

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Верисокин Александр Евгеньевич
Должность: И.о. директора института наук о земле
Дата подписания: 25.05.2026 18:55:14
Уникальный программный ключ:
bba78f4c385ebf765cda3fef3917df7dfef1e004

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»
Колледж СКФУ в г. Ставрополе

**Методические указания
для практических занятий**

ОП.05 Геология

Специальность	21.02.01	Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений
Форма обучения	очная	

Ставрополь

Пояснительная записка

Методические указания по организации и проведению практических занятий составлены в соответствии с ФГОС СПО по специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений и рабочей программой учебной дисциплины ОП.05. Геология.

Целью выполнения практических занятий является систематизация и закрепление теоретических знаний, и формирование практических умений.

Особое значение для усвоения содержания ОП.5. Геология и привития практических навыков имеет правильная и четкая организация проведения и выполнения студентами практических работ под контролем преподавателя.

Перед началом выполнения каждой работы студенты должны ознакомиться с ее основными положениями, порядком выполнения работы.

По каждому практическому занятию предусматривается индивидуальный отчет перед преподавателями.

В результате изучения ОП.5. Геология обучающийся должен овладеть следующими профессиональными компетенциями:

ПК 1.2 Выполнять обработку геологической информации о месторождении:

В результате освоения дисциплины студент должен уметь:

- описывать и диагностировать физические свойства минералов (цвет, цвет черты, блеск, спайность и излом, удельный вес и твердость), морфологию, генезис минералов;
- характеризовать область применения минералов, минеральный состав горных пород;
- прогнозировать качество пород коллекторов, формирующих природные резервуары, используя различные методы изучения коллекторских свойств пород
- прогнозировать пластовые давления и температуры;
- проводить анализ геологического строения участка;
- строить структурные карты и геологические разрезы через различные типы залежей нефти и газа

Знать:

- особенности геологических процессов, экзогенных и эндогенных геологических процессов, магматических процессов;

- магматические горные породы; осадочные горные породы; метаморфические горные породы; минералы, геологическое время; геологическая карта; геологический разрез;
- классификация минералов по химическому составу; классификация осадочных пород;
- органическое вещество, литогенез ов;
- нефть, ее химический состав; природный газ, его состав и свойства; классификация нефтей в зависимости от содержания серы, парафина, смол (элементарный, групповой, фракционный составы нефти);
- пластовое давление и температура;
- промысловая классификация пластовых вод;
- породы-коллекторы, их свойства; природные резервуары и ловушки; залежи и месторождения нефти и газа;
- характеристики терригенных и карбонатных коллекторов; методы изучения коллекторских свойств горных пород;
- породы-флюидоупоры
- миграция углеводородов в земной коре, формирование и разрушение залежей нефти и газа

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Цель: ознакомить студентов с физическими свойствами основных минералов, которые очень важны для их диагностики. Научить студентов определять минералы по комплексу характерных физических свойств, не прибегая к более трудоемким исследованиям.

Теоретическая часть

Физические свойства минералов

Минералы – это однородные по составу и строению природные химические соединения, возникающие в результате разнообразных процессов, происходящих внутри земной коры и на ее поверхности. Большая часть минералов встречается очень редко, и только около 50 из них широко распространены и составляют основную массу горных пород. Это породообразующие минералы.

Из приведенного определения понятия минерал, следует, что искусственно созданные химические соединения, в том числе и уже существующие в природе, минералами считать не следует. Чаще всего их называют *искусственными* минералами (искусственный кварц, искусственный рубин, искусственный алмаз и т.д.).

Обязательно следует пояснить, что обычно минералами называют вещества находящиеся в твердом состоянии, чаще всего, кристаллическом для большинства минералов, реже, аморфном – например опал ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Исключением является вода – жидкий минерал.

Существует ряд свойств (внешних признаков), по которым можно отличить один минерал от другого. К ним относятся оптические, механические, некоторые химические и другие легко определяемые свойства. Оптические свойства минералов: это цвет, цвет черты, прозрачность, блеск. Механические свойства: твердость, спайность, излом, плотность. Кроме того, легко определить характер взаимодействия с соляной кислотой, вкус и некоторые другие свойства.

Оптические свойства. Цвет или окраска минералов – свойство, которое, прежде всего, обращает на себя внимание любого исследователя. Для некоторых минералов цвет является постоянным признаком (малахит, азурит, киноварь). Для большинства минералов этот признак непостоянен. Так, например, полевые шпаты встречаются белые, желтые, красные, зеленые, серые. Цвет минералов зависит от их химического состава, внутренней структуры, механических примесей и, главным образом, от присутствия химических примесей элементов. Выделяется особая группа химических элементов, окрашивающих

минералы, в состав которых они входят в качестве одного из основных элементов или элемента примесного. Это группа элементов хромофоров – железо, марганец, хром, медь, никель, уран, свинец и некоторые другие. Для каждого из этих элементов характерен некоторый спектр окрасок, позволяющих судить о его присутствии в составе минерала. Например, железо, в зависимости от валентности окрашивает свои соединения в черный цвет, разные степени красного, красно-бурого, желтого и желтовато-бурого цветов. Присутствие меди придает ее соединениям различные оттенки синего и зеленого цветов. Эти элементы могут быть *основными элементами минерала* (Cu – в малахите; Mn – в родоните), а могут входить в состав минералов лишь в виде *примесей*. Примеси чаще меняют окраску светлоокрашенных минералов (кварц, кальцит, гипс и др.).

Изменять окраску минерала может также возникающая на его поверхности разноцветная пленка – *побежалость*. Возникновение побежалости особенно характерно для рудных минералов в результате окисления. Природа появления разноцветной пленки такая же, как у масляной пленки на поверхности воды.

Характеризуя цвет минерала в диагностических целях, следует стремиться к наиболее точному его описанию. Поэтому используют сложные определения, например, молочно-белый, свинцово-серый, светло-зеленый.

Цвет черты (цвет минерала в порошке). Является более постоянным признаком, чем цвет куска минерала в изломе. Играет решающую роль в определении многих минералов. Так, например, минерал лимонит может иметь коричневую, желтую и даже черную окраску, но цвет его черты всегда коричневый. Определяется по черте, оставляемой минералом на шероховатой фарфоровой пластинке (бисквите). Однако, это возможно лишь для минералов, твердость которых невелика, меньше 7. У светлоокрашенных минералов черта всегда белая. Студентам в этом следует убедиться. Кроме того, следует присмотреться к оттенкам цвета черты. Черта может быть черной (магнетит), иметь легкий зеленоватый оттенок (халькопирит), металлический блеск (графит) и т.д.

Прозрачность – способность минералов пропускать свет без изменения направления его распространения. Прозрачность зависит от кристаллической структуры минерала, интенсивности его окраски, состава и условий его образования. По степени прозрачности минералы подразделяются на *прозрачные, полупрозрачные, просвечивающиеся по тонкому краю, непрозрачные*.

Прозрачными являются тонкие пластинки белой слюды (мусковита), кристаллы горного хрусталя (кварца), чистые, бездефектные кристаллы кальцита, гипса и др. сквозь

тонкие пластинки таких минералов свет проходит свободно, видны детали рассматриваемых предметов. Например, легко читается написанный на бумаге текст.

Если свет через образец проходит, но различимы лишь контуры предметов без деталей, то минерал относится к полупрозрачным (апатит, флюорит), просвечивают в тонких краях, например, полевые шпаты. Многие минералы остаются непрозрачными даже в очень тонких пластинках (сотые доли миллиметра), например, магнетит, пирит, галенит и др.

Блеск – способность минерала отражать свет, падающий на его поверхность. Это свойство также зависит от структуры минерала. По блеску минералы делят на две большие группы: с *металлическим блеском* (латунный, свинцовый) и с *неметаллическим блеском* (алмазный, стеклянный, жирный, восковой, перламутровый, шелковистый). Встречаются минералы, поверхность которых лишена блеска. Такие минералы называются *матовыми*. Металлический блеск имеют те минералы, которые дают черную черту. Неметаллический блеск характерен для минералов, дающих цветную черту. Исключением являются самородные элементы (золото, серебро, медь) и некоторые сульфиды (халькопирит), которые дают цветную черту, но относятся к минералам с металлическим блеском.

Механические свойства. Твердость – способность минералов оказывать сопротивление внешнему механическому воздействию (царапанию, резанию, истиранию) более прочным телом. Этот признак зависит от внутреннего строения минерала и отражает прочность химических связей между атомами в кристаллической решетке. В полевых условиях твердость определяется методом Ф. Мооса, разработавшего шкалу твердости по степени царапания минералов алмазом и друг другом. В шкале в качестве эталонов используются десять минералов с известной и постоянной твердостью. Эти минералы располагаются в порядке возрастания твердости (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Шкала твердости Мооса

Наименование минералов	Твердость по Моосу	Характеристика твердости
Тальк	1	Легко чертится ногтем
Гипс	2	Царапается ногтем
Кальцит	3	Легко царапается ножом
Флюорит	4	С трудом царапается ножом
Апатит	5	Нож не оставляет царапины
Ортоклаз	6	Оставляет царапину на стали и стекле
Кварц	7	Легко царапает сталь и стекло
Топаз	8	Царапает стекло и горный хрусталь
Корунд	9	Легко царапает сталь, стекло и все минералы, кроме

		алмаза
Алмаз	10	Режет стекло

Примечание: твердость стекла 5 – 5,5

Определяя твердость минерала, следует провести по его поверхности острой гранью минерала из шкалы твердости. Образовавшийся порошок надо удалить, чтобы рассмотреть осталась царапина или нет. В первом случае минерал будет тверже, а во втором – мягче эталонного минерала из шкалы твердости.

Определять твердость стоит на достаточно крупных зернах, на которых видны грани или плоскости спайности кристаллов. На мелкозернистых образцах, вместо минералогической твердости, часто получается ее заниженное значение, соответствующее прочности связей между отдельными частицами. Например, твердость лимонита в разных образцах, в зависимости от их строения, меняется от 1 до 5,5.

Для определения твердости нужно приобрести некоторый навык. Для начала, следует выучить шкалу твердости. Затем определяют, царапает минерал стекло или нет, и далее уточняют его твердость. Царапая стекло или минерал следует прилагать достаточное усилие. Особенно важно это при определении минералов с высокой твердостью.

Спайность – способность кристаллов минерала при ударе раскалываться по направлениям, параллельным граням кристалла с образованием гладких, блестящих плоскостей. Выделяют несколько видов спайности: весьма совершенную, совершенную, среднюю, несовершенную и весьма несовершенную.

Весьма совершенная спайность – минерал легко разделяется в одном направлении на листочки или пластинки с параллельными, ровными плоскостями спайности (слюда, графит). *Совершенная спайность* – при ударе минерал разрушается и образуются обломки, ограниченные плоскостями спайности, обычно в трех направлениях (галит, кальцит). *Средняя спайность* (явственная, отчетливая) характерна для минералов, образующих при расколе как гладкие пластинки (плоскости спайности), так и поверхности с неровным изломом (полевые шпаты). *Несовершенная спайность* – большая часть поверхностей осколков неправильная, очень редко встречаются небольшие участки плоскостей спайности (апатит). *Весьма несовершенная спайность* – полное отсутствие плоскостей спайности, наблюдаются только поверхности излома (кварц).

Спайность минералов отчетливо показывает, что прочность его резко различна в зависимости от направления. Она обусловлена закономерным расположением атомов и ионов внутри кристалла и объясняется тем, что в пространственной решетке существуют плоские сетки, притяжение между которыми наименьшее.

Для определения спайности образец не нужно дополнительно раскалывать, следует просто присмотреться к уже имеющимся поверхностям раскола и постараться определить характер раскалывания отдельных кристаллических зерен. Особенности спайности хорошо различимы на крупнозернистых образцах минералов, на мелкозернистых спайность различима с помощью лупы. На очень мелкозернистых образцах спайность не различима.

Студентам следует продемонстрировать образцы с хорошо различимыми разновидностями спайности, а затем переходить к самостоятельному определению на образцах различных минералов.

Если поверхность раскалывания имеет неправильный характер, ее называют изломом.

Излом – вид поверхности, образующейся при раскалывании минеральных агрегатов. Эта характеристика особенно важна при изучении минералов, обладающих несовершенной и весьма несовершенной спайностью, а так же мелко и мелкозернистых. Различают *раковистый, занозистый, ступенчатый, зернистый, крючковатый, рубленый, игольчатый, ровный и неровный* излом. Студентам следует продемонстрировать, по возможности, разновидности излома.

Плотность минералов различна, зависит от химического состава. При определении минералов по внешним признакам плотность с большой точностью не определяется. Достаточно деления минералов на две группы: *легкие*, в состав которых входят легкие химические элементы (алюминий, калий), и *тяжелые*, имеющие в составе тяжелые элементы (свинец, вольфрам, барий).

При полевых исследованиях плотность минералов оценивается взвешиванием в руке. Для этого нужно приобрести некоторый навык, прикидывая плотность известных минералов в руке, сравнивая их плотность с другими минералами в образцах такого же объема. Если минерал представлен отдельными включениями среди зерен других минералов, то таким способом его определить невозможно.

Далее отмечаются особые свойства, характерные для отдельных минералов, или небольших групп минералов, но практически однозначно позволяющие их определять.

Минералы, имеющие в своем составе углекислые соли, под действием раствора соляной кислоты выделяют в виде пузырьков углекислый газ – «вскипают». Особенно хорошо растворяется в кислоте кальцит и его полиморфная разновидность – арагонит. В порошке с кислотой взаимодействует доломит. Магнезит и сидерит реагируют с нагретой кислотой. Сульфиды при реакции выделяют сероводород, имеющий характерный запах.

При полевом определении минералов используются также такие свойства, как магнитность, вкус, запах и другие. Минерал магнетит отклоняет стрелку компаса; галит – соленый на вкус, сильвин – горько-соленый; сера – с резким запахом.

Указания по технике безопасности

Работать с кислотой осторожно, избегая попадания реактива в глаза. Не проводить никаких работ, кроме тех, которые заданы руководителем и для которых даны объяснения.

Задания

Рекомендуется следующий порядок определения минералов.

1. Определяются основные физические свойства: цвет, цвет черты, прозрачность, блеск, твердость, спайность, излом, магнитность, взаимодействие с HCl. Результаты работы представить в виде таблицы 1.2.

Содержание отчета

В отчете следует отразить цель работы, кратко теоретические предпосылки, порядок выполнения работы. Определить на различных минералах их свойства.

Таблица 1.2 – Характеристика основных свойств минералов

Название минерала, химическая формула	Твердость, плотность	Цвет, цвет черты	Блеск	Спайность, излом	Магнитность, реакция с HCl	Происхождение
---------------------------------------	----------------------	------------------	-------	------------------	----------------------------	---------------

При защите работы студент должен представить отчет о выполненной работе, ответить на вопросы, предложенные преподавателем, определить морфологические типы агрегатов по образцам из коллекции.

Контрольные вопросы

1. От чего зависит окрас минерала?
2. Каковы главные физические свойства минералов?
3. Какие минералы входят в шкалу Мооса (шкалу твердости)?
4. Что такое спайность минералов? Какие существуют виды спайности?
5. В чем отличия спайности от излома?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2. ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ МИНЕРАЛОВ В ПРИРОДЕ

Цель: ознакомить студентов с основными морфологическими особенностями минералов и научить определять их на предложенных образцах и на рисунках

Внешний вид минералов различен. Он определяется размерами и морфологией. В природе минералы распространены, главным образом, в виде зерен неправильной формы, не имеющих кристаллических граней. Хорошо ограненные кристаллы встречаются значительно реже. *Кристаллы* – это твердые тела, атомы и ионы которых образуют правильные упорядоченные периодические структуры – *кристаллические решетки*.

Ниже приводятся общие особенности морфологии кристаллов и их граней, что имеет практическое значение при определении минералов.

Облик кристаллов (габитус). Поскольку любое тело в пространстве имеет три измерения, можно выделить следующие формы кристаллов:

1. Изометрические формы – формы, одинаково развитые во всех трех направлениях в пространстве.

2. Формы, вытянутые в одном направлении (призматические, столбчатые, шестоватые, игольчатые, волокнистые кристаллы).

3. Формы, вытянутые в двух направлениях при сохранении третьего короткого. К ним относятся таблитчатые, пластинчатые, листоватые и чешуйчатые кристаллы.

Двойники. Многие минералы встречаются в виде правильных сростков одиночных кристаллов, которые называются двойниками, тройниками и т. д. Для некоторых минералов такие сростки являются довольно надежными диагностическими признаками: «ласточкин хвосты» гипса (рисунок 2); крестообразные двойники ставролита (от греч. *stavros* – крест).

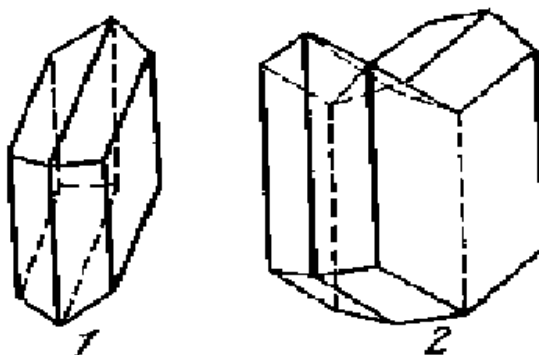


Рисунок 1. Единичный кристалл гипса (1) и двойник срастания «ласточкин хвост» (2)

Штриховатость. Нередко грани кристаллов бывают покрыты бороздами или штрихами. Для некоторых минералов это свойство постоянно и служит одним из диагностических

признаков. Так, штриховка вдоль вытянутости кристалла характерна для турмалина и эпидота. Штриховка поперек граней наблюдается на призматических гранях кварца. Для кубических кристаллов пирита характерно расположение штрихов на одной грани перпендикулярно по отношению к каждой соседней грани.

Минеральные агрегаты – сростки минеральных зерен, кристаллов. Агрегаты могут быть *мономинеральными* (от греч. *monos* – один, единственный), т. е. состоять из одного минерала (мрамор) и *полиминеральными* (от греч. *polis* – многочисленный), представленными несколькими различными минералами (гранит). При описании минеральных агрегатов следует обращать внимание на размер отдельных зерен и их форму. По размеру слагающих кристаллов агрегаты могут подразделяться на *гигантокристаллические* – слагающие кристаллы более 3 см; *крупнокристаллические* – 3–1 см; *среднекристаллические* – 1–0,3 см; *мелкокристаллические* – менее 0,3 см. Выделяются также *скрытокристаллические* агрегаты, отдельные зерна которых не видны невооруженным глазом.

По строению и морфологическим признакам агрегаты весьма разнообразны и поэтому приобрели особые названия.

Зернистые агрегаты. Они сложены кристаллическими зернами, иногда в комбинации с хорошо образованными кристаллами. Этот тип агрегатов наиболее широко распространен в земной коре (полнокристаллические магматические породы, многие руды месторождений полезных ископаемых.).

Форма зерен, слагающих агрегаты, накладывает отпечаток на морфологические особенности агрегатов. Если агрегат сложен зернами более или менее изометрической формы, то его называют просто *зернистым*. Если зерна имеют пластинчатый облик, то такие агрегаты называют *листоватыми* или *чешуйчатыми* в зависимости от размеров слагающих индивидов. Агрегаты, зерна которых вытянуты в одном направлении, носят название *шестоватых*, *игольчатых*, *волокнистых*. По степени заполнения пространства различают *плотные* и *рыхлые* зернистые агрегаты. По относительным размерам зерен различают *равномернозернистые* агрегаты, когда размеры зерен приблизительно одинаковы, и агрегаты *неравномернозернистые*, в этом случае размеры зерен резко различны, отличаются в 10 и более раз.

Друзы (от нем. *druse* – щетка) – закономерные сростки минералов, выросших на стенках каких-либо пустот (рисунок 3). По друзам часто удается изучить последовательность выделения разных минералов. Хорошо образованные кристаллы возникают в свободном пространстве, т. е. в каких-либо первичных пустотах, полых трещинах. К этой категории относятся *кристаллические корки* и *щетки*. Последние представляют собой сростки мелких кристаллов

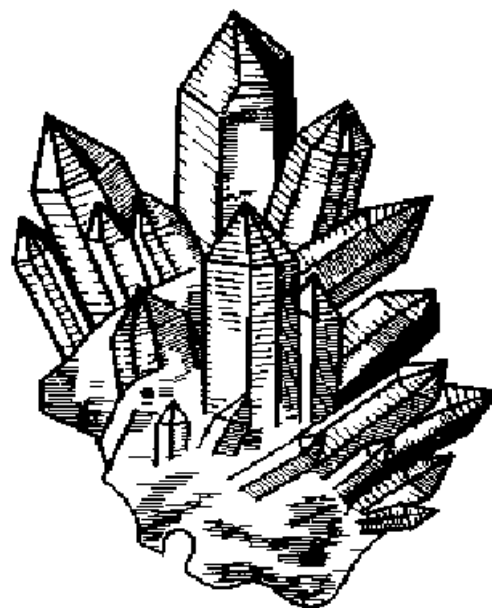


Рисунок 2. Друза кварца

покрывающих поверхность и ориентированных в одном направлении.

Секреции (от лат. *secretion* – выделение) образуются в результате заполнения неправильных, но обычно округлой формы, пустот кристаллическим или коллоидным веществом. Характерной особенностью большинства секретий является последовательное концентрически послойное отложение минерального вещества по направлению от стенок пустоты к центру. Отдельные слои часто отличаются друг от друга по цвету и составу. Мелкие секретии (до 10 мм в поперечнике) называются *миндалинами*, крупные – *жеодами*.

Внутри жеод часто сохраняется свободное пространство. Стенки таких пустот могут покрываться кристаллами (друзами, кристаллическими щетками), почковидными натёками.

Конкреции – округлые и шаровидные выделения минералов, в которых минеральное вещество нарастает от центра к периферии. Строение может быть скорлуповатым или радиально-лучистым (рисунок 3). Размеры конкреций колеблются от миллиметров до десятков сантиметров, иногда до метров в поперечнике.



Рисунок 3. Конкреция фосфора

Мелкие конкреции (менее 2–3 см) называются *оолитами* (от греч. *oon* – яйцо и *lithos* – камень) (рисунок 4). Оолиты возникают в водных средах вокруг песчинок, обломков органических остатков и даже

вокруг пузырьков газа. Особенностью оолитов является концентрическая слоистость, иногда скорлуповатость. Аналогичные по форме, но не обладающие концентрической слоистостью образования называют

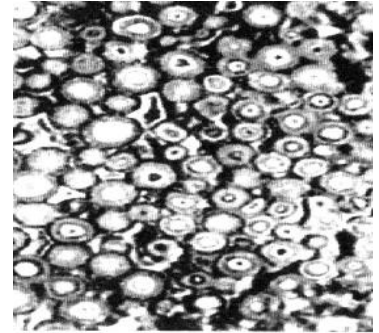


Рисунок 4. Оолиты арагонит

псевдооолитами (бобовинами). В виде конкреций встречаются фосфорит, пирит, марказит, сидерит, барит и другие минералы.

Натечные образования возникают при выпадении минерального вещества из растворов, текущих по открытым поверхностям. Эти минеральные образования возникают за счет коллоидов – гелей. Они наблюдаются в пустотах. Постепенно теряя испаряющуюся воду, коллоидные растворы густеют и под влиянием силы тяжести свисают с верхних частей пустот в виде *сталактитовых, почковидных, гроздевидных* и прочих форм (рисунок 5). В таком виде они, в конце концов, затвердевают. В нижних частях пустот за счет падающих капель возникают поднимающиеся кверху конусообразные *сталагмиты*. Натечные формы могут иметь также вид *сосуллек* и *желваков*.

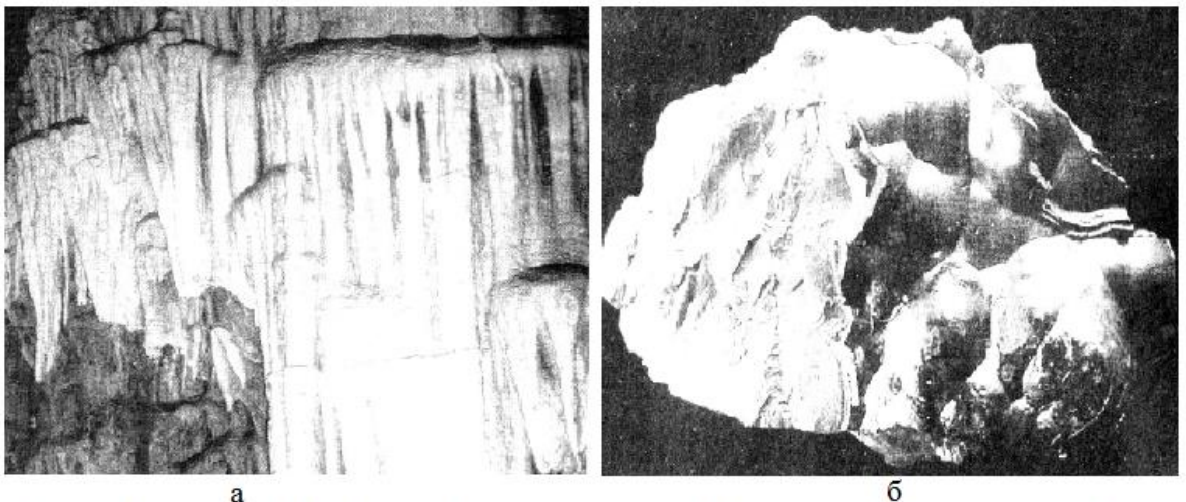


Рисунок 5. натечные формы выделения минералов: а) сталактитовые занавесы кальцита; б) желваки гематита

Землистые массы представляют собой мягкие мучнистые образования, в которых невозможно различить даже с помощью лупы какие-либо кристаллические образования. Обычно они наблюдаются в виде *корок* или *скоплений*, возникающих при химическом выветривании горных пород. В зависимости от цвета такие массы называются *сажистыми* (черные) или *охристыми* (желтого и бурого цвета). Встречаются землистые минеральные

образования различной окраски гидросиликатов никеля, сажистые образования гидроокислов марганца, охристые образования гидроокислов железа.

