3 и 4 приводится рентгенографическая характеристика минералов. Как видно из таблицы 3, некоторые рефлексы в разных минералах совпадают: 7,1 и 3,5 – каолинит и хлорит; 4,5 и 5 – гидрослюда и хлорит. В некоторых случаях близкие рефлексы накладываются друг на друга, сливаются. В связи с этим используются различные виды термической и химической обработки образца.

ДИФРАКТОГРАММЫ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ

Таблица 3

Минералы Рефлексы	Исходный образец	О б р а б о т к а		
		Прокаливание	5% раствор НСI	Насыщение глицерином
Каолинит		Исчезают	Сохраняются	Сохраняются
Хлорит		Сохраняются. Рефлекс 14 смещается до 13,8 – 13,9 	Исчезают	Сохраняются
Гидрослюды		Сохраняются	Сохраняются	Сохраняются
Монтмориллонит		Смещаются до 10 10 	Сохраняются	Смещаются до 17 – 17,8 17 

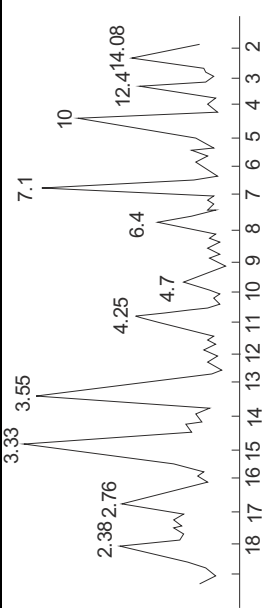
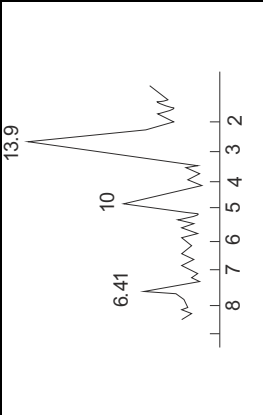
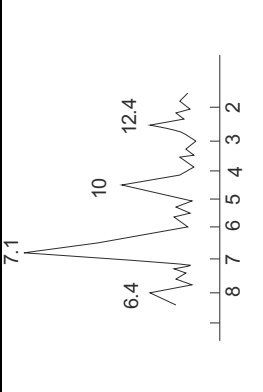
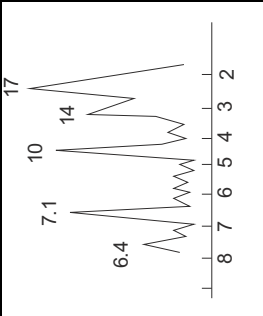
ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ РЕФЛЕКСЫ КАРБОНАТНЫХ МИНЕРАЛОВ И КВАРЦА

Таблица 4

Минералы	Исходный образец	Обработка
Кальцит	3,02 – 3,04	Рефлексы карбонатных минералов и кварца не совпадают с рефлексами других минералов, поэтому они не подвергаются дополнительной термической и химической обработке
Доломит	2,95 – 2,97	
Сидерит	2,72 – 2,8	
Кварц	6,38 – 6,41	

ПРИМЕР ДИАГНОСТИКИ ПОЛИМЕРНОЙ СМЕСИ

Таблица 5

Исходный образец	Обработка		
	Прокаливание	HCl	Насыщение глицерином
			

В образце присутствуют: каолинит (3,55; 7.1), хлорит (3,55; 4,7; 7,1; 14,08) Гидрослюда (3,33; 4,25; 10), монтмориллонит (12,4), кварц (6,41), сидерит (2,76).

После обработки подтверждается наличие в образце: каолинита (при прокаливании исчезают рефлексы 3,55; 7,1), хлорита (при обработке HCl исчезает рефлекс 14, 08), монтмориллонита (при насыщении глицерином смещается рефлекс 17)

Для диагностики каолинита в полиминеральной смеси препарат подвергается воздействию 5 %-ной соляной кислоты. В этом случае хлорит растворяется, на дифрактограмме рефлексы хлорита исчезнут, а рефлексы каолинита сохранятся. При нагревании препарата до 600°C каолинит аморфизуется, его рефлексы на дифрактограмме исчезают, а линии хлорита приобретают четкость.

Гидрослюды при нагревании сохраняют свою структуру, они не растворяются в соляной кислоте, т.е. при термической и химической обработке рефлексы остаются на месте.

Важным диагностическим признаком для определения монтмориллонита является насыщение препарата этиленгликолем или глицерином. Рефлексы монтмориллонита смещаются до 17–17.6, а рефлексы хлорита остаются.

Иногда монтмориллонит присутствует в смешанных слоистых образованиях. В этом случае рефлекс 12,4 не проявляется или смещается до 11. При обработке препарата глицерином присутствие монтмориллонита фиксируется рефлексом 17–17,8.

Рефлексы карбонатных минералов и кварца не совпадают с рефлексами других минералов (таблица 4). В связи с этим нет необходимости обработки препаратов для их дополнительной диагностики.

Задание и содержание работы

- изучить основы рентгеновского метода исследования осадочных пород, используя литературу [26] и пояснения преподавателя;
- освоить методы интерпретации дифрактограмм по рефлексам интенсивности и углам падения рентгеновских лучей на плоскости кристаллической решетки минералов;
- изучить методы обработки препаратов для правильной диагностики минералов, которые имеют близкие по значениям рефлексы.

Исходный материал: таблицы дифрактограмм глинистых, карбонатных минералов и кварца в исходных образцах и после их термической и химической обработки в полиминеральной смеси; дифрактограммы из образцов нефтяных месторождений Томской области.

Порядок выполнения работы

1. На дифрактограммах, полученных из дифрактометров разной модификации, определяются глинистые минералы по характерным рефлексам (пикам) и углам падения рентгеновских лучей.

2. Изучаются результаты термической и химической обработки полиминеральной смеси и проводится диагностика глинистых минералов, рефлексы которых накладываются друг на друга в исходных образцах.

3. Дается полная характеристика образцов по контрольным дифрактограммам с учетом их термической и химической обработки.

Форма отчетности

Отчет о проделанной работе выдается в виде таблиц с указанием номеров образцов, названия минералов с характерными рефлексам и изменениями после термической и химической обработки образцов.

Пример интерпретации дифрактограмм показан в табл. 5.

Лабораторная работа № 15

Электронно-микроскопические исследования

К р а т к и е с в е д е н и я , н е о б х о д и м ы е д л я
в ы п о л н е н и я л а б о р а т о р н о й р а б о т ы .

Электронно-микроскопические исследования применяются для выявления тонкодисперсных минералов и структуры горных пород.

Наибольшее распространение этот вид исследования находит при изучении глинистых минералов, цемента и структуры порового пространства обломочных и карбонатных пород.

По принципу действия электронные микроскопы разделяются на просвечивающие, отражательные, эмиссионные, растровые, теневые. Наиболее распространенными из электронных микроскопов являются просвечивающие и растровые (сканирующие).

Электронный микроскоп п р о с в е ч и в а ю щ е г о т и п а состоит из нескольких крупных узлов, основными из них являются:

а) источник электронов (электронная пушка);

б) набор электромагнитов и магнитов, выполняющих роль линз.

В тубусе электронного микроскопа поддерживается высокий вакуум (1×10^{-4} мм рт. ст.), необходимый для обеспечения свободного прохождения электронов.

Электроны, ускоряемые напряжением до 100000 В, достигают исследуемого образца, толщина которого не более 0,03 мм, и

сталкиваются с атомами вещества. При этом часть электронов отклоняется от первоначального направления. До экрана доходят только те электроны, которые не изменяют своего направления. В результате на экране получается сильно увеличенное, как бы теневое изображение объекта. Это изображение может быть получено на фотопленке.

Современные электронные микроскопы имеют разрешающую способность до $2,5 \text{ \AA}$ и позволяют получить увеличение до 200000 раз. Наиболее часто употребляемые увеличения - 5000–25000 раз.

Устройство **растрового** электронного микроскопа основано на телевизионном принципе развертки тонкого пучка электронов на поверхности образца. Растровый микроскоп дает возможность наблюдать визуально и фотографировать с кинескопа четкое, прямое, объемное изображение поверхности обломочных зерен, морфологические особенности тонкодисперсных и аморфных минералов, а также структуру порового пространства и ее мельчайшие детали. Увеличение от 12000 до 150000 раз.

Возможности электронно-микроскопического метода при изучении пород очень велики. Этот метод позволяет изучать исследуемое вещество в виде:

- отдельных частиц или кристаллов размером менее 1 микрона;
- отпечатков (реплик) с поверхности;
- ультратонких срезов.

Области использования данного электронно-микроскопического анализа следующие:

- выяснение областей сноса, генезиса пород;
- стратиграфическое расчленение толщ и корреляция разрезов;
- изучение процессов выветривания;
- изучение процессов цементации обломочных частиц;
- исследование постседиментационных изменений глинистых пород:

– изучение влияния термического воздействия, химических реагентов, различных деформаций на строение цементирующего вещества;

– исследование процессов микроагрегатобразования в связи с содержанием органического вещества, гидроокислов железа, сульфидов.

Для диагностики глинистых минералов при электронно-микроскопических исследованиях наибольшее значение имеют форма, четкость контуров, размер и прозрачность минералов. Эти признаки у разных минералов различаются, что и позволяет производить их идентификацию (табл.6).

Таблица 6

ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ

Минералы	Модификация	Морфология	Размеры, мкм	Плотность	Генезис
1	2	3	4	5	6
Каолинит	Э	Псевдогексагональная форма частиц с четкими контурами; хорошо развитые изометричные или слегка удлиненные кристаллы	Крупные 1–100	Непрозрачные	Эпигенетические кристаллы цемента, образовавшиеся при перекристаллизации алюмосиликатов в минерализованных пластовых водах
	О	Псевдогексагональная форма частиц иногда с отсутствием одной или двух граней: часто бывают размытые очертания	Мелкие 0,3–0,5	Полупрозрачные	Образуются при переносе в водной среде
	В	Чешуйчатые кристаллы преимущественно изометричной формы, утолщающиеся к краям; резкие очертания частиц	Мелкие 0,5–1,0	Непрозрачные	Образуются при выветривании слюдястых минералов
Хлориты		Изометрично-пластинчатая форма частиц; контуры несколько размытые, нечеткие	1,5–2,0	Полупрозрачные	Образуются в диагенезе; слагают цемент в обломочных породах, отдельные включения

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6
Гидроклады	2М	Изометрично-пластинчатая форма частиц с четкими контурами	Длина 1–3,0 Ширина 0,5–2,0	Неодинаковой плотности; часто непрозрачные	Образуются в катагенезе; цемент в обломочных породах
	IM	Удлиненно - пластинчатая , щепковидная форма частиц; края обломанные, расщепленные по спайности	Длина 1–1,5 Ширина 0,–0,5	Полупрозрачные	Эпигенетическое изменение слюды и полевых шпатов
	Na	Хлопьевидная форма частиц с распльвчатыми краями	Длина 0,5 – 1,0 Ширина 0,3 – 0,5	Полупрозрачные	Образуются в морских условиях
Монтмориллонит	Ca	Удлиненная форма частиц с менее распльвчатыми краями• шиповидными выступами	Длина 1,0 – 2,0 Ширина 0,5 – 0,7	Полупрозрачные	Образуются в катагенезе при замещении гидрослюды
	Mg	Тонкие нити, волокна с распльвчатыми очертаниями; иногда образуют волокноподобную массу	Длина 1,0 – 4,0	Полупрозрачные	Образуются при выветривании основных изверженных пород

Задание и содержание работы

- изучить основы и возможности применения электронно-микроскопических исследований;
- освоить методы диагностики глинистых минералов на фотографиях с электронного микроскопа, учитывая морфологию, размеры и плотность частиц;
- установить генезис глинистых минералов по их форме, четкости контуров, размерам и плотности на контрольных фотографиях из образцов керна нефтяных месторождений Томской области.

Исходный материал: таблицы электронно-микроскопической диагностики глинистых минералов, фотографии отпечатков (реплик) с поверхности образцов из глинистых пород и цемента песчаников нефтяных месторождений Томской области.

Порядок выполнения работы

1. На фотографиях с электронного микроскопа просвечивающего типа делаются количественные определения глинистых минералов.
2. Обосновывается генезис глинистых минералов по морфологии, плотности, размерам частиц.

Форма отчетности

Отчет о проделанной работе представляется в виде таблиц с указанием номеров образцов, названиями минералов и обоснования их генезиса.

Тема: ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Лабораторная работа № 16

Построение литолого-фациальных карт и палеопрофилей

Краткие сведения, необходимые для выполнения
работы

Накопление осадков происходит в определенных физико-географических условиях. Закономерное чередование комплексов пород позволяет судить о периодической смене условий осадконакопления и общем направлении изменения этих условий в различных периоды. Для выражения изменения состава отложений определенного стратиграфического отрезка на площади его распространения существует понятие «фация». Наиболее кратким и емким является определение, предложенное Н.В. Логвиненко [25]: *фация* – обстановка осадконакопления, современная или древняя, овеществленная в осадке или породе. Способы реконструкции этих обстановок для прошлых периодов в истории Земли называются *фациальным анализом*. Вещественным выражением обстановок седиментации является *литогенетические типы (литотипы)* – ассоциации пород, обладающих комплексом первичных генетических признаков, которые включают в себя литолого-геохимический состав, остатки древних организмов и следы их жизнедеятельности, морфологию осадочных образований.

Для построения учебных (региональных) литолого-фациальных карт и профилей разработана таблица 7, в которой приводится краткая характеристика литотипов, а также высоты суши и глубины акваторий по данным из работ по седиментологии и фациальному анализу [2, 3, 12, 21, 22, 24, 29, 35, 36].

Таблица 7

ТИПЫ ФАЦИЙ И ГЛУБИНЫ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

Группа	Подгруппа	Индекс	Обстановка осадконакопления	Литология	Высота суши (+) или глубина акватории (-), м
1	2	3	3	5	6
Континентальная	Делювиально-коллювиальная	КЛС	Верховья склонов	Брекчии с железистым, глинистым цементом	+0,5
		КЛП	Подножья склонов	Мелкообломочные брекчии, гравелиты, радиозернистые песчаники	+1,0
	Проллювиальная	ПВР	Временные потоки	Конгломерато-брекчии с неокатанными и полуокатанными обломками, песчаным заполняющим веществом	-1
		ПВВ	Временные водоемы	Глины серые песчанистые с неокатанными и полуокатанными крупными обломками, слоистость нечеткая горизонтальная, волнистая или отсутствует; комковатая текстура. Иногда обильные растительные остатки.	-0,5
	Аллювиальная	АРС	Русловые отмели спрямленных	Песчаники разномзернистые с гравием и галькой; в подошве – базальные конгломераты	-3
		АРГ	Русловые отмели ветвящихся (горные) рек	Конгломераты, гравелиты, песчаники с гравийными зернами; хорошая окатанность галек, косая однонаправленная слоистость.	-2
		АРМ	Русловые отмели меандрирующих (равнинных) рек	Песчаники средне- и мелкозернистые, переходящие вверх по разрезу в алевролиты. Слоистость косая однонаправленная, в сочетании с горизонтальной. Растительные остатки крупные и детрит. В подошве – конгломераты внутриформационные.	-2
		АСП	Старицы	Песчаники разномзернистые с гравием и галькой; в подошве и кровле – конгломератовидные породы	-3

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6
Континентальная	Аллювиальная	АПП	Внешняя (песчаная) часть поймы	Песчаники мелкозернистые алевритистые, глинистые, с плохой сортировкой обломочного материала, с мелкой косой слоистостью с обильным растительным детритом.	0,5
		АПГ	Внутренняя (глинистая) часто поймы	Алеврито-глинистые отложения. Глины темно-серые до черных с прослоями алевролитов, почв. Песчаный материал составляет > 20 %. Слоистость тонкая косоволнистая, горизонтальная, линзовидная. Обильный растительный детрит.	0
		АПО	Озера, болота поймы	Глины темно - серые, коричневые, углистые с прослоями углей. Слоистость волнистая, линзовидная, неправильная, горизонтальная. Текстура комковатая. Многочисленные корневые остатки, отпечатки растений.	-1
	Эоловая	АД	Речные дюны	Песчаники мелкозернистые с хорошей сортировкой и окатанностью обломочного материала, кварцевого состава, с пленочным железистым цементом.	+1
Переходная	Дельтовая	ПУБ	Устьевой бар	Песчаники мелкозернистые с хорошей и средней сортировкой обломочного материала. Слоистость косая, крупная, однонаправленная сходящаяся или разнонаправленная клиновидная. Обилие растительных остатков, отпечатки листьев, обломки древесины; пеллециподы. В подошве – следы размыва в виде окатышей глин и конкреций сидерита.	+1
		ПДК	Дельтовые каналы надводной равнины	Песчаники мелкозернистые, алевролиты; отсортированность обломочного материала плохая. Слоистость волнистая, косая сходящаяся. Многочисленные включения сидерита, обилие растительного детрита, обломки стволов.	-1
		ПДМ	Межканальные участки надводной равнины дельтового комплекса	Песчано-алеврито-глинистые породы, почвы. Слоистость горизонтальная, линзовидная, неправильная. Текстура комковатая. Обильный растительный детрит, корневые остатки; включения сидерита.	0

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6
Переходная	Дельтовая	ПДБ	Бороздины подводной равнины дельтового комплекса	Песчаники мелкозернистые с хорошей и средней сортировкой обломочного материала. Слоистость косая, косоволнистая. Растительный детрит, редкие пелециподы.	-5
		ПДР	Участки между бороздинами подводной равнины дельтового комплекса	Глинисто-алевритовые породы с косоволнистой, линзовидной, волнистой слоистостью. Многочисленные следы жизнедеятельности роющих организмов.	-3
		ПДС	Подводный склон дельтового комплекса	Песчаники мелкозернистые с хорошей сортировкой обломочного материала. Слоистость косая мелкая, линзовидная. Растительный детрит, редкие пелециподы.	-2
	Заливно-лагунная	ПЗП	Прибрежные части заливов	Песчаники мелкозернистые алевритистые, глинистые; обилие сидерита; включения угля в гумидных областях, гипса, доломита – в аридных.	-2
		ПМО	Приморские озера	Глины черные с пиритом в гумидных областях; карбонаты, сульфаты, хлориды – в аридных.	-3
		Отсутствие отложений		Высокое побережье	+5+10
				Низкое побережье	+0,5+1
Морская	Прибрежная	ППГ	Прибрежная полоса на скалистом берегу	Конгломераты, гравелиты.	-1
		ППП	Прибрежная часть низменных равнин при обильном поступлении обломочного материала	Песчаники мелкозернистые алевриты с хорошей и средней сортировкой обломочного материала. Слоистость волнистая, косоволнистая, линзовидная. Многочисленные следы жизнедеятельности роющих животных; остатки морской фауны; включения хлорита.	-3
		ППБ	Бары, барьерные острова	Песчаники мелко- и среднезернистые с хорошей сортировкой обломочного материала. Слоистость косая, пологая от крупной до мелкой, однонаправленная и разнонаправленная, косоволнистая. Отдельные прослои горизонтально-слоистые. Морская фауна, следы жизнедеятельности роющих организмов, целые или разбитые раковины.	+1

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6
М о р с к а я	П р и б р е ж н а я	ППЛ	Пляжи	Песчаники крупно-, средне- и мелкозернистые с хорошей отсортированностью обломочного материала, обогащенные тяжелыми минералами. Слоистость косая клиновидная, иногда тонкая. Остатки фауны иногда в виде целых и битых раковин, часто окатанных.	0
		ППТ	Разрывные течения	Песчаники мелко-среднезернистые. В подошве – галька, карбонатные конкреции. Слоистость косая однонаправленная, часто сходящаяся. Морская фауна, многочисленные следы жизнедеятельности роющих животных.	-5
		ППА	Забаровые лагуны	Глинисто-алевритовые отложения. Глины темно-серые, черные с углями, конкрециями сидерита и пирита, с прослоями песчаников в краевых частях лагуны. Слоистость волнистая, косоволнистая, линзовидная, горизонтальная, часто нарушенная ходами роющих животных. Корневые остатки, отпечатки листьев, растительный детрит.	-1
		ППМ	Приморские болота (марши)	Глины темно-серые, черные, углистые, с прослоями углей, почв. В верхах разреза – глинисто-алевритовое неправильное чередование. Слоистость горизонтальная, линзовидная, неправильная. Текстура комковатая, пятнистая. Обрывки вертикальных стволов деревьев корневые остатки, отпечатки листьев.	-0,5
		ППД	Дюны на морском берегу	Песчаники мелкозернистые с хорошей сортировкой и окатанностью обломочного материала, слабо сцементированные. Слоистость отсутствует.	+1

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6
М о р с к а я	М е л ь ф а ш е л ь д о н о Г о М е к о в о д н о е м о р с к о е д н о	ММТ	Головные части размывных течений	Песчаники мелкозернистые с хорошей сортировкой и окатанностью обломочного материала. Слоистость разнонаправленная клиновидная. Включения глауконита. Морская фауна, фораминиферы.	-3
		ММВ	Покровы, гребни мелководного шельфа	Песчано-алевритовые осадки с хорошей отсортированностью и окатанностью обломочного материала. Слоистость косая разнонаправленная, чередующаяся с горизонтальной. Остатки донных морских организмов. Включения глауконита.	-10-20
		ММО	Отмели на поднятиях морского дна	Песчаники средне- и мелкозернистые с хорошей отсортированностью и окатанностью обломочного материала. Слоистость волнистая.	-1-3
		ММИ	Морское дно, покрытое зарослями водорослей, с многочисленной бентоносной фауной	Органогенно-обломочные известняки.	-20-30
		ММБ	Органогенная постройка на морском дне в виде подводного холма, выступа (биогерм)	Органогенные известняки.	-10-20
		ММР	Органогенная постройка, созданная колониальными организмами и достигающая поверхности воды (риф)	Массив органогенных известняков.	+1+5

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6
М о р с к а я	Мелководного шельфа	ММС	Морское дно и склоны рифа с обломками колониальных организмов	Органогенно-обломочные известняки.	-10-20
		ММА	Удаленные от берега участки мелководного шельфа при обильном поступлении обломочного материала	Алевролиты глинистые, глины. Слоистость горизонтальная, пологоволнистая. Морская тонкостенная фауна, фораминиферы. Многочисленные следы жизнедеятельности роющих организмов. Включения глауконита.	-5
	Глубоководного шельфа	ММГ	Удаленное от берега дно открытого морского бассейна	Глины серые, зеленовато-серые монтмориллонитовые и гидрослюдистые. Содержание алевритового материала не более 10 % Слоистость горизонтальная тонкая, правильная или отсутствует. Прослои мергелей, глинистых известняков Морская тонкостенная фауна.	-10-15
		МГУ	Глубоководные области	Известняки пелитоморфные. Фораминиферы, ихтиодетрит.	-30

Для детальных учебных и научных исследований приводятся таблицы 8-31 некоторых фаций в основном терригенного осадконакопления, составленных по работе В.С. Муромцева [29] с дополнениями автора [18] и рисунок 30. В этих таблицах рассматриваются генетические признаки, границы, геометрия и формы распространения осадочных тел, седиментологические и электрометрические модели соответствующих фаций.

Под *седиментологической моделью фации* понимается смена в определенной последовательности динамики среды седиментации. Гидродинамическая активность оценивается по 5 режимам (уровням): очень высокий-I, высокий-II, средний-III, низкий-IV, очень низкий-V. Каждому палеогидродинамическому уровню среды седиментации соответствуют определенные литологические свойства пород (гранулометрический состав, глинистость), которые отражаются на электрокаротажных диаграммах положительными и отрицательными отклонениями (аномалиями) кривой ПС (метод потенциалов собственной поляризации). Учитывая относительную амплитуду аномалий ($\alpha_{\text{пс}}$), В.С. Муромцевым [29] разработана *электрометрическая модель фации* – отрезок кривой ПС, образованный одной или несколькими аномалиями, отражающими характерную последовательность смены палеогидродинамических уровней среды седиментации во времени. Линия $\alpha_{\text{пс}}=0,5$ рассматривается как разделительная между песчаниками и алеврито-глинистыми породами.

Таблица 8

Фация временных потоков (пролювиальная)

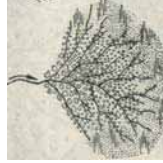
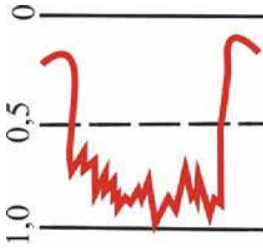
Генетические признаки						Модели
Внутреннее строение		Границы			Пространственное размещение	Седиментологическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подощва, кровля	Зоны выклинивания		
Песчаники разномзернистые с гравием и галькой, гравелисты. Md>0,25mm Размеры зерен уменьшаются вверху по разрезу	Косая однонаправленная. Подчеркивается сменой гранул. состава и раст. детритом. Углы наклона 40-20°, в верхней части < 20°. Иногда наблюдается градационная слоистость.	Крупные обломки древесины, ориентированные вдоль потока, в нижней части. Вверху растительный детрит	Подощвенная и кровельная линии песчаного тела выражены резко	Постепенное выклинивание к краевым частям	Линзообразно вогнутая, симметричная и асимметричная. Ширина десятки метров, мощность 2,0-5,0 м.	Конусовидная, языкообразная форма тела площадью сотни кв.км
						Высокая активность среды седиментации I уровня, который иногда снижается до II
						Аномалия расположена в зоне отрицательных отклонений ПС. α _{ПС} – 1,0–0,8. Вид 4-угольника с горизонт. кровельной и подошв. линиями, вертик. боковой, осложненной зубчатостью или рассеченной
						

Таблица 9

Фация русловых отmelей спрямленных рек

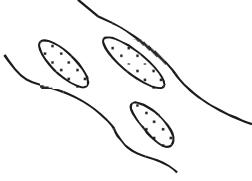
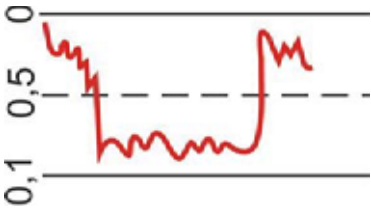
Генетические признаки						Модели	
Внутреннее строение		Границы		Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая	Электрометрическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подощва, кровля	Зоны выклинивания			
Песчаники крупно - и среднезернистые с гравием и галькой. $Md > 0,25 \text{ мм}$ Осортiroванная плохая. $S_0 > 4$	Косая крупная однонаправленная, линейная, иногда сходящаяся. В основании косых серий – гравийные зерна, гальки кварца, кремня, окатыши и обломки глин	Отсутствуют	Нижняя и верхняя границы песчаного тела резкие. В подошве следы интенсивного размыва (конгломераты)	Постепенное выклинивание к краевым частям	Линзовидно-изогнутая, асимметричная. Ширина сотни метров, мощность в осевой части до 10 м	Высокая гидродинамическая активность в течение всего времени формирования (I и II уровни)	Аномалия расположена в зоне отриц. отклонения ПС. Вид 4-угольника. Кровельная и подошв. линии горизонт., бок.-вертикальная волнистая. $\alpha_{\text{ПС}} - 1,0 - 0,8$
					 		

Таблица 10

Фация русловых отmelей ветвящихся горных рек

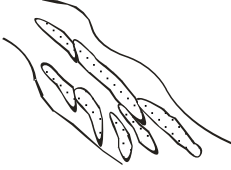
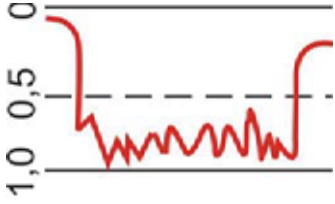
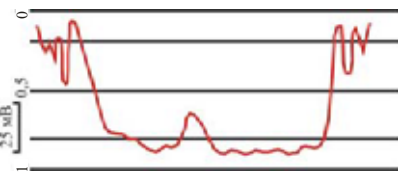
Генетические признаки					Модели	
Внутреннее строение		Границы		Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подощва, кровля	Зоны выклинивания		Электрометрическая
Гравелиты, песчаники крупнозернистые гравийными зернами и галькой. $Md > 0,25 \text{ мм}$ Отсортированность плохая. $S_0 > 4$. Хорошая окатанность галек. Вверх по разрезу размеры зерен уменьшаются	Крупная косая односторонняя, сходящаяся, слабо заметная	Крупные и мелкие растительные остатки, ориентированные вдоль потока	Нижняя поверхность неровная со следами интенсивного размытия (крупная галька в подошве). Верхняя граница резкая с отложениями поймы	Песчаные галечные тела соприкасаются краевым и частями или расположены кулисообразно. Поймы образуются песчаными осадками	Линейно-вытянутые ветвящиеся тела длиной сотни и тысячи км	Аномалия расположена в зоне отриц. откл. ПС, вид 4-угольн. с гориз. кровельн. и подощв. линиями и вертикальн. боковой, интенсивно рассеченной. $\alpha_{\text{ПС}} - 1,0 - 0,8$
						

Таблица 11

Фация русловых отmelей меандрирующих рек

Генетические признаки					Модели	
Внутреннее строение		Границы		Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подощва, кровля	Зоны выклинивания		Электрометрическая
Песчаники средне-мелкозернистые, переходящие вверх по разрезу в алеролиты. Md - от 0,2–0,3мм внизу до 0,1–0,08мм вверх. Отсортированность средняя, плохая. S ₀ - 2,5–4	Косая односторонняя, иногда сходящаяся. В основании – серийный грубозернистый материал	Крупные обугленные растительные остатки	В подощве граница резкая, со следами размыва (конгломератовидные породы, линзочки угля). В кровле – отчетливая, постепенная	Расщепляются на несколько песчаных прослоев	Линейно вытянутые полосовидные песчаные тела длиной сотни и тысячи км 	Аномалия расположена в зоне отриц. отклон. ПС. $\alpha_{\text{ПС}} - 1,0-0,7$. Вид 4-угольн., кровельн. линия пологонаклонная, боковая - почти вертикаль., подощв. – гориз. 

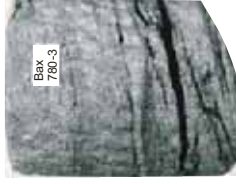


Таблица 12

Фация стариц

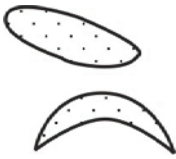
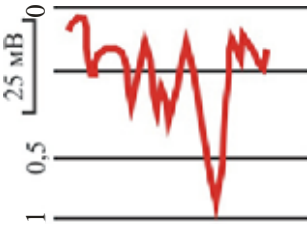
Генетические признаки					Модели	
Внутреннее строение		Границы		Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подощва, кровля	Зоны выклинивания		Электрометрическая
Песчаники – средне-мелкозернистые. Md от 0,15–0,20 мм внизу до 0,1–0,06 мм вверху. Отсортированность плохая. $S_0 > 4$ 	Косая пологая, разнонаправленная, клиновидная. В основании косых серий встречаются гравийные зерна и мелкая галька. Вдоль косых серий отмечаются конкреции (1–2 см) сидерита 	Растительный детрит. Внизу – крупный, вверху – мелкий, обильный	В подощве граница резкая; встречаются гравийные зерна, мелкая галька кварца, окатыши глин, конкреции и сидерита	Постепенное выклинивание. Линзы удлинены в сторону русла, укорочены в сторону поймы	Отдельные песчаные тела серповидной формы длиной сотни метров 	Сложная аномалия расположена в зоне отриц. откл. ПС. $\alpha_{ПС} - 0,6-0,7$. Кровельная линия наклонена, осложнена зубчатостью; боковая – вертикаль, рассеченная; подошвенная – гор. 