Налеты и примазки встречаются в виде тонких пленок на поверхности кристаллов и представляют собой различные по составу вещества (тонкие пленки бурых гидроокислов железа на кристаллах горного хрусталя, примазки медной зелени и сини в горных породах, вмещающих медные месторождения). *Выцветы* – рыхлые пленки, корочки или спорадически рассеянные моховидные и пушистые образования каких-либо солей, чаще всего легко растворимых водных сульфатов, периодически появляющиеся на поверхности руд, горных пород, сухих почв. В дождливые периоды года они исчезают, а в сухую погоду появляются вновь.

Дендриты (от греч. *dendron* – дерево) образуются в результате быстрой кристаллизации минералов в тонких трещинах и порах породы и напоминают причудливые по форме ветки растений (дендритоподобные выделения гидроокислов марганца на поверхности пород или вдоль тонких трещин) (рисунок 6).

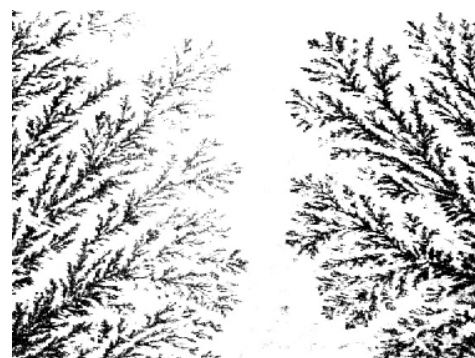


Рисунок 6. Дендриты

Иногда минералы выделяются в несвойственной им форме, образуя точную копию другого минерала или органического образования. Такие формы называются *псевдоморфозами* (от греч. *pseudos* – ложь, *morphe* – форма), т. е. ложными формами. Незначительное количество минералов не имеет кристаллической решетки, т. е. выделяются не в кристаллическом, а в *аморфном* или *коллоидном* состоянии.

Форма нахождения минералов в природе и особенности строения минеральных агрегатов позволяют судить об условиях их образования.

Оборудование и материалы

Наборы одиночных природных кристаллов, сростков различных минералов. Фарфоровые пластинки (бисквиты), компас, 10 % соляная кислота, шкалы твердости, стеклянные пластинки. Набор минералов различных морфологических типов, рисунки, плакаты, иллюстрирующие морфологические особенности минералов.

Указания по технике безопасности

Работать с кислотой осторожно, избегая попадания реактива в глаза. Не проводить никаких работ, кроме тех, которые заданы руководителем и для которых даны объяснения.

Задания

Рекомендуется следующий порядок определения минералов.

1. Используя имеющиеся методические пособия, плакаты, рисунки, учебники, студент должен последовательно описать характерные морфологические признаки минералов и минеральных агрегатов, предложенных преподавателем: степень изометричности, габитус, размеры зерен зернистых агрегатов, двойники, псевдоморфозы.

Содержание отчета

В отчете следует отразить цель работы, кратко теоретические предпосылки, порядок выполнения работы. Определить на различных минералах их свойства.

Пользуясь предложенными методическими указаниями, учебниками, учебно-методическими пособиями и коллекциями описать и зарисовать различные морфологические типы минеральных индивидов и агрегатов, дать их краткую характеристику, осветить особенности и условия образования. Результаты работы представить в виде таблицы 2.1.

Таблица 2.1 – Морфология минералов

Рисунок минерала	Краткая характеристика, особенности морфологического типа, условия образования

При защите работы студент должен представить отчет о выполненной работе, ответить на вопросы, предложенные преподавателем, определить морфологические типы агрегатов по образцам из коллекции.

Контрольные вопросы

6. От чего зависит окрас минерала?
7. Каковы главные физические свойства минералов?
8. Какие минералы входят в шкалу Мооса (шкалу твердости)?
9. Что такое спайность минералов? Какие существуют виды спайности?
10. В чем отличия спайности от излома?
11. Какие формы кристаллов характерны для минералов?
12. Связана ли морфология минералов с особенностями их кристаллической

структуры?

13. Что такое двойники? Для каких минералов они наиболее типичны и облегчают их диагностику?

14. Чем обусловлены характерные морфологические особенности минеральных агрегатов?

15. Перечислите главнейшие типы минеральных агрегатов.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3. ИЗУЧЕНИЕ МИНЕРАЛОВ И ИХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПО КОЛЛЕКЦИЯМ (КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛОВ ПО ТИПУ ХИМИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ)

Цель: научить студентов определять название минералов и их характерные признаки. Ознакомить с классификацией минералов по типу химического соединения элементов. Рассмотреть условия образования породообразующих минералов. Ознакомить с практическим применением минералов.

Теоретическая часть

Минералы (от греч. *minera* – руда) – это однородные по составу и строению природные химические соединения, возникающие в результате разнообразных процессов, происходящих внутри земной коры и на ее поверхности. Большинство минералов твердые кристаллические тела. Реже встречаются жидкие и газообразные минералы.

Минералы слагают не только твердые оболочки Земли, но и планеты земной группы, астероиды, Луну, метеориты, частицы космической пыли. Известно около 3,5 тысяч минеральных видов.

Свойства минералов зависят от их химического состава и внутреннего строения. Эти признаки положены в основу *классификации минералов*. Наиболее распространенными в природе являются минералы следующих классов: самородных элементов, сульфидов, карбонатов, оксидов и гидроксидов, сульфатов, галоидных соединений, фосфатов, силикатов и алюмосиликатов. Ниже приводится краткая характеристика некоторых минералов этих классов.

Класс самородных элементов. В этот класс входят более 30 элементов, находящихся в самородном состоянии. Это металлы (железо, медь), полуметаллы (мышьяк, сурьма, висмут) и неметаллы (сера, углерод). Минералы класса самородных элементов не являются породообразующими, но имеют большое практическое значение. По происхождению самородные элементы связаны с магматическими, гидротермальными и метаморфическими процессами. Распространение их в земной коре невелико. Наиболее распространенными являются благородные металлы – платина, золото и серебро, а также графит и сера.

Класс сульфидов. В этот класс входит большое количество минералов, представляющих собой сернистые соединения металлов. Наиболее распространены сульфиды железа (пирит), меди (халькопирит), свинца (галенит) и цинка (сфалерит). Минералы имеют темную окраску, металлический блеск и высокую плотность. Минералы класса сульфидов, как правило, образуются в гидротермальных условиях и встречаются в

виде прожилков, гнезд или кристаллов. В зоне выветривания сульфиды разрушаются, переходя в сульфаты, окислы, карбонаты и другие соединения.

Класс карбонатов насчитывает около 80 представителей. Карбонаты – это соли угольной кислоты (H_2CO_3), для которых характерна реакция с соляной кислотой, сопровождающаяся выделением пузырьков углекислого газа, что часто используется для их диагностики. Минералы класса карбонатов имеют светлую окраску, низкую твердость, небольшой удельный вес, а также широкое распространение в верхней части литосферы. Наиболее распространенными являются кальцит, доломит, магнезит, сидерит.

Класс оксидов и гидроксидов объединяет минералы, образованные соединениями металлов и полуметаллов с кислородом, с гидроксильной группой OH^- или водой. Минералы этого класса образуются как в эндогенных (внутренних), так и в экзогенных (поверхностных) условиях. Некоторые из них относятся к породообразующим, некоторые – к рудам. Самыми распространенными являются оксид кремния SiO_2 (кварц), оксиды и гидроксиды железа (гематит, магнетит, лимонит). Практическое значение минералов этого класса велико, так как они образуют руды черных, цветных и редких металлов, слагают многие неметаллические полезные ископаемые (кварц, корунд). Некоторые из них играют роль драгоценных и поделочных камней (опал, рубин, сапфир).

Класс сульфатов включает минералы, представленные солями серной кислоты. Минералы этого класса осаждаются из поверхностных вод, связаны с окислением сульфидов и серы в зоне выветривания. Минералы обычно светлые, с низкой твердостью и небольшим удельным весом. Главными представителями класса являются: ангидрит, гипс, барит. Используются в строительной индустрии, в бурении нефтяных и газовых скважин.

Класс галоидов содержит около 100 минералов, представляющих собой соли галогеноводородных кислот HF , HCl , HBr , HI . Как породообразующие минералы имеют небольшое значение, но их скопления рассматриваются как сырье для химической и пищевой промышленности, металлургии и сельского хозяйства. Наиболее часто встречаются галит, сильвин и флюорит.

Образование галоидов связано с усыханием поверхностных соленосных бассейнов, а также с гидротермальными процессами.

Класс фосфатов объединяет большое количество минералов. Фосфаты – это минералы, образованные солями ортофосфорной кислоты (H_3PO_4). Наиболее широко распространенным минералом является апатит.

В класс *силикатов и алюмосиликатов* (далее просто силикаты) входят наиболее

важные и широко распространенные в земной коре породообразующие минералы. Силикатами являются около 800 минералов, которые характеризуются сложным химическим составом и внутренним строением. Одним из основных элементов в составе силикатов является кремний (Si). Присутствуют также кислород, алюминий, железо, магний, кальций, натрий, калий, водород.

Самыми распространенными являются минералы группы полевых шпатов. Широко распространены также пироксены, амфиболы и слюды.

По происхождению силикаты связаны с эндогенными (магматическими, пегматитовыми, метаморфическими) и экзогенными процессами. Силикаты экзогенного происхождения представляют собой продукты выветривания или изменения первичных минералов.

Силикаты – это ценные неметаллические полезные ископаемые, руды на рассеянные элементы, цветные металлы и редкие земли. Ряд силикатов используется в качестве драгоценных и поделочных камней (изумруд, гранаты, аквамарин, топаз).

Для первого знакомства студентам первого курса предлагается небольшой перечень минералов. Включались минералы в список исходя из следующих соображений: во-первых, это, так называемые, породообразующие минералы, знакомство с которыми важно для последующего изучения горных пород; во-вторых, это минералы важные в промышленном отношении (руды некоторых минералов, сера, графит и др.). Естественно, в список включены минералы ранее перечисленные в шкале твердости.

Оборудование и материалы

Коллекция минералов различных классов, лупы, шкала Мооса, фарфоровые и стеклянные пластинки для определения цвета черты и твердости, магниты, 5–10 % соляная кислота, рекомендованные таблицы и рисунки.

Указания по технике безопасности

Работать с кислотой осторожно, избегая попадания реактива в глаза. Не проводить никаких работ, кроме тех, которые заданы руководителем и для которых даны объяснения

Задания

Для того чтобы распознать минералы в лабораторных условиях, не прибегая к специальным методам минералогического исследования и оборудованию, необходимо знать и уметь определять их основные диагностические свойства. Способы определения минералов разнообразны и не могут быть сведены к одному или нескольким приемам. Многое зависит от того, насколько хорошо выражены свойства минерала и насколько

широко этот минерал распространен в природе.

Для определения минералов рекомендуется использовать метод исключения. Путем сопоставления физических свойств исключаются отдельные классы минералов и выделяются один – два класса, к которым предположительно относится данный минерал. Например, если минерал обладает хорошо выраженным металлическим блеском, то он, скорее всего, относится к классу сульфидов или самородных элементов. Название этого минерала надо искать внутри этих классов.

Опытным путем для каждого минерала учебной коллекции определяется набор наиболее важных, с точки зрения диагностики, свойств.

Рекомендуется следующий порядок определения минералов:

1. Определяются и записываются основные физические свойства: твердость, плотность (г/см^3), цвет, цвет черты, блеск, спайность, магнитность, взаимодействие с HCl.
2. Определяется принадлежность минерала к тому или иному классу (классам) по совокупности признаков.
3. Определяется место минерала внутри класса (название, разновидности и т. д.).

При описании минералов рекомендуется использовать данные, приведенные в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристика минералов различных классов

№ образца	Наименование минерала, химическая формула	Твердость/ плотность	Окраска минерала без примесей	Цвет черты/ блеск	Спайность/ излом	Происхождение минерала	Практическое применение
1	2	3	4	5	6	7	8
Класс «Самородные элементы»							
1	Медь (Cu) с примесями золота и серебра	2,5–3,0/ 8,5–8,9	медно-красный	металлически-блестящий/ металлический	отсутствует/	самородное, осадочное, окисление медно-сульфидных месторождений	электротехника, приборостроение, машиностроение
2	Серебро (Ag) с примесями золота и меди	2,5/ 10,1–11,1	серебряно-белый	металлически-блестящий/ металлический	отсутствует/	гидротермальное, зоны окисления сульфидных месторождений	электроника, ювелирное дело, медицина, химическая промышленность
3	Золото (Au) с примесями Cu, свинца (Pb)	2,5–3/ 13,6–18,3	золотисто-желтый	металлически-желтый/ металлический	отсутствует/	гидротермальное, россыпное	ювелирное дело, электроника, медицина
4	Железо (Fe)	4–5/ 7–7,8	стально-серый	стально-серый, блестящий/ металлический	отсутствует/	магматическое (ультраосновные и основные породы)	электротехника, приборостроение, машиностроение
5	Платина (Pt)	4–4,5/ 15–19	белый	белый/ металлический	отсутствует/ неровный	магматическое (ультраосновные породы)	электроника, ядерная техника, ракетостроение, текстильная, химическая промышленность
6	Сера (S)	1–2/ 2,05–2,08	желтый с различными оттенками	не дает/ алмазный, в изломе – жирный	несовершенная/ неровный	при вулканических извержениях, разложении сернистых металлов, осадочным путем	химическая промышленность (для производства серной кислоты), текстильная, резинотехническая промышленность

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Алмаз (C)	10/ 3,5–3,6	бесцветный, голубой, бурый, зеленый	не дает/ алмазный	средняя/	пегматитовое кимберлитах)	(в ювелирное дело, абразивный и режущий материал, бурение
8	Графит (C)	2,23/ 12,1	железно-черный до стального	черный блестящий/ металлоподобный	совершенная/	магматическое, метаморфическое	металлургическая, электротехническая, атомная, химическая промышленность
Класс «Сульфиды»							
9	Галенит (PbS)	2–3/ 7,4–7,6	свинцово-серый	серовато-черный блестящий/ металлический	совершенная/ ступенчатый	гидротермальное, контактово- метаморфическое, осадочное	руда на свинец, серебро, бериллий, медь, цинк
10	Сфалерит (ZnS)	3–4/ 3,5–4,2	бурый, черный	белый, желтый, бурый/алмазный	совершенная/ неровный	гидротермальное, хемогенно-осадочное	руда на цинк, кадмий
11	Киноварь (кровь дракона) (HgS)	2–2,5/ 8,1–8,2	красный	красный/ алмазный	совершенная/	гидротермальное	руда на ртуть, медицина, электротехника, химическая пром.
12	Халькопирит (CuFeS ₂)	3,5–4/ 4,2	латунно-желтый	черный с зеленоватым оттенком/ металлический	несовершенная/ неровный	магматическое, гидротермальное, метаморфическое, осадочное	руда на медь, электротехника, машиностроение, приборостроение
13	Пирит (FeS ₂)	6–6,5/ 4,9–5,2	латунно-желтый	буровато или зеленовато-черный/ металлический	несовершенная/ неровный, раковистый	магматическое контактово- метасоматическое, осадочное	химическая промышленность
14	Молибденит (MoS ₂)	1/ 4,7–4,8	свинцово-серый	серый/ металлический	весьма совершенная/ листоватый	гидротермальное, магматическое	оборонная промышленность, металлургия
15	Аурипигмент (As ₂ S ₃)	1–2/ 3,4–3,5	лимонно- желтый с бурым	лимонно-желтый/ от полуметаллического до алмазного	совершенная/ листоватый, чешуйчатый	гидротермальное, вулканическое	руда на мышьяк, сельское хозяйство, стеклянное производство, кожевенная промышленность

1	2	3	4	5	6	7	8
Класс «Карбонаты»							
16	Кальцит (CaCO ₃)	3/ 2,6–2,8	бесцветный, белый, розовый, желтый	белый/ стеклянный, перламутровый	совершенная/ ровный, ступенчатый	гидротермальное, осадочное	строительство, металлургическая, химическая промышленность, сельское хозяйство, ювелирное дело
17	Арагонит (CaCO ₃)	3,5–4/ 2,9–3	белый, желтовато- белый, фиолетовый	белый/ стеклянный	отсутствует/ отсутствует	гидротермальное, осадочное	строительство, металлургическая, химическая пром.
18	Магнезит (MgCO ₃)	4–4,6/ 2,9–3	белый с желтоватым или сероватым оттенком	белый/ стеклянный	совершенная/ ступенчатый, раковистый, неровный	гидротермальное, осадочное	металлургия, химическая, фармацевтическая промышленность
19	Доломит Ca,Mg(CO ₃)	3,5–4/ 1,8–2,9	серовато-бе с желтов буроватым оттенком	белый/ стеклянный	совершенная/ косо- ступенчатый	гидротермальное, осадочное	строительство, металлургическая, химическая промышленность, сельское хозяйство
20	Сидерит (FeCO ₃)	3,5–4,5/ 3,9	желтовато-бе лый, сероватый	бесцветный/ стеклянный	совершенная/ ступенчатый	гидротермальное, осадочное	руда на железо
21	Малахит Cu[CO ₃](OH) ₂	3,5–4,5/ 3,9–4,1	ярко-зеленый, черно-зеленый	бледно-зеленый/ стеклянный до алмазного	средняя/ землистый	зона окисления медно- сульфидных месторождений	руда на медь, декоративный, поделочный камень
22	Азурит Cu ₃ [CO ₃] ₂ (OH) ₂	3,5–4/ 3,7–3,9	темно-синий, голубой	голубой/ стеклянный	средняя/ плотный, землистый	зона окисления медно- сульфидных месторождений	руда на медь, химическая промышленность
Класс «Оксиды и гидроксиды»							
23	Корунд (Al ₂ O ₃)	9/ 4–4,1	синевато- желтовато- серый	/стеклянный до алмазного	отсутствует/ неровный, раковистый	магматическое, контактово- метасоматическое, метаморфическое	абразивный материал, квантовая электроника, приборостроение

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
24	Гематит (Fe_2O_3)	5,5–6/ 5–5,3	железно-черный до стально-серого	вишнево-красный/полуметаллический	отсутствует/ неровный	магматическое, гидротермальное; контактово-метасоматический	металлургическая, химическая промышленность
25	Магнетит (Fe_3O_4)	5,5–6/ 4,9–5,2	железно-черный	черный/ полуметаллический	отсутствует/ раковистый, неровный	магматическое, контактово-метасоматическое, гидротермальное	металлургическая промышленность
26	Хромит (FeCr_2O_4)	5,5–7,5/ 4–4,8	черный	бурый/ металлоподобный	отсутствует / зернистый	магматическое	металлургическая промышленность
27	Лимонит ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$)	1,5–5,5/ 2,7–4,3	темно-бурый до черного	желто-бурый/ полуметаллический , смолистый	несовершенная/ раковистый	экзогенное	металлургическая промышленность
28	Кварц (SiO_2)	7/ 2,5–2,8	серовато-белый, белый, серый	/жирный, стеклянный	отсутствует/ раковистый, неровный	магматическое (кислые породы), пегматитовое, осадочное	электроника, радиотехника, оптика, точная механика, строительство, ювелирное дело
29	Опал ($\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$)	5,5–6,5/ 1,9–2,5	Бесцветный, белый, желтый, голубой	светлый/ жирный, восковой, перламутр	отсутствует/ раковистый	экзогенное, осадочное биогенное	строительство, ювелирное дело
Класс «Сульфаты»							
30	Барит (BaSO_4)	3–3,5/ 4,3–4,7	бесцветный, прозрачный	бесцветный/ стеклянный	совершенная/ неровный	гидротермальное, зона выветривания	химическая и топливная промышленность, бурение скважин
31	Гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	2/ 2,3	бесцветный, белый	белый/ стеклянный, перламутровый	весьма совершенная/ ровный	осадочное, в зоне выветривания, при дегидратации гипса	строительство, медицина
32	Ангидрит (CaSO_4)	3–3,5/ 2,6	белый с голубым оттенком	белый/ стеклянный до жирного, перламутровый	совершенная/ неровный	осадочное, гидротермальное	строительство, сельское хозяйство, химическая промышленность

1	2	3	4	5	6	7	8
Класс «Галоидов»							
33	Галит (NaCl)	2,5/ 2,2–2,3	бесцветный, желтый	белый/ стеклянный, жирный	совершенная/ ступенчатый	осадочное (хемогенное) вулканогенно- эксгальационное	пищевая, химическая промышленность, медицина
34	Сильвин (KCl)	2/2	бесцветный, белый, серый	бесцветный, белый/стеклянный, жирный	совершенная/ ступенчатый	осадочное (хемогенное)	химическая промышленность, сельское хозяйство, медицина
35	Флюорит (CaF ₂)	4/ 3,1–3,2	бесцветный, желтый	бесцветный, белый/ стеклянный	совершенная/ ступенчатый	гидротермальное, магматическое, метаморфическое	металлургическая, химическая промышленность
Класс «Фосфатов»							
36	Апатит Ca ₅ [PO ₄] ₃ (F,Cl,OH)	5/ 3,1–3,3	белый, светло- зеленый, бутылочно- зеленый	белый/ стеклянный, жирный	несовершенная/ неровный, раковистый	магматическое, контактово- метасоматическое, гидротермальное, осадочное	химическая промышленность, сельское хозяйство, ювелирное дело
Класс «Силикатов и алюмосиликатов»							
37	Оливин (Mg, Fe) ₂ [SiO ₄]	6,5–7/ 3,2–3,5	оливково- зеленый, бутылочно- зеленый, буроватый	белый/ стеклянный до жирного	средняя/ мелкораковисты й	магматическое: ультраосновные, основные породы	огнеупорное сырье, ювелирное дело
38	Гранаты (A ₃ B ₂ [SiO ₄] ₃) A=Ca, Mg, Fe, Mn B=Al, Fe, Cr	6,5–7,5/ 3,4–4,3	бесцветный, желтый, красный, зеленый	белый/ стеклянный, алмазный, жирный	несовершенная/ раковистый, занозистый, шероховатый	метаморфическое, магматическое, в россыпях	ювелирное дело, обрабатывающая промышленность, производство абразивов
39	Диопсид (CaMg[Si ₂ O ₆])	5,5–6/ 3,3	серый с зеленоватым оттенком	белый, слегка зеленоватый/ стеклянный	средняя/ ступенчатый до неровного	магматическое: ультраосновные, основные породы, метаморфическое	ювелирное дело

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
40	Авгит $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$	5–6/ 3,3–3,5	черный	зеленовато-серый/ стеклянный	Совершенная под углами 87° и 89°/ неровный до раковистого	магматическое	породообразующий минерал
41	Роговая обманка $(\text{Ca}, \text{Na})_2$ $(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{Al}, \text{Fe})$ $[(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{11}]_2$ $[\text{OH}]_2$	5,5–6/ 3–3,5	темно-зеленый до черного	зеленый/ стеклянный, полуметаллический	совершенная под углами 56° и 124°/ ступенчато- шероховатый	магматическое, метаморфическое, скарнах	важный породообразующий минерал
42	Серпентин (змеевик) $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ $(\text{OH})_8$	2,5–3/ 2,5–2,7	темно-зеленый, желто-зеленый	белый/ восковой, жирный, стеклянный	весьма совершенная/ занозистый, раковистый	Гидротермальное- метасоматическое, в корях выветривания ультраосновных пород	производство жаро- и кислотоупорных материалов, поделочный камень
43	Каолинит $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ $(\text{OH})_8$	1/ 2,6	белый, желтоватый или сероватый	белый/ матовый, тусклый, перламутровый	весьма совершенная/ землистый,	гидротермальные изменения и выветривание полевых шпатов	фарфоровая, косметическая и мыловаренная промышленность, строительство, производства кирпича, керамики
44	Монтмориллонит $\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	очень мягкий	белый с серым или синеватым оттенком	белый/ матовый	совершенная/ землистый	Выветривание магматических пород и их туфов в щелочной среде	строительство, бурение скважин, пищевая промышленность
45	Хлорит $(\text{Fe}, \text{Mg})_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot (\text{Mg}, \text{Fe})_3$ (O, OH)	2–2,5/ 2,6–3,3	зеленый	светлая, зеленоватая/ стеклянный	весьма совершенная/ ступенчатый	гидротермальное, осадочное, метаморфическое	породообразующий минерал некоторых осадочных и метаморфических пород

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
46	Тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$	1/ 2,6–2,8	белый, желтоватый, серый	белый/ шелковистый, жирный, перламутровый, стеклянный	весьма совершенная/ заноистый, неровный	гидротермальное изменение ультраосновных пород	керамическая промышленность, медицина, бумажная, текстильная промышленность
47	Мусковит $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH, F)_2$	2–2,5/ 2,8–3,1	бесцветен, сероватый	белый/ стеклянный	весьма совершенная/ ровный	магматическое, гидротермальное, метаморфическое	электропромышленность, радиотехника, приборостроение
48	Биотит $K(Mg, Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH, F, Cl)_2$	2,5–3/ 3–3,1	черный, бурый	белый/ стеклянный, металлоидный	весьма совершенная/ ровный, ступенчатый	магматическое, пегматитовое, метаморфическое	извлечение рубидия и цезия
49	Глауконит $K(Fe, Al, Mg)_2[(Al, Si)_4O_{10}](OH)_2 \cdot n H_2O$	2–3/ 2,2–2,8	зеленый	зеленый/ матовый	весьма совершенная/ зернистый, землистый	осадочное	химическая промышленность, сельское хозяйство
50	Ортоклаз $K[AlSi_3O_3]$	6–6,5/ 2,54–2,63	светло-розовый, буровато- желтый	белый/ стеклянный, перламутровый	совершенная/ неровный, ступенчатый	магматическое (кислые, щелочные породы), осадочное	керамическая промышленность, ювелирное дело
51	Микроклин $K[AlSi_3O_8]$	6–6,5/ 2,5–2,6	серый, желтоватый, розовый	белый/ стеклянный, перламутровый	совершенная/ неровный, зернистый	магматическое (кислые, щелочные породы), метаморфическое	керамическая промышленность
52	Лабрадор $(Na, Ca)(Al, Si)(AlSi_2O_8)$	6–6,5/ 2,6–2,7	темно-серый, зеленовато- серый	не дает/ стеклянный	совершенная/ неровный	магматическое	строительство (облицовочный материал)

Содержание отчета

В отчете следует отразить цель работы, кратко теоретические предпосылки, порядок выполнения работы. Определить на различных минералах предлагаемой коллекции их свойства и дать точное название минерала, его химический состав, используя таблицу 3. Химический состав минералов и их названия следует знать на память. Результаты работы представить в виде таблицы 3.2.

Таблица 3.2 – Характеристика основных свойств минералов

Название минерала, химическая формула	Твердость, плотность	Цвет, цвет черты	Блеск	Спайность, излом	Магнитность, реакция с HCl	Происхождение
---------------------------------------	----------------------	------------------	-------	------------------	----------------------------	---------------

При защите работы студент должен представить отчет о выполненной работе и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Как определяется блеск минерала? Какое диагностическое значение имеет этот признак?
2. Перечислите основные классы минералов. Назовите главных представителей каждого класса.
3. Назовите виды спайности, характерные для минералов класса «карбонаты».
4. Какие группы минералов включает класс «оксидов»?
5. Отметьте общие диагностические признаки минералов классов: «сульфиды, оксиды, карбонаты, сульфаты, самородные элементы».
6. Минералы какого класса реагируют с соляной кислотой?
7. Дайте характеристику класса «силикатов».
8. Какое практическое значение имеют минералы класса «силикатов»?
9. Назовите химический состав 3-4 минералов по выбору преподавателя.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4. ИЗУЧЕНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Цель: ознакомить студентов с главными представителями магматических горных пород и условиями их образования. Научить по основным диагностическим признакам распознавать различные магматические породы.

Теоретическая часть

Горными породами называются агрегаты минералов более или менее постоянного состава, образующие самостоятельные геологические тела, слагающие земную кору. Минералы, присутствующие в горной породе в количестве не менее 10 %, называются *главными породообразующими*, от 10 % до 1 % – *второстепенными*, менее 1% – *акцессорными* (примесными). Одни и те же минералы могут быть для одних пород главными, для других – второстепенными.

Со временем в породах, за счет изменения и преобразования изначально существующих минералов, появляются новые, так называемые, *вторичные*. Например, полевые шпаты магматических пород, могут превращаться в каолинит, оливины и пироксены в серпентины или тальк и т.д.

Большинство горных пород состоит из небольшого числа породообразующих минералов (от 1 до 3-4), типичных для каждой породы, правда, количественные соотношения этих минералов в составе конкретных пород сильно меняются. Перечень акцессорных минералов для каждой разновидности пород, так же достаточно постоянен, однако в действительности в каждой конкретной породе присутствуют не все возможные минералы, а лишь некоторые из них.

Горные породы по происхождению делятся на *магматические* (изверженные), *осадочные* и *метаморфические*.

Магматические горные породы образовались путем застывания и кристаллизации магмы в толще земной коры или путем охлаждения и затвердевания лавы, излившейся на поверхность Земли при вулканических извержениях. В зависимости от того, где происходит остывание магмы, образуются горные породы двух типов: *интрузивные* (глубинные, вторгшиеся, внедрившиеся) и *эффузивные* (излившиеся).

При внедрении магмы в толщу земной коры без выхода её на поверхность происходит медленное охлаждение магмы и хорошая полная кристаллизация; при этом возникают глубинные магматические породы полнокристаллического строения. При излиянии магмы на поверхность Земли она попадает в условия более низких температур и

давлений. Образующиеся в этих условиях эффузивные породы не успевают полностью кристаллизоваться и поэтому имеют неполнокристаллическое или стекловатое строение.

Классификация магматических горных пород, кроме того, основывается на содержании в них кремнезема SiO_2 . По этому признаку выделяют четыре группы (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Химическая классификация магматических пород

Состав пород		Глубинные породы	Излившиеся породы	
Химический	Минералогический		Палеотипные	Кайнотипные
1	2	3	4	5
Кислые $\text{SiO}_2 = 70-65 \%$	Кварц, полевые шпаты, слюда	Граниты	Кварцевые порфиры	Липариты
Средние $\text{SiO}_2 = 65-52 \%$	Полевой шпат, роговая обманка, биотит Средний плагиоклаз, роговая обманка, авгит	Сиениты Диориты	Ортофиры, порфиры, трахитовые порфиры Порфириты, андезитовые порфиры	Трахиты Андезиты
Основные $\text{SiO}_2 = 52-40 \%$	Основные плагиоклазы, авгит, оливин	Габбро	Диабазы	Базальты
Ультраосновные $\text{SiO}_2 < 40\%$	Авгит Авгит, оливин, рудные минералы Оливин, рудные минералы	Пироксениты Перидотиты Дуниты		
Щелочные $\text{SiO}_2 < 40\%$	Нефелин, пироксены	Нефелиновые сиениты		

Особенности внутреннего строения породы, обусловленные соотношением ее составных частей и характером связи между ними, характеризует *структура*. Все глубинные магматические породы имеют полнокристаллические (зернистые) структуры. По крупности образовавшихся кристаллов (зерен) выделяют: крупнозернистые (более 5 мм); среднезернистые (от 5 мм до 1 мм); мелкозернистые (от 1 мм до 0,1 мм) и тонкозернистые (менее 0,1 мм) структуры.

По относительным размерам зерен различают *равномернозернистые* (кристаллические зерна имеют приблизительно одинаковые размеры) и *неравномернозернистые* (размеры зерен различны) структуры. Первые возникают при сохранении определенных условий кристаллизации в течение длительного времени, вторые – при резкой смене физико-химических условий кристаллизации. Излившиеся

магматические породы по строению резко отличаются от глубинных. У них наблюдаются неполнокристаллические (порфиновые) и стекловатые структуры. Породы с раскристаллизовавшимся стеклом, относят к эффузивным палеотипным.

Текстура (сложение) пород характеризует пространственное расположение составных частей породы в ее объеме, степень однородности ее сложения. Выделяются следующие текстуры магматических пород:

1. *Однородная* (массивная) текстура характеризуется тем, что минералы, слагающие породу, распределены по всей ее массе равномерно и любой ее участок не отличается от других участков.

2. *Неоднородная* (такситовая) текстура характеризуется тем, что отдельные участки породы отличаются друг от друга по составу или структуре, причем сами участки распределены в породе беспорядочно, как правило, отличаются они и окраской.

3. *Полосатая* (полосчатая) текстура характеризуется тем, что минералы, слагающие породу, расположены в виде более или менее правильных полос. Полосы могут отличаться размером слагающих их зерен, составом зерен, окраской.

4. *Пузырчатая* текстура характеризуется наличием в породе большого количества неправильной формы пустот, образовавшихся при выделении из лавы растворенных в ней газов и паров.

5. *Миндалекаменная* (миндалевидная) текстура характеризуется тем, что пустоты в лаве выполнены каким-либо минералом (халцедон, кварц, цеолиты).

Формы залегания магматических пород весьма разнообразны. Определяются они количеством внедрившегося расплава, его химическими особенностями, в частности, вязкостью. Выделяются *согласные* формы залегания, когда магма проникает в породы согласно их напластованию, и *несогласные*, когда магма сечет напластование или вообще не зависит от него.

Одной из самых крупных форм залегания *интрузивных* магматических пород является *батолит* – куполообразное интрузивное тело больших размеров (площадью более 200 км²). Основание его погружается в недра Земли. Образование батолита происходит в условиях высоких давлений и медленного понижения температуры. Батолиты имеют чаще всего гранитный состав. Они развиты, например, на Украинском кристаллическом массиве, на Алтае, в Средней Азии, на Аляске и в других местах, а также обнаруживаются бурением в составе фундамента на всех известных платформах.

Штоки по форме аналогичны батолитам, но отличаются меньшими размерами.

Они образованы на значительной глубине и обычно связаны с батолитами. В поперечнике штоки имеют размеры в несколько километров, обычно не больше 10.

Согласные интрузии. Лакколиты имеют караваяобразную (грибовидную) форму с выпуклой поверхностью. Размеры сравнительно небольшие (от 100–200 м в поперечнике до нескольких километров). Слагаются вязкой магмой, внедрившейся между пластами осадочных пород и приподнявшей их. Подъем магмы происходит по вертикальному каналу. Примерами лакколитов являются горы Аю-Даг (Крым), Машук (Кавказ).

Лополиты имеют вид плоского блюдца или чаши. Их образование связано с опусканием подстилающих и покрывающих интрузию осадочных пород. Лополиты сложены чаще всего основными и ультраосновными породами. Примерами лополитов служат Бушвельдский массив (Южная Африка) и лополит Седбери (Канада).

Факолиты – интрузивные тела, возникшие в результате затвердения магматического расплава, внедрившегося в толщу пород, испытывающих процессы складкообразования.

Силлы – согласные интрузивные тела (пластовые интрузии), образованные в тех случаях, когда поднимающаяся по трещине магма проникает в толщу пород по напластованию. Суммарная площадь распространения силл может достигать сотен тысяч квадратных километров при общей их мощности в сотни метров. Известны силлы в бассейнах Енисея и Ангары, в провинции Кару (Южная Африка) и др.

Несогласные интрузии. Жилы – тела, секущие пласты осадочных или метаморфических пород, образующиеся в трещинах батолитов и подобных им тел. Жилы, имеющие вертикальное направление, называются *дайками*. Нередко они выступают на поверхность. Сложены жилы и дайки обычно основными породами. Толщина магматических жил (не путать с минеральными жилами) обычно от нескольких десятков сантиметров до сотен метров, при протяженности от сотен метров до десятков километров.

Жерловины (некки) – заполнения вертикальных трубкообразных каналов. Образуются они в результате застывания лавы или смеси лавы и рыхлых продуктов извержения в нижней части жерла вулкана.

Формы залегания *эффузивных* пород менее разнообразны. Среди них наиболее распространены *покровы, потоки, купола* и *пики*. Первые две формы характерны для пород, возникших из подвижной легко растекающейся магмы, последние две – для пород, образовавшихся из вязкой магмы.

Покровы – плоские слегка вытянутые вдоль главного направления течения тела с практически постоянной мощностью. Они образуются на горизонтальной поверхности. Покровы образуются при излияниях больших масс базальтовых лав и занимают значительные площади.

Чаще всего лава движется в виде лавовых *потоков*, форма которых определяется рельефом местности. Длина потока зависит от подвижности магмы. Площади их распространения значительно меньше, чем у покровов. Примерами являются лавовые потоки Гавайских, Камчатских вулканов. Известны потоки протянувшиеся на десятков и более километров.

Купола – куполообразные или конические тела, образованные внутри кратера вулкана и сложенные затвердевшей гранитной магмой. Имеют небольшие размеры.

Пики (иглы) – магматические тела, значительно возвышающиеся над поверхностью земли. Площадь основания пика обычно невелика.

Известны скрытовулканические несогласные тела, состоящие из магматических продуктов, поднявшихся со значительных глубин. Это *диатремы* (трубки взрыва). Они отличаются от вулканов тем, что поднятие магмы в них происходит один раз и очень быстро. Размеры трубок изменяются от нескольких десятков метров до 1–2 км. К ультраосновным породам этих трубок (кимберлитам) приурочены месторождения алмазов в Южной Африке и Якутии.

Оборудование и материалы

Коллекция магматических горных пород, набор луп, таблица классификации магматических горных пород.

Указания по технике безопасности

Работать с кислотой осторожно, избегая попадания реактива в глаза. Не проводить никаких работ, кроме тех, которые заданы руководителем и для которых даны объяснения.

Задания

Вначале следует произвести разделение горных пород учебной коллекции на две группы: интрузивные и эффузивные, учитывая в первую очередь структурные особенности пород. Затем необходимо подразделить горные породы в каждой группе по окраске (кислые породы имеют светлую окраску, средние – серую светлых тонов, основные – темно-серый или темно-зеленый цвет; ультраосновные – обычно темно-зеленый или черный цвет). В каждой выделенной подгруппе определить название горных

пород, используя таблицы 4.1 и 4.2

Таблица 4.2 – Схематизированный определитель горных пород

Порода	Руководящие внешние признаки
1	2
Высококремнистые (кислые) породы, $SiO_2 > 65\%$	
Граниты	<p>Полнокристаллическое (крупно-, средне-, мелкозернистые, равномерно- и неравномерно зернистые) глубинные породы массивного строения. Составят из кислых полевых шпатов (альбит, ортоклаз) до 50-60%, кварца 30-40%, биотита и роговой обманки до 15–20 % вместе или по отдельности, мусковита, иногда видны включения пирита, магнетита и других минералов. Окраски обусловлены цветом полевых шпатов, обычно это светло-серые, розовые, красные.</p> <p>Используются в строительстве в качестве бутового камня для изготовления щебня, облицовочных плит.</p>
Липариты (риолиты)	<p>Эффузивная порода порфирикового строения. Плотная, светлоокрашенная (белая, светло-серая, желтоватая, красноватая) порода, в которой на фоне скрытокристаллической или стекловатой массы выделяют зёрна кварца, полевых шпатов (порфириковые выделения). Полевые шпаты узнаются по правильным очертаниям, хорошей спайности, блестящие, кварц имеет не правильные очертания зёрен, жирноватому блеску, выглядит как включения темного стекла.</p> <p>Используются как сырьё в стекольном производстве.</p>
	<p>большой плотностью. Применяется в строительстве, в частности, для изготовления щебня.</p>
Среднекремнекислотные (“средние”) породы, SiO_2 от 65 до 52%	
Диориты	<p>Полнокристаллические глубинные породы. Окраски серые, зеленовато-серые. Отличаются от гранитов малым содержанием кварца, не более 10-15%, вплоть до плотного его отсутствия. Главные породообразующие минералы: полевые шпаты (андезин, ортоклаз) 50-70%, роговая обманка, авгит.</p> <p>Применение такое же, как и гранита.</p>
Андезиты	<p>По химическому составу являются излившимися аналогами диоритов. Строение скрытокристаллическое, стекловатое, порфириковое. Порфириковые вкрапления представлены полевыми шпатами, роговой обманкой, биотитом. Окраска пород серая, зеленовато-серая, коричневатая-бурая.</p> <p>Используются андезиты для производства кислотоупорных материалов, изготовления высококачественного стекла устойчивого к воздействию щелочей и кислот.</p>
Андезитовые порфириты	<p>Палеотипные аналоги андезитов. Основная масса мелкозернистая, порфириковые выделения полевых шпатов тусклые, матовые. Окраска темно-серая, зеленовато-серая.</p> <p>Используются так же как андезиты.</p>
Сиениты	<p>Полнокристаллическое, обычно средне- и мелкозернистые породы. Сложены калиевыми полевыми шпатами, роговой обманкой, иногда присутствует биотит до 30 %, кварц отсутствует. В некоторых разновидностях полевые шпаты замещены нефелином (нефелиновые</p>

	сиениты). Окраски: серая, зеленовато-серая, розово-красная. Нефелиновые сиениты являются сырьем для получения алюминия, цемента.
Трахиты	Излившиеся аналоги сиенитов. Породы порфирового строения с шероховатым изломом, видимыми пустотами, иногда крупными. Окраска светло-серая, желтоватая, красноватая. Внешне не отличимы от андезитов. Используются в строительстве и как кислотоупорный материал.
Основные породы, SiO ₂ от 52 до 40%	
Габбро	Полнокристаллическое, массивные, плотные глубинные породы тёмной окраски, сложенные основными полевыми шпатами, оливинами, авгитом, роговой обманкой, рудными минералами (магнетит). Габбро, состоящие на 90% из лабрадора, получило название <i>лабрадорита</i> . Используются как облицовочный материал.
Базальты	Плотные излившиеся темноокрашенные породы, темно-серые, черные, микрозернистого, стекловатого, порфирового строения. Порфиновые выделения представлены оливинами, пироксенами, основными плагиоклазами. Используются в строительстве, в качестве кислотоупорного материала.
Диабазы	Палеотипные аналоги базальтов. Скрыто зернистые или порфирового строения. Плотные, тяжёлые. окраска темно-зеленая. Используются для каменного литья.
Ультраосновные породы SiO ₂ 40-30%	
Перидотиты	Плотные тяжелые темноцветные породы (черные, зеленоватые). Полнокристаллические, обычно, мелко- и среднезернистые. Породообразующие минералы оливин и пироксены. Полностью отсутствуют светлоокрашенные минералы. Оливин часто превращён в серпентин.
Пироксениты	Глубинные полнокристаллические породы яркого черного цвета, обычно крупно- и среднезернистого строения, плотные, тяжелые. Главные минералы в составе пироксенитов: пироксены (не менее 60%), оливины, роговые обманки, рудные минералы.
Дуниты (оливиниты)	Мономинеральные оливиновые породы, обычно средне- и мелкозернистого строения. Второстепенные минералы представлены в дунитах хромитом, в оливинитах – титаномагнетитом. Породы плотные, тяжелые, темноокрашенные (черные, темно-зеленые). Породы легко серпентинизируются. Используются как огнеупорное сырьё.
Магматические породы особого генезиса.	
Обсидианы (вулканические стёкла)	Плотные стекловидные породы с раковистым изломом. Окраска черная, бурая, сургучно-красная иногда пятнистая или полосчатая. Образуются обсидианы при очень быстром охлаждении лавы, например, при подводном её излиянии. По составу различают обсидианы от кислых до основных.
	Преобладают обсидианы кислого состава. Используются для производства теплоизоляционных материалов (стекловаты).
Пемзы	Породы однородного онкопористого, ячеистого, пузырчатого

	<p>строения. Образуются при быстром застывании, обычно выделяющей газы, вспенивающие её поверхность. По составу и строению минеральная масса пемз является обсидианами. Очень легкие, плавают в воде. Окраски разнообразные: белая, серая, желтоватая, чёрная.</p> <p>Применяются пемзы в шлифовальной промышленности, для производства чистящих средств, как катализатор в химической и нефтехимической промышленности, в строительной индустрии для производства пемзо-бетона и как добавка к цементам.</p>
Вулканические туфы	<p>Породы обломочного строения, состоят из обломков различных магматических пород, промежутки между которыми заполнены тонкораспылённой магмой (вулканическим пеплом). Порода лёгкая, пористая, различного состава, который зависит от состава исходной магмы. Окраски разнообразные, обычно светлые.</p> <p>Уплотнённые вулканические туфы обладают хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами и используются в качестве строительного камня. Рыхлые разновидности используют при производстве шлако-бетонных блоков, при производстве водостойких цементов, особенно устойчивых к действию морской воды.</p>

Содержание отчета

В отчете следует отметить цель работы, дать краткое теоретическое обоснование и, пользуясь предложенной методикой, описать горные породы, дав им название. Рекомендуется описывать породы по следующей схеме: название породы, цвет, блеск, излом, структура, текстура, происхождение породы.

1. Определить в коллекции магматических горных пород образцы интрузивных и эффузивных пород
2. Разделить породы по окраске на группы
3. Определить структуры и текстуры выбранных образцов
4. В каждой группе определить название горных пород

Представить результаты работы в форме таблицы 4.3.

Таблица 4.3 – Краткая характеристика магматических горных пород

№ образца	Название породы	Цвет	Блеск	Излом	Структура	Текстура	Тип и группа по генезису и составу

Контрольные вопросы

1. Что такое «горная порода»?
2. Как подразделяются горные породы по происхождению?

3. Расскажите о химической классификации магматических горных пород.
4. Какие породы являются эффузивными аналогами гранитов?
5. Опишите структуры глубинных магматических пород.
6. Приведите примеры текстур магматических горных пород.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5. ИЗУЧЕНИЕ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Цель: ознакомить студентов с основными генетическими группами осадочных пород. Научить студентов производить определения названий пород и описывать их характеристики.

Теоретическая часть

Магматические, метаморфические и ранее существовавшие осадочные породы при их разрушении являются источниками вещества для образования осадочных пород. *Осадочные породы* образуются на поверхности земли вследствие действия различных внешних сил и жизнедеятельности организмов. При этом происходит разрушение уже существующих горных пород и последующее отложение продуктов разрушения, дающее осадок. Осадок, претерпевая ряд изменений под давлением вышележащих толщ и благодаря различным физико-химическим процессам, превращается в осадочную горную породу.

Строение осадочных пород характеризуется их *структурой* (обломочной, кристаллической, аморфной, пелитовой, алевропелитовой, псаммопелитовой, оолитовой) и *текстурой* (массивной, слоистой, стилолитовой).

Важнейший текстурный признак осадочных пород – *слоистость*. Образование слоистости связано с условиями накопления осадков.

По способу образования осадочного материала выделяют три класса осадочных пород.

Во-первых, это класс *хемогенных* пород. Одни из них действительно возникают за счет химического разложения и преобразования других горных пород. Так, например, образуются латериты, бокситы, некоторые бурые железняки при разложении магматических пород, содержащих наибольшее количество алюминия и железа (сиениты, перидотиты и др.). Процессы эти протекают на поверхности континентов в условиях теплого и влажного климата.

Другая группа хемогенных пород образуется при осаждении вещества из растворов. Главным природным раствором является морская вода. При её интенсивном испарении повышается концентрация содержащихся в воде солей и при достижении предельной концентрации, своей для каждой соли, начинается образование кристалликов этой соли и их накопление на дне. Первыми достигают предельной концентрации слаборастворимые вещества: кальцит, доломит; затем последовательно осаждаются

гипсы, ангидриты, каменные соли, калийные соли и другие легко растворимые соединения. Толщи пород, сложенные этими химически осажденными веществами, именуют также *эвапоритовыми*.

Следующим классом являются, так называемые, *органогенные* или *биогенные* породы, возникающие при активном участии живых организмов растительного или животного происхождения. К таким породам относятся разнообразные органогенные известняки (коралловые, водорослевые, ракушечные, мел и др.), кремнистые породы (диатомиты, радиоляриты, трепелы, опоки и др.), углистые породы (торф, бурые и каменные угли и др.).

В рассматриваемой классификации последний класс представляют породы *обломочные*, они же *механические* или *терригенные*. Образуются такие породы за счет накопления обломков (кусков частиц) других пород и минеральных зёрен самых различных размеров и внешней формы. Размер частиц изменяется от сотых и тысячных долей миллиметра до десятков сантиметров. Скопления могут оставаться в рыхлом состоянии: галечники, щебень, гравий, пески, алевриты; либо цементируются и превращаются в консолидированные породы: брекчии, конгломераты, песчаники, алевролиты, глины.

Хемогенные и органогенные породы в некоторых классификациях рассматриваются в едином классе *биохимических* пород, где далее подразделяются по особенностям химического состава на породы карбонатные (известняки, доломиты, мел, мергели); сульфатные (гипсы, ангидриты); галоидные (каменные соли, калийные соли); углистые (торф, бурые угли, каменные угли, антрациты); кремнистые (диатомиты, радиоляриты, кизельгуры, трепелы, опоки, яшмы).

Обломочные породы различают, прежде всего, размером обломков. Для пород, состоящих из обломков размером более 2 мм, важным классификационным признаком является форма обломков (см. таблицу 5.1).

Таблица 5.1 – Основные группы обломочных осадочных пород

Группа пород	Размеры обломков, мм	Название обломков и рыхлых пород		Цементированные породы	
		окатанные обломки	неокатанные обломки	из окатанных обломков	из неокатанных обломков
1	2	3	4	5	6
Грубообломочные	>100	Валуны	Глыбы	Валунные конгломераты	Глыбовые брекчии
	100 – 10	Галька, галечник	Щебень	Галечные конгломераты	Брекчии

	10–2	Гравий, гравийник	Мелкий щебень, дресва	Гравийные конгломераты, гравелиты	Брекчия мелкощебенчатая
Песчаные (среднеобло мочные)	2–1 1–0,5 0,5–0,25 0,25–0,1	Пески: грубозернистые крупнозернистые среднезернистые мелкозернистые		Песчаники: грубозернистые крупнозернистые среднезернистые мелкозернистые	
Алеврит овые (мелкообломоч ные)	0,01–0,01	Алевриты		Алевролиты	
Глинистые	<0,01	Глины, Аргиллиты (переуплотненные глины)			

По величине обломков среди обломочных пород выделяют несколько групп: *грубообломочные породы*, состоящие из обломков диаметром преимущественно более 2 мм (глыбы, щебень, валуны, галька, гравий); *среднеобломочные* (песчаные) породы, состоящие из обломков диаметром от 2 до 0,1 мм (пески, песчаники); *мелкообломочные* (пылеватые) породы, состоящие из обломков диаметром от 0,05 до 0,01 мм (алевриты, лёссы). Тонкообломочные, состоящие из обломков размером от 0,01 до 0,001 мм и менее (глины, аргиллиты). В каждой из этих групп выделяют *рыхлые* породы, частицы которых не скреплены, и *цементированные* породы, в которых частицы соединены каким-либо цементирующим веществом в сплошную массу или уплотнены. Цементирующее вещество (глины, известь, доломит, кремнистое вещество, гипс, железистое вещество) превращает рыхлые породы в плотные каменные породы.

Глинистые породы не нуждаются в цементации, они настолько диспергированы, что частицы слипаются друг с другом, а степень слипания (срастания) увеличивается при их уплотнении.

Глинистые породы представляют собой результат накопления как тончайших механических частиц, так и продуктов химического разложения некоторых силикатов в виде мельчайших зерен глинистых минералов. В этой связи в некоторых классификациях глинистые породы относят к классу хемогенных или считают переходными от настоящих хемогенных к обломочным и выделяют в самостоятельный класс. Основными свойствами глинистых пород являются: способность к разбуханию при намокании, пластичность, непроницаемость, огнеупорность (аргиллиты, супеси, суглинки).

Главными формами залегания осадочных пород являются *пласты, слои* –

геологические тела, вертикальные размеры которых гораздо меньше горизонтальных. Каждый пласт отделяется поверхностями напластования. Нижняя поверхность называется *подошвой* слоя, верхняя – *кровлей*. Каждый слой или пласт характеризуется *мощностью* (*толщиной*), т. е. кратчайшим расстоянием между кровлей и подошвой. Мощность может изменяться: увеличиваться (*раздув*) или уменьшаться (*выклинивание*). Слои в первоначальном своем положении залегают *горизонтально*. В результате тектонических движений приобретают *наклонное, складчатое, разрывное* залегание.

Оборудование и материалы

Коллекция осадочных пород, набор луп, таблица классификации осадочных горных пород, 10% соляная кислота.