Таблица 13

Фация береговых валов

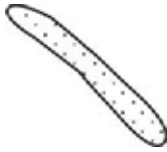
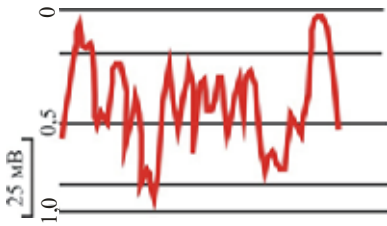
Генетические признаки							Модели	
Внутреннее строение		Границы			Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая	Электрометрическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подошва, кровля	Зоны выклинивания				
Песчаники мелкозернистые, Md – 0,1–0,06 мм. Отсортированность плохая. S ₀ > 4	Косая и косоволнистая	Растительный детрит, очень тонкие линзочки угля в кровле	Нижняя и верхняя границы резкие. В подошве – мелкие окатыши глины	Постепенное выклинивание в сторону поймы; расщепляется на несколько прослоев в сторону русла	Линзообразно-выпуклая, асимметричная. Ширина 3–25м, мощность – 0,5–2,5 м	Узкие линейно-вытянутые, иногда овальные песчаные тела длиной единицы и десятки км	Повышенная гидрохимическая активность в начале формирования (ШУ) и ее резкое последующее ослабление	Вид треугольника, расположен. в зоне отриц. откл. ПС. Кровельная линия наклон., подошв. – горизонтальная $\alpha_{\text{ПС}} - 0,6–0,5$
								

Таблица 14

Фация песков разливов

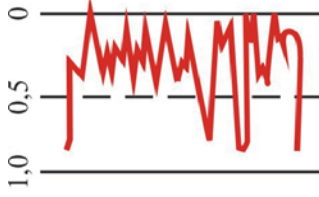
Генетические признаки							Модели	
Внутреннее строение		Органические остатки	Границы		Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая	Электрометрическая
Гранулометрия	Слоистость		Подоща, кровля	Зоны выклинивания				
Песчаники мелкозернистые глинистые и алевролиты. $Md - 0,1 - 0,05$ мм	Косая очень мелкая 	Растительный детрит	Нижняя и верхняя поверхности резкие. В подошве окатыши глин. Кровля полого наклонена в сторону русла	Постепенное выклинивание в сторону поймы	Линзообразная, вогнутая, резко асимметричная. Ширина десятки и сотни метров, мощность – 0,5–2,5 м 	Языкообразная форма песчаного тела площадью единицы и десятки кв. км 	Резко меняющаяся по времени гидрохимическая обстановка (III и IV уровни)	Вид треугольника, расположенного вершиной в переходной зоне. $\alpha_{\text{гис}} - 0,5$. Кровельная линия пологонаклон., подощв.- гориз. Аномалии располагаются группами 
Отсортированность плохая. $S_0 > 4$								
Вверх по разрезу и в сторону поймы увеличивается количество глинистого материала								

Таблица 15

Фация внутренней (глинистой) части поймы

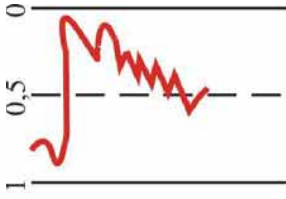
Генетические признаки						Модели	
Внутреннее строение		Границы		Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая	Электрометрическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подолша, кровля				
Алевритоглинистые отложения. Глины темно-серые до черных с прослоями светло-серых алевритов, углей, почв. Песчаный материал < 20 %	Косоволнистая, горизонтальная тонкая 	Следы вертикально стоящих растений, отпечатки листьев, споры, пыльца, корневые остатки 	Верхняя граница резкая	Постепенное выклинивание в сторону русла	Линейно вытянутые тела сложным контуром площадью сотни и тысячи кв. км 	Переход от IV к V уровню. Заключительные этапы формирования при очень низком V уровне	Сложная аномалия, состоит из четырех- и трехугольников, расположенных в зоне полож. откл. ПС. $\alpha_{\text{ПС}} < 0,2$. Кровельн. линия – гориз., боковая – верт., подолш. –наклон., зубчатая 

Таблица 16

Фация речных дюн (эоловая)

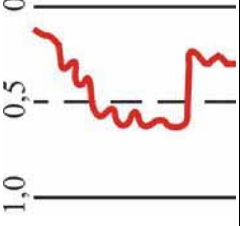
Генетические признаки					Модели	
Внутреннее строение		Границы			Седиментологическая	Электрометрическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подошва, кровля	Зоны выклинивания	Форма поперечного сечения	Пространственное размещение
Песчаник мелкозернистый Md – 0,1 мм Отсортированность хорошая S ₀ – 1,2-1,8 мм. Обломочные зерна окатаны. Преимущественно кварцевый состав. Окрашен в красный, оранжевый, желтый цвета из-за ожелезнения. Слабо сцементирован.	Косая крупная, пологая или отсутствует	Отсутствуют. В верхних частях – корни растений	Подошвенная граница резкая. Кровельная – резкая или отчетливая. С вышележащими углисто-глинистыми отложениями при наличии растительности	Постепенное выклинивание к краевым частям	Линзообразно-выпуклая, симметричная. Ширина – 8–15 м, высота – 2–3 м 	Линейно-вытянутые параллельно руслу песчаные тела длиной десятки и сотни метров  
						Вид 4-угольника, осложненного в верхней части 3-угольн. Небольшие отриц. откл. ПС. $\alpha_{\text{ПС}} - 0,5-0,6$. Кровельн. линия крутонаклонная, боковая – верт., подошвенная – горизонтальная прямая 

Таблица 17

Фация устьевых баров

Генетические признаки						Модели	
Внутреннее строение		Границы		Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая	Электрометрическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подолва, кровля	Зоны выклинивания			
Песчаники мелкозернистые. $Md - 0,08-0,12$ мм. Отсортированность хорошая. $S_0 - \text{ок. } 2$. Содержание песчаных пород 40–60 %. В основании – галька глинистых тонкослоистых алевролитов	Косая крупная, однонаправленная сходящаяся и разнотонная, правленая, клиновидная. В верхах – тонкая горизонтальная.	Обилие обугленных растительных остатков.	Верхняя и нижняя границы резкие. В подошве следы размыва в виде окатышей глинистых конкреций сидерита	Песчаное тело двусторонне – зубчатое	Линзообразно – двояковыпуклая. Ширина – единицы и десятки км. Мощность до 10 м	Увеличение палеогидродинамической активности от IV до II–I уровней, затем стабилизация и в конце постепенное ослабление динамики среды до IV–V уровней	Сложная аномалия ПС в виде равнобедренной трапеции в зоне отриц. отклонений. $\alpha_{\text{ПС}} - 0,8-0,6$. Подошв. линия – наклонная прямая или зубч.; боковая – вертикал. прямая или волн., кровельн., наклон. прямая, волнистая или зубчатая

Таблица 18

Фация пляжей

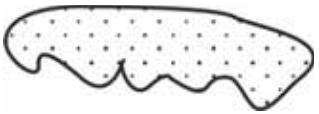
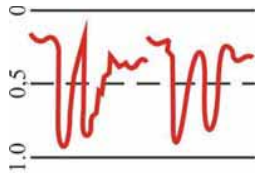
Генетические признаки						Модели	
Внутреннее строение		Границы		Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая	Электрометрическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подоща, кровля	Зоны выклинивания			
Песчаники крупно-средне- и мелкозернистые, галечники. $Md - 0,15-0,25$ мм и более. Отсортированность хорошая. $S_0 - 1,5-1,8$ Обломочный материал хорошо окатан. Иногда обогащены тяжёлыми минералами	Косая тонкая, пологая, одно- и разнонаправленная; иногда клиновидная, подчеркнута, вается растительным детритом	Остатки фауны встречаются редко; иногда изобилуют в виде целых и битых раковин, часто окатанных. Намывы растительного детрита. В кровле – остатки корневых систем	Верхняя и нижняя границы резкие. Залегают на песчаном алевритовых глинистых отложениях забаровых лагун. Перекрываются глинисто-алеврит. отложениями с корневыми остатками и линзами угля	Расщепляются на отдельные прослои в сторону моря. Постепенно выклиниваются к береговому уступу	Линейно выпянутые тела длиной десятки км	Гидродинамическая активно-песчаного тела имела прерывистый характер, всегда увеличиваясь в конечных стадиях его отложения (до П-I уровней)	Аномалия ПС в виде двух слившихся 3-угольников с вершинами в зоне отриц. отклонений. $\alpha_{\text{ПС}} - 1,0-0,8$. Подошв. линия наклонная зубчатая или рассеченная; бок. – отсутствует; кровельная – горизонт. прямая или зубчатая
							

Таблица 19

Фация вдольбереговых трансгрессивных баров и подводных валов

Генетические признаки							Модели	
Внутреннее строение		Границы			Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая	Электрометрическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подошва, кровля	Зоны выклинивания				
Песчаники среднезернистые до мелкозернистых Md-0,25-0,1мм. Отсортированность хорошая. S ₀ - ок. 2. Размеры зерен уменьшаются вверх по разрезу. Присутствуют глауконит, хлорит	Крупная косая, пологая, разнородно-однонаправленная, сходящаяся, переходящая в косоволнистую	Следы жизнедеятельности морских роющих животных, целые или битые раковины	В подошве граница резкая со следами размыва. В кровле – отчетливая или постепенная с вышележащими песчано-глинистыми отложениями	Постепенное выклинивание в сторону моря. В сторону лагуны расщепляется на несколько песчаных прослоев	Линзообразно-выпуклая, асимметричная. Ширина – сотни метров, единицы км. Высота – до 10 м	Линейно вытянутые параллельно берегу тела длиной и десятки и сотни км	Высокая гидродинамика среды в начальном этапе – I-II ур., затем снижение гидродинамической активности до III-IV уровней	Аномалия ПС в виде 3-угольника, распол. в зоне отриц. откл. $\alpha_{\text{ПС}} - 1,0-0,6$. Подошв. линия горизонт., боковая – отсутствует, кров. – наклонно-зубчатая

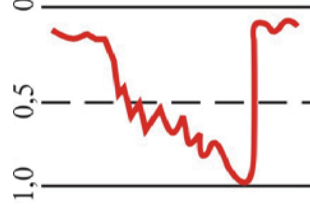
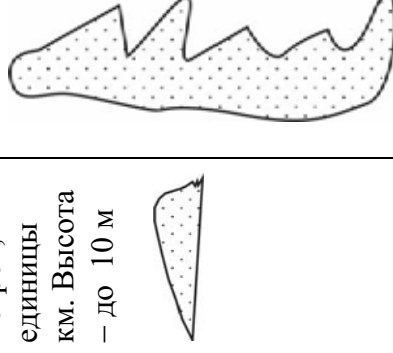


Таблица 21

Фация барьерных островов

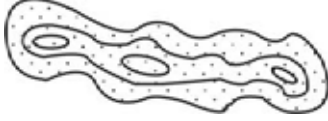
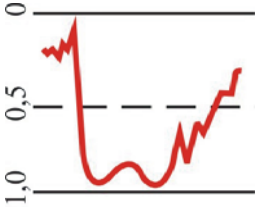
Генетические признаки					Модели	
Внутреннее строение		Границы		Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подошва, кровля	Зоны выклинивания		Электрометрическая
Песчаники мелко-средне- и крупнозернистые Md – 0,15–0,30 мм. Отсортированность хорошая. S₀ - 1,8 - 2,2. Слабо сцементированы 	Косая пологая, от крупной до мелкой, косо волнистая. Отдельные прослои горизонтально-слоистые 	Морская фауна, следы жизнедеятельности морских роющих животных. В кровле корневые остатки, прослои углей 	Верхняя и нижняя границы резкие. В подошве следы размыва. Перекрываются маломощными углистыми прослоями за счет растительности	Пластообразно-выпуклая. Ширина – единицы и десятки км, высота – до 10 м. Образуются при слиянии регрессивных баров и превращаются в острова	Расщепляется на несколько песчаных прослоев в обе стороны 	Сложная аномалия ПС, сост. из треугольника и черугольника, распол. в зоне отриц. откл. $\alpha_{\text{ПС}} - 0,8 - 1,0$. Кровельная линия горизонт., боковая – верт. ровная или волн., подовш. – наклон., зубчат. или расщепленная 

Таблица 22

Фация забаровых лагун

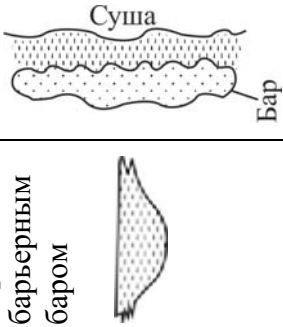
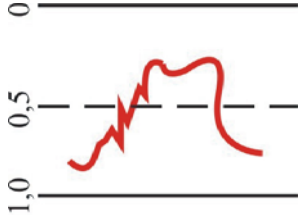
Генетические признаки					Модели	
Внутреннее строение		Границы		Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подощва, кровля	Зоны выклинивания		Электрометрическая
Глины серые, черные с прослоями углей, конкреций сидерита и пирита в центральной части; с прослоями мелкозернистых песчанников и алевролитов в краевых частях лагуны	Волнистая, косоволнистая, линзовидная, горизонтальная, часто нарушенная ходами роющих животных и оползанием полувязкого осадка	Мелкие пелициподы, отпечатки листьев, растительный детрит	Нижняя граница резкая. Верхняя – постепенная вышележащими глинистыми отложениями центральной части при трансгрессии и глинисто-алевроитовыми песчаными отложениями краевых частей при регрессии	Постепенное замещение верхней части бара; постепенное выклинивание к берегу	Линзообразно вогнутая, асимметричная. Ширина десятки км. Мощность до 4м. Формировалась между морем и барьерным баром	Аномалия ПС в виде неправильной трапеции в зоне полож. откл. $\alpha_{\text{ПС}} - 0,2-0,4$. Подошв. линия - горизонт., боковая – вертикальн. волн.; кровельн. – наклонная, зубчатая
						

Таблица 23

Фация головных частей разрывных течений

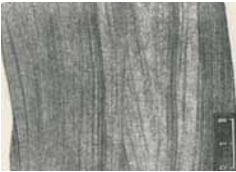
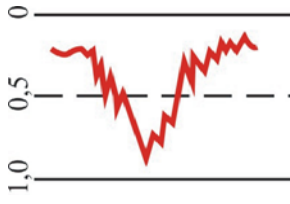
Генетические признаки							Модели	
Внутреннее строение		Границы			Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая	Электрометрическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подошва, кровля	Зоны выклинивания				
Песчаники мелкозернистые. Md – 0,06–0,12 мм. Отсортированность хорошая. S ₀ –ок.2. Обломочный материал хорошо окатан. Встречаются зерна глауконита	Косая разнонаправленная, клиновидная 	Фораминиферы и другая типично морская фауна	Верхняя и нижняя границы резкие. В подошве следы размыва (окатыши тонкослоистых алевролитов, глин)	Расчленяется на отдельные прослои с обеих сторон (двустороннее зубчатое песчаное тело)	Линзообразно-двояковыпуклая. Ширина – единицы и десятки км. Мощность – 2–5 м 	Изометрические тела конусов выносов площадью сотни кв. км. Песчаные тела залегают изолированно	Постепенное нарастание динамической активности среды (от IV к III уровню) и после достижения высокого (II) уровня ее постепенный спад	Аномалия ПС в виде равнобедренного треугольника в зоне отриц. отклонений α _{пс} – 0,6–0,8. Подошвенная и кровельная линии наклонно прямые, зубчатые или расщепленные; боковая – отсутствует 