Указания по технике безопасности

Работать с кислотой осторожно, избегая попадания реактива в глаза. Не проводить никаких работ, кроме тех, которые заданы руководителем и для которых даны объяснения.

Задания

Вначале следует произвести разделение выданных горных пород на три группы: хемогенные, органогенные, обломочные. Затем необходимо подразделить обломочные горные породы по величине обломков и степени окатанности.

1. Определить в коллекции осадочных горных пород образцов хемогенных, органогенных, обломочных пород.
2. Определить их цвет, структуру, текстуру.
3. Пользуясь таблицей 5.2, дать им название

Таблица 5.2 – Основные представители осадочных горных пород и их свойства

Порода	Руководящие внешние признаки
1	2
Хемогенные породы	
Бокситы	Образуются при глубоком разложении богатых алюминием (глинозёмистых) пород в корях выветривания латеритного типа. При размыве кор выветривания могут переотлагаться в морских и озёрных условиях. Окраска бокситов весьма разнообразная (в зависимости от примесей). В чистом виде белая, иногда серая, зеленовато-серая, чаще красная, красно-бурая, бурая за счёт окислов железа. Породообразующие минералы: гидроокислы алюминия (диаспор и др.) и железа (лимонит и др.), каолинит. Структуры землистые, плотные пелитоморфные, оолитовые, бобовые и др. диагностика бокситов весьма затруднена, поскольку их можно принять за другие породы, от глин и мергелей до конгломератов и брекчий.

	Бокситы являются важнейшей рудой на алюминий. используются в огнеупорном производстве и изготовлении адсорбентов.
Бурые железняки	Природная смесь гидроокислов железа (лимонита, гётита, гидрогётита и др.). Окраска бурая, красновато- и желтовато-бурая, оранжево-бурая. Образуются в коре выветривания богатых железом пород, сульфидных руд (железные шляпы), при окислении переотложенных железистых минералов, накапливающихся обычно, в озёрных и болотных условиях. Текстура: массивная, слоистая, пористо-кавернозная и др. Структура: бобовая, оолитовая, землистые и др. При содержании железа >20%, используются для выплавки железа.
Яшмы	Образуются при химическом осаждении кремнезёма из морской воды, например, в местах подводной вулканической деятельности. Окраска яшмы весьма разнообразна светло-серая, зеленая разных оттенков, бурая, красная, черная, часто яшмы имеют пятнистую и полосчатую окраску. Главные минералы: кварц и халцедон. Обычные примеси: глинистый материал, окислы и гидроокислы железа. Структура плотная, микрозернистая. Используются в качестве поделочного и облицовочного камня.
Известняки	Хемогенные известняки имеют обычно кристаллически-зернистую – размер зёрен более 0,05 мм или мелкозернистую структуру – размер зёрен менее 0,05 мм, встречаются разности оолитового и обломочного строения. Главным породообразующим минералом является кальцит. Вторичные
	минералы и примеси разнообразные, обычно это доломит, гипс, сидерит, ангидрит, глинистые минералы. Окраски известняков весьма разнообразны: чистые известняки белые, примеси окрашивают известняки в светло-серые, серые, серовато-желтые, темно-серые, зеленовато-серые, серовато-розовые, бурые до черных. На поверхности выветривания выбеливаются. Текстуры: массивная, слоистая, реже встречается стилолитовая, фунтиковая (конус в конус). Важной особенностью является бурное взаимодействие с соляной кислотой 5-10 % концентрации, сопровождающееся “вскипанием” нанесенной на поверхность породы капли кислоты, за счёт выделения углекислого газа. Используются в строительстве, металлургии, в качестве флюса в сахарной промышленности.
Доломит	Состоит из известково-магнезиального карбоната – доломита (>95%). Вторичные минералы: кальцит, глинистый и обломочный материал, гипс, ангидрит, сидерит. Окраски светло-серые, желтые, зеленоватые, бурые разных оттенков. Структуры тонкозернистая и мелкозернистые, плотные – пелитоморфные, оолитовые, обломочные. Текстуры слоистые, массивные, нередко трещиноватые. Макроскопически не отличимы от известняков, но с соляной кислотой реагируют гораздо менее бурно, начало реакции замедленно. Более бурно реакция протекает с порошком доломита. Доломиты используются как цементное сырье, в огнеупорной промышленности, в металлургии – в качестве флюса.
Мергель	Представляют собой породы смешанного состава, переходные от карбонатных к глинистым. Различают мергели известково-глинистые и доломито-глинистые, с содержанием от 25% до 75% соответственно,

	кальцита или доломита и от 75% до 25% глинистых материалов. Структура мергелей обычно тонкозернистая, пелитоморфная. Окраска разнообразная от светло-серой до почти чёрных разностей. С поверхности выбеливаются. Текстуры: слоистые, тонкослоистые, плитчатые до сланцеватых.
	Реагируют с соляной кислотой, влажное пятно, остающееся после реакции, приобретает более темную окраску, чем окраска породы в сухом состоянии. Используются мергели в цементной промышленности. Особенно ценными являются, так называемые, цементные мергели, состоящие на $\frac{1}{4}$ из глинистых частиц и на $\frac{3}{4}$ из кальцита.
Гипс	Это светлоокрашенные белые, серые, желтоватые, розоватые породы не высокой плотности. Состоят из гипса с включениями ангидрита, галита, кальцита и др. Структуры: от тонко- до крупнозернистых, иногда волокнистая. Текстуры слоистые, иногда массивные. При погружении, начиная с глубины 100-200 м., гипсы переходят в ангидриты. Используется гипс в строительной индустрии для производства гипсового цемента (алебаstra), строительных деталей, в бумажной промышленности, хирургии и др.
Ангидриты	Вместе с гипсами относятся к группе сульфатных пород. главный минерал: ангидрит. Примесями являются минералы, осаждающиеся вместе с ангидритом в едином процессе эвапоритового осаждения (доломит, кальцит, галит, сильвин, сода и др.), а так же глинистые частицы, окислы железа и др. Окраска светлая, серая, голубовато-серая, красноватая, часто пятнистая.. Структура: зернистые и тонкозернистые. Текстуры слоистые и массивные. Вблизи поверхности земли ангидриты подвергаются
	гидратации и преобразуются в гипс. Процесс сопровождается значительным увеличением объема пород, изменением структуры и текстуры. Используется в цементной промышленности.
Каменные соли	Состоят, в основном, из галита и вместе с сильвинитом относятся к группе, так называемых, галоидных пород. В виде примеси присутствует в небольших количествах другие хлориды и серноокислые соли, карбонаты, окислы железа, терригенные частицы. Окраска обычно светлая от прозрачной, бесцветной, до серой, голубой, красной разных оттенков. Каменные соли имеют не большую плотность, твердость и механическую прочность. Структуры кристаллические от мелко- до гигантокристаллических. Текстуры слоистые, чаще всего тонкослоистые. Легко растворима, обладает солёным вкусом. Каменные соли, вместе с ангидритами и гипсами, могут являться покрышками в залежах нефти и газа. При этом они являются лучшими природными покрышками. Широко используются в пищевой, консервирующей промышленности, химической промышленности.
Сильвиниты	Каменные соли содержащие более 50% сильвина (KCl) именуют сильвинитами. По внешним особенностям не отличимы от галитовых каменных солей. Отличаются более острым вкусом. Являются важнейшим сельскохозяйственным удобрением.
Органогенные породы	
Органогенны	Состоят целиком или содержат в преобладающем количестве скелетные

известняки	части организмов животного или растительного происхождения имеющих кальцитовый состав. Соответственно происхождению преобладающей части скелетных остатков именуется коралловыми, мшанковыми, спанголитовыми (губковыми), криноидными (из остатков морских лилий), ракушечными, водорослевыми и т.д. Структуры таких известняков определяются как биоморфные, ракушечные известняки могут иметь как биоморфные, так и биоморфно-обломочные структуры. Текстуры, обычно, слои
	стые. Коралловые и мшанковые известняки часто имеют массивную текстуру.
Мел	Является особой разновидностью органогенных известняков. Состоит из мельчайших раковин (скорлупок) фораминифер, морских водорослей (кокколитофорид) наряду с микрозернистым порошковидным кальцитом хемогенного осаждения. породы светлые, белые, слегка желтоватые, сильно пористые, мягкие, лёгкие. Текстура слоистая. Применяется в строительном деле и вместе с мергелями, являются цементным сырьём.
Диатомиты	Мелкие, светлые, очень мягкие породы невысокой плотности (0,4-0,8). Внешне не отличимы от мела, правда, не реагируют с соляной кислотой, поскольку состоят из опала и относятся к группе кремнистых пород. Сложены микроскопическими скорлупками диатомовых водорослей скреплённых микрозернистым опалом. Текстура обычно тонкослоистая. Образуются в морских условиях, реже в озёрных.
Трепелы (опоки)	Возникают при преобразовании диатомитов, обладают несколько повышенной плотностью (0,8-1,8). Состоят из микроскопических опаловых сфер, скреплённых так же опалом. образуют пластовые и линзовидные тела. Кремнистые породы используются как адсорбирующий материал, тепло- и звукоизоляционный материал, для производства кремнистых
	цементов.
Горючие сланцы	Глинистые, часто карбонатные породы тонкослоистого и сланцеватого облика, содержащие в своём составе от 20 до 60% органических веществ. Эти вещества представляют собой остатки растительного и животного планктона, преобразованного в коллоидную горючую массу. Окраска горючих сланцев от желтовато- и зеленовато- бурой до тёмно-бурой, почти чёрной. Легко загораются и горят коптящим пламенем и издаю запах горячей резины. От глин отличаются гораздо меньшей плотностью. Органические вещества извлекают путём перегонки для дальнейшей химической переработки. Горючие сланцы используются так же в качестве низкосортного минерального топлива.
Торф	Представляет собой слабо разлагающуюся массу растительных остатков, накапливающихся в болотах и торфяниках. Окраска обычно коричневатая-бурая, сложение волокнистое. В разной пропорции присутствуют минеральное вещество – глинистое, супесчаное, карбонаты железа и др. Торф используется как низкосортное топливо, обычно для местных нужд.
Ископаемые угли	Весьма разнообразны, отличаются условиями образования, составом, степенью преобразованности и др. залегают в виде пластовых тел

	толщиной от 1 до 15 м., редко больше. Возникают за счёт преобразования растительных остатков (торфа) в направлении увеличения содержания углерода. Главная примесь в составе углей песчано-глинистая, от нескольких до 50%. По степени преобразованности различают угли бурые, каменные и антрациты. Используются как топливо, при выплавке металлов, как химическое сырьё.
Обломочные (терригенные, механические) породы	
Грубообломочные породы	
Брекчии	Подразделяются на глыбовые, щебенчатые и мелкощебенчатые (дресвяные). Чаще встречаются брекчии состоящие из обломков различных раз
	меров и разного состава. Обычно это куски различных горных пород (магматических, метаморфических, осадочных), обломки минеральных зёрен. Характеризуются линзовидным и пластовым залеганием.
Конгломераты	Выделяют в зависимости от размерности обломков, соответственно, конгломераты валунные, галечниковые, гравийные. Встречаются чаще брекчий, залегают в виде пластов, обычно небольшой толщины. По генезису различают конгломераты морского, озёрного, речного и др. происхождения. Щебень, галечники, гравий используют в строительстве при изготовлении бетона, мощении дорогах и пр.
Песчаники	Размер частиц от 2 мм до 0,1 мм. Форма частиц является важной характеристикой породы, но на название не влияет. Частицы представляют собой обломки минеральных зёрен, реже это кусочки горных пород. В составе обломочной части чаще всего встречаются зёрна кварца, затем кислых полевых шпатов (ортоклаз), халцедона, слюды, глауконита. Глинистые минералы входят в состав цементирующего вещества. Пески и песчаники, состоящие более чем 95% из зёрен одного минерала, называют мономинеральными. Чаще всего пески и песчаники имеют полиминеральный состав. Из мономинеральных песчаников наибольшим распространением пользуются кварцевые. Окраска песчаников зависит от состава: кварцевые песчаники
	светлые, белые, желтоватые; полевошпатовые – серые, розовые; полиминеральные – темно-серые; с железистым цементом – жёлто- и красно-бурые различных оттенков. Пески и песчаники являются важнейшими коллекторами нефти и газа. Используются в строительном деле. Кварцевые и полевошпатовые разновидности находят применение в производстве стекла, фарфора и фаянса.
Алевриты	Мелкозернистые породы, размер частиц от 0,1 до 0,01 мм., частицы имеют угловатую форму. Окраска пород разнообразная, но преобладают серые разновидности. В минеральном составе ещё большее значение, чем в песчаниках, приобретают кварц и халцедон и в меньших количествах содержатся полевые шпаты и слюды. Цемент, как и в песчаниках, может быть различным, но преобладают глинистые разновидности. Текстуры слоистые, косослоистые, преобладают тонкослоистые и плитчатые разновидности.
Глины	Тонкозернистые породы, размер частиц менее 0,01 мм. Состоят из глинистых минералов (каолинита, монтмориллонита, гидрослюда и др.).

	<p>в чистом виде окраска белая матовая, примеси окрашивают в разные цвета: зеленовато-серые, бурые, красные различных оттенков, вплоть до чёрных. Текстуры массивнослоистые, слоистые, сланцеватые.</p> <p>По происхождению различают, так называемые, первичные глины, слагающие коры выветривания на поверхности различных магматических и метаморфических пород, и глины вторичные, образующиеся при размыве и переотложении первичных на морском дне. Важной особенностью глин является их способность размокать, разбухать и становиться пластичными при взаимодействии с водой. В наименьшей степени это свойство проявляется у каолинитовых глин, в большей – у монтмориллонитовых.</p> <p>Глины используются для приготовления буровых растворов, в качестве адсорбентов, в кирпично-черепичном, керамическом производстве, изготовлении фарфоровых и фаянсовых изделий.</p>
Аргиллиты (сухарные глины)	<p>Представляют собой переуплотнённые глины, практически потерявшие способность к разбуханию. Такие изменения происходят с глинами на глубинах превышающих 2 км. Породообразующие минералы: гидрослюды, хлорит, слюды, кварц. Окраски разнообразны: серые, черные, зеленовато-серые, коричневые, кирпично-красные. Текстуры: слоистые, тонко- и плитчатослоистые, сланцеватые, иногда массивные.</p>

Содержание отчета

В отчете следует осветить цель работы, дать краткое теоретическое обоснование и, пользуясь предложенной методикой, описать горные породы и дать им название. Описывать породы нужно по следующей схеме: название горной породы и ее классификация, структура и текстура, цвет, происхождение. Представить результаты работы в форме таблицы 5.3.

Таблица 5.3 – Краткая характеристика осадочных горных пород

№ образца	Цвет	Структура	Текстура	Название породы	Тип и группа по генезису

Контрольные вопросы

1. Как классифицируются осадочные породы по их генезису?
2. Как классифицируются обломочные породы по величине обломков?
3. Как классифицируются обломочные породы по степени цементации обломков?
4. Каковы особенности залегания осадочных горных пород?
5. Что такое «глинистые горные породы»? Какими минералами они представлены?

6. На какие классы по особенностям состава подразделяются биохимические породы?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6. ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИИ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД

Цель: ознакомить студентов с классификацией и основными генетическими группами метаморфических пород и научить их распознавать эти породы по характерным признакам в образцах.

Теоретическая часть

К *метаморфическим* относятся породы, возникшие за счет исходных осадочных либо магматических пород, подвергшихся действию повышенных температур, давлений, химически активных растворов, именуемых факторами метаморфизма. Существенным в процессах метаморфизма является то, что преобразование вещества осуществляется в твердом состоянии. Температура обычно не достигает точек плавления вещества. Исключение составляет процесс ультраметаморфизма, сопровождающийся частичным плавлением вещества. Метаморфизм может приводить к простой перекристаллизации породы, без изменения минерального и химического состава породы, например, превращение чистых разностей известняков и доломитов в мраморы, обычно в направлении разрастания размеров зёрен (бластеза). В других случаях меняется минеральный состав породы с сохранением валового химического состава, например, превращение глинистых пород в филлиты и слюдяные сланцы в условиях регионального метаморфизма. Метасоматические преобразования сопровождаются, обычно, выносом каких-то элементов из породы и привнесением других, что приводит к появлению новых минералов, например, волластонита, турмалина, рудных минералов и др. в скарнах и грейзенах. При классификации метаморфических пород по возможности основываются на выявлении ведущих факторов их преобразования. Используемая классификация учитывает также принадлежность породы к той или иной конкретной геологической обстановке.

Типичными обстановками метаморфизма и относимыми к ним, соответственно, генетическими группами метаморфических пород являются следующие:

1. *Динамический метаморфизм*, заключающийся в процессах дробления, перетирания горных пород в условиях так называемого стресса – направленного сжатия. Типичные породы – тектонические брекчии, катаклазиты и милониты.
2. *Контактовый метаморфизм* заключается в изменении горных пород, испытавших контакт с раскаленной магмой, и воздействие активных газов и растворов, выделяемых ею. Типичными породами являются роговики, мраморы, скарны.

3. *Метасоматоз* – химическое изменение пород горячими растворами и газами. Выделяется в качестве самостоятельной разновидности – метасоматического метаморфизма. Типичными породами являются грейзены, пропилиты, серпентиниты, тальковые сланцы.

4. *Автометаморфизм* является разновидностью метасоматоза, проявляется в изменении остывающей магматической породы под влиянием циркулирующих сквозь нее паров и газов, обычно выделяющихся из того же магматического очага. Типичные породы – грейзены, березиты, пропилиты, серпентиниты, тальковые сланцы, вторичные кварциты.

5. *Региональный метаморфизм* охватывает одновременно гигантские объемы горных пород (миллионы км³), что и подчеркнуто в его названии. Типичными породами являются филлиты, кристаллические сланцы, слюдяные сланцы, слюдяные гнейсы, кварциты, мраморы, амфиболовые сланцы (амфиболиты), лептиты, ортогнейсы.

Кроме того породы регионального метаморфизма по особенностям химического и минералогического состава подразделяют на ряды: глиноземистых, магнезиальных, кремнистых и магнезиально-известковистых пород.

Метаморфические породы являются наиболее сложным объектом изучения в сравнении с другими типами пород. Установление точного наименования пород при визуальном знакомстве зачастую невозможно, в связи с чем широко используются групповые названия типа «кристаллический сланец», «слюдяной сланец» и др.

Принадлежность породы к группе метаморфических в полевых условиях устанавливается обычно по условиям ее залегания, например, порода встречена в мощном комплексе метаморфизованных образований. Тектурные и структурные признаки, минеральный состав являются в данном случае дополнительными уточняющими признаками.

Студенты в лаборатории знакомятся обычно с отдельными образцами метаморфических пород, положение которых в метаморфических комплексах, как правило, неизвестно. Это случай, когда при определении породы основное внимание уделяется текстурно-структурным признакам и вещественному составу. Здесь уместно подчеркнуть, что многие метаморфические породы обладают характерными, легко распознаваемыми текстурами – сланцеватостью, плейчатостью и др.

Оборудование и материалы

Коллекция метаморфических пород различных типов, 10 % соляная кислота, лупы, таблицы, плакаты, альбомы с рисунками и описанием метаморфических пород.

Указания по технике безопасности

Работать с кислотой осторожно, избегая попадания реактива в глаза. Не проводить никаких работ, кроме тех, которые заданы руководителем и для которых даны объяснения.

Задания

1. Провести макроскопическое описание пород (цвет, структура, текстура, минералогический и химический состав).
2. Определить генетический тип предложенных образцов.
3. Пользуясь определителем горных пород (таблица 6.1), дать им название.

Содержание отчета

В отчете студент должен отразить цель работы, кратко основные теоретические положения, методику и описать все типы метаморфических пород. Результаты выполненной работы представить в виде таблицы 6.2.

Таблица 6.2 – Макроскопическое и микроскопическое описание метаморфических пород

№ образца	Цвет	Структура	Текстура	Минералогический состав	Название породы	Тип метаморфизма	Название исходной породы

При защите выполненной работы студент должен представить отчет, ответить на вопросы преподавателя и уметь определить название горных пород в образце.

Контрольные вопросы

1. Что такое метаморфизм и каковы его факторы?
2. Какие типы метаморфизма Вы знаете?
3. Перечислите основные типы метаморфических пород.
4. Какие структуры характерны для пород различных типов метаморфизма?
5. При изменении каких пород возникают мраморы? Тальковые сланцы? Ортогнейсы и парагнейсы?
6. Охарактеризуйте минералогический состав грейзенов, гнейсов, мраморов, роговообманковых и слюдяных сланцев.

Таблица 6.1 – Краткая характеристика типичных представителей метаморфических пород

№ обр.	Название породы	Описание	Минералогический состав	Исходные породы
1	2	3	4	5
Породы динамического (катакластического) метаморфизма				
1	Тектонические брекчии	Образуется в зонах крупных разрывов за счёт дробления боковых пород. Состоят из крупных угловатых обломков исходных пород, цементирующее вещество обычно имеет вторичное происхождение и выпадает из водных растворов, циркулирующих в зоне разрывов.	Иногда кварц, карбонаты, хлориты, окислы железа (в цементе)	
2	Катаклазиты	Сильно перетёртые породы, по образованию сходные с тектоническими брекчиями, частично рассланцованные, что приводит к появлению вторичных минералов: хлоритов, серицитов	Реликты минералов позволяют установить характер первоначальных пород. Вторичные минералы: хлориты, серициты	
3	Милониты	Тонкоперетёртые и вторичноуплотнённые породы со следами пластического течения. Строение плотное, микрозернистое, окраска, обычно, тёмная. Внешне плохо отличим от других мелкозернистых пород, но легко идентифицируются при микроскопическом определении.	Тонкий, даже пылеватый материала с редкими зернами – реликтами первоначальной породы	
Метасоматические и автометаморфические породы				
4	Грейзены	Образуются при метасоматическом (часто автометаморфическом) изменении кислых пород (гранитов). Породы средне- или крупнозернистые, светлоокрашенные.	Кварц и слюды; турмалин, флюорит, лепидолит, топаз, рудные минералы	Граниты и гранитоиды
5	Березиты	Образуются при гидротермальном метасоматозе кислых магматических пород. Мелкокристаллические породы светлой желтовато-белой окраски.	Кварц и мусковит, иногда заметная примесь кристаллического пирита Часто содержат рассеянное золото, могут сопровождаться рудными скоплениями серебра, молибдена, вольфрама и др.	Граниты и гранитоиды
6	Серпентиниты	Обычно являются продуктом автометаморфизма ультраосновных оливиновых пород. Плотные породы серо-зелёной, обычно, пятнистой окраски.	Серпентин, магнезит, кальцит, сидерит, тальк Могут содержать неразложившийся пироксены, тальк, магнетит, хромит.	Ультраосновные оливиновые породы

1	2	3	4	5
8	Скарны	Образуется при приконтактовом метасоматозе карбонатных пород. Обычно это плотные крупнозернистые породы темно-серого, зеленовато-серого цвета.	Кальцит, пироксенов, гранаты, диопсид, роговые обманки. Часто насыщены рудными минералами: магнетит, гематит, сульфиды, молибденит, что определяет их промышленное значение.	Известняки и доломиты
Породы контактового метаморфизма				
7	Роговики	Образуются при температурном воздействии интрузивного массива на вмещающие глинистые породы. Породы темноцветные, часто пятнистые, микрозернистые. Роговиковая структура	Полевые шпаты, лагиоклазы, ортоклаз, кварц, биотит, пироксены, гранаты	Глинистые породы
9	Мраморы (образуются также при региональном метаморфизме)	Образуются при контактовой перекристаллизации известняков, доломитов, богатых известью мергелей. Структуры кристаллические от мелко- до крупнозернистых. Окраски необыкновенно разнообразные от белых полупрозрачных до чёрных, часты разноцветные узорчатые окраски. Мраморы образуются так же при региональном метаморфизме. Используются как декоративный, отделочный материал, в стекольной, металлургической, электротехнической отраслях, для производства извести и др.	Кальцит, доломит; встречаются обломочные зерна кварца, полевых шпатов	Известняки и доломиты
Породы регионального метаморфизма				
Ряд глиноземистых пород				
10	Глинистые сланцы	Сильно уплотнённые и ещё слабометаморфизированные глины и аргиллиты. Структура пород пелитоморфная, текстура сланцевая. Поверхности расщепления тусклые матовые. Окраски разнообразные: серые, черные, зеленоватые, красноватые и др. В размолотом виде используются в резинотехнической промышленности, при производстве изоляционных материалов, линолеумов.	Состоят из микрозёрен глинистых минералов, алевритовые и псаммитовые зерна, главным образом, кварца и полевых шпатов, хлорита	Глинистые, песчано-глинистые породы

1	2	3	4	5
11	Филлиты	Представляют собой результат дальнейшего метаморфизма глинистых сланцев. В филлитах появляется масса мелкочешуйчатого серицита, придающего поверхностям раскалывания (поверхностям сланцеватости) шелковистый блеск. глинистые минералы в составе филлитов отсутствуют и заменяются слюдой, хлоритом, кварцем, полевыми шпатами. Структура микрозернистая, текстура тонкосланцеватая. Окраски разнообразные: серая, чёрная, зеленоватая, красно-бурая и др.	Серицит, хлорит, кварц, полевые шпаты, иногда слюды	Глинистые, песчано-глинистые
12	Слюдяные сланцы	Образуются из глинистых, песчаноглинистых осадочных пород, прошедших предыдущие стадии метаморфизма. Возможно образование из различных магматических пород кислого состава. Породы сланцеватого, иногда плейчатого строения. Окраска разнообразная, от светло-серых до черных, иногда бурых, коричневых разных оттенков.	Слюды (мусковит, биотит, хлорит, серицит), кварц Состав слюд определяет название сланцев: мусковитовые, серицитовые, биотитовые, мусковит-биотитовые.	Глинистые, песчано-глинистые, кислые магматические породы
13	Гнейсы Ортогнейсы Парагнейсы	Являются продуктом высокой степени метаморфизма песчано-глинистых осадочных и кислых и среднекислых магматических пород. Соответственно, разделяются на парагнейсы, обладающие полосчатыми, плейчатыми, сланцеватыми текстурами, и ортогнейсы массивного однородного, очкового строения.	Полевые шпаты, кварц, слюды, темноцветные минералы (биотит, роговая обманка, пироксен)	Магматические породы (гранитоиды). Обломочные осадочные породы
Ряд магнезиальных пород				
14	Хлоритовые сланцы (ортосланцы)	Образуются при метаморфизме основных и ультраосновных магматических пород. Окраска пород от светло- до темно-зеленой. Текстура сланцевая, иногда плотная, массивная (однородная).	Хлориты, в небольших количествах магнетит, гранаты, полевые шпаты, кварц, кальцит	Основные и ультраосновные магматические породы

1	2	3	4	5
Ряд кремнистых пород				
15	Кварциты	Тонко- и мелкозернистые породы. Плотные, чрезвычайно крепкие. Окраски самые разнообразные от чисто белых до чёрных. Образуются при метаморфизме кварцевых песчаников и алевролитов. Применяются для изготовления огнеупорного кирпича (дипаса), жерновов, точильных камней, в качестве облицовочного, декоративного материала.	В основном кварц (>90%) с примесью слюды, хлориты, гранатов, полевых шпатов.	Кварцевые пески и песчаники
16	Кремнистые сланцы	Образуются при метаморфизме кремнистых осадочных пород. Структура тонкозернистая, отличаются от кварцитов сланцеватым строением. Окраски разнообразные в светлых тонах: светло-серые, белые, желтоватые.	Кварц (60-80%), халцедон, полевые шпаты, лимонит, гематит и др.	Кремнистые осадочные породы
Ряд магнезиально-известковых пород				
17	Мраморы	Внешне не отличаются от мраморов контактового метаморфизма.		
	Амфиболиты	Являются продуктом метаморфизма основных магматических пород, мергелей. Окраска тёмная: зеленовато-серая, темно-серая до чёрной. Структура кристаллическая средне- и мелкозернистая. Текстура сланцеватая, массивная, однородная. Разновидностями амфиболов являются роговообманковые сланцы, породы сланцеватой текстуры, содержащие помимо амфиболов слюды, карбонаты и антиполитовые сланцы (лучистые сланцы), сложенные волокнистыми или радиальнолучистыми агрегатами актимолита с примесью зёрен полевого шпата и кварца.	Роговая обманка, кальциевые полевые шпаты (плаггиоклазы)	Основные магматические породы

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4	5
18	Роговообманковые сланцы	Зеленый, темно-зеленый до черного. Структура гранобластовая. Текстура сланцеватая, однородная.	Роговая обманка, в небольших количествах мусковит, карбонаты	Ультраосновные магматические породы
19	Актинолитовые сланцы	Зеленый с различными оттенками. Структура нематобластовая. Текстура сланцеватая, однородная	Актинолит	Ультраосновные магматические породы, карбонатные породы
20	Эклогиты	Плотные, тяжёлые крупнокристаллические породы тёмной окраски. Являются продуктом метаморфизма основных пород в условиях очень больших глубин. Состоят из железистых гранатов и моноклиновых пироксенов.	Сильно железистый гранат, моноклиновый пироксен	Основные магматические породы

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7. РАБОТА С ГОРНЫМ КОМПАСОМ

Цель: ознакомить студентов с методикой работы с горным компасом. Научить студентов измерять элементы залегания пород, определять их на геологической карте и на местности.

Теоретическая часть

Горный компас служит для определения *элементов залегания пород*. Элементами залегания называют ориентировку *линий простираения* и *падения пластов*, а также *угол падения пласта*. Линией простираения называют горизонтальную линию, нанесенную на поверхность пласта. Линия наибольшего наклона – линия падения пласта. Эти линии взаимно перпендикулярны. Угол наклона линии падения к горизонтальной плоскости называется *углом падения пласта*. С помощью горного компаса определяют *угол падения* и *азимут линии падения*.

Компас монтируется на прямоугольной пластине длиной 8–11 см и шириной 7–8 см (рисунок 7.1).

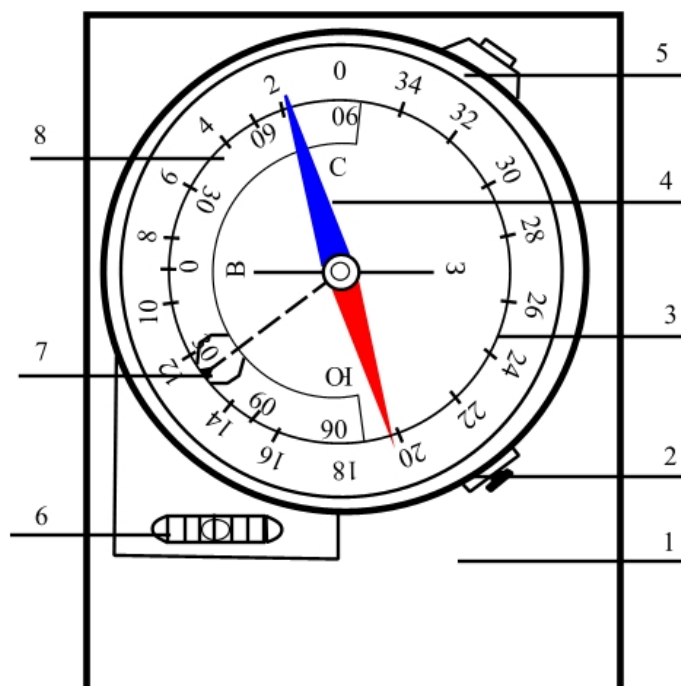


Рисунок 7.1. Горный компас (1 – металлическая пластинка, 2 – стопорный винт, 3 – лимб, 4 – магнитная стрелка, 5 – стопор отвеса, 6 – уровень, 7 – отвес, 8 – клинометр)

С помощью пузырькового уровня короткую сторону пластины можно приводить в горизонтальное положение. Если в таком положении пластина прислонена к поверхности слоя, то она показывает положение линии простираения. Магнитная стрелка прикреплена к игле и вращается на ней только при горизонтальном положении компаса. Северный конец стрелки окрашен в синий или белый цвет, южный – в красный.

Шкала компаса (*лимба*) проградуирована на 360^0 . Градуировка произведена против часовой стрелки, что позволяет отсчитывать азимут направлений, вдоль которых ориентирован компас. Оцифрованы только десятки градусов лимба. Это означает, например, что цифра 23 соответствует 230^0 . Лимб можно вращать для введения поправок на *магнитное склонение*. С помощью *стопорного винта* магнитная стрелка приподнимается над иглой и прижимается к покровному стеклу во избежание лишнего затупления иглы.

Внутри лимба имеется еще одна шкала, представляющая собой полукольцо, разделенное от 0^0 в его центре до 90^0 в обе стороны. Это шкала *клинометра*, отображающая углы падения пластов, когда длинная сторона компаса располагается вдоль линии падения. Отсчеты берутся по *зубцу отвеса*. Отвес также вращается вокруг центральной иглы. Освобождается он нажатием кнопки стопора и может останавливаться в любом положении при отпуске кнопки. Это обеспечивает снятие отсчета со шкалы клинометра.

Порядок определения элементов залегания включает нанесение на поверхность слоя линий падения и простирания, замер азимута линии падения и величины угла падения. Для этого нужно расчистить небольшой участок поверхности напластования слоя и найти на этой поверхности линию простирания. Делать это можно двумя способами: с помощью пузырькового уровня и с помощью клинометра. В первом случае компас прикладывают короткой стороной к поверхности слоя и, держа его примерно в горизонтальном положении, не отрывая от поверхности, слегка перемещают, пока уровень не покажет точного горизонтального положения прижатой стороны. Эту линию на поверхности слоя следует прочертить (карандашом или лезвием ножа). При втором способе нахождения линии простирания компас прикладывают длинной стороной (сторона клинометра), держа его вертикально к поверхности слоя и, освободив отвес, вращают, не отрывая от поверхности, пока отвес не установится на нулевом делении клинометра. Найденную линию следует прочертить. Это и будет линия простирания пласта пород.

Линия падения наносится на поверхность слоя с помощью прямоугольной пластины компаса. Она всегда перпендикулярна линии простирания и направлена вниз по направлению наклона пласта. Дальнейшие замеры производят только по отношению к линии падения. Сначала определяют азимут падения. Для этого компас располагают так, чтобы длинная его сторона была параллельна линии падения, а короткая – линии простирания. Обязательным условием является ориентировка нулевого деления лимба вниз по наклону пласта (падению). Осторожно приводят компас в горизонтальное

положение (короткая сторона остается постоянно прижатой к поверхности слоя) и, убедившись, что стрелка вращается свободно, берут отсчет по ее северному концу. Это будет азимут линии падения, например 243° .

Угол падения отсчитывают, приложив компас к линии падения длинной стороной (стороной клинометра), держа его в вертикальном положении. В таком положении нажимают кнопку стопора (следует убедиться, что отвес вращается свободно). Затем кнопку отпускают и берут отсчет по зубцу отвеса. Это и будет угол падения, например 25° .

Полученные сведения об элементах залегания пород заносят в полевую книжку и при необходимости они могут изображаться на карте. Форма записи следующая: точка наблюдения № __. Эл. Зал. $243^{\circ} - <25^{\circ}$. На карте в точке замера изображают элементы залегания пород. Для этого через точку замера на карте проводят линию меридиана, вправо от его северного направления откладывают значение азимута падения (243°), который изображается штрихом или стрелочкой. Перпендикулярная линия будет являться линией простирания. Цифра рядом со значком показывает угол падения (25°) (рисунок 7.2).

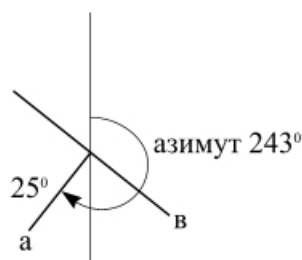


Рисунок 7.2. Элементы залегания пород (а – линия падения, в – линия простирания)

Горизонтальное положение слоев обозначается перекрещивающимися штрихами, а вертикальное – обоюдно направленной стрелочкой, ориентированной по простиранию пород. Если слои перевернуты, то изображается их современное положение, а к знаку их залегания добавляется петелька (рисунок 7.3).

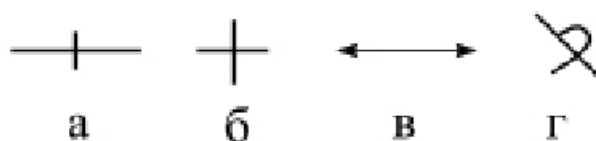


Рисунок 7.3. Положение слоев (а, б – горизонтальное, в – вертикальное, г - перевернутое)

Оборудование и материалы

Компасы, листы плотного картона, карандаши, транспортиры.

Указания по технике безопасности

Не проводить никаких работ с горным компасом, кроме тех, которые заданы руководителем и для которых даны объяснения.

Для проведения работ, неуказанных в программе занятий обязательно получение разрешения руководителя занятий.

Задания

1. Ознакомиться с устройством горного компаса
2. Меняя ориентировку и углы наклона листов картона, произвести 5 – 6 замеров элементов залегания

Содержание отчета

Студенты проводят контрольные определения элементов залегания и отображают их на листе бумаги.

Контрольные вопросы

1. Что такое «элементы залегания пород»?
2. Как определяются линия простираия и падения пласта?
3. Что такое «угол падения пласта»?
4. Как определяются азимуты падения и простираия пород?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8. РАБОТА С ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ КАРТАМИ

Цель: ознакомить студентов с методиками составления крупномасштабных стратиграфических карт и научить распознавать на картах основные формы залегания горных пород, в первую очередь, осадочных.

Теоретическая часть.

Геологическая карта строится на топографической основе и отражает строение земной поверхности. Геологическая карта представляет собой графическое изображение с помощью условных знаков возраста, состава и условий залегания горных пород, выходящих на дневную поверхность.

В России принята единая международная номенклатура масштабов составления геологических карт. Существуют следующие виды карт: обзорные (1:2500000; 1:5000000; 1:10000000), мелкомасштабные (1:1000000; 1:500000), среднемасштабные (1:200000; 1:100000), крупномасштабные (1:50000; 1:25000) и детальные (1:10000; 1:5000; 1:2000). На обзорных картах обычно отображают геологическое строение России или более обширных регионов. На мелкомасштабных геологических картах изображают строение крупных регионов, характерных своим особым типом геологического строения. Геологические карты среднего масштаба представляют собой детализацию геологического строения крупных районов, которые в свою очередь детализируются крупномасштабными картами. Детальные геологические карты несут специальную нагрузку и, как правило, их составление предваряет детальные поиски и разведочные работы, планировать которые без такой картографической основы невозможно.

Каждая геологическая карта имеет числовой и графический (линейный) масштабы. Название карты всегда указывается крупными буквами в виде надписи, в которой указывается ее тип. Например, «Геологическая карта», «Структурная карта», «Геоморфологическая карта» и т. д. Затем поясняется для какой территории, района, речного бассейна она составлена.

Важным элементом каждой геологической карты является таблица условных обозначений или знаков – *легенда*. В зависимости от типа геологической карты она может состоять из возрастных, стратиграфических, структурно-тектонических или геоморфологических знаков, из условных обозначений четвертичной геологии, а также знаков, отображающих полезные ископаемые, элементы гидрогеологии, инженерной геологии и т. п. В легенде указываются только те условные обозначения, которые приняты при составлении данной карты.

Разновозрастные осадочные породы выделяются на карте различными цветами,

индексами, а также штриховкой или крапом. Изображаются основные стратиграфические подразделения, а их индексация проводится в соответствии с цветами и аббревиатурами единой стратиграфической шкалы.

Для магматических пород применяются условные знаки в виде ярких цветовых обозначений и строчных букв греческого алфавита (таблица 8.1). Для указания возраста магматических пород рядом с индексом породы ставится стратиграфический возрастной индекс.

Выходы разновозрастных пород на карте разделяются тонкими черными линиями, называемыми *геологическими границами*.

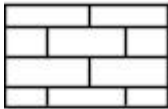

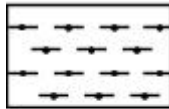
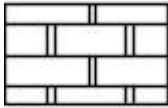
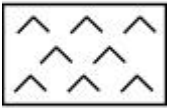

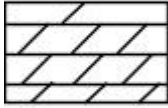


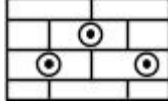
Таблица 8.1 – Условные обозначения магматических горных пород

Название породы	Буквенное обозначение	Цветовое обозначение
Граниты	γ (гамма)	Красный цвет (для всех кислых пород)
Диориты	δ (дельта)	Темно-малиновый (для всех средних пород)
Сиениты	ξ (кси)	Красновато-оранжевый (для всех щелочных пород)
Габбро	ν (ню)	Густо-зеленый (для всех основных пород)
Перидотиты	υ (эпселон)	Фиолетовый (для всех ультраосновных пород)
Липариты	λ (лямбда)	Кайнозойские эффузивы обозначаются: кислые – оранжевым; основные – темно-зеленым цветом.
Трахиты	τ (тау)	
Андезиты	α (альфа)	
Базальты	β (бета)	
Кимберлиты	ι (йота)	

На геологических картах, где указывается состав пород, применяются штриховые знаки в виде точек, параллельных прямых, косых или прямых кирпичиков и т. п. (таблица 8.2).

Таблица 8.2 – Условные обозначения наиболее распространенных осадочных горных пород

Терригенные породы			
	Глины		Пески
	Аргиллиты		Песчаники
	Сланцы глинистые		Галечники
	Алевролиты		Конгломераты

Карбонатные породы		Хемотропные (эвапориты)		Органогенные (каустобиолиты)	
	Известняки		Каменные соли		Битумы
	Доломиты		Гипсы		Уголь
	Мергели		Ангидриты		
	Известняки-ракушники				
	Известняки Оолитовые				

Геологические карты сопровождаются стратиграфическим разрезом и профильными геологическими разрезами.

Построение литолого-стратиграфического разреза начинается с выбора масштаба литологической колонки. Ориентировочная длина колонки около 25–30 см. Следует просуммировать мощности всех стратиграфических подразделений и разделить на предполагаемую длину колонки в сантиметрах. Полученный результат округлить до ближайшего стандартного масштаба (1:100; 1:200; 1:250; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:2500; 1:5000; 1:10000 и т. д.).

Исходя из выбранного масштаба, уточняется общая длина литологической колонки и расчерчивается таблица стратиграфических подразделений. Подписываются названия вертикальных колонок, выбирается их ширина (1,5–2 см для названий групп, систем, отделов; 2,5–3 см – для названия ярусов; 2–2,5 см для литологической колонки; 1,5–2 см – графа «мощности слоев», м; 5–8 см – графа «характеристика пород»). Выше таблицы оставляют 3–4 см для названия литолого-стратиграфической колонки и обозначения масштаба. Слева и справа оставляют поля шириной 1–1,5 см. Таблица расчерчивается в соответствии с объемом стратиграфических подразделений, а их названия вписываются в таблицу.

В графе «характеристика пород» приводится описание пород, в соответствии с которым выбираются условные обозначения, которые будут использованы при построении литологической колонки. Условные обозначения приводятся ниже стратиграфического разреза в виде прямоугольников размером 1х2см. Каждый *литотип*

подписывается. Образец оформления литолого-стратиграфического разреза и условные обозначения наиболее распространенных литотипов приведены на рисунке 10 и в таблице 15. Все графические построения вычерчиваются аккуратно с помощью линейки. Стратиграфические несогласия изображаются волнистой линией (параллельное – простой волнистой линией, угловое – волнисто-угловатой линией) (рисунок 8.1). **Стратиграфический разрез выполняется карандашом, включая все надписи.**

Литолого-стратиграфический разрез
палеозойских отложений по р. Рыбная
Масштаб 1:1000



Рисунок 8.1. Литолого-Стратиграфический разрез

С особенностями построения профильных геологических разрезов с использованием геологической карты студенты знакомятся позже при изучении учебной дисциплины «Структурная геология».

Осадочные горные породы могут залегать горизонтально (рисунок 8.2). Тогда геологические границы будут протягиваться параллельно горизонталям, изображающим рельеф. Границы наносятся на карту путем прослеживания каждой из них, либо путем маршрутов, пересекающих площадь карты. Тогда количество и густота маршрутов должны быть достаточными для уверенного проведения границ.

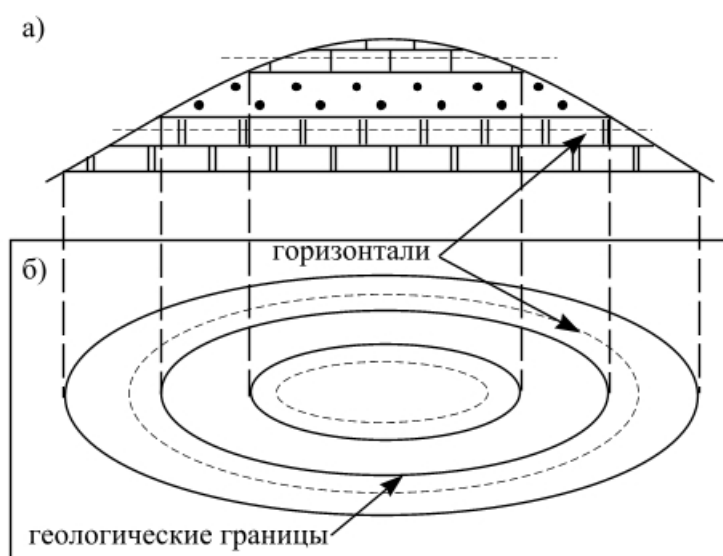


Рисунок 8.2. Горизонтальное залегание пород (а – разрез, б - карта)

При наклонном (моноклиналильном) залегании пород геологические границы пересекаются с горизонталями рельефа. Направление же наклона осадочных толщ и углы наклона (падения) часто изображаются особыми знаками, которые можно видеть на приведенном рисунке. Кроме того, следует отметить, что падение всегда направлено от более древних пород в сторону более молодых пород. Выполаживание молодых пород в зоне их *выходов* (видимая на поверхности Земли часть пород) может свидетельствовать о выполаживании и более древних пород в этом направлении, как это видно на разрезе (рисунок 8.3).

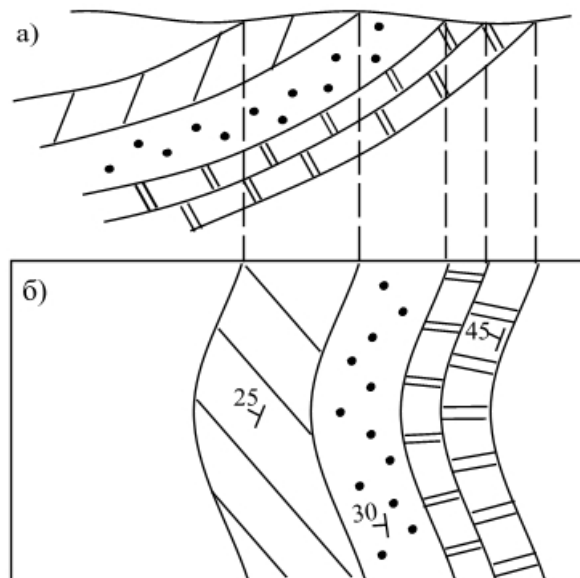


Рисунок 8.3. Наклонное залегание пород (а – разрез, б - карта)

В случае складчатого (волнообразного) залегания осадочных пород можно различить выпуклые (антиклинальные) и вогнутые (синклиналильные) части складок, оценить их поперечные размеры и амплитуды. *Антиклинали* характеризуются повторением выходов более молодых пород в разные стороны по отношению к самым древним, обнажающимся в ее *ядре* (рисунок 8.4).

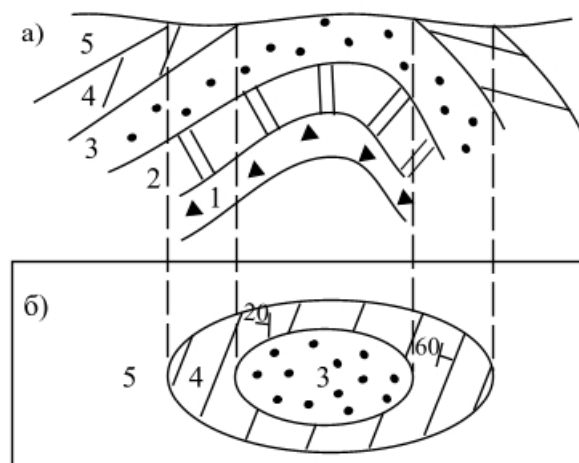


Рисунок 8.4. Складчатое залегание пород (а – разрез, б - карта)

Падение направлено от более древних пород (3) в сторону молодых (4, 5). Если углы падения *крыльев* складки значительно разнятся, она называется *асимметричной*. Таким образом, с помощью карты возможно оценить форму складки. *Синклинали* на картах отличаются от антиклиналей тем, что в ядре обнажаются более молодые породы, чем на крыльях и *периклиналях*, а, следовательно, породы падают к центру складки (рисунок 8.5).

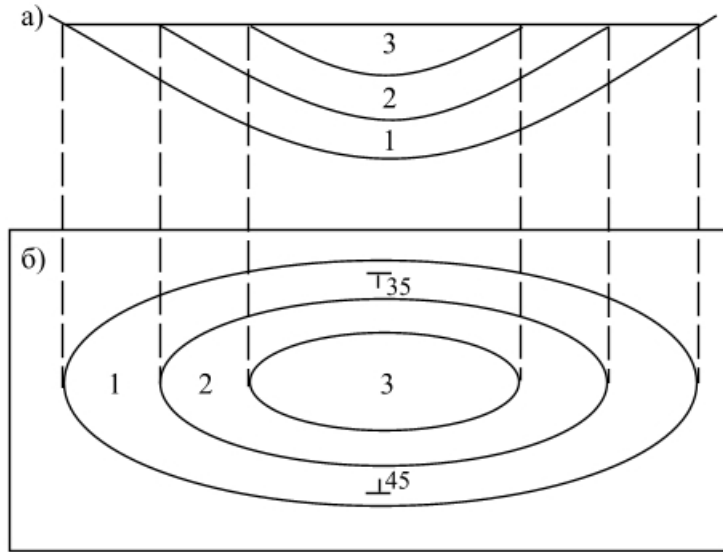


Рисунок 8.5. Изображение синклиналей (а – разрез, б - карта)

Разрывные нарушения, достигающие поверхности, изображаются на картах жирными красными линиями. Поднятые и опущенные блоки определяются по относительному возрасту пород по одну и другую сторону от разрыва. В приподнятом блоке обычно обнажаются более древние породы, чем в опущенном блоке (рисунок 8.6). Если на карте изображено направление падения поверхности разрыва (сместителя) и угол падения или есть возможность их построить, то можно установить тип разрывного нарушения, а по толщине *стратиграфических комплексов*, денудированных в приподнятом блоке, оценить амплитуду перемещения.

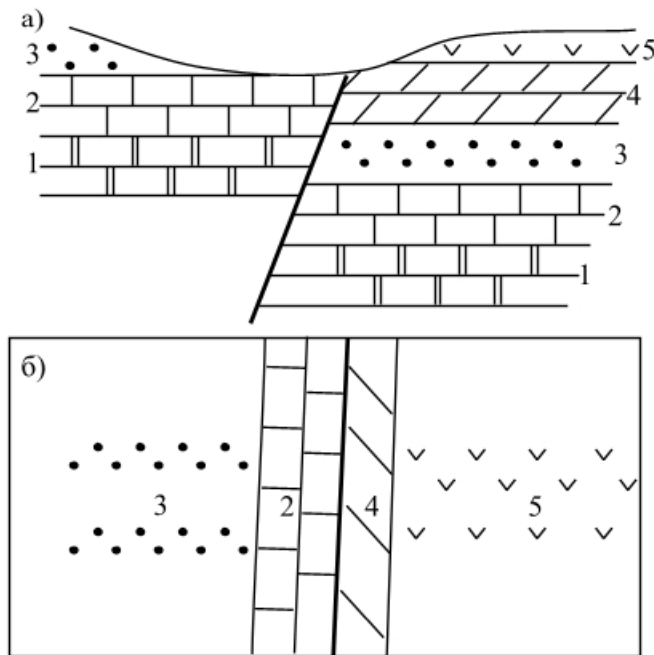


Рисунок 8.6. Разрывное залегание пород (а – разрез, б - карта)

Стратиграфические несогласия различного характера отмечаются на стратиграфическом разрезе, сопровождающем карту как необходимый атрибут. Угловые несогласия, выходящие на поверхность, отображаются на картах в виде пересечения геологических границ. При этом наиболее молодые породы «срезают» границы более древних (рисунок 8.7).