Таблица 24

Фация промоин разрывных течений

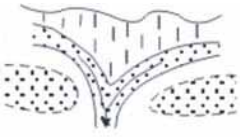
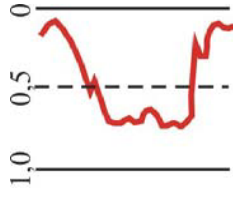
Генетические признаки					Модели	
Внутреннее строение		Границы		Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подощва, кровля	Зоны выклинивания		
Песчаники мелкозернистые. $Md - 0,15-0,25$ мм. Отсортированность хорошая. $S_0 - \text{ок. } 2$. Встречаются карбонатные конкреции.	Косая односторонняя, часто сходящаяся. Иногда слабо заметна.	Морская фауна, широко развиты роющие формы	В подошве следы размыва (гальки). Верхняя граница постепенная с отложениями баров при трансгрессии, отчетливая с песчаноглинстыми отложениями лагун при регрессии	Постепенное замещение алевролитами и глинами	Линейно-вытянутые ветвящиеся тела площадью десятки кв. км	Стабильно высокая (П) уровень гидродинамическая активность среды седиментации, слегка уменьшающаяся в конце
						Аномалия ПС в виде 4-угольника в зоне отриц. отклон. $\alpha_{\text{ПС}} - 0,8-0,6$. Подошв. линия гориз., прямая или осложненная зубч.; боковая – вертик. волн. или зубчат.; кровельная – накл. прямая зубч. или рассеченная
						

Таблица 25

Терригенные фации мелководного шельфа

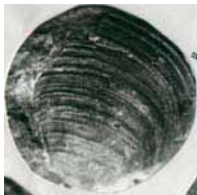
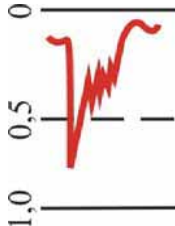
Генетические признаки						Модели	
Внутреннее строение		Границы		Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая	Электрометрическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подошва, кровля				
Песчаники мелкозернистые. Md – 0,1 мм Отсортированность хорошая S ₀ – 1,8–2,2. Обломочный материал хорошо окатан.	Косая разнонаправленная, чередующаяся с горизонтальной, косоволнистая	Остатки донных морских организмов, следы жизнедеятельности роющих животных	Нижняя и верхняя границы резкие, неровные.	В сторону моря постепенно замещаются глинистыми отложениями фации открытого моря	Линзообразно-выпуклая, асимметричная Ширина - сотни метров, единицы км. Высота 10–40 м. Формируется на глубине 10–100 м. Отмечается групповой характер развития песчаных тел	Динамика среды – средняя (Ш ур.); максимальная активностность проявляется в конце формирования песчаного тела	Аномалия ПС в виде узкого треугольника, распол. вершиной в зоне отриц. отклон. $\alpha_{\text{ПС}} - 0,6-0,5$. Подошв. линия полого-наклонная зубчат., рассеч.; боков. – отсутств.; кров. – горизонт., иногда зубчат., рассеченная
		 					

Таблица 26

Карбонатные фации мелководного шельфа

Генетические признаки							Палеогеографическая приуроченность	Геофизическая характеристика
Форма Поперечного сечения	Внутреннее строение		Границы		Пространственное размещение			
	Состав	Слоистость	Органические остатки	Подошва, кровля		Зоны выклинивания		
А. Уплотненная линзообразная (биостром). Б. Линзообразно-выпуклая (биогерм). В. Куполовидная (риф). Ширина – сотни метров – сотни км. Высота – десятки – сотни метров	Чистый карбонатный состав. Наличие биоморфных пустот. Широко развиты процессы катагенетической доломитизации. Пористость 40–50 %, неравномерно распределение внутри массива	Слоистость отсутствует. Зональность строения: ядро сложено остатками организмов в прижизненном положении; склоновые обломочные известняки, обр. при разрушении ядра волнами; фораминифер известняки вокруг рифовых построек	Массивы создаются колониальными или нарастающими организмами: кораллами, иглокожими, строматопорами, мшанками, водорослями	Нижняя и верхняя границы – резкие	Отчетливые контакты фациальных зон в плане	1. Овальн., округлые острова площадью сотни км ² (островные, атолловые рифы). 2. Протяж. полосовидные тела вдоль береговой линии длиной десятки км (береговые рифы); тысячи км (барьерные рифы)	Высокие сопротивления и отрицательные аномалии ПС (электрометрический каротаж), высокие значения интенсивности НГК и низкие значения гамма-активности (радиоактивный каротаж)	
							Открытое море, отсутствие речного стока. Глубина образования 20–70 м. Острова, отмели, сопряженные с глубоководными впадинами (атоллы, островные рифы). Внешний край шельфа (барьерные и береговые рифы)	



Таблица 27

Фация относительно глубоководной части шельфа

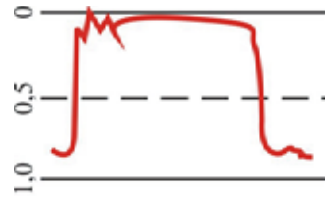
Генетические признаки					Модел	
Внутреннее строение		Границы		Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подощва, кровля	Зоны выклинивания		Электрометрическая
Глины серые, зеленоватые, серые, монтмориллонитовые и смешанные-слоистые (иллит-монтмориллонитовые). Содержание алевроитовых пород – < 10 %	Горизонтальная тонкая и очень тонкая, правильная или отсутствует	Морская фауна донных пелагических животных	Нижняя граница резкая, часто в подошве залегает базальный пласт. Верхняя граница постепенная при трансгрессии (перекрывается карбонатными отложениями); отчетливая и резкая при регрессии (перекрывается фацией мелководного шельфа)	Могут содержать прослойки песчаных алевроитовых пород мелководного шельфа	Пластообразно-вогнутая. Ширина – сотни и тысячи км. Мощность 50–200 м и более	Аномалия ПС в зоне пологит. отклон. $\alpha_{\text{пл}}$ – 0–0,2. Подошв. линия гориз. прямая; боковая – вертикальная или волнистая; кровельная – гориз. прямая или волнистая
		  				

Таблица 28

Фация надводной равнины дельтового комплекса

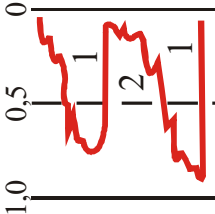
Генетические признаки						Модели		
Внутреннее строение		Органические остатки	Границы		Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая	Электрометрическая
Гранулометрия	Слоистость		Подощва, кровля	Зоны выклинивания				
В дельтовых каналах – песчаник мелкозернистый. В межканальных участках – песчано-алевритоглинистые породы, почвы. Интенс. ожелезн. (сидерит)	Волнистая, косоволнистая, косая. К границам косых прослоев приурочено обилие растительного детрита. В межканальных участках – горизонтальная слоистость; комковатая текстура		Нижняя граница неровная, часто со следами размыва в виде окат. глин и тонкослоистых алевритов, конкреций сидерита. В кровле прослой гипса, ожелезнённые, трещины усыхания – в засушливом климате, в гумидном – уголь	Расщепляется на множество песчано-алевритовых прослоев	Линзовидно-вогнутая асимметричная для дельтовых каналов, образующих пологие врезы шириной десятки сотни метров. Мощность 0,5–3,0 м	Песчаные тела образуют ветвящуюся сеть полос и пятен, расположенных субпараллельно главному руслу. Площадь – десятки и сотни кв. км	Чередование 2-х типов аном. ПС: 1 – в зоне отриц. откл. $\alpha_{nc} - 0,8-0,5$. Подошвенная линия горизонтально прямая; боковая – отсутствует или вертикальная волнистая; кровельная – наклоннозубчатая. 2 – в зоне полож. отклон. $\alpha_{nc} - 0,2-0$. Подошв. линия накл., зубч.; кров. – гориз.	

Таблица 29

Фация морского края дельтового комплекса

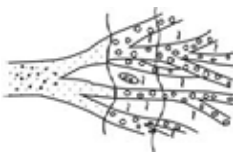
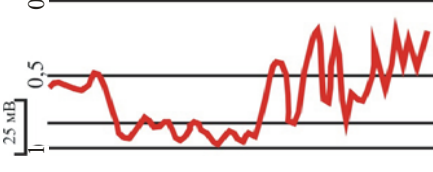
Генетические признаки							Модели	
Внутреннее строение		Границы			Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая	Электрометрическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подошва, кровля	Зоны выклинивания				
Песчаники средне- и мелкозернистые. Размеры зерен уменьшаются вверх по разрезу. Обилие сидерита	Косая, косоволнистая, горизонтальная	Обилие растительного детрита.	Многочисленные следы размыва по всему разрезу	Песчаные тела двусторонне-зубчатые	Линзообразная, выпуклая и линзообразная, вогнутая	Зона на стыке надводной и подводной равнины расположена параллельно берегу	Изменяющаяся гидродинамическая активность (Ш и II уровни) во время формирования песчаного тела	Аномалия, расположена в зоне отрицательных отклонений ПС $\alpha_{\text{ПС}} = 0,6-0,8$. Подошв. линия наклонная зубчатая, боковая – волнистая, кровельная наклонная
								

Таблица 30

Фация подводной равнины дельтового комплекса

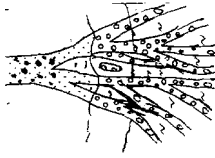
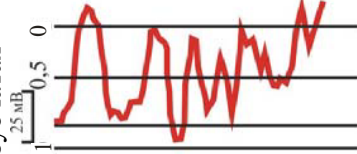
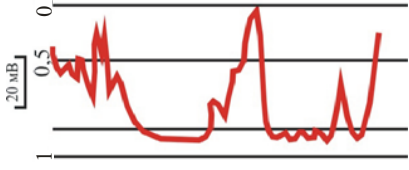
Генетические признаки						Модели		
Внутреннее строение		Границы		Пространственное размещение	Седиментологическая	Электрометрическая		
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подощва, кровля				Зоны выклинивания	Форма поперечного сечения
Песчаники мелкозернистые в бороздинах. Отсортированность хорошая, средняя. S_0 – 1,8–2,5. На участках между бороздинами – тонкозернистые алевроитоглинистые породы	Косая, косо волнистая  	Растительный детрит, редкие пеллециподы. В глинах – следы жизнедеятельности роющих животных 	Нижняя граница имеет слабо выраженные следы размыва в виде окатшей алевролитов и глин. Верхняя граница резкая с глинистыми отложениями при трансгрессии, отчетливая с песчаником надводной части при регрессии	Расщепляется на тонкие песчаные прослои	Линзообразная, вогнутая. Ширина – сотни метров. Мощность 0,5–0,3 м 	Выгнутые линейные полосы субпендикулярно к береговой линии 	Снижение гидродинамического уровня от I–II к III вверх по разрезу в бороздинах. Низкий (IV) уровень на участках между бороздинами	Чередование 2 типов аном. ПС. 1 – в зоне отриц. откл. $\alpha_{\text{пс}}$ – 0,8–0,6. Подошв. линия – гориз.; боковая – верт. волн.; кров. – горизонт. 2 – в зоне положит. отклон. Подошв. лин. гориз.; бок. – вертик. волнистая; кров. – накл. зубчатая 

Таблица 31

Фация подводного склона дельтового комплекса

Генетические признаки					Модели	
Внутреннее строение		Границы		Форма поперечного сечения	Пространственное размещение	Седиментологическая
Гранулометрия	Слоистость	Органические остатки	Подощва, кровля	Зоны выклинивания		Электрометрическая
Песчаники мелкозернистые. $Md - 0,1-0,15mm$. Отсортированность хорошая. $S_0 - \text{ок. } 2$. Небольшое развитие имеют алевролиты и алевроитовые глины	Косая однонаправленная линзовидная 	Растительный детрит, редкие раковины пелеципод плохой сохранности в глинах	Нижняя и верхняя границы резкие. В подошве наблюдаются следы размыва в виде окатышей глин	Резкая граница в сторону моря. Постепенно переходит в песчаные отложения	Полоскообразное расположение песчаного тела субпараллельно береговой линии 	Аномалия ПС расположена в зоне отриц. отклонений. $\alpha_{\text{ПС}} - 0,8-1,0$. Подошв. линия горизонт.; боковая – верт. волнистая, зубчатая; кровельн.-горизонт. 
				Песчаные отложения подводной равнины	Песчаного тела. Периоды ослаблен. динамич. активности и (до IV-V ур.) были кратковременные	

Горные породы

Крупнообломочные породы:
 а) брекчии
 б) конгломераты
 в) гравелиты

Песчаники:
 а) крупнозернистые
 б) среднезернистые
 в) мелкозернистые

песчаники с гравийными зернами и галькой

алевролиты

Глины:
 а) однородные
 б) песчанистые с крупными обломками

глинисто-алевролитовое переслаивание, чередование

песчано-алевроито-глинистые породы с сидеритом

угли

известняк с фауной

известняки органогенно-обломочные

известняки с колониальными организмами

известняки пелитоморфные

Хемотропные породы:
 а) доломиты,
 б) гипсы,
 в) соли

Включения

а) пирит,
 б) сидерит

а) глауконит,
 б) хлорит

а) гидроокислы железа,
 б) углистые линзы, прослои

Органические остатки

морская фауна:
 а) остатки раковин,
 б) фораминиферы,
 в) ихтиодетрит

следы жизнедеятельности:
 а) морских роющих организмов,
 б) пресноводных организмов

а) остатки растений
 б) отпечатки флоры

а) корневые остатки
 б) растительный детрит

Слоистость

а) горизонтальная
 б) линзовидная

а) косая однонаправленная
 б) разнонаправленная

а) волнистая
 б) косоволнистая

Рельеф побережья

а) высокий
 б) низкий

линии фациального замещения

Рис. 30. Условные обозначения к картам и профилям

2. Построение палеопрофилей.

2.1. Палеопрофили строятся по линии указанных скважин и располагаются, как и карты, один под другим на правой половине листа. Профиль, характеризующий более молодые отложения, располагается выше. Вертикальный масштаб профилей выбирается в зависимости от глубины осадконакопления и мощности осадков. Чаще всего вертикальный масштаб будет 1:100 и 1:1000.

2.2. По табл. 7 определяется высота суши или глубина акваторий, где происходило накопление осадков.

2.3. Первым строят нижний профиль, характеризующий более раннее время осадконакопления. Сначала отстраивают палеорельеф поверхности суши или дна акватории, образовавшийся к концу анализируемого отрезка времени (или кровлю анализируемой толщи, отложившейся за это время). Для этого от горизонтальной линии 0–0 в соответствии с табл. 7 откладывается вверх высота суши, а вниз – глубина акватории. Вниз от линии рельефа откладывают мощности (толщины) накопившейся за данное время толщи, отстраивая таким образом подошву нижнего стратиграфического подразделения.

2.4. Далее показывают литологию этой толщи. Фациальные переходы показывают ломаной линией. На профиль наносят условные знаки фауны, флоры и других литолого-минералогических особенностей, индексы геологического возраста.

2.5. Построение верхнего, характеризующего более молодое время, профиля выполняется таким же образом. Затем от подошвы более молодых отложений, отстроенной на верхнем профиле, отложить мощности более древнего и отрисовать его подошву. Таким образом, более древние отложения будут пристроены к подошве более молодых.

2.6. В нижней части страницы помещаются условные обозначения, использованные при построениях.

3. Анализ построенных литолого-фациальных карт и палеопрофилей; содержание пояснительной записки.

3.1. Описание палеогеографической картины раннего времени:

- обосновать местоположение и дать детальную характеристику фациальных зон по генетическим признакам;
- указать местоположение суши или наиболее мелководной части водоема относительно стран света;
- отметить направление сноса материала;
- отметить намечаемые прогибы и поднятия;

- установить максимальную и минимальную скорость осадконакопления (частное от деления мощности отложений на длительность накопления осадков, мм / год);
- установить связь между фациями и мощностями осадков;
- показать фациальные переходы при движении от мелководья к глубоководью, от поднятий к прогибам и т.д.;
- отметить зоны распространения пород-коллекторов и флюидоупоров;
- обосновать зависимость коллекторских свойств пород от их фациальной принадлежности.

3.2. Описание палеогеографических карт более позднего времени проводится по той же схеме.

3.3. Анализ геологического развития территории за изучаемое время и оценка всех изменений:

- направление или замедление общих поднятий или опусканий (сравнить цифры);
- смещение фациальных зон, береговой линии, палеорусла, системы дельтовых каналов и т.д.;
- изменение состава осадков, зон развития коллекторов и флюидоупоров;
- появление или исчезновение природных резервуаров.