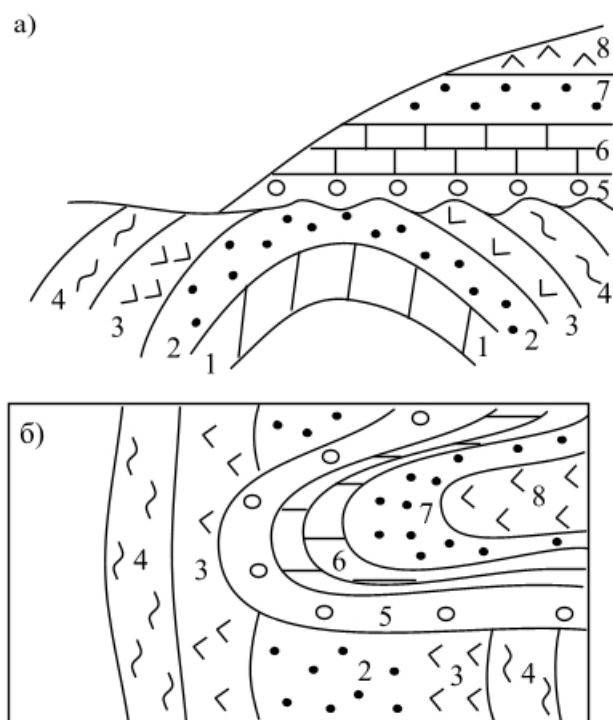


Рисунок 8.7. Стратиграфическое несогласие (а – разрез, б - карта)

Оборудование и материалы

Комплект учебных геологических карт масштаба 1:25000; 1:50000; 1:100000; 1:200000.

Указания по технике безопасности

Надо руководствоваться следующим правилом: не проводить никаких работ с горным компасом, кроме тех, которые заданы руководителем и для которых даны объяснения.

Для проведения работ, неуказанных в программе занятий обязательно получение разрешения руководителя занятий.

Задания

1. На выданных геологических картах разного масштаба найти участки горизонтального, наклонного, складчатого, разрывного залегания пород
2. По картам оценить направления и углы падения пород
3. Найти антиклинали и синклинали, оценить их размеры и амплитуды

4. Установить поднятые и опущенные блоки разрывных нарушений
5. Найти стратиграфические и угловые несогласия
6. По выданным вариантам описаний построить стратиграфический разрез

Указания по технике безопасности

Не проводить никаких работ с картами, кроме тех, которые заданы руководителем и для которых даны объяснения.

Для проведения работ, неуказанных в программе занятий обязательно получение разрешения руководителя занятий.

Содержание отчета

По картам студенты проводят контрольные определения, указанные в заданиях, в присутствии преподавателя. Форма отчета устная. На листах формата А4 оформляется литолого-стратиграфический разрез. Форма отчета графическая.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют особенности залегания осадочных горных пород?
2. Какие существуют виды (типы) складок?
3. Какие существуют виды (типы) разрывных нарушений?

Вариант 1. Описание стратиграфического разреза мезо-кайнозойских отложений по р. Белая. Описание приводится снизу – вверх.

Юрская система J.

Верхний отдел J₃.

Грубослоистые светло-серые известняки с прослоями мергелей. Видимая мощность 55 м.

Меловая система K.

Нижний отдел K₁.

Неокомский ярус K₁ пс.

Равномерное переслаивание серых песчаников, желтых мергелей и известковистых аргиллитов. Мощность 60 м.

Аптский и альбский ярусы K₁ а + al.

Массивные светло-серые песчаники с линзами аргиллитов и алевролитов. Мощность 50 м.

Верхний отдел K₂.

Сеноманский и туронский ярусы K₂ s + t.

Равномерное чередование светло-серых слоистых известняков, мергелей и песчаников. Мощность 40 м.

Коньякский ярус K₂ к.

Чередование черных аргиллитов и мергелей. Мощность 38 м.

Палеогеновая система P.

Палеоценовый отдел P₁.

Залегают на меловых отложениях несогласно. Внизу галечные и гравийные конгломераты с галькой кристаллических пород. Вверху песчаники с редкими прослоями алевролитов и глин. Мощность 100 м.

Эоценовый отдел P₂.

Серые массивные песчаники с прослоями серых пластичных глин. Мощность 60 м.

Олигоценый отдел P₃.

Внизу красные пластичные глины и мергели. Вверху серые слоистые песчаники. Мощность 55 м.

Неогеновая система N.

Миоценовый отдел N₁.

Бурые пластичные глины с кристаллами и линзами соли и гипса. Мощность 50 м.

Плиоценовый отдел N₂.

Залегают с угловым несогласием на отложениях миоцена и палеогена. В основании белые рыхлые песчаники и пески. Выше серо-желтые песчанистые известняки. Мощность 40 м.

Вариант 2. Описание стратиграфического разреза палеозойских отложений по р. Быстрая. Описание приводится снизу – вверх.

Силурийская система S.

Серые известняки, мергели, аргиллиты. Видимая мощность 90 м.

Девонская система Д.

Средний отдел Д₂.

Живетский ярус D₂ zv.

Темно-серые глины и песчаники залегают на размытой поверхности силурийских отложений с угловым несогласием. Мощность 40 м.

Верхний отдел Д₃.

Франский ярус Д₃ f.

Светло-серые карбонатные глины с прослоями мергелей. Мощность 50 м.

Фаменский ярус Д₃ fm.

Внизу светло-серые плотные известняки. Вверху желтовато-серые кавернозные доломиты. Мощность 30 м.

Каменноугольная система С.

Нижний отдел С₁.

Турнейский ярус С₁ t.

Залегают на размытой поверхности фаменских отложений. В основании прослой конгломератов гравийно-галечниковых. Выше песчаники кварцевые, мелкозернистые. Мощность 25 м.

Визейский ярус С₁ v.

Темно-серые глины и мергели с редкими прослоями рыхлых песчаников. Мощность 34 м.

Средний отдел С₂.

Массивные и тонкослоистые плотные известняки. Мощность 28 м.

Пермская система Р.

Нижний отдел Р₁.

Залегают несогласно на размытой поверхности каменноугольных отложений. Переслаивание пестроцветных глин, песков и песчаников. Мощность 41 м.

Верхний отдел Р₂.

Пестроцветные глины и мергели. Мощность 19 м.

Вариант 3. Описание стратиграфического разреза мезо-кайнозойских отложений площади Аксу. Описание приводится снизу – вверх.

Юрская система J.

Верхний отдел J₃.

Переслаивание серых и зеленоватых глин и доломитизированных известняков с остатками морских ежей. Видимая мощность 30 м.

Меловая система K.

Верхний отдел K₂.

Сеноманский и туронский ярусы K₂ s + t.

Залегают на размытой поверхности верхнеюрских отложений. В основании горизонт гравелитов и грубозернистых песчаников. Выше толща темно-серых слоистых известняков. Мощность 20 м.

Коньякский и сантонский ярусы K₂ k + st.

Массивные белые известняки со стяжениями черных кремней. Мощность 32 м.

Кампанский ярус K₂ km.

Серые, белые и зеленоватые мергели и глинистые известняки. Мощность 28 м.

Маастрихтский и датский ярусы K₂ m + d.

Неравномерное переслаивание мощных пачек глин, мергелей и известняков с обломками раковин аммонитов. Мощность 33 м.

Палеогеновая система P.

Палеоценовый отдел P₁.

Белые и желтые мергели с редкими прослоями глауконитовых песков и зеленых пластичных глин. Мощность 40 м.

Эоценовый отдел P₂.

Рыхлые ракушечные известняки с подчиненными горизонтами мергелей, глинистых известняков и глин. Мощность 64 м.

Олигоценый отдел P₃.

Желтые органогенные известняки. Мощность 20 м.

Неогеновая система N.

Миоценовый отдел N₁.

Желтые, бурые разномерные пески с прослоями галечников, гравия и песчаных известняков. Мощность 45 м.

Плиоценовый отдел N₂.

Залегают несогласно на размытой поверхности отложений от юрских до миоценовых включительно. Галечники, гравий, пески. Вверху базальтовые покровы. Мощность 40 м.

Вариант 4. Описание стратиграфического разреза палеозойских отложений площади Светлая. Описание приводится снизу – вверх.

Девонская система Д.

Нижний отдел Д₁.

Внизу серые и серо-зеленые неслоистые аргиллиты. Вверху тонкослоистые темно-серые мелкозернистые песчаники с прослоями и пачками серых алевролитов. Мощность 1000 м.

Средний отдел Д₂.

Залегают несогласно на поверхности нижнедевонских отложений. Переслаивание черных глинистых сланцев и зеленоватых мелкозернистых песчаников. Мощность 900 м.

Верхний отдел Д₃.

Франский ярус Д₃ f.

Переслаивание темно-серых тонкослоистых известняков, серых мелкозернистых песчаников и зеленовато-серых глинистых сланцев. Мощность 600 м.

Фаменский ярус Д₃ fm.

Серые среднезернистые песчаники с прослоями алевролитов и известняков. Мощность 500 м.

Каменноугольная система С.

Нижний отдел С₁.

Турнейский и визейский ярусы С₁ t + v.

Равномерное чередование белых и зеленовато-серых известняков и мергелей. Мощность 550 м.

Намюрский ярус С₁ n.

Разнозернистые кварцево-полевошпатовые песчаники с линзовидными прослоями гравелитов. Мощность 500 м.

Средний и верхний отделы С₂₊₃.

Массивные темно-серые глины с пачками тонкослоистых серых алевролитов. Мощность 1000 м.

Пермская система Р.

Нижний отдел Р₁.

Артинский ярус Р₁ ar.

Залегают несогласно на размытой поверхности девонских и каменноугольных отложений. Переслаивание глин, известняков и ангидритов. Мощность 550 м.

Вариант 5. Описание стратиграфического разреза палеозой-мезозойских отложений по р. Мутная. Описание приводится снизу – вверх.

Каменноугольная система С.

Средний отдел С₂.

Массивные серые алевролиты с пачками фиолетовых пластичных глин. Мощность 80 м.

Пермская система Р.

Нижний отдел Р₁.

Сакмарский ярус Р₁ s.

Залегают на размытой поверхности каменноугольных отложений. Переслаивание темно-серых глин и светло-серых мергелей. Мощность 55 м.

Артинский ярус Р₁ ar.

Переслаивание глин и ангидритов с мощными (до 5 м) пачками известняков. Мощность 58 м.

Кунгурский ярус Р₁ k.

Светло-серые неслоистые мергели с редкими прослоями ангидритов. Мощность 45 м.

Верхний отдел Р₂.

Среднеслоистые мелкозернистые кварцевые песчаники с редкими пластами известняков. Мощность 90 м.

Триасовая система Т.

Нижний отдел Т₁.

Черные тонкослоистые глины с редкими прослоями алевролитов. Мощность 100 м.

Средний отдел Т₂.

Серо-зеленые мергели и бурые тонкослоистые известняки с пачками алевролитов. Мощность 80 м.

Верхний отдел Т₃.

Залегают несогласно на отложениях среднего триаса. Массивные светло-серые мелкозернистые кварцево-полевошпатовые песчаники. Мощность 50 м.

Вариант 6. Описание стратиграфического разреза по р. Юркая. Описание приводится снизу – вверх.

Девонская система Д.

Верхний отдел Д₃.

Франский ярус Д₃ f.

Внизу – желтовато-серые водорослевые известняки с прослоями мергеля и глины.

Выше плотные темно-серые известняки. Мощность 25 м.

Фаменский ярус Д₃ fm.

Залегают с размывом на известняках франского яруса. Внизу (15 м) пачка коричневых глин. Вверху залегают желтовато-серые доломитизированные известняки. Мощность 34 м.

Юрская система J.

Верхний отдел J₃.

Келловейский ярус J₃ k.

Залегают несогласно на отложениях девона. В основании пески с базальным конгломератом. Выше – желтовато-бурые пластичные глины. Мощность 20 м.

Оксфордский ярус J₃ o.

Глины серые и черные, плотные, известковистые, с прослоями оолитового мергеля. Мощность 25 м.

Волжский ярус J₃ v.

Глины черные с конкрециями фосфоритов. Мощность 18 м.

Меловая система К.

Нижний отдел К₁.

Аптский ярус К₁ a.

Пески серые и желтовато-серые, мелкозернистые, с тонкими прослойками фиолетово-серой жирной глины. Мощность 30 м.

Альбский ярус К₁ al.

Пески светлые, кварцевые залегают с размывом. В средней части песков залегает горизонт серой вязкой глины. Мощность 25 м.

Верхний отдел К₂.

Сеноманский ярус К₂ s.

Пески светлые, кварцево-глауконитовые, с конкрециями фосфоритов залегают с размывом. Мощность 17 м.

Неогеновая система N.

Плиоценовый отдел N₂.

Залегают несогласно на отложениях от девонских до меловых включительно. Пески светлые, кварцевые, косослоистые, с линзами серых глин. Мощность 20 м.

Вариант 7. Описание стратиграфического разреза палеозойских отложений по р. Шумная. Описание приводится снизу – вверх.

Кембрийская система €.

Средний отдел €₂.

Майский ярус €₂ m.

Пестроцветные слюдистые алевролиты, красные и зеленые известняки и доломиты.

Видимая мощность 80 м.

Верхний отдел €₃.

Верхоленский ярус €₃ v.

Серые водорослевые доломиты с прослоями зеленоватых алевролитов. Мощность 100 м.

Ордовикская система O.

Нижний отдел O₁.

Тремадокский ярус O₁ t.

Желтовато-серые и желтые оолитовые известняки и доломиты залегают несогласно. В основании конгломераты. Мощность 100 м.

Аренигский ярус O₁ a.

Внизу пестроцветные водорослевые известняки и доломиты с прослоями песчаника. Вверху пачка светлых кварцевых песчаников. Мощность 150 м.

Средний отдел O₂.

Переслаивание ракушечных известняков, пестроцветных глин и алевролитов. Мощность 90 м.

Верхний отдел O₃.

Карадокский ярус O₃ k.

Переслаивание плотных массивных известняков, зеленовато-серых глин и алевролитов. Мощность 70 м.

Силурийская система S.

Нижний отдел S₁.

Венлокский ярус S₁ w.

Залегают с угловым несогласием на нижележащих комплексах. Внизу залегают базальные конгломераты, вверху – толща известняков серых, темно-серых, органогенных с прослоями желтых и красных мергелей. Мощность 65 м.

Вариант 8. Описание стратиграфического разреза палеозойских отложений по р. Говорливая. Описание приводится снизу – вверх.

Ордовикская система О.

Средний отдел О₂.

Лландейльский ярус О₂ ld.

Переслаивание светло-серых кварцевых песчаников и алевролитов с известняками ракушечными. Мощность 95 м.

Верхний отдел О₃.

Пестроцветные водорослевые известняки и доломиты с прослоями карбонатной глины. Мощность 85 м.

Силурийская система S.

Нижний отдел S₁.

Венлокский ярус S₁ w.

Залегают с угловым несогласием. Внизу (15 м) залегает толща гравийных и галечниковых конгломератов. Выше – массивные плотные известняки с прослоями мергелей. Мощность 120 м.

Каменноугольная система С.

Нижний отдел С₁.

Визейский ярус С₁ v.

Залегают с угловым несогласием. Внизу залегают галечные конгломераты, выше – светло-серые, кварцевые, разнородные песчаники и алевролиты. Мощность 80 м.

Серпуховский ярус С₁ s.

Равномерное переслаивание мелкозернистых песчаников, алевролитов и глин. Мощность 65 м.

Средний отдел С₂.

Башкирский ярус С₂ b.

Пестроцветные слюдястые алевролиты с прослоями коричневых жирных глин. Мощность 80 м.

Московский ярус С₂ m.

Рыхлые, кварцевые песчаники, бурые глины, ракушечные известняки. Мощность 70 м.

Вариант 9. Описание стратиграфического разреза кайнозойских отложений по р. Ключевая. Описание приводится снизу – вверх.

Палеогеновая система P.

Олигоценый отдел P₃.

Однородные темно-коричневые глины с конкрециями сидеритов. Мощность 32 м.

Неогеновая система N.

Миоценовый отдел N₁.

Караганский ярус N₁ kg.

Залегают с несогласием. Внизу – базальный конгломерат, выше – частое переслаивание известковистых песчаников и зеленых глин. Мощность 20 м.

Конкский ярус N₁ kn.

Глины зеленые, карбонатные, с редкими прослоями известняков и песчаников. Мощность 25 м.

Сарматский ярус N₁ sr.

Красноцветные глины и пески с отдельными прослоями гравелитов. Мощность 18 м.

Плиоценовый отдел N₂.

Киммерийский ярус N₂ k.

Породы залегают несогласно. Зеленые карбонатные глины с прослоями рыхлых ракушечных известняков. Мощность 16 м.

Куяльницкий ярус N₂ kl.

Чередование красно-бурых глин и серых песчаников и алевролитов. Мощность 18 м.

Акчагыльский ярус N₂ ak.

Чередование песков, алевролитов, конгломератов. Мощность 20 м.

Четвертичная система Q.

Залегают несогласно. Конгломераты, пески, гравелиты. Мощность 100 м.

Вариант 10. Описание мезо-кайнозойских отложений по р. Кума. Описание приводится снизу – вверх.

Юрская система J.

Средний отдел J₂.

Батский ярус J₂ bt.

Пестроцветные глины, мергели, известняки. Видимая мощность 270 м.

Верхний отдел J₃.

Титонский ярус J₃ tt.

Отложения залегают с несогласием. Красные, плотные, слоистые известняки мощностью 300 м.

Меловая система K.

Нижний отдел K₁.

Готеривский ярус K₁ g.

Залегают несогласно на размытой поверхности юрских отложений. Песчаники плотные, кварцевые с прослоями сильно песчанистых глин. Мощность 500 м.

Верхний отдел K₂.

Ритмичное чередование песчаников, мергелей и глин. Мощность 320 м.

Палеогеновая система P.

Палеоценовый отдел P₁.

Тонкослоистые алевролиты, глины и мергели. Мощность 300 м.

Эоценовый отдел P₂.

Переслаивание плотных кварцевых песчаников с бурыми пластичными глинами. Мощность 450 м.

Олигоценовый отдел P₃.

Чередование пачек тонкослоистых известняков, мергелей и карбонатных глин. Мощность 440 м.

Неогеновая система N.

Миоценовый отдел N₁.

Караганский ярус N₁ kr.

Залегают с размывом на поверхности палеогеновых отложений. конгломераты, гравелиты, песчаники с редкими прослоями глин. Мощность 500 м.

Сарматский ярус N₁ sr.

Плотные кварцевые песчаники с пачками коричневых неслоистых глин. Мощность 210 м.

Вариант 11. Описание стратиграфического разреза палеозойских и мезозойских отложений по р. Комариная. Описание приводится снизу – вверх.

Пермская система Р.

Чередование мергелей и глин. Видимая мощность 200 м.

Триасовая система Т.

Нижний отдел Т₁.

Рыхлые песчаники с прослоями глин. Мощность 180 м.

Средний отдел Т₂.

Глины плотные песчанистые с прослоями прочных кварцитовидных песчаников. Мощность 170 м.

Юрская система J.

Верхний отдел J₃.

Келловейский ярус J₃ k.

Отложения залегают с угловым несогласием на отложениях перми и триаса. Толща песчаников и глин с пачкой конгломератов в основании. Мощность 130 м.

Оксфордский ярус J₃ o.

Мощная толща плотных тонкоплитчатых глин. Мощность 130 м.

Меловая система К.

Нижний отдел К₁.

Барремский ярус К₁ br.

Залегают несогласно на различных горизонтах верхней юры. Внизу залегают гравийные конгломераты, сверху – мелкозернистые кварцевые песчаники. Мощность 55 м.

Аптский ярус К₁ a.

Плотные глины с прослоями песчаников. Мощность 100 м.

Альбский ярус К₁ al.

Известняки с прослоями глин. Мощность 110 м.

Верхний отдел К₂.

Сеноманский ярус К₂ s.

Отложения залегают несогласно. Песчанистые мергели и кварцево-глауконитовые песчаники. Мощность 75 м.

Вариант 12. Описание стратиграфического разреза мезозойских и кайнозойских отложений по р. Рыбная. Описание приводится снизу – вверх.

Юрская система J.

Средний отдел J₂.

Байосский ярус J₂ b.

Равномерное чередование сланцеватых глин и плотных кварцевых песчаников.

Видимая мощность 200 м.

Батский ярус J₂ bt.

Черные сланцеватые глины с пачками темно-серых алевролитов. Мощность 190 м.

Верхний отдел J₃.

Породы залегают несогласно на отложениях батского яруса. Чередование известняков и доломитов с прослоями мергелей и конгломератом в основании. Мощность 180 м.

Меловая система K.

Нижний отдел K₁.

Неокомский ярус K₁ nc.

Породы залегают несогласно на нижележащих отложениях. Плотные оолитовые известняки с прослоем конгломерата в основании. Мощность 140 м.

Аптский и альбский ярусы K₁ a + al.

Черные слабо карбонатные глины с редкими пластами песчаников. Мощность 250 м.

Верхний отдел K₂.

Сеноманский и кампанский ярусы K₂ s + km.

Белые плотные фарфоровидные известняки с прослоями мергелей. Мощность 260 м.

Маастрихтский и датский ярусы K₂ m + d.

Белые песчаные известняки с прослоями серых мергелей. Мощность 140 м.

Палеогеновая система P.

Палеоценовый отдел P₁.

Красные пластичные мергели с прослоями известняков. Мощность 120 м.

Эоценовый отдел P₂.

Белые известняки и серые листоватые глины с прослоями мергелей. Мощность 125 м.

Олигоценый отдел P₃.

Серые известковистые однородные глины. Мощность 110 м.

Вариант 13. Описание стратиграфического разреза мезозойских и кайнозойских отложений по р. Вязкая. Описание приводится снизу – вверх.

Юрская система J.

Средний отдел J₂.

Ааленский ярус J₂ a.

Переслаивание песчаников, алевролитов и глин мощностью 100 м.

Байосский ярус J₂ b.

Доломиты темно-серые, крепкие с редкими прослоями известняков. Мощность 175 м.

Батский ярус J₂ bt.

Переслаивание известняков, доломитов, ангидритов и гипсов. Мощность отложений 300 м.

Меловая система K.

Нижний отдел K₁.

Неокомский ярус K₁ nc.

Чередование темно-серых песчаников, алевролитов, аргиллитов и серых оолитовых известняков. Мощность 250 м.

Аптский ярус K₁ a.

Переслаивание аргиллитов, алевролитов и песчаников. Мощность 190 м.

Альбский ярус K₁ al.

Аргиллиты темно-серые с прослоями алевролитов и серых песчаников. Мощностью 250 м.

Верхний отдел K₂.

Породы залегают несогласно на нижележащих отложениях. Известняки от темно до светло-серых, переходящие в мергели зеленовато-серые и аргиллиты известковистые. Мощность отложений 330 м.

Палеогеновая система P.

Палеоценовый отдел P₁.

Аргиллиты темно-серые участками карбонатные с тонкими прослоями алевролитов и известняков. Мощность 250 м.

Эоценовый отдел P₂.

Темно-серые аргиллиты, песчаники и серые алевролиты. В верхней части залегают серые мергели. Мощность 400 м.

Вариант 14. Описание стратиграфического разреза мезозойских отложений по р. Темная. Описание приводится снизу – вверх.

Триасовая система Т.

Нижний отдел Т₁.

В верхней части разреза залегают сланцы темно-серые и зеленовато-серые, глинисто-сланцевые. Мощность 500 м. В нижней части – темно-серые глинисто-сланцевые сланцы с прослоями алевролитов и песчаников. Мощность 750 м.

Юрская система J.

Средний + нижний отделы J₁₊₂.

Отложения представлены песчаниками, алевролитами с прослоями аргиллитов мощностью 800 м.

Верхний отдел J₃.

Келловейский ярус J₃ k.

Песчаники, алевролиты, гравелиты с прослоями аргиллитов. Мощность 750 м.

Оксфордский + кимериджский ярусы J₃ o + km.

Известняки и серые доломиты. Мощность 500 м.

Титонский ярус J₃ tt.

Равномерное чередование известняков, доломитов, ангидритов и солей. Мощность 1200 м.

Меловая система К.

Нижний отдел К₁.

Берриасский ярус К₁ b.

Отложения залегают с угловым несогласием. Разрез представлен глинами, песчаниками, известняками. Мощность 650 м.

Валанжинский ярус К₁ v.

Отложения представлены известняками темно-серыми органогенными с прослоями ангидритов. Мощность 500 м.

Готеривский ярус К₁ g.

Песчаники, алевролиты с прослоями песчаных известняков. Мощность 550 м.

Аптский ярус К₁ a.

Породы залегают на размытой поверхности нижележащих отложений. Чередование песчаников, глин, алевролитов мощностью 450 м.

Альбский ярус К₁ al.

Глины темно-серые известковистые. Мощность 750 м.

Верхний отдел К₂.

Известняки с редкими прослоями мергелей. Мощность 670 м.

Вариант 15. Описание стратиграфического разреза палеозойских и мезозойских отложений по р. Туманная. Описание приводится снизу – вверх.

Каменноугольная система С.

Нижний отдел С₁.

Визейский ярус С₁ v.

Вверху (120 м) глины серые, сланцеватые с прослойками доломита. Внизу (170 м) известняки светло-серые, с редкими прослоями известковистых глин.

Серпуховский ярус С₁ s.

Известняки белые, массивные, кавернозные. Мощность 260 м.

Юрская система J.

Верхний отдел J₃.

Окфордский ярус J₃ o.

Отложения залегают с угловым несогласием. Глины серые, алевролитистые и песчанистые, местами известковистые. Мощность 215 м.

Кимериджский ярус J₃ km.

Разрез представлен глинами серыми мощностью 190 м.

Титонский ярус J₃ tt.

Известняки, доломиты, ангидриты, соли. Мощность 220 м.

Меловая система К.

Нижний отдел К₁.

Валанжинский ярус К₁ v.

Породы залегают несогласно. В верхней части разреза – глины песчанистые с зернами глауконита. Внизу – пески с гальками фосфорита. Мощность 180 м.

Аптский ярус К₁ a.

Породы залегают несогласно. Пески и кварцевые песчаники. Мощность 270 м.

Верхний отдел К₂.

Породы залегают с угловым несогласием. Известняки светло-серые с редкими прослоями мергелей. Мощность 250 м.

Вариант 16. Описание стратиграфического разреза мезозойских отложений по р. Вьюрок. Описание приводится снизу – вверх.

Юрская система J.

Нижний отдел J₁.

Окфордский ярус J₃ o.

Пески кварцевые, мелкозернистые, светлые, чередующиеся с глинами красно-бурыми тонкослоистыми. Мощность 50 м.

Средний отдел J₂.

Батский ярус J₂bt.

Глины серые, пластичные, с тонкой параллельной слоистостью, с включениями оолитов. Мощность 57 м.

Келловейский ярус J₂c.

Глины темные, карбонатные, пиритизированные с прослоями алевролитов и мелкозернистых песчаников. Слоистость параллельная. Мощность 30 м.

Верхний отдел J₃.

Окфордский и кимериджский ярусы J₃ o+km.

Чередование песков мелкозернистых, кварцевых и глин зеленовато-серых, тонкослоистых. Мощность 28 м.

Волжский ярус J₃ v.

Глины известковистые темно-бурые с прослоями серых и темно-серых мергелей и известняков. Мощность 65 м.

Меловая система K.

Нижний отдел K₁.

Берриасский и валанжинский ярусы K₁ b+v.

На размытой поверхности ниже- и среднеюрских пород залегают пески зеленовато-серые с прослоями глин алевролитистых. Мощность 80 м.

Готеривский и барремский ярусы K₁ g+br.

Глины темно-серые, почти черные с редкими прослоями песков зеленовато-серых, мелкозернистых, глауконитовых с конкрециями фосфоритов. Мощность 120 м.

Аптский и альбский ярус K₁ a+al.

Чередование песков мелкозернистых кварцевых и глин тонкослойчатых слабокарбонатных. Мощность 40 м.

Верхний отдел K₂.

Сеноманский ярус K₂s.

Мергели светло-серые, чередующиеся с известняками белыми; слоистость тонкая параллельная. Мощность 45 м.

Туронский и коньякский ярусы K₂t+k.

Мергели светлые, мелоподобные с прослоями пещего мела. Мощность 80 м.

Сантонский и кампанский ярусы K₂st+km.

Мергели светлые с прослоями пещего мела. Мощность 34 м.

Маастрихтский ярус K₂m.

Песчий мел. Мощность 70 м.

Вариант 17. Описание стратиграфического разреза мезозойских отложений площади Красноовражской. Описание приводится снизу – вверх.

Юрская система J.

Нижний отдел J₁.

Пески аркозовые, среднезернистые, красновато-бурые, косослоистые, с прослоями красных глин. Мощность 60 м.

Средний отдел J₂.

Глины темные, почти черные, углистые, с прослоями серых кварцевых песков и линзовидных прослоев бурого угля. Мощность 32 м.

Верхний отдел J₃.

Волжский ярус J₃ v.

На размытой поверхности среднего отдела юрской системы залегают песчаники рыхлые, известковистые, косослоистые. Мощность 20 м.

Меловая система K.

Нижний отдел K₁.

Берриасский и валанжинский ярусы K₁ b+v.

На размытой поверхности волжского яруса залегают пески кварцевые, косослоистые, красноцветные с прослоями глин с отпечатками наземных растений. Мощность 50 м.

Готеривский и барремский ярусы K₁ g+br.

Пески грубозернистые, аркозовые, с прослоями алевролитов и линзами глин, слоистость волнистая и косая. Мощность 64 м.

Аптский и альбский ярус K₁ a+al.

Пески зеленовато-серые, среднезернистые с прослоями и линзами гравелитов. Мощность 20 м.

Верхний отдел K₂.

Сеноманский ярус K₂s.

Пески светлые, мелкозернистые, чередующиеся с глинами зелёного цвета. Слоистость волнистая, местами косая. Мощность 25 м.

Туронский и коньякский ярусы K₂t+k.

Глины зеленовато-серые, с прослоями песков. Мощность 30 м.

Сантонский и кампанский ярусы K₂st+km.

Пески грязно-зеленые, кварцевые, глауконитовые с прослоями черны глин. Мощность 24 м.

Маастрихтский ярус K₂m.

Чередование песков мелкозернистых, кварцевых серых и мергелей светло-серых, плитчатых. Мощность 22м.

Вариант 18. Описание стратиграфического разреза верхнепалеозойских отложений по р.Окунёвая. Описание приводится снизу – вверх.

Девонская система D.

Верхний отдел D₃.

Франский ярус D_{3f}.

Зеленовато-серые алевролиты и песчаники с прослоями аргиллитов. Вверху 15 метровая пачка известняков глинистых, доломитизированных. Мощность 85 м.

Фаменский ярус D_{3fm}.

Песчаники и аргиллиты с пластами глинистых известняков. Мощность 80 м.

Каменноугольная система C.

Нижний отдел C₁.

Турнейский ярус C_{1t}.

Внизу песчаники разномерные с прослоями гравелитов. Вверху известняки и аргиллиты. Мощность 115 м.

Визейский ярус C_{1v}.

Серые и темно-серые песчаники и алевролиты с углистыми прослоями. Мощность 30 м.

Серпуховский ярус C_{1s}.

Мелкозернистые кварцевые песчаники с линзами оолитовых известняков. Мощность 25 м.

Пермская система P.

На размытой поверхности отложений серпуховского яруса залегают известняки белые, плитчатые. Мощность 20 м.

Вариант 19. Описание стратиграфического разреза палеозойских и мезозойских отложений по р. Воробьиной. Описание приводится снизу – вверх.

Каменноугольная система С.

Нижний отдел С₁.

Визейский ярус С_{1v}.

На размытой поверхности пород нижнего палеозоя залегают серые косослоистые песчаники и алевролиты. Мощность 30 м.

Серпуховский ярус С_{1s}.

Мелкозернистые песчаники с прослоями оолитовых известняков. Мощность 45 м.

Пермская система Р.

На размытой поверхности отложений серпуховского яруса залегают светло-серые плотные известняки с прослоями карбонатной глины. Мощность 47 м.

Меловая система К.

Нижний отдел К₁.

Готеривский и барремский ярусы К₁ g+br.

На размытой поверхности пород верхнего палеозоя залегают гравий и грубозернистые пески косослоистые, со знаками ряби. Мощность 34 м.

Аптский и альбский ярус К₁ a+al.

Пески грубозернистые, косослоистые с прослоями глин песчанистых. Мощность 43 м.

Неогеновая система N.

На размытой поверхности нижнемеловых отложений залегают серые грубозернистые пески. Мощность 22м.

Вариант 20. Описание стратиграфического разреза мезозойских отложений площади садовая. Описание приводится снизу – вверх.

Юрская система J.

Верхний отдел J₃.

Титонский ярус J_{3t}.

Известняки доломитизированные, гипсы и ангидриты . Мощность 50 м.

Меловая система K.

Нижний отдел K₁.

Валанжинский ярус K_{1v}.

Залегают несогласно на отложениях верхнеюрского отдела. Светло-серые толсто- и массивнослоистые доломитизированные известняки и доломиты. Мощность 210 м.

Готеривский ярус K_{1g}.

Темно-серые глины с редкими пачками сильно глинистых и алевролитов. Мощность 140 м.

Барремский ярус K_{1br}.

Внизу известняки органогенно-обломочные, толсто- и массивнослоистые. Вверху глины с мощными пластами песчаников. Мощность 180 м.

Аптский ярус K_{1a}.

Темно-серые глины с массивными пластами желтовато-серых мелкозернистых песчаников. Мощность 135 м.

Альбский ярус K_{1al}.

Темно-серые и черные пластичные листоватые глины. Мощность 120 м.

Верхний отдел K₂.

Туронский и коньякский ярусы K_{2t+k}.

Известняки серые, толстослоистые с прослоями зеленовато-серых карбонатных глин. Мощность 80 м.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9. КЛАССИФИКАЦИЯ КАУСТОБИОЛИТОВ
В.А.УСПЕНСКОГО - О.А.РАДЧЕНКО. ИЗУЧЕНИЕ КАУСТОБИОЛИТОВ
БИТУМНОГО РЯДА

Цель работы: Изучить имеющиеся классификации каустобиолитов и научиться по макроскопическим признакам определять отдельные породы-каустобиолиты. В указаниях приводятся принятые классификации каустобиолитов и характеристика отдельных пород.

Теоретическая часть

Горючие ископаемые нефтяного ряда, к которым относятся нефти и их производные, а также горючие газы, входят в состав каустобиолитов. Слово «каустобиолит» происходит от греческих слов: «каустос» – горючий, «литос» – камень, «биос» – жизнь, т.е. горючий камень органического происхождения. Каустобиолиты относятся к органогенным горным породам – биолитам (рисунок 9.1).

Автор термина «каустобиолиты» немецкий ученый Г. Потонье и, вслед за ним, И. М. Губкин рекомендуют различать:

- 1) каустобиолиты битумного (или нефтяного) ряда – нефтяные битумы;
- 2) каустобиолиты угольного (или гумусового) ряда;
- 3) липтобиолиты.



Рисунок 9.1. Положение каустобиолитов среди горных пород (по И. О. Броду и И. А. Еременко)

К каустобиолитам битумного ряда относятся все разновидности нефтей, горючие углеводородные газы, мальты, керы, асфальты, асфальтиты, озокерит, а также рассеянные в породах битумоиды.

В. А. Успенским и О. А. Радченко предложена генетическая схема классификации каустобиолитов (рисунок 9.2). Схема состоит из двух ветвей – левой, отвечающей горючим ископаемым угольного ряда (гумусовым), и правой, соответствующей

ископаемым нефтяного (битумного) ряда. Отдельные типы горючих ископаемых изображены на схеме в виде блоков, на торцевой стороне которых дана характеристика геохимической обстановки их образования. На схеме указаны также основные категории исходного материала для образования горючих ископаемых угольного ряда, представленные высшими растительными и низшими животными организмами.

Правая ветвь схемы отвечает горючим ископаемым нефтяного (битумного) ряда. Стрелкой, направленной от правого блока угольной ветви, соответствующего морским и пресноводным сапропелитовым образованиям, показана связь горючих ископаемых нефтяного ряда с отложениями морских водоемов. Правый блок этой ветви отвечает минералам группы озокерита, образующимся в результате выветривания парафинистых нефтей. На противоположной стороне этой ветви показан переход тяжелых смолистых нефтей нафтено-ароматического типа к асфальтам и далее к асфальтитам, керитам, антраксолитам, отвечающим определенной степени метаморфизма. Как видно из схемы, конечные продукты метаморфизма горючих ископаемых как угольного, так и нефтяного ряда сближаются, и конечным продуктом метаморфизма как угольного ряда, так и нефтяного является графит, т. е. происходит общий процесс карбонизации материи.

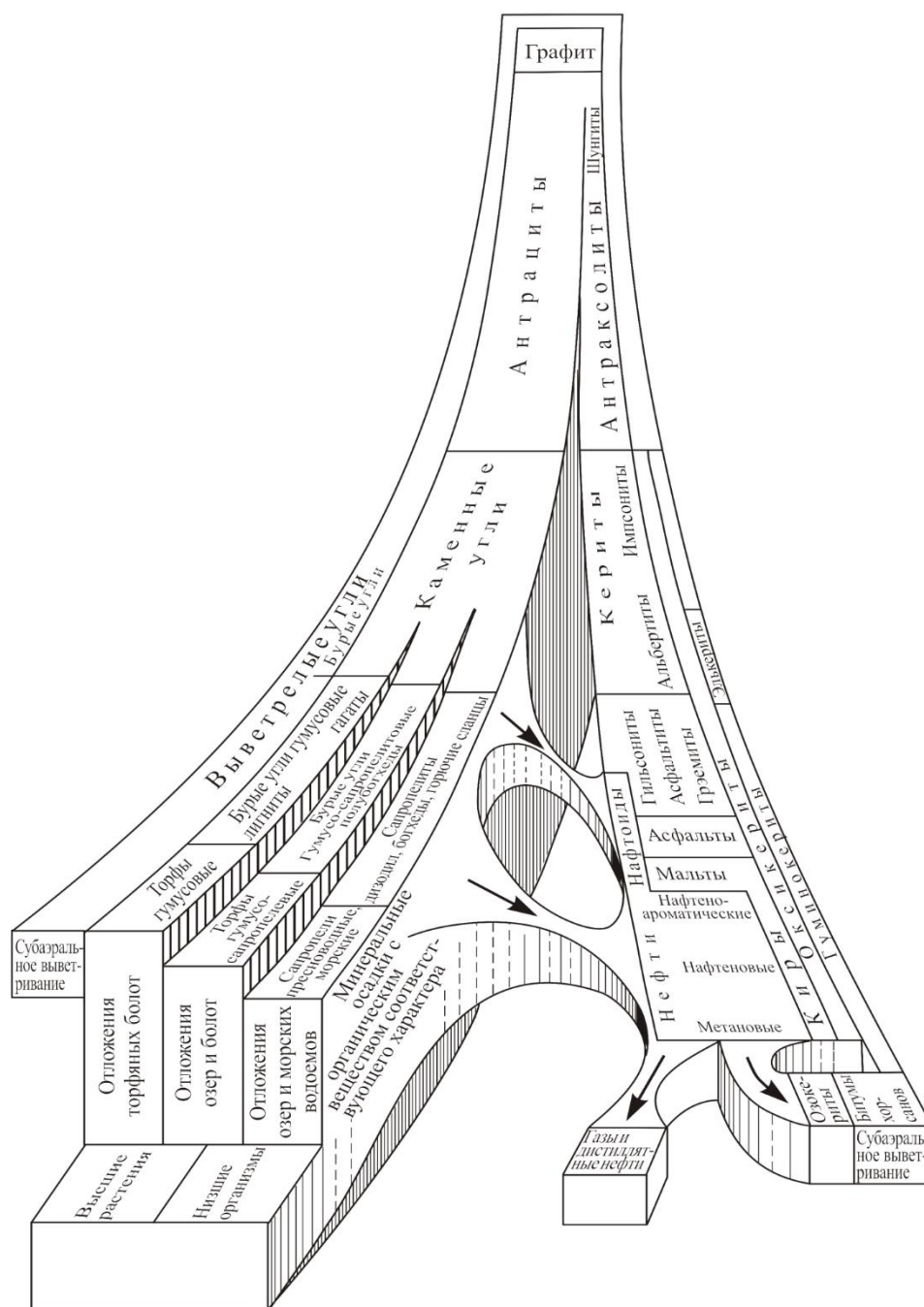


Рисунок 9.2. Генетическая классификация каустобиолитов (по В. А. Успенскому и О. А. Радченко)

Характеристика каустобиолитов битумного ряда

1. Киры – группа природных битумов (мальты, асфальты, асфальтиты), образовавшиеся в результате выветривания в зоне выходов легких метановых и нафтоновых нефтей. В зависимости от состава и глубины выветривания нефтей имеет цвет от темно-коричневого до черного, консистенцию от полужидкой до твердой. Элементный состав: углерода – 75–86 %; водорода – 8–12 %; сумма азота, серы и кислорода – 2–11 %. Групповой состав: масел – 25–65 %; смол и асфальтенов до 80 %.
2. Мальты – вязкое подвижное вещество, занимает промежуточное положение

между нефтями и асфальтами. Элементный состав: углерода – 80–84 %; водорода – 10–12 %; азот, сера и кислород. Групповой состав: масла – 40–65 %; смолы и асфальтены – 35–60 %. Плотность – 970–1030 кг/м³.

3. Асфальт – твердое или вязкое природное вещество почти черного цвета. Растворяется скипидаром, хлороформом, сероуглеродом. Плотность – 1000 – 1200 кг/м³. Состоит из углерода (67 – 88 %), водорода (7 – 10 %), кислорода (2 – 23 %). Представляет смесь окисленных УВ. Содержание асфальта в породе – 2–23 %.

4. Асфальтит – твердый природный битум, растворим в бензоле, хлороформе, сероуглероде. Элементный состав: углерод – 76–86 %; водород – 8–12 %; сера – 0,25–9 %; азот – 0,3–1,8 %; кислород – 2–9 %. Имеет высокое содержание асфальтенов (до 70 %) и невысокое содержание масел (до 30). Среди асфальтитов различают гильсониты (плотность – 1050–1150 кг/м³, температура плавления – 100–200 °С) и более высокомолекулярные грэемиты (плотность – 1150–1200 кг/м³, плавится с разложением при 200 – 300 °С).

5. Керит образуется при метаморфизме в зоне катагенеза. Состоит из углерода (80 – 90 %), водорода (4 – 9 %), сумма кислорода, серы и азота (5 –10 %). Твердое, хрупкое вещество при плавлении вспучивается и разлагается. Плотность – 1100–1300 кг/м³. Групповой состав: масла – 1–20 %; смолы – 5–20 %; асфальтены – 1–50 %; карбоиды – 10–95 %.

6. Оксикерит – твердое, хрупкое вещество. Образуется при субаэральном выветривании. Плотность – 1150–1250 кг/м³. Элементный состав: углерод – 75–80 %; водород – 6,5–7,5 %; серы, азота и кислорода – 10–20 %. При плавлении вспучивается и разлагается.

7. Гуминокерит – твердое, хрупкое вещество. Образуется при субаэральном выветривании. Элементный состав: углерод – 65–75 %; водород – 4,5–6,5 %; азот, сера и кислород – 20–30 %. Имеет плотность 1250 – 1500 кг/м³. При нагревании вспучивается или обугливается без спекания.

8. Антаксолит – твердое, хрупкое вещество, образующееся при метаморфизме в зоне катагенеза. Элементный состав: углерод – 90–99 %; водород – 0,2–4,0 %; азот, сера и кислород – 0,5–5,0 %. При нагревании не плавится. Имеет плотность 1300 – 2000 кг/м³.

9. Озокерит (горный воск). Природная смесь твердых УВ парафинового ряда с жидкими нефтяными маслами и смолистыми веществами. Элементный состав: углерод – 84–86 %; водород – 13,5–15 %. Консистенция от мягкой, пластичной до твердой, хрупкой. Имеет плотность 850 – 1000 кг/м³. Горит коптящим пламенем.

Оборудование и материалы. Коллекция пород - каустобиолитов. Лупа,

керамическая пластинка, набор веществ-растворителей. Бумага формата А4, чертежные принадлежности.

Техника безопасности

1. Запрещается начинать работу без точного знания методики опыта. На рабочем столе должен быть безупречный порядок.

2. Работы с ядовитыми, дурнопахнущими, огне- и взрывоопасными веществами выполняются обязательно в вытяжном шкафу. При работе под тягой, голову необходимо держать вне вытяжного шкафа.

3. При работе с горючими веществами недопустимо наличие поблизости открытого огня.

4. Не пробуйте на вкус и не вдыхайте неизвестное вещество.

5. В лаборатории категорически запрещено есть, курить.

6. Нельзя оставлять работающие приборы без наблюдения.

7. Смешивая концентрированные кислоты с водой, лейте кислоту в воду.

8. Наполнение пипеток кислотами, щелочами и другими ядовитыми путем засасывания ртом запрещается. Для наполнения пипеток следует пользоваться грушей.

9. При порезах стеклом удаляют из раны осколки, промывают водой, либо протирают тампоном, смоченным спиртом, смазывают 5%-ным раствором йода и накладывают повязку.

10. При тепловых ожогах на обожженное место накладывают ткань, либо тампон, смоченные спиртом или спиртовым раствором танина, а затем смазывают мазью от ожогов.

Задания

1. Взять образец породы и описать его макроскопические характеристики: цвет, блеск, цвет черты, твердость, структуру и текстуру.

2. Описать характер горения образца породы (копящее пламя, вспучивание и разложение, обугливание)

3. На основе проведенных наблюдений определить название породы-каустобиолита.

4. Описать не менее 7 образцов пород-каустобиолитов, определить их тип в соответствии с классификацией Успенского-Радченко.

Полученные результаты занести в таблицу:

Таблица 9.1 – Описание различных типов каустобиолитов

Наименование	Характеристика каустобиолитов								
	цвет	цвет черты	блеск	твёрдость	структура	текстура	поведение в растворителе	горение	ряд (по классификации Успенского-Радченко)

Содержание отчета. В отчете следует отразить цель работы, привести краткое теоретическое обоснование, описание макроскопических параметров каустобиолитов, характера их растворения и горения, сделать заключение о типах каустобиолитов и представить итоговую таблицу.

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы:

1. Что такое каустобиолиты?
2. Каким образом меняется элементный состав каустобиолитов при повышении степени углефикации?
3. Какие именно вещества являются исходными для образования каустобиолитов нефтяного ряда?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 10. КЛАССИФИКАЦИЯ КАУСТОБИОЛИТОВ УСПЕНСКОГО-РАДЧЕНКО.

ИЗУЧЕНИЕ КАУСТОБИОЛИТОВ УГОЛЬНОГО РЯДА

Цель работы: Изучить имеющиеся классификации каустобиолитов и научиться по макроскопическим признакам определять отдельные породы-каустобиолиты. В указаниях приводятся принятые классификации каустобиолитов и характеристика отдельных пород.

Теоретическая часть.

Каустобиолиты угольного ряда – это различные торфы, бурые и каменные угли, антрациты (образованные из веществ растительного происхождения). К липтобиолитам относятся некоторые органические соединения растительного происхождения – ископаемые смолы, воски, стерины, споронины и др. Представителем этой группы является янтарь.

Характеристика каустобиолитов угольного ряда

1. Торф образуется в результате неполного распада растений (мха, трав, древесных форм, кустарников) и содержит в сухой массе не менее 50 % органического вещества (ОВ). Если содержание ОВ менее 50 %, то вещество относят к гумусовым почвам (чернозему).

Химический состав: углерод 50 – 60 %, водород 5 – 6,5 %, кислород 30– 40 %, азот 1 – 3 %, сера 1,5 – 2,5 %.

2. Бурый уголь имеет низкую степень углефикации, переходная форма от торфа к каменному углю. В образце цвет черты от светло-желтой до черной, плотность 1200 – 1500 кг/м³. Различают мягкие, землистые, матовые, лигнитовые и плотные разновидности. На воздухе быстро теряет влагу, растрескивается, превращаясь в мелкую крошку. По вещественному составу относятся в основном к гумитам, слагается макрокомпонентами группы витринита (80 – 98 %). Характеризуются повышенным содержанием фенольных, карбоксильных и гидроксильных групп, наличием свободных гуминовых кислот, содержание которых снижается с повышением степени метаморфизма от 2 – 3 до 64 %, и смол от 5 до 25 %.

3. Сапропелит относится к группе ископаемых углей, образовавшихся в основном из продуктов превращения остатков низших растений и простейших животных организмов. Сложен в основном альгинитом. Макроскопически матовые и полуматовые, темно-коричневого и серовато-черного цвета, однородные и массивные, крепкие и вязкие. Выход летучих веществ 55 – 70 %.

4. Богхед – уголь класса сапропелитов. Цвет буро-черный, иногда оливковый. Излом раковистый, поверхность излома матовая. Характеризуется повышенной

плотностью, вязкостью и содержанием водорода (8 – 12 %). Содержание летучих компонентов 60 – 70 %. Представлен в основном скоплениями остатков водорослей, загорается от спички, горит длинным коптящим пламенем, издавая запах жженой резины.

5. Лигнит – ископаемая слабо углефицированная древесина (главным образом хвойных растений) бурого цвета, сохранившая анатомическое строение растительных тканей. Лигнитом называют также бурый уголь, содержащий обильные включения плохо разложившихся древесных остатков (лигнитовый уголь).

6. Гагат – переходный тип между гумитами и сапропелитами (исходное вещество – юрская араукаритовая древесина). По химическому составу, содержанию водорода (более 6 %) и выходу первичной смолы (до 30 %) является типичным сапропелитом. Образуется при попадании свежей древесины в восстановительную среду (или при битуминизации древесины).

7. Горючие сланцы – глинистая, известковистая или кремнистая порода с содержанием ОВ от 10 до 80 %, обладающая способностью загораться от спички и издающая при этом запах горячей резины. Образовались из низших организмов, близки по этому признаку к сапропелитовым углям, но содержат много минеральных примесей. Плотная крепкая порода. Цвет – от светло-коричневого, желтоватого до темно-коричневого, зеленовато-коричневого, темно-серого. Тонкие слои горят коптящим пламенем. Элементный состав: углерод – 56–82 %; водород – 5,8–11,5 %; сера – 1,5–9 %; кислород – 9–10 %; азот – 1–3 %.

8. Каменный уголь – твердое ископаемое растительного происхождения. Имеет черный цвет, черную, иногда темно-коричневую черту, сильный блеск. Содержит 75 – 92 % углерода, 2,5 – 5,7 % водорода, 1,5 – 15 % кислорода. В отличие от бурых углей не имеет свободных гуминовых кислот, не окрашивает раствор едкой щелочи. Большинство каменных углей относится к гумолитам.

9. Антрацит – уголь наиболее высокой степени углефикации с повышенной плотностью (1400 – 1700 кг/м³), черный с металлическим оттенком, с высоким содержанием углерода (не менее 95 %), низким содержанием летучих веществ (2 – 8 %). Образуется из углей при повышении температуры и давления и удалении из кристаллической решетки кислорода, азота, серы и водорода.

10. Шунгит – высокообуглероженное аморфное ОВ, содержащее 60 –70 % углерода, остальное – минеральные примеси. Имеет блестящие и полуматовые разности. В протерозойских шунгитах обнаружили растительные структуры, схожие с древесиной.

11. Графит представляет наиболее высокую стадию преобразования углей (ультраметаморфизм). Помимо углерода (97 – 99 %) содержит небольшое количество

водорода, кислорода и других элементов.

Оборудование и материалы. Коллекция пород-каустобиолитов. Лупа, керамическая пластинка, набор веществ-растворителей. Бумага формата А 4, чертежные принадлежности.

Техника безопасности

1. Запрещается начинать работу без точного знания методики опыта. На рабочем столе должен быть безупречный порядок.