3.4. В заключение установить тип природного резервуара, условия его формирования и зоны распространения.

Форма отчетности

Отчет о проделанной работе представляется в виде пояснительной записки, содержащей построения и анализ карт и профилей.

Тема: ЛИТОЛОГИЯ ПРИРОДНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

Нефтегазоносность является одним из важнейших свойств осадочных толщ. В их состав входят определенные литолого-стратиграфические комплексы, которые отличаются региональной нефтегазоносностью в пределах обширной территории.

Региональный нефтегазоносный комплекс, состоит из трех частей:

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

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

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.

Лабораторная работа № 17

Минералого-петрографический анализ обломочных пород–коллекторов в шлифах

Выполнение лабораторной работы предполагает знание студентами кристаллооптики, минералогии, петрографии. В настоящем учебном пособии приводятся краткие сведения компонентов осадочных пород и изображение характерных особенностей их строения в шлифах из пород продуктивной толщи юго-востока Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Для детальных исследований рекомендуется специальная литература [7, 23, 25, 26, 30, 33, 41, 42, 44].

К р а т к а я х а р а к т е р и с т и к а к о м п о н е н т о в т е р р и г е н н ы х п о р о д

При диагностике минералов следует обратить внимание на его рельеф, окраску, наличие плеохроизма, характер спайности, присутствие продуктов разложения. Включив анализатор, определяют изотропность и анизотропность, силу двупреломления, наличие двойников и их строение, характер угасания относительно трещин спайности или плоскостей ограничения. При изучении минералогического состава пород необходимо различать две генетические группы составляющих их компонентов: аллотигенные (обломки минералов и пород) и аутигенные (цемент и включения).

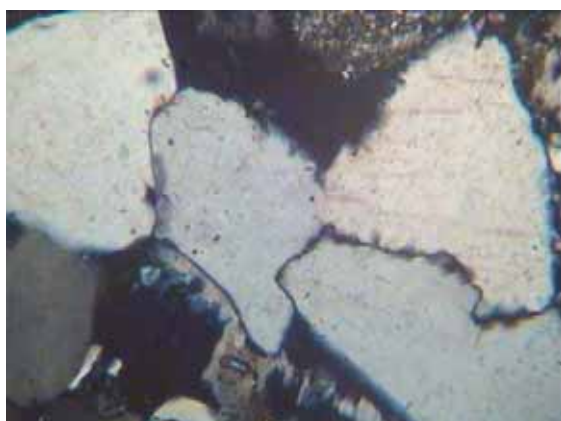
Аллотигенные компоненты

К в а р ц (рис. 31) – наиболее распространенный минерал осадочных пород. Встречается в виде угловатых, полуокатанных и окатанных зерен. Двупреломление 0,007–0,009, погасание прямое; бесцветный; рельеф положительный; шагреньевая поверхность отсутствует. В скрещенных николях цвет светло-серый до белого. Кварц из метаморфических пород отличается волнистым погасанием, включениями эпидота, циркона. Кварц из магматических пород иногда содержит пузырьки газа, иголки рутила.

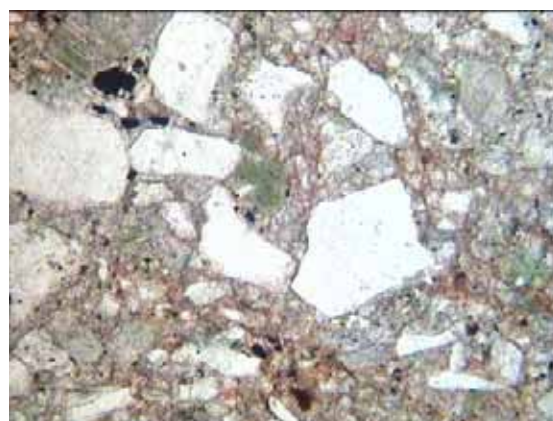
Вторичные изменения обломков кварца заключаются в растворении зерен, которое часто сопровождается их регенерацией. Новообразованный кварц растет в свободном поровом пространстве, образуя кристаллы с хорошо выраженными гранями. Иногда аутигенный кварц отделяется от основного зерна границами из слюдистого материала, пылеватых частиц, нефтяного вещества. При этом процесс регенерации может осуществляться в несколько этапов.

П о л е в ы е ш п а т ы (рис. 32) представлены плагиоклазами и щелочными полевыми шпатами. Среди последних выделяются анортотоклаз, санидин, ортоклаз и микроклин. В осадочных породах встречаются два последних минерала.

О р т о к л а з наблюдается в виде неправильных, призматических и таблитчатых зерен. Двупреломление 0,007–0,010; погасание прямое. Характерно наличие простых двойников. При процессах выветривания мутнеет (пелитизируется), вследствие чего имеет сероватый цвет; иногда покрывается буровой корочкой – налетом гидроокислов железа. От кварца отличается формой, наличием спайности, цветом, выветренностью.



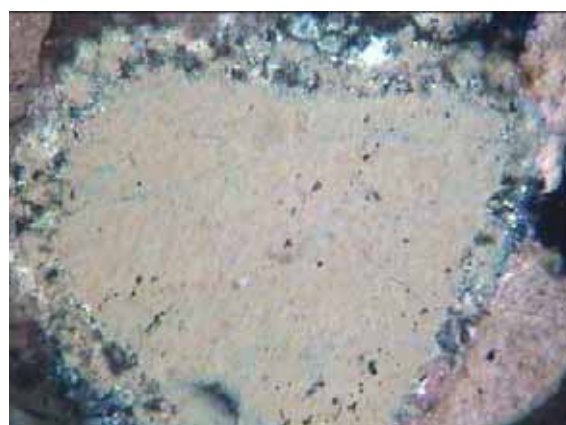
Внедрение обломков кварца друг в друга. 1 ник.



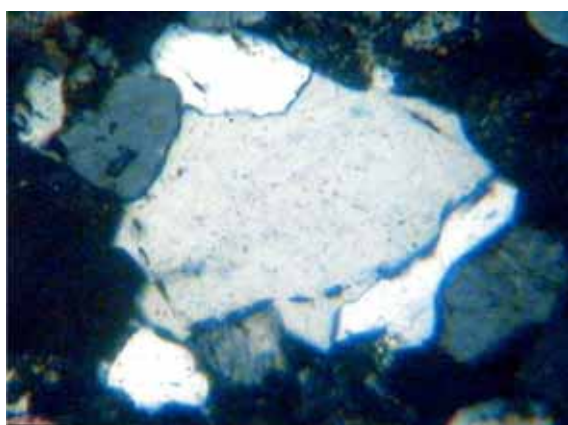
Угловатые обломки кварца. 1 ник.



Дипирамидальный кристалл циркона в зерне кварца. 2 ник.



Растворение зерна кварца. 2 ник.



Зерна кварца с каймой регенерации. 2 ник.

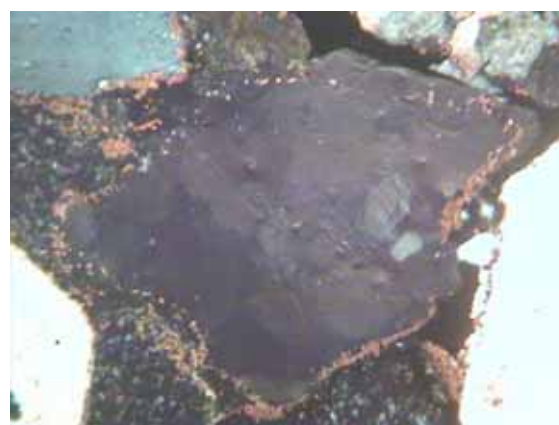
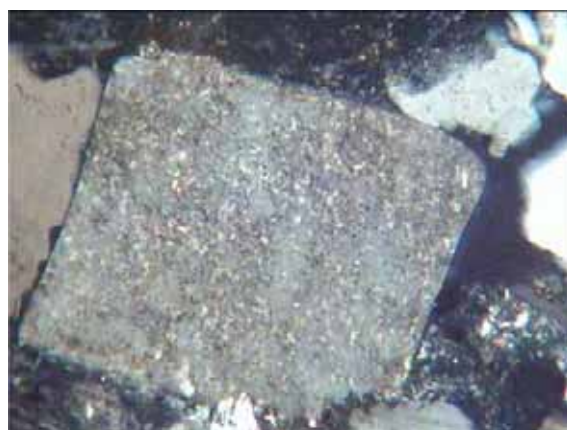


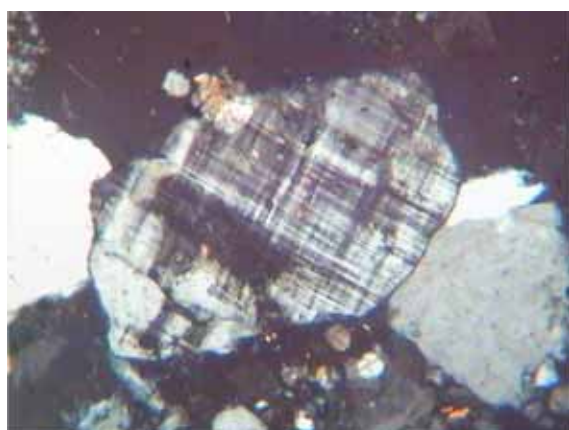
Рис. 31. Строение обломков кварца



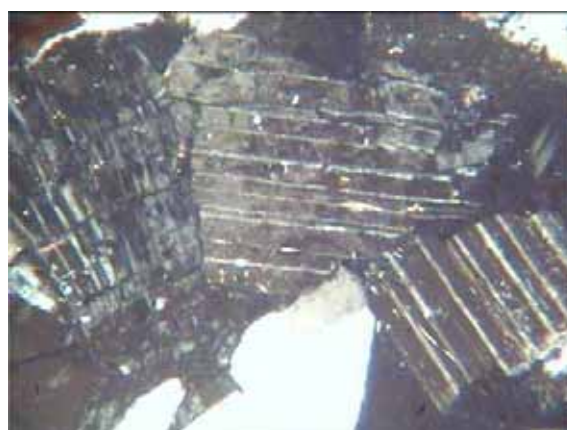
Пелитизированный обломок ортоклаза.
1 ник.



Глинисто-слюдистое замещение зерна
ортоклаза. 2 ник.



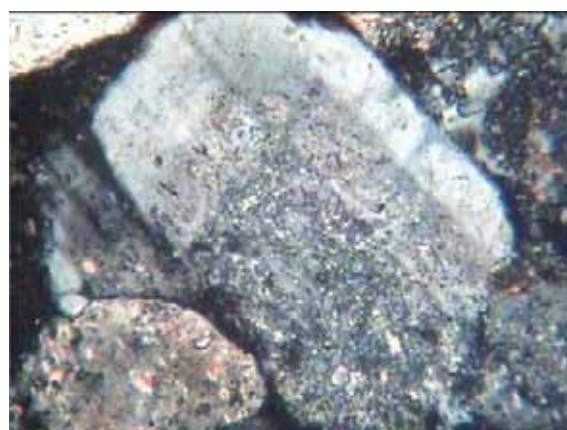
Обломок микроклина. 2 ник.



Измененные плагиоклазы. 2 ник.



Среднеизмененный плагиоклаз. 2 ник.



Плагиоклаз, частично превращенный в
слюдистую породу. 2 ник.

Рис. 32. Строение обломков полевых шпатов

М и к р о к л и н отличается характерной решеткой, обусловленной наличием полисинтетических двойников по двум взаимноперпендикулярным направлениям, и косым погасанием.

П л а г и о к л а з ы представляют собой изоморфный ряд компонентов – от альбита до анортита. Группа плагиоклазов включает в себя 6 минералов: альбит, олигоклаз, андезин, лабрадор, битовнит и анортит. Они обозначаются с помощью номеров, отражающих процентное содержание анортита: 0–10, 10–30 (кислые), 30–50, 50–70 (средние); 70–90, 90–100 (основные). Показатель преломления плагиоклазов закономерно возрастает от альбита к анортиту. Величина двупреломления изменяется от 0.007 до 0.013. Среди аллотигенных компонентов распространены кислые плагиоклазы, достаточно многочисленны средние, редко встречаются основные.

Преобладающая форма обломков – зерна со ступенчатыми ограничениями и призмы. Отмечается коррозия зерен в песчаниках с хемогенным цементом. Окраска бесцветная, белая, серая.

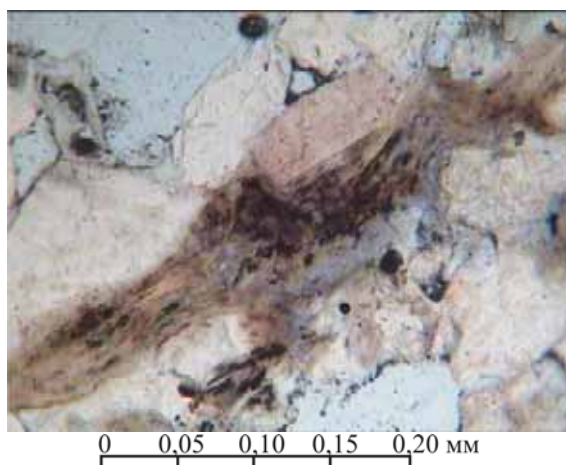
Плагиоклазы легко узнать в скрещенных николях: в неизмененном состоянии у них наблюдаются полисинтетические двойники, состоящие из чередующихся светлых и темных полос, гаснущих и просветляющихся 8 раз при повороте столика микроскопа. Ширина двойниковых полос свидетельствует об их составе: узкие полосы имеют кислые плагиоклазы, широкие – основные.

При выветривании кислые и средние плагиоклазы в разной степени серицитизированы и каолинитизированы. Основные плагиоклазы, помимо серицита, содержат эпидот, цоизит, кальцит.

С л ю д ы (рис. 33) имеют высокий показатель преломления и высокое двупреломление, весьма совершенную спайность и прямое погасание относительно этой спайности. Бесцветные слюды обладают хорошо выраженной псевдоабсорбцией; железистые слюды окрашены в коричневые тона и резко плеохроичны.

В осадочных породах слюды несколько выветрелые, гидратизированы, хлоритизированы (цветные слюды), поэтому показатель преломления у них ниже, чем в магматических породах. Наиболее часто встречаются мусковит и биотит.

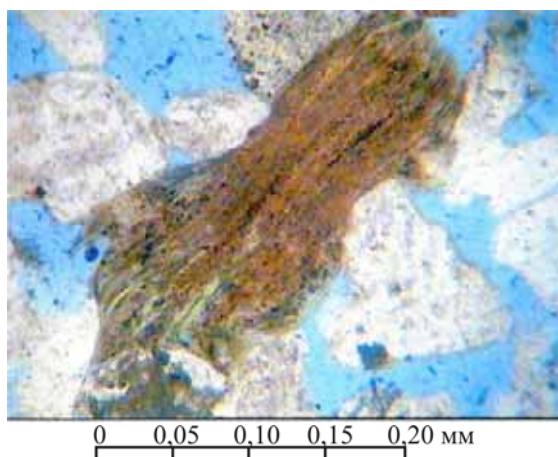
О б л о м к и п о р о д (рис. 34) в шлифах определяются по наиболее устойчивому признаку – микроструктуре; имеет также значение минеральный состав слагающих зерен. В песчаниках встречаются обломки пород, имеющие обычно микрозернистую структуру, компоненты которой меньше величины самих обломков.



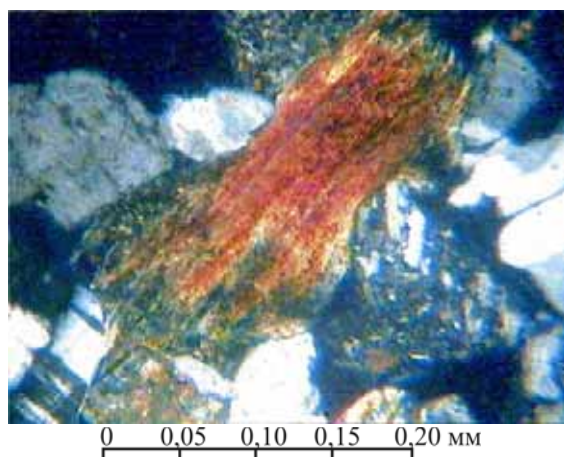
Хлоритизированный и гидратизированный биотит.
1 ник.



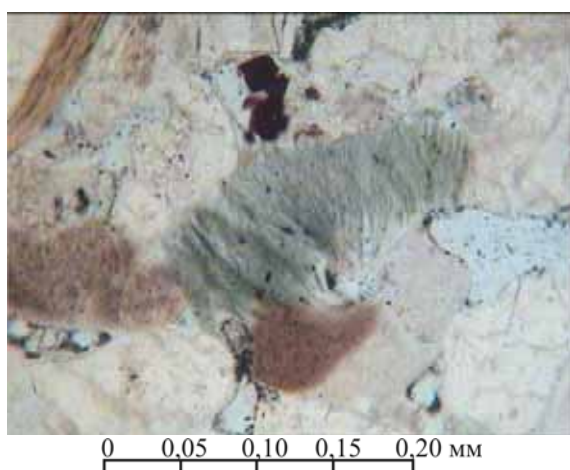
2 ник.



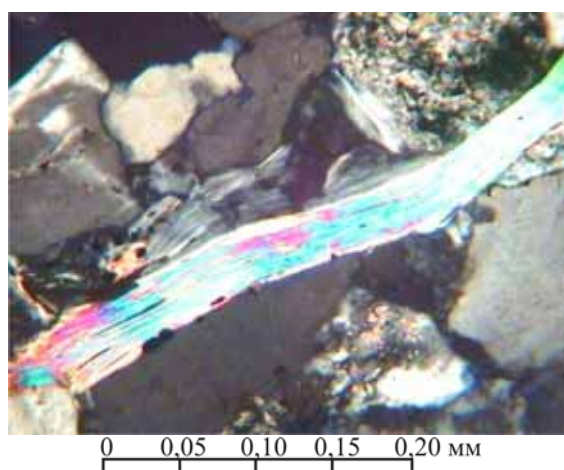
1 ник.



2 ник.

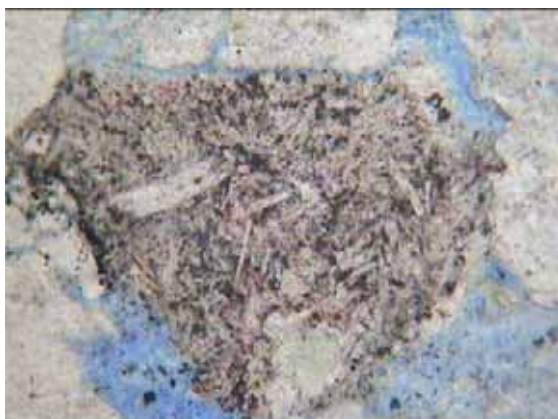


Каолинитизированный биотит. 1 ник.



Мусковит. 2 ник.

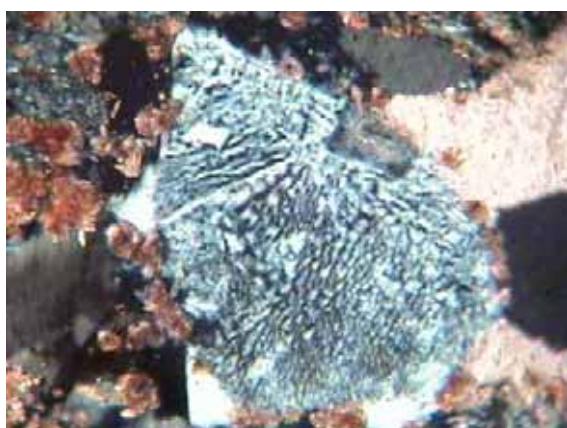
Рис. 33. Строение обломков слюд



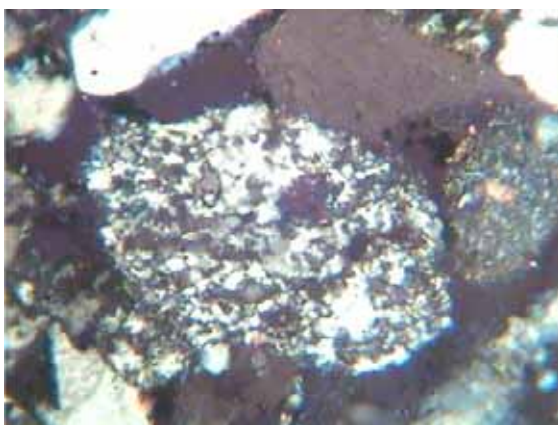
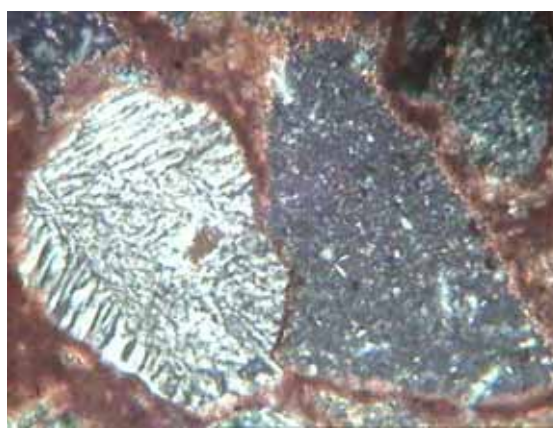
Ожелезненный, хлоритизированный и пиритизированный обломок эффузива.
1 ник.



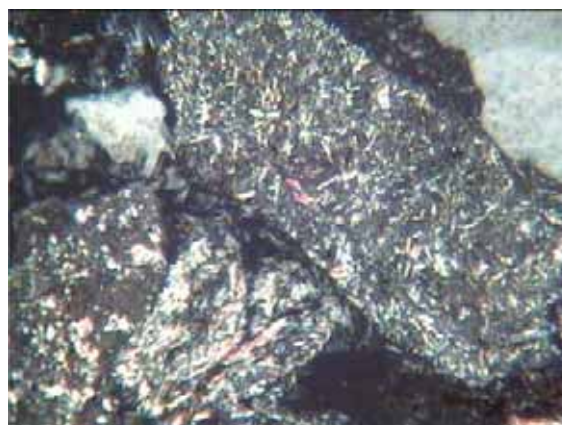
Обломок халцедона. 1 ник.



Обломки пегматитов. 2 ник.



Обломок кремнисто-сланцевой породы.
2 ник.



Обломок глинисто-сланцевой породы,
образованной при вторичных
изменениях полевого шпата. 2 ник.

Рис. 34. Строение обломков пород

Из магматических пород наибольшим распространением пользуются обломки эффузивов. Они имеют вид буроватых зерен, состоящих из стекловатой или слабо раскристаллизованной массы с беспорядочными вкрапленниками (микролитами) плагиоклазов. Если среди микролитов встречаются относительно крупные лейсты ($>0.02\text{мм}$), то, определив номер плагиоклаза, можно установить принадлежность породы к кислому или основному ряду.

Присутствие интрузивных пород в питающих провинциях может фиксироваться по характерным сросткам минералов, имеющих микропегматитовую (кварц прорастает полевой шпат), мирмекитовую (червеобразные сростки кварца в полевых шпатах) или пертитовую (полевой шпат содержит включения альбита) структуру.

Для кремнистых обломков характерна тонкоагрегатная структура и поляризация в серых тонах.

Обломки глинистых пород также имеют тонкоагрегатную структуру, от кремнистых они отличаются чешуйчатой формой отдельных пластинок и включениями высокополяризующих иголок гидрослюда и серицита.

О р г а н и ч е с к и е о с т а т к и (рис. 35) представлены кальцитизированными обломками раковин фораминифер и моллюсков, члениками морских лилий, срезами игл морских ежей, сечениями трубок серпулид, фосфатизированными обломками ихтиофауны, углефицированными остатками флоры. Об условиях обитания и произрастания фауны и флоры см. в пояснительной части к лабораторной работе № 5, а также в учебнике «Литология» [18].

Аутигенные минералы

Глинистые минералы в терригенных породах присутствуют в качестве цемента, а также отдельных зерен (рис. 36).

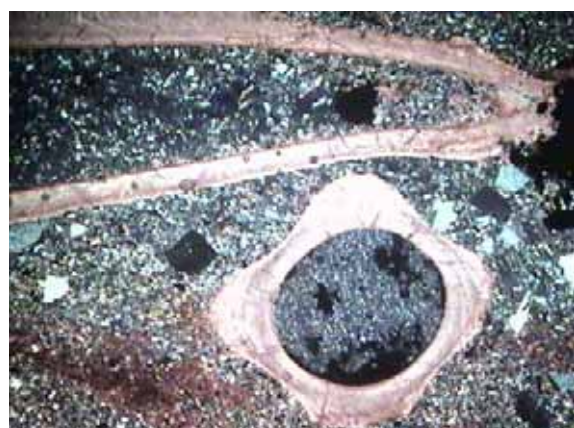
К а о л и н и т бесцветен, имеет пластинчатую форму, совершенную спайность, низкое двупреломление ($0.006\text{--}0.007$). Встречается в порах в виде чешуйчатых, волокнистых и псевдогексагональных агрегатов. Часто образуется при разложении слюды; нередко наблюдаются постепенные переходы от слюды к гидрослюде и каолиниту, выраженные в уменьшении светопреломления минерала и понижении интерференционной окраски до серых тонов.



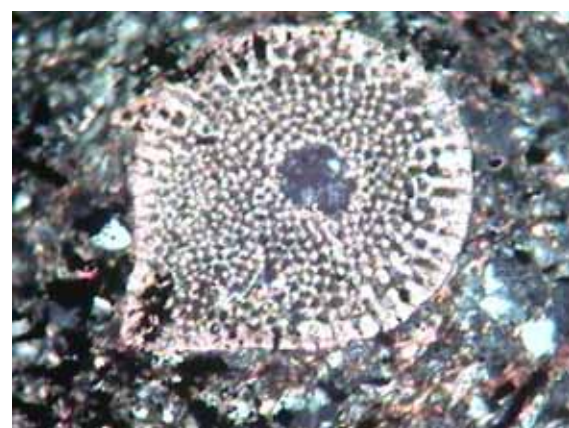
0 0,1 0,2 0,3 0,4 мм
 Фораминифера р. *Nodosaria*.
 1 ник.



0 0,1 0,2 0,3 0,4 мм
 Фораминиферы р. *Pseudonodosaria*.
 1 ник.



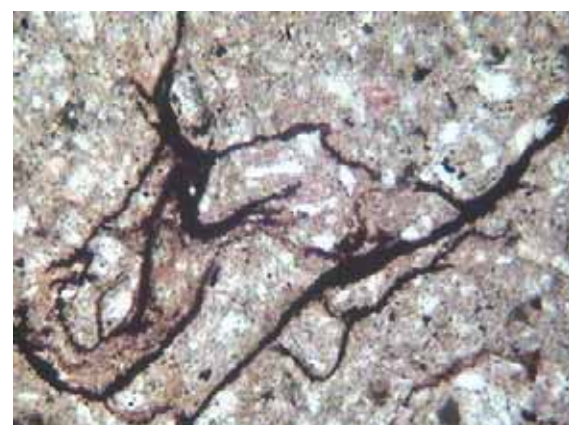
0 0,3 0,6 0,9 1,2 мм
 Остатки раковин моллюсков
 р. *Dentalium*. 2 ник.



0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм
 Остаток иглы морского ежа. 2 ник.



0 0,1 0,2 0,3 0,4 мм
 Остатки ихтиофауны. 1 ник.



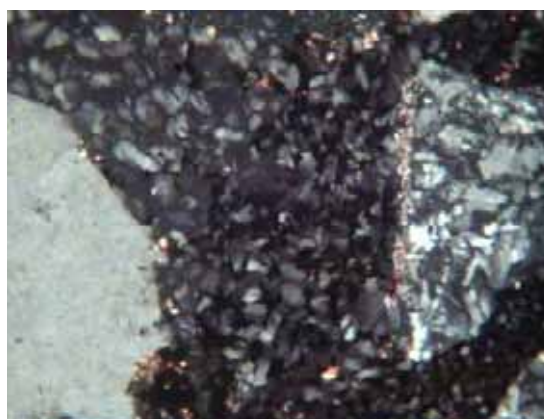
0 0,1 0,2 0,3 0,4 мм
 Обугленные корневые остатки. 1 ник.

Рис. 35. Органические остатки в шлифах



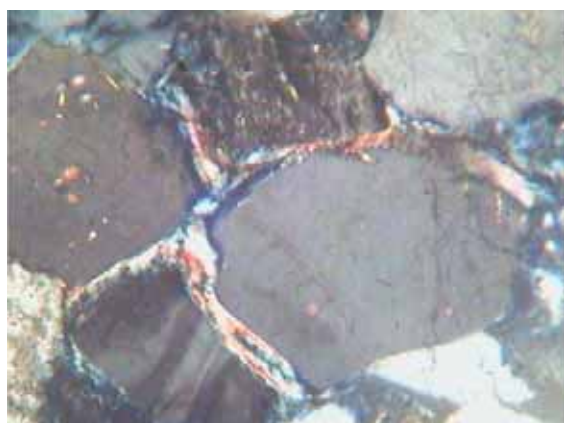
0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Каолинит, замещающий слюду. 2 ник.



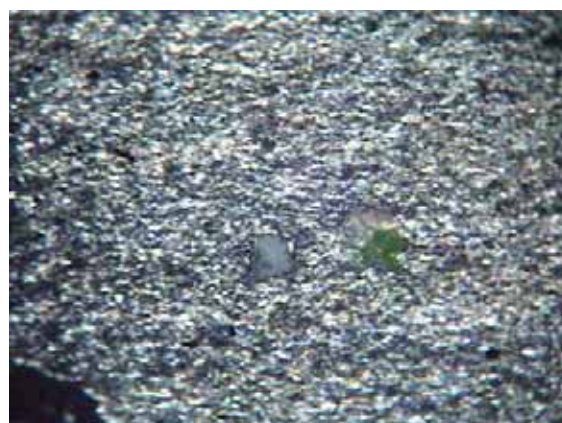
0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Каолинит кристаллической структуры. 2 ник.



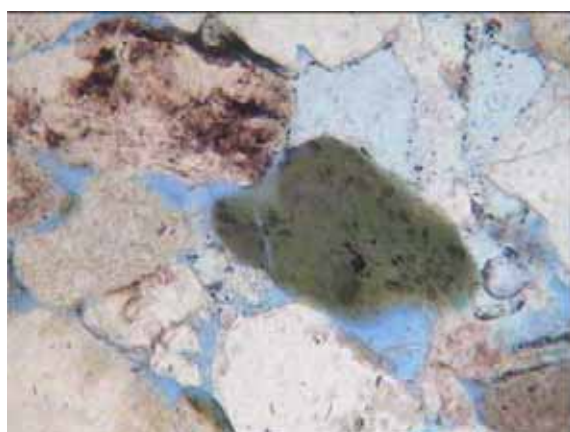
0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Слюдистый пленочный цемент. 2 ник.



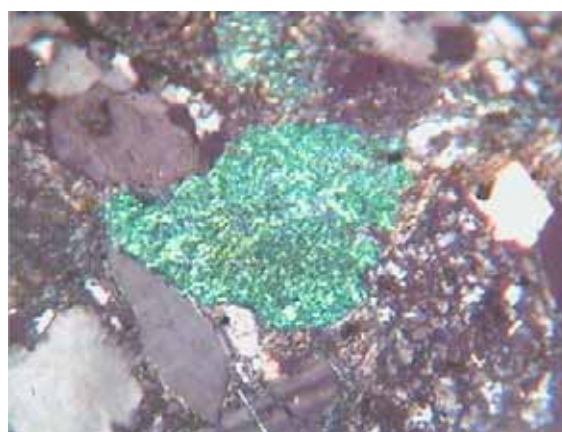
0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Глина гидрослюдистая. 2 ник.