2. Работы с ядовитыми, дурнопахнущими, огне- и взрывоопасными веществами выполняются обязательно в вытяжном шкафу. При работе под тягой, голову необходимо держать вне вытяжного шкафа.

3. При работе с горючими веществами недопустимо наличие поблизости открытого огня.

4. Не пробуйте на вкус и не вдыхайте неизвестное вещество.

5. В лаборатории категорически запрещено есть, курить.

6. Нельзя оставлять работающие приборы без наблюдения.

7. Смешивая концентрированные кислоты с водой, лейте кислоту в воду.

8. Наполнение пипеток кислотами, щелочами и другими ядовитыми путем засасывания ртом запрещается. Для наполнения пипеток следует пользоваться грушей.

9. При порезах стеклом удаляют из раны осколки, промывают водой, либо протирают тампоном, смоченным спиртом, смазывают 5%-ным раствором йода и накладывают повязку.

10. При тепловых ожогах на обожженное место накладывают ткань либо тампон, смоченные спиртом или спиртовым раствором танина, а затем смазывают мазью от ожогов.

Задания

1. Взять образец породы и описать его макроскопические характеристики: цвет, блеск, цвет черты, твердость, структуру и текстуру.

2. Описать характер горения образца породы (копящее пламя, вспучивание и разложение, обугливание)

3. На основе проведенных наблюдений определить название породы-каустобиолита.

4. Описать таким образом не менее 7 образцов пород-каустобиолитов, определить их тип в соответствии с классификацией Успенского-Радченко.

Полученные результаты занести в таблицу:

Таблица 10.1 – Описание различных типов каустобиолитов

Наименование	Характеристика каустобиолитов								
	цвет	цвет черты	блеск	твёрдость	структура	текстура	поведение в растворе	горение	ряд (по классификации Успенского-Радченко)

Содержание отчета. В отчете следует отразить цель работы, привести краткое теоретическое обоснование, описание макроскопических параметров каустобиолитов, характера их растворения и горения, сделать заключение о типах каустобиолитов и представить итоговую таблицу.

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. К какому классу горных пород относятся каустобиолиты?
2. Каким образом меняется элементный состав каустобиолитов при повышении степени углефикации?
3. Какие именно вещества являются исходными для образования каустобиолитов угольного ряда?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 11. ТИПИЗАЦИЯ НЕФТЕЙ. ХИМИЧЕСКАЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИИ

Цель работы: Изучить классификации нефтей, по составу и свойствам, определить типы нефтей по предложенным типизациям и графическим классификациям.

Теоретическая часть.

Существует несколько определений понятия «нефть». Это связано с существованием двух различных точек зрения на принцип построения определения:

1. За основу принимается характеристика свойств и состава нефти – «Нефти являются смесями сложных органических соединений, в которых преобладают углеводороды» (В. И. Вернадский, 1934 г.);

2. За основу берется генетический признак, как он мыслится на уровне современной науки: «Нефть – это выделившиеся в отдельную фазу наиболее стойкие жидкие гидрофобные продукты фоссилизации органического вещества, захороненного в субаквальных отложениях» (Н. Б. Вассоевич, 1967г.).

Наиболее общим подходом к проблеме, будет рассмотрение нефти как физико-химической системы – природного углеводородного раствора, очень сложного, многокомпонентного и разнообразного по составу, свойствам и соотношению этих компонентов (А.Н. Гусева, 1978). Нефть – единственный не водный жидкий раствор на Земле.

Каждый раствор состоит из растворителя и растворенного вещества. В качестве растворителя в нефти можно рассматривать жидкие углеводороды (в поверхностных условиях), а растворенным веществом будут являться газы, твердые углеводороды и неуглеводородные соединения.

Нефть с одной стороны является истинным раствором, с другой – коллоидным. Коллоидные частицы в нефти сформированы из асфальтенов с сорбированными на их поверхности смолами и более низкомолекулярными соединениями. Остальная часть жидкого растворителя называется дисперсной средой.

Нефть состоит из основных органогенных элементов: углерода, водорода, кислорода, серы, азота и, в меньшей степени, фосфора (таблица 11.1).

Таблица 11.1 – Элементный состав нефтей

Элементы	Нефть, % веса
Углерод	82 – 86
Водород	12 – 14
Кислород	0,п – 2
Сера	0,0п – 6 (максимум 10)

Азот	0,05 – 1,5 (максимум 2)
Фосфор	0,п

Также в нефти можно найти почти все элементы периодической системы Менделеева. В разных нефтях их концентрации различны и незначительны. Поэтому они называются микроэлементами. Среди микроэлементов преобладают ванадий и никель.

Углеводородную часть состава нефти образуют три основные класса углеводородных соединений.

1. Алкановые (парафиновые, метановые) – соединения с открытой цепью и простыми связями между атомами углерода. Являются насыщенными (предельными) углеводородами. Гомологический ряд имеет формулу C_nH_{2n+2} .

Алканы с неразветвленной цепью называются нормальными (n-алканы, n-парафины). Алканы, имеющие в строении разветвленную открытую цепь, называются изоалканами (i-алканы, i-парафины).

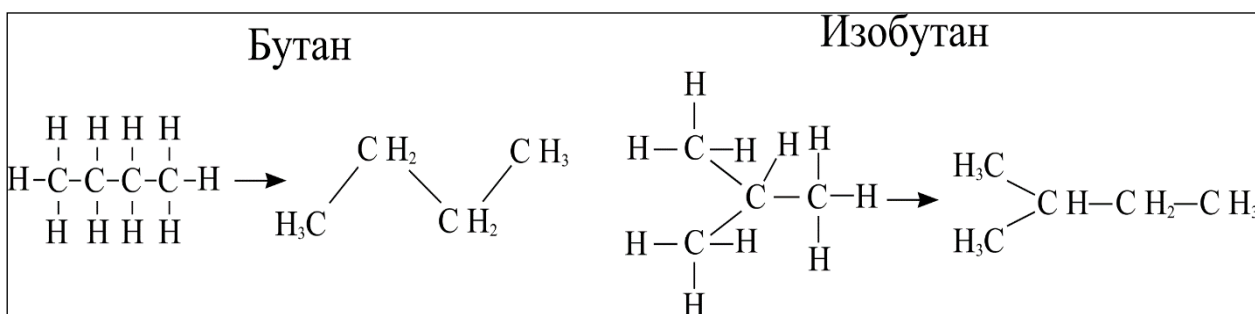


Рисунок 11.1. Алкановые углеводороды

2. Циклановые (циклоалкановые, циклопарафиновые, нафтены) – соединения, имеющие в своей основе замкнутую цепь (кольцо) из метиленовых (CH₂) групп (рисунок 11.2). Поэтому называются также полиметиленовыми углеводородами. Могут содержать один (моноциклические нафтены) или два и более (полициклические нафтены) кольца. Гомологический ряд моноциклических нафтенных – C_nH_{2n} , бициклических – C_nH_{2n-2} , трициклических – C_nH_{2n-4} . Являются, наряду с алканами, предельными углеводородами. В нефтях содержатся нафтены с пятью и с шестью атомами углерода в кольце (циклопентаны и циклогексаны). В некоторых нефтях обнаружены нафтены с семичленными циклами, но их количество крайне незначительно. Кольца с числом атомов углерода меньше 5 и больше 7 в нефти не обнаружены.

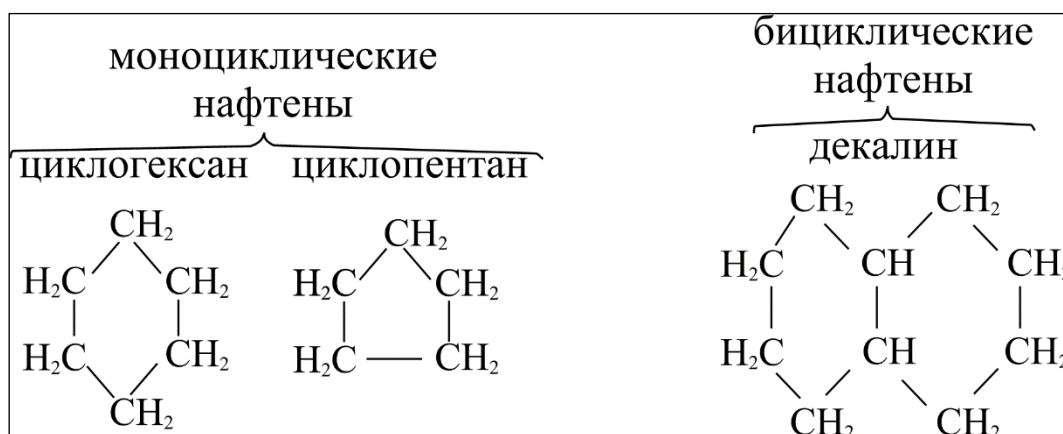


Рисунок 11.2. Циклановые углеводороды

3. Арены (ароматические) – содержат в своей структуре бензольное кольцо. Делятся на моноарены (бензол и его гомологи – C_nH_{2n-6}), и полиарены (бициклические – $C_nH_{2n-12(14)}$; трициклические – $C_nH_{2n-14(16)}$). Являются ненасыщенными (непредельными) углеводородами (рисунок 11.3).

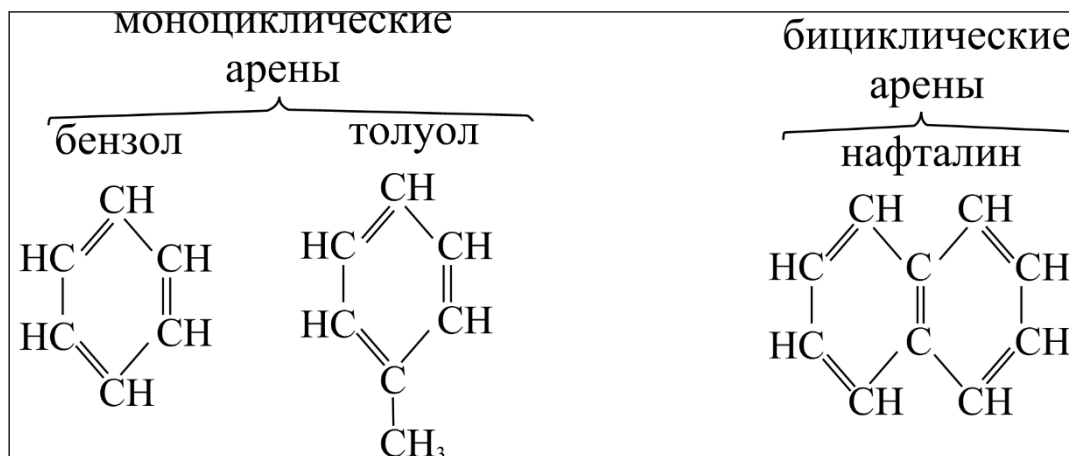


Рисунок 11.3. Ароматические углеводороды

Кроме трех основных классов углеводородов, в нефтях обнаружены также алкены (олефины) – соединения, в которых два или большее число атомов углерода имеют двойные связи (C_nH_{2n-2}). В нефтях встречаются в виде следов, так как обладают слабой устойчивостью и распадаются с образованием алканов. Так же, как и арены, являются ненасыщенными углеводородами.

Кроме углеводородных соединений в нефтях присутствует и достаточное количество соединений неуглеводородной природы, то есть содержащих в молекуле атомы азота, серы и кислорода (в основном это смолисто-асфальтеновые компоненты нефтей).

Классификация нефтей

К настоящему времени существует множество классификаций нефтей. Цели создания этих классификаций различны и зависят, в основном, от того, в какой области

науки или производства используется тот или иной тип классификации. Соответственно различаются физико-химические параметры, на которых эти классификации основаны. Нефтепереработчиков больше всего интересует процентное содержание, химический состав и физические свойства (вязкость, температура застывания, содержание серы и т. д.) фракций при последовательной перегонке нефти (бензина, керосина и т. д.); геологам и геохимикам необходимо проводить идентификацию нефтей с целью сопоставления их с органическим веществом материнских пород, определения эволюции нефтей.

В основу технологической классификации нефтей (ГОСТ 912–66), используемой на нефтеперерабатывающих заводах России, положено выделение классов, типов, групп и видов нефтей по показателям содержания серы, масел и парафинов.

Сочетание обозначений класса, типа, группы, подгруппы и вида составляет шифр технологической классификации (например – П₁М₁И₁П₁). Используется такая классификация в основном для сортировки нефти, поступающей на предприятие по ее переработке.

Существует ряд классификаций, применяющихся в пределах определенных различных нефтегазоносных территорий. Зачастую в них используется один (чаще всего плотность) или несколько физико-химических параметров.

Созданы также классификации на основе группового углеводородного состава нефтей.

Однако наиболее полные классификации отражают как физико-химические свойства нефтей, так и их состав. К числу таких классификаций можно отнести классификацию Т. А. Ботнева (1987 г.). По соотношению метановых и нафтеновых углеводородов, содержащихся в бензиновой фракции (т. к. 200° С) выделяют шесть типов нефтей. В пределах типа нефти по плотности делятся на четыре группы (таблица 11.2)

Таблица 11.2 – Группы нефтей, выделяемые по плотности

Группа нефтей	Плотность, кг/м ³	Индекс
Легкие	<850	1
Средние	851 – 870	2
Тяжелые	871 – 900	3
Очень тяжелые	>900	4

Затем идет подразделение нефтей по категориям на основе содержания серы, парафинов, асфальтенов и смол. Используя классификационные индексы, тип нефти можно представить в виде формулы, например нефть метановая средняя малосмолистая малосернистая парафинистая имеет формулу МН.2.См₁.Ср₁.Пр₂.

Очень часто в промышленных добывающих предприятиях используется типизация И. С. Старобинца (1986 г.).

1. По групповому углеводородному составу бензиновых и структурно-групповому составу фракций, выкипающих до 500°C (C_a , C_n и C_m – молярное содержание углерода в ароматических циклах, нафтеновых и метановых УВ по данным кольцевого анализа) нефти делятся на:

- метановые (М), $M > 60\%$, $C_m > 60\%$;
- нафтеновые (Н), $N > 60\%$, $C_n > 50-60\%$;
- метано-нафтеновые (МН), $M+N > 60\%$ ($M > N > A$), $C_m + C_n > 60\%$ ($C_m > C_n > C_a$);
- нафтено-метановые (НМ), $M+N > 60\%$ ($N > M > A$), $C_n + C_m > 60\%$ ($C_n > C_m$);
- метано-ароматические (МА), $M+A > 60\%$ ($M > A > N$), $C_m + C_a > 60\%$ ($C_m > C_a > C_n$);
- нафтено-ароматические (НА), $N+A > 60\%$ ($N > A > M$), $C_n + C_a > 60\%$ ($C_n > C_a$).

2. По содержанию смолистых веществ (сумма асфальтенов и смол):

- малосмолистые ($СМ_1$) – менее 5 %;
- смолистые ($СМ_2$) – 6–15 %;
- высокосмолистые ($СМ_3$) – более 15 %.

3. По содержанию серы:

- малосернистые (S_1) – менее 0,5 %;
- среднесернистые (S_2) – 0,6–1 %;
- сернистые (S_3) – 1–2 %;
- высокосернистые (S_4) – более 2 %.

4. По содержанию твердых парафинов:

- практически беспарафинистые ($П_1$) – менее 0,5 %;
- малопарафинистые ($П_2$) – 1–3 %;
- парафинистые ($П_3$) – 3–8 %;
- высокопарафинистые ($П_4$) – более 8 %.

5. По выходу бензиновых фракций (н.к. – 200°C):

- низкобензиновые ($Б_1$) – 0–5 %;
- среднебензиновые ($Б_2$) – 5–15 %;
- бензиновые ($Б_3$) – 15–30 %;
- высокобензиновые ($Б_4$) – более 30 %.

Оборудование и материалы. Таблицы данных физико-химических свойств и

состава нефтей. Диаграммы компонентной классификации нефтей. Бумага формата А4, чертежные принадлежности.

Техника безопасности

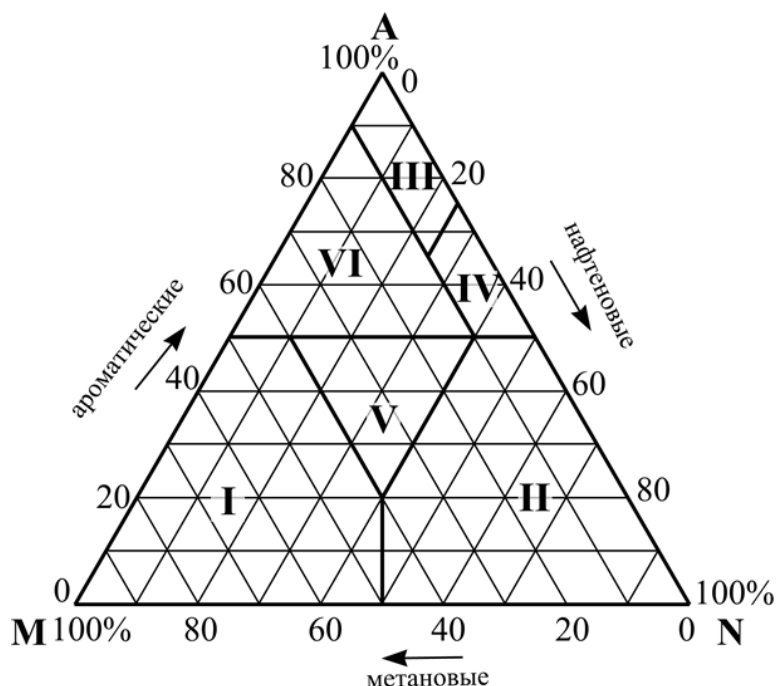
При выполнении данной лабораторной работы следует пользоваться рекомендациями «Типовых инструкций по технике безопасности при работе на персональном компьютере».

Задания

1. Используя данные физико-химических свойств и состава нефти (по вариантам, выданным преподавателем) определить тип нефти для трех образцов различных месторождений согласно варианту задания по классификации И. С. Старобинца.

2. Используя индексы охарактеризовать тип нефти и записать ее шифр технологической классификации.

3. По данным группового углеводородного состава нефти нанести положение образцов на треугольную диаграмму Тиссо-Вельте (рисунок 11.4) и определить класс нефти и эволюционную направленность превращения нефтей.



Условные обозначения: Зоны распространения классов нефтей:

I – парафиновые нефти, II – нафтеновые нефти, III – ароматико-асфальтеновые нефти, IV – ароматико-нафтеновые нефти

Рисунок 11.4. Треугольная диаграмма Тиссо-Вельте для определения классов нефтей

Содержание отчета. В отчете следует отразить цель работы, привести краткое описание видов классификаций нефтей, данные физико-химических свойств и состава

нефтей, классифицировать предложенные образцы нефтей, построить треугольные диаграммы определения классов нефтей на которые нанести положение исследуемых образцов.

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Каков элементный состав нефтей?
2. Назовите УВ составляющие нефти.
3. По каким показателям классифицируют нефти?
4. Перечислить физические свойства нефтей.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 12. ТИПИЗАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ. КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ И. С. СТАРОБИНЦА

Цель работы: Изучить классификации природных газов по составу и свойствам, определить типы газов по предложенным типизациям и графическим классификациям.

Теоретическая часть.

Природные газы – это все газообразные вещества, известные в природе. Наибольшее значение среди них имеют горючие (углеводородные) газы, поэтому в практике часто под природными газами понимают именно горючие газы, хотя это не совсем верно. Кроме углеводородных к основным химическим типам природных газов относятся углекислые и азотные газы.

По составу углеводородов газы подразделяются на сухие и жирные. Сухие углеводородные газы состоят преимущественно из метана, содержание этана и пропана – в пределах нескольких процентов. Более тяжелые углеводороды встречаются в десятых и сотых долях процента или отсутствуют. Жирные углеводородные газы содержат углеводороды от метана до декана, а также следы УВ от C_{11} до C_{16} .

Классификация газов

Разными исследователями были рекомендованы те или иные классификации газов (В.А. Соколов, А.А. Карцев, М.И. Суббота, И.С. Старобинец и др.).

Химическая классификация природных газов, охватывающая наиболее часто встречающиеся в природе газы, разработана Н. А. Еременко и С. П. Максимовым (1953 г.). Согласно классификации выделяются десять классов газов:

- I – углеводородные газы,
- II – углеводородно-углекисло-азотные газы,
- III – углеводородно-азотные газы,
- IV – углеводородно-углекислые газы,
- V – азотные газы,
- VI – азотно-углеводородно-углекислые газы,
- VII – азотно-углекислые газы,
- VIII – углекислые газы,
- IX – углекисло-углеводородно-азотные газы,
- X – равномешанные углеводородно-углекисло-азотные газы.

Для отнесения газа к тому или иному классу используют треугольную диаграмму (рисунок 12.1).

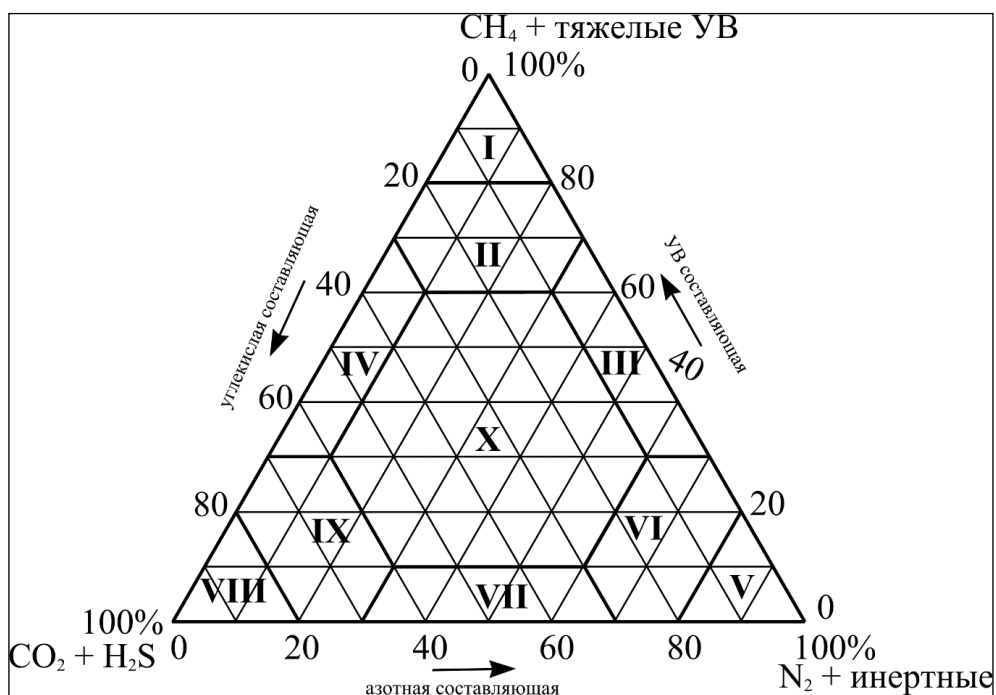


Рисунок 12.1. Треугольная диаграмма Еременко-Максимова для определения классов природных газов

Для классификации углеводородных газов более всего подходит типизация газов по содержанию отдельных компонентов (И. С. Старобинец, 1986 г.). При этом использован коэффициент жирности углеводородных газов, который определяется по формуле:

$$a = [c(C_{2+\text{выш}}H)/c(CH_4)] \cdot 100\%, \quad 12.1$$

где a – коэффициент жирности,

$c(C_{2+\text{выш}}H)$ – содержание в газе углеводородных соединений от этана и более высших, %;

$c(CH_4)$ – содержание в газе метана, %.

Таблица 12.1 – Классификация углеводородных газов И. С. Старобинца

Тип газов	Показатель	Индекс
Коэффициент жирности газов		
Сухие	0,3 – 8	a_1
Полужирные	8 – 20	a_2
Жирные	20 – 30	a_3
Высокожирные	>30	a_4
Содержание азота, %		
Низкоазотные	<5	$[N_2]_1$
Азотные	5 – 15	$[N_2]_2$
Высокоазотные	15 – 30	$[N_2]_3$
Аномально азотные	>30	$[N_2]_4$

Содержание сероводорода, %		
Низкосернистые	<0,5	[H ₂ S] ₁
Сернистые	0,5 – 2	[H ₂ S] ₂
Высокосернистые	2 – 6	[H ₂ S] ₃
Аномально сернистые	>6	[H ₂ S] ₄
Содержание углекислого газа, %		
Низкоуглекислые	<2	[CO ₂] ₁
Углекислые	2 – 10	[CO ₂] ₂
Высокоуглекислые	10 – 20	[CO ₂] ₃
Аномально	>20	[CO ₂] ₄
Содержание гелия, %		
Низкогелиеносные	<0,1	[He] ₁
Гелиеносные	0,1 – 1	[He] ₂
Высокогелиеносные	>1	[He] ₃
Содержание газового конденсата, г/м ³ (для газоконденсатных залежей)		
Низкоконденсатные	<50	КГ ₁
Конденсатные	50 – 200	КГ ₂
Высококонденсатные	>200	КГ ₃
Содержание газового бензина, г/м ³ (для попутного газа нефтяных залежей)		
Низкобензиновые	<50	БГ ₁
Бензиновые	50 – 200	БГ ₁
Высокобензиновые	>200	БГ ₁

Оборудование и материалы. Таблицы данных физико-химических свойств и состава и природных газов, предложенных преподавателями. Диаграммы химической классификации газов. Бумага формата А4, чертежные принадлежности.

Техника безопасности При выполнении данной лабораторной работы следует пользоваться рекомендациями «Типовых инструкций по технике безопасности при работе на персональном компьютере».

Задания

1. Используя классификацию углеводородных газов И. С. Старобинца определить тип газа для трех образцов различных месторождений согласно варианту заданий, выданных преподавателем.
2. Используя индексы охарактеризовать тип газа и записать его шифр технологической классификации.
3. По данным химического компонентного состава газов нанести положение образцов на треугольную диаграмму Еременко-Максимова и определить класс каждого газа.

Содержание отчета. В отчете следует отразить цель работы, привести краткое описание видов природных газов, данные физико-химических свойств и состава

природных газов, классифицировать предложенные образцы природных газов, построить треугольные диаграммы определения классов природных газов, на которые нанести