0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Хлорит. 1 ник.



0 0,05 0,10 0,15 0,20 мм

Глауконит. 2 ник.

Рис. 36. Глинистые минералы

Гидрослюды бесцветны или окрашены в слабый зеленоватый цвет; некоторые разновидности обладают слабым плеохроизмом в зеленоватых тонах. Диагностическим признаком гидрослюды является высокое двупреломление (0.02–0.35), определяющее желтую или желто-оранжевую поляризационную окраску агрегатов. В цементе песчаников гидрослюды часто образуют ярко поляризующие каемочки вокруг обломочных зерен (пленочный цемент). В поровых участках гидрослюды имеют чешуйчатую структуру.

Гидрослюды часто заменяют полевые шпаты. Они развиваются в полевых шпатах по трещинам спайности, двойниковым швам или по периферии зерен, как бы истачивая поверхность зерен и проникая в его тело тонкими зубчиками.

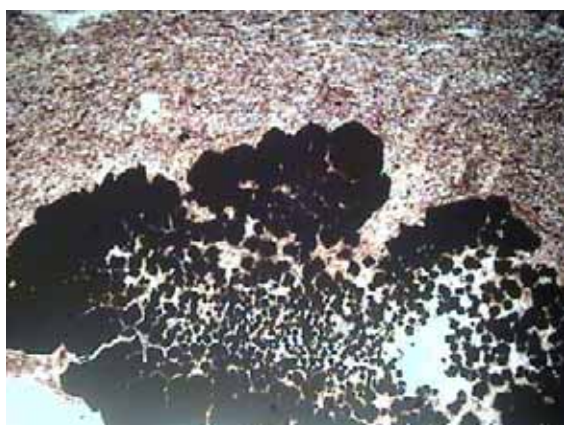
Монтмориллонит в шлифах определяется по низкому светопреломлению, оно значительно ниже, чем у канадского бальзама. В песчаниках встречаются в виде отдельных линзочек или базального цемента.

Хлорит имеет светло-зеленую окраску, плеохроизм в зеленых тонах; в отличие от хлорита из магматических пород имеет зеленую поляризационную окраску. В песчаниках хлорит образует каемки вокруг обломочных зерен. Часто замещает биотит и обломки основных эффузивов.

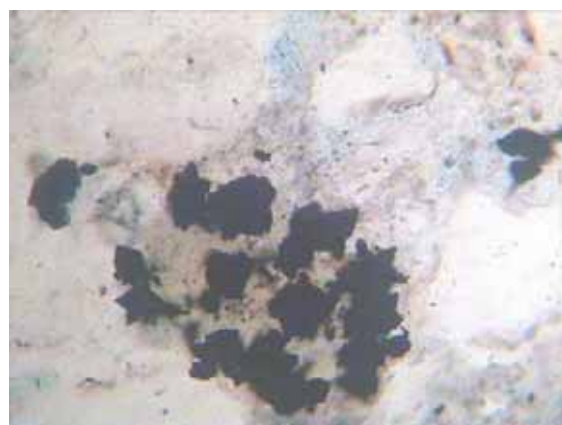
Глауконит определяется в шлифах по интенсивной яркой зеленой окраске, округлой форме зерен и тонкоагрегатной поляризации зеленого цвета в скрещенных николях.

Сульфиды железа (соединения FeS_2) в шлифах (рис. 37) встречаются в виде кристаллических образований (пирита и марказита) и порошкообразной черной массы (мельниковита). Пирит и марказит имеют одинаковый химический состав, цвет (в отраженном свете металлический, золотистый), петрофизические свойства, плотность. Различают эти минералы по кристаллической структуре: пирит встречается в форме кубических кристаллов, а марказит имеет облик кристаллов таблитчатый, копьевидный, а также встречается в виде сферических микроконкреций.

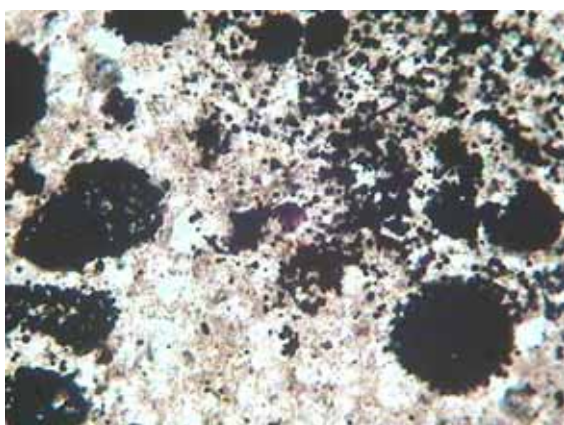
Сульфиды железа образуют мелкие агрегаты, рассеянные в породе, линзовидные скопления, всевозможные прожилки, гнезда, инкрустируют и замещают органические остатки, а также встречается в виде порового и базального цемента. В нефтенасыщенных песчаниках часто встречаются в ассоциации с гидрослюдами, содержащими битуминозное вещество.



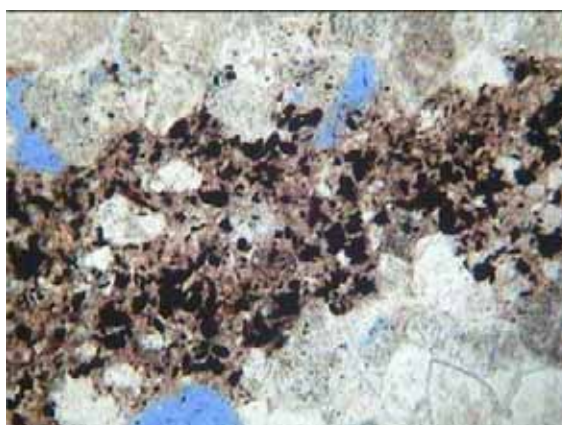
Скопление кубических кристаллов
пирита. 1 ник.



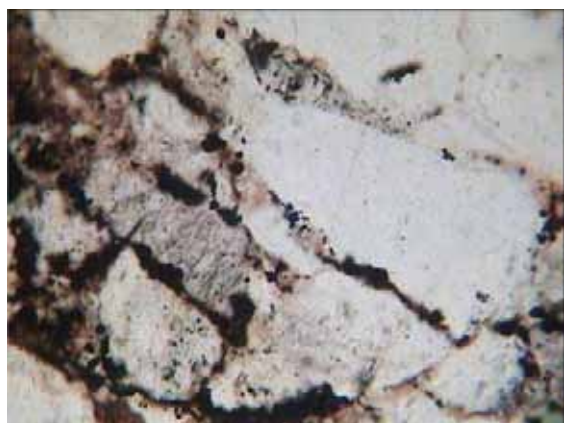
Копьевидные кристаллы марказита.
1 ник.



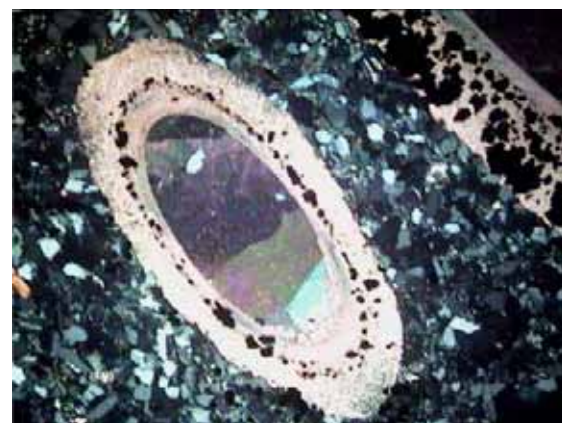
Глобулы марказита в глинисто-
алевритовой породе. 1 ник.



Ассоциация пирита с глинисто-
битуминозным веществом. 1 ник.



Пленочный пиритовый цемент. 1 ник.



Замещение пиритом остатков фауны.
2 ник.

Рис. 37. Сульфиды железа

Задание и содержание работы

- дать количественную характеристику обломочного материала и цемента песчаника, а также пустотного пространства в шлифе;
- восстановить палеогеографическую обстановку седиментации и провести стадийный анализ породы;
- установить влияние состава и постседиментационных преобразований на строение пустотного пространства породы.

Исходный материал для выполнения лабораторной работы: учебная коллекция шлифов, поляризационные микроскопы "ПОЛАМ".

Порядок выполнения работы

1. Определяется цена деления шкалы окуляра микроскопа при разных объективах. Для этого совмещают нулевые деления шкал окуляра микроскопа и специального окуляра – микрометра и высчитывают, сколько делений шкалы укладывается в 10 делений (0,1 мм) окуляра – микрометра, определяя, таким образом цену деления шкалы (линейки) окуляра микроскопа при данном объективе.

2. На шлифе с обратной стороны проводят 5 параллельных линий в одном направлении и 5 линий перпендикулярных. Передвигая шлиф, измеряют все зерна и цемент, попавшие на эти линии. Условными знаками записываются все компоненты породы и число деления каждого из них. Например, записывается в одну строчку следующий состав породы на линии (при 100 делениях шкалы); кварц – 15, ортоклаз – 10, кальцитовый цемент – 10, обломки кремнистых пород – 20, гидрослюдистый цемент – 5, кварц – 25, пор – 5, плагиоклаз – 10.

Далее шлиф передвигают на следующую линию и снова записывают состав породы. Записав все компоненты породы, приступают к подсчетам минералогического состава породы.

3. Рассчитываются процентные содержания обломочной части, цемента; при наличии пор – общая пористость; минералогический состав (породообразующей части и аутигенных минералов); при полиминеральном цементе – процентное содержание каждой из разновидностей.

4. Рассчитывается гранулометрический состав обломочной части. Для этого, учитывая цену деления шкалы окуляра, подсчитывают количество делений алевритовой (0,01–0,1 мм), мелко- (0,1–0,25 мм), средне- (0,25–0,5 мм) и крупнозернистой (0,5–1,0 мм) песчаных фракций. Полученные данные приводят к 100 % и рассчитывают процентное содержание каждой из указанных фракций.

5. После количественных подсчетов следует сделать детальное описание породы. Указывается микротекстура и структура породы в

шлифе, минералогический состав обломочной части. Описывается детальное строение породообразующих компонентов. Для каждого минерала указываются средние размеры его и форма (окатанность, степень изометричности, габитус, кристаллографические очертания).

При характеристике кварца отмечается характер погасания (нормальный или волнистый), наличие включений, трещиноватость и другие индивидуальные особенности. При описании полевых шпатов надо указать особенности их двойникового строения и угасания, характер вторичных изменений (пелитизация калишпатов, серицитизация плагиоклазов).

Особое внимание следует обратить на обломки пород, их характеристика включает оценку формы, степень окатанности, цвета, состав, структуру, степень сохранности и процессы преобразования.

После описания породообразующих компонентов описываются аутигенные минералы (глауконит, хлорит, пирит, сидерит, гидроокислы железа).

При характеристике цемента определяется тип цементации (базальный, поровый, контактовый, пленочный, смешанный). Если цемент полиминеральный, то для каждой минералогической разновидности указывается тип цементации и его структура, устанавливается последовательность (стадийность) образования минералов цемента, способ выделения, взаимоотношение зерен и цементирующего минерала. При наличии участков без цемента указывается способ цементации (вдавливание одних зерен в другие, конформное приспособление, соединение посредством структурно-стилолитовых швов).

При наличии органических остатков описывается их характер, размеры, структура, степень сохранности, минеральный состав.

Если в шлифе встречаются открытые поры, описываются их форма, размеры, сообщаемость между собой.

6. По взаимоотношениям и особенностям строения аллотигенных и аутигенных минералов определяются палеогеографические особенности седиментации (состав пород источника сноса обломочного материала, дальность переноса, динамика водной среды, условия седиментации); описывается история развития осадочной породы, последовательность процессов преобразования и наложенные процессы.

Форма отчетности

Представляется отчет о проделанной работе.

1. Указывается цена деления шкалы окуляра микроскопа.
2. Приводятся условные обозначения компонентов породы,

3. По каждой из линий (всего 10) в условных знаках дается количественное содержание компонентов.

4. Делаются перерасчеты в процентах по содержанию компонентов.

5. Делается детальное описание породы с указанием количественного содержания всех компонентов и гранулометрического состава обломочной части.

6. Делается вывод об условиях седиментации и постседиментационных преобразований породы.

7. Отмечается влияние состава породы на коллекторские свойства.

Лабораторная работа № 18

Описание карбонатных пород-коллекторов в шлифах

Задание и содержание работы

- определить состав и структуру карбонатной породы.
- установить влияние состава породы на строение пустотного пространства.

К р а т к а я х а р а к т е р и с т и к а к а р б о н а т н ы х м и н е р а л о в .

В шлифах карбонаты чаще всего бесцветны. Для всех карбонатных минералов характерно очень высокое двупреломление (0.172 – для кальцита; 0.177 – для доломита; 0.242 – для сидерита), обусловившее перламутровую интерференционную окраску.

Другим характерным признаком карбонатов является наличие у кристаллов ярко выраженной псевдоабсорбции. Это явление связано с большой разницей показателя преломления в различных направлениях.

К а л ь ц и т (рис. 38) – наиболее часто встречающийся минерал. Размер кальцитовых неделимых зерен меняется в широких пределах – от 0.001 до нескольких мм. Характерным признаком кальцита является отсутствие идиоморфных ограничений зерен. Даже в том случае, когда вся порода или цемент, состоящие из кальцита, перекристаллизованы в крупномозаичные агрегаты, отдельные кристаллы представлены зернами неправильной, иногда лапчатой формы. В микрозернистых агрегатах кальцита отдельные зерна становятся неразличимыми. Порода, состоящая из такого агрегата, не обнаруживает при скрещенных николях полного погасания, а дает характерную агрегатную поляризацию в высоких желтоватых тонах.



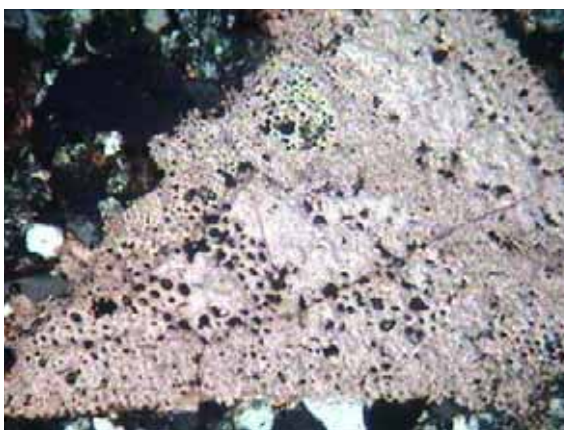
Кальцит крупнокристаллический. 2 ник.



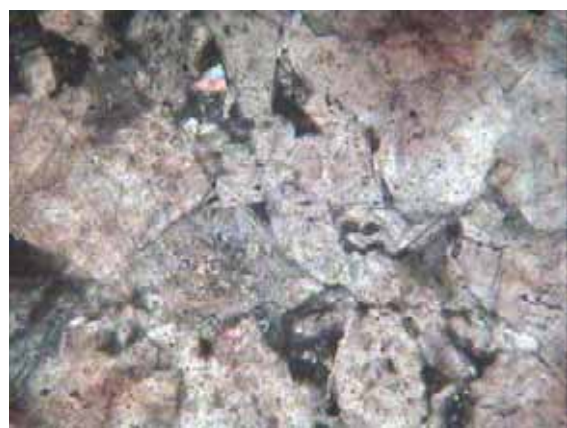
Известняк органогенный с прожилками кальцита. 1 ник.



Кальцит в виде коррозионного цемента. 2 ник.



Кальцитизированный остаток фауны. 2 ник.



Доломит замещения с порами между зернами. 1 ник.



Доломит замещения с кавернами. 1 ник.

Рис. 38. Кальцит и доломит в шлифах

Иногда наблюдается оолитовое или сферолитовое строение, связанное с концентрическим или радиально-лучистым расположением мельчайших кристалликов кальцита в основной массе.

В перекристаллизованных зернах часто обнаруживаются полисинтетические двойники, развивающиеся по косым граням.

Д о л о м и т (см. рис. 38), по сравнению с кальцитом, имеет меньшее распространение. Размеры его зерен изменяются в широких пределах, но доломитовые породы с пелитоморфной структурой встречаются значительно реже, чем известняки.

В шлифах доломиты чаще всего представляют собой мозаичные агрегаты из более или менее однородных по величине ромбоэдрических зерен. Доломит трудно отличить от кальцита в шлифах. Надежная диагностика осуществляется с помощью микрохроматических реакций.

С и д е р и т в шлифах (рис. 39) определяется по очень высокому показателю преломления (по перламутровым тонам интерференции) и наличию среди его вторичных образований лимонита и других окисных железосодержащих минералов. Встречается в виде удлинённых и коротких ромбоэдров, напоминающих форму просяных зерен. В тонкозернистых породах мельчайшие кристаллики сидерита образуют радиально-лучистые, оолитоподобные агрегаты. В скрещённых николях в таких породах обнаруживается сферолитовое строение с характерными черными крестами, проходящими через центральные участки отдельных сферолитов.

Часто встречаются микроконкреции сидерита, содержащие тонкораспыленную органику и глинистый материал.

Задание и содержание работы

- определить состав и структуру карбонатной породы.
- установить влияние состава породы на строение пустотного пространства.

Исходный материал для выполнения лабораторной работы: учебная коллекция шлифов, поляризационные микроскопы "ПОЛАМ", 5 %-ный раствор соляной кислоты.

Порядок выполнения работы

1. В образце или на краю шлифа без покровного стекла определяется состав породы с помощью 5 %-ного раствора HCl.
2. Оценить количественно составляющие компоненты породы. Например, органические остатки и цемент; сгустки и цементирующая масса; участки пелитоморфной структуры и перекристаллизации.
3. Дать отдельную характеристику каждой из составных частей, начиная с преобладающей.

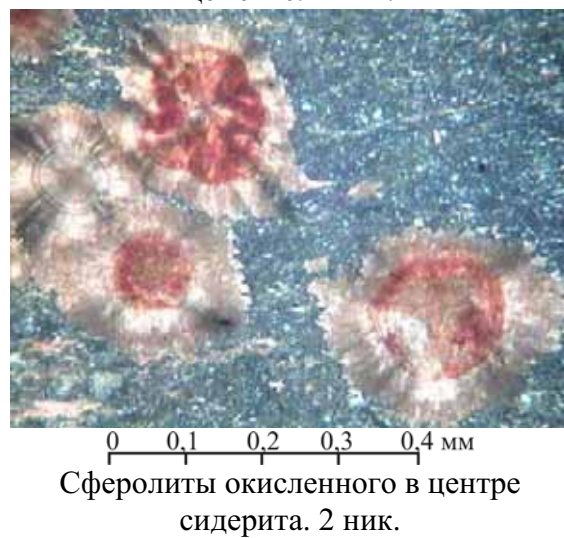
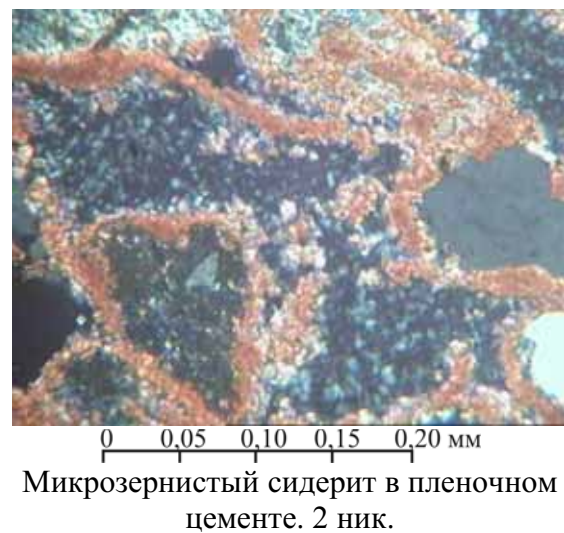


Рис. 39. Сидерит в шлифах

Для органических остатков отмечаются следующие особенности:

- название в пределах типа и класса или более конкретно для отряда, семейства или рода;
- минеральный состав и внутреннюю структуру;
- степень сохранности (перекристаллизованы, гранулированы, замещены каким-либо материалом);
- характер органических остатков (целые раковины или их обломки), форму, степень окатанности;
- размеры органических остатков.

При описании цементирующей массы дается минералогический состав с характеристикой каждого минерала. При этом указывают содержание, размеры, форму, характер распределения минералов. Полученные данные используются для определения структуры и микроструктуры породы.

Для характеристики примесей указывают их содержание, состав, размеры, характер распределения.

4. Дается характеристика постседиментационных изменений в породе (растворения, перекристаллизации, гранулирования, появления новых аутигенных карбонатных и некарбонатных минералов).

5. При наличии пустотного пространства указываются: форма, размеры, характер распределения. Зная цену деления линейки окуляра, подсчитывается процентное содержание пустотного пространства от площади шлифа.

6. Дается описание условий седиментации карбонатной породы и последовательность постседиментационных преобразований в ней.

7. Делается вывод о влиянии состава породы на строение пустотного пространства.

Форма отчетности

Студент представляет отчет о проделанной работе в виде подробного описания по схеме, изложенной выше.

2. САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Самостоятельная работа студентов заключается в написании краткого реферата объемом 8–10 страниц на заданную тему.

2.1. Структуры осадочных пород

Морфометрия обломков, ее значение в решении геологических задач и при изучении коллекторов. Факторы, определяющие форму обломков. Основные морфометрические характеристики. Значение катагенетических процессов в изменении формы компонентов. Размеры зерен. Классификация структур по размеру слагающих компонентов. Характеристика цементов осадочных пород. Типы цементации по разным признакам. Структуры хемогенных, биогенных и глинистых пород. Генетическое значение структурных признаков для установления условий седиментации. Влияние структуры на коллекторские свойства и экранирующие свойства пород.

Литература по теме: 1, 6, 7, 14, 18, 25, 26, 28, 31, 34, 39, 42, 44.

2.2. Дифференциация осадочного материала

Осадочная дифференциация вещества, ее сущность, виды и этапы. Значение дифференциации и интеграции осадочного вещества в формировании коллекторов и флюидоупоров, нефтегазоносных толщ, а также других полезных ископаемых.

Литература по теме: 11, 18, 23, 25, 31, 34, 39, 46.

2.3. Понятие о биосфере

Структура биосферы. Основные предпосылки, определяющие концентрацию органического вещества в осадках. Распространение организмов в гидросфере и на суше. Зоны и пояса нефтегазонакопления.

Литература по теме: 21, 27, 28, 35, 37, 39, 40, 45.

2.4. Осадочные формации

Типы осадочных формаций. Диагностические признаки формаций: скорость осадконакопления, степень литификации, типы

пород, морфология толщ, текстуры, органические остатки, содержание $S_{орг}$ и характер его распределения, латеральные переходы. Удельная нефтегазоносность основных типов осадочных формаций.

Литература по теме: 5, 11, 18, 25, 34, 37, 39.

2.5. Фациально-циклический анализ

Использование особенностей циклического строения разрезов для выяснения условий образования осадков. Приуроченность коллекторских и экранирующих толщ к определенным фазам (элементам) циклов. Использование фациально-циклических методов для выделения и прогнозирования вертикального и латерального развития коллекторов и покрышек, выделения и изучения региональных и зональных нефтегазоносных комплексов.

Литература по теме: 2, 3, 4, 8, 9, 12, 18, 20, 21, 22, 29, 30, 35, 36, 38, 39, 44.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.П. Литология: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГА, 2001. – 249 с.
2. Алексеев В.П. Литолого-фациальный анализ: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине «Литология». – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. – 147 с.
3. Алексеев В.П. Атлас фаций юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии). – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 209 с.
4. Атлас литогенетических типов 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. Бетхер О.В., Вологодина И.В. Осадочные горные породы. Систематика и классификация: Учебное пособие. - Томск: Изд. НТЛ, 2007. – 172 с.
8. Ботвинкина Л.Н. Методическое руководство по изучению слоистости. - М.: МГУ, 1976. – 136 с.
9. Ботвинкина Л.Н., Алексеев В.П. Цикличность осадочных толщ и методика ее изучения. – Свердловск: Изд-во Урал. универс., 1991. – 336 с.
10. Бурлин Ю.К. Природные резервуары нефти и газа: Учебное пособие. - М.: МГУ, 1976. – 136 с.
11. Бурлин Ю.К., Конюхов А.И., Карнюшина Е.Е. Литология нефтегазоносных толщ. - М.: Недра, 1991. – 286 с.
12. Вылцан И.А. Фации и формации осадочных пород: Учебное пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томский госуд. универс., 2002. – 484 с.
13. Ежова А.В. Иллюстративный материал для лабораторных и самостоятельных работ для студентов специальностей 130304 «Геология нефти и газа» и 130503 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» очного и заочного обучения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 28 с.

14. Ежова А.В. Литология: Практикум для выполнения учебно-научных работ студентами направления «Прикладная геология». – Томск: ОАО, Изд. «Красное знамя». - Томск, 2008. – 72 с.
15. Ежова А.В. Литология: Рабочая программа для специальности 13030400 «Геология нефти и газа» направления 13010088 «Геология и разведка полезных ископаемых»: – Томск: ОАО, Изд. ТПУ, 2009. – 32 с.
16. Ежова А.В. Литология: Рабочая тетрадь для студентов специальностей 080500 и 090600 очного и заочного обучения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – 42 с.
17. Ежова А.В. Литология. Руководство для выполнения лабораторных и самостоятельных работ для студентов специальностей 130304 «Геология нефти и газа» и 130503 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» очного и заочного обучения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 55 с.
18. Ежова А.В. Литология. Учебник для вузов. – 2-е изд. - Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 336 с.
19. Ежова А.В. Литология: Учебные коллекции пород для выполнения лабораторных и самостоятельных работ студентами специальностей 130304 «Геология нефти и газа» и 130503 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» очного и заочного обучения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 60 с.
20. Карогодин Ю.Н. Введение в нефтяную литологию. - Новосибирск: Наука, 1990. – 239 с.
21. Крашенинников Г.Ф. Учение о фациях. - М.: Высшая школа, 1971. – 368 с.
22. Кузнецов В.Г. Фации и методы фациального анализа: Учебное пособие. - М.: МИИНХиГП, 1973. – 113 с.
23. Кузнецов В.Г. Литология. Осадочные горные породы и их изучение: Учебное пособие для вузов. - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. – 511 с.
24. Лидер М.Р. Седиментология. - М.: Мир, 1986. – 439 с.
25. Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород (с основами методики исследования): Учебник для студентов геол. спец. вузов. - М.: Высшая школа, 1984. – 416 с.
26. Логвиненко Н.В., Сергеева Э.И. Методы определения осадочных пород: Учебное пособие для вузов. - Л.: Недра, 1986. – 240 с.
27. Марковский Н.И. Палеогеографические основы поисков нефти и газа. - М.: Недра, 1973. – 304 с.
28. Методы изучения осадочных пород /Под ред. Н.М. Страхова: В 2т. - М.: Госгеолтехиздат, 1957. - Т. 1 – 611 с., Т. 2 – 564 с.

29. Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел - литологических ловушек нефти и газа. - Л.: Недра, 1984. – 260 с.
30. Недоливко Н.М. Исследование керна нефтегазовых скважин: Практикум для выполнения учебно-научных работ студентами направления «Прикладная геология». - Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 156 с.
31. Петтиджон Ф. Осадочные породы. - М.: Недра, 1981. – 751 с.
32. Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. - М.: Мир, 1976. – 536 с.
33. Преображенский И.А., Саркисян С.Г. Минералы осадочных пород. - М.: Гостоптехиздат, 1954. – 462 с.
34. Прошляков Б.К., Кузнецов В.Г. Литология: Учебник для вузов. - М.: Недра, 1991. – 444 с.
35. Прошляков Б.К., Кузнецов В.Г. Литология и литолого-фациальный анализ. - М.: Недра, 1981. – 284 с.
36. Рейнек Г.Э., Сингх И.Б. Обстановки терригенного осадконакопления. - М.: Недра, 1969. – 779 с.
37. Рухин Л.Б. Основы литологии. - М.: Недра, 1969. – 779 с.
38. Рухин Л.Б. Основы общей палеогеографии. - Л.: Гостоптехиздат, 1959. – 557 с.
39. Справочник по литологии / Под ред. Н.Б. Вассоевича, В.И. Марченко. - М.: Недра, 1983. – 509 с.
40. Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. - М.: Госгеолтехиздат, 1963. – 240 с.
41. Фролов В.Г. Руководство к лабораторным занятиям по петрографии осадочных пород: Изд-во Моск. универс., 1964. – 311 с.
42. Фролов В.Г. Литология: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ. – кн. 1, 1992. – 336 с; кн. 2, 1993. – 432 с; кн. 3, 1995. – 352 с.
43. Ханин А.А. Породы - коллекторы нефти и газа и их изучение. - М.: Недра, 1969. – 368 с.
44. Швецов М.С. Петрография осадочных пород. - Госгеолтехиздат, 1958. – 416 с.
45. Япаскурт О.В. Генетическая минералогия и стадийный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования: Учебное пособие. - М.: Эслан, 2008. – 350 с.
46. Япаскурт О.В. Литология: Учебник для студ. высш. учеб. заведений. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	С.
ВВЕДЕНИЕ	3
1. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ	4
Осадкообразование	4
Лабораторная работа № 1 (<i>Продукты гипергенеза</i>).....	6
Лабораторная работа № 2 (<i>Продукты седиментогенеза</i>). ..	8
Текстуры осадочных пород	11
Лабораторная работа № 3 (<i>Типы слоистости</i>).....	12
Лабораторная работа № 4 (<i>Деформационные текстуры</i>). ..	17
Лабораторная работа № 5 (<i>Биогенные текстуры</i>).....	23
Лабораторная работа № 6 (<i>Вторичные текстуры</i>).....	31
Макроскопическое изучение осадочных пород	36
Лабораторная работа № 7 (<i>Крупнообломочные породы</i>) ..	37
Лабораторная работа № 8 (<i>Мелкообломочные породы</i>)....	40
Лабораторная работа № 9 (<i>Глинистые породы</i>).....	45
Лабораторная работа № 10 (<i>Глиноземистые, железистые, марганцевые, фосфатные породы</i>).....	48
Лабораторная работа № 11 (<i>Кремнистые, карбонатные, соляные, сульфатные, хлоридные породы</i>).....	56
Методы изучения осадочных пород	70
Лабораторная работа № 12 (<i>Гранулометрический анализ и графическое изображение его результатов, расчет количественных структурных показателей</i>).....	70
Лабораторная работа № 13 (<i>Термический фазовый анализ</i>).....	73
Лабораторная работа № 14 (<i>Рентгеноструктурный анализ</i>).....	77
Лабораторная работа № 15 (<i>Электронно-микроскопические исследования</i>).....	82

Литолого-фациальный анализ.....	87
Лабораторная работа № 16 (<i>Построение литолого-фациальных карт и палеопрофилей</i>).....	87
Лабораторная работа № 17 (<i>Минералогический петрографический анализ обломочных пород-коллекторов в шлифах</i>).....	121
Лабораторная работа № 18 (<i>Описание карбонатных пород-коллекторов в шлифах</i>).....	135
2. САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ.....	140
2.1. Структуры осадочных пород.....	140
2.2. Дифференциация осадочного материала.....	140
2.3. Понятие о биосфере.....	140
2.4. Осадочные формации.....	140
2.5. Фациально-циклический анализ.....	141
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	142

Учебное пособие

ЕЖОВА Александра Викторовна

ПРАКТИКУМ ПО ЛИТОЛОГИИ

Учебное пособие

Издано в авторской редакции

Научный редактор
доктор геолого-минералогических наук,
профессор А.К. Мазуров
Дизайн обложки

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 19.12. 2011. Формат 60х84/8. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 17,09. Уч.-изд. л. 15,46.
Заказ 1924-11. Тираж 70 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



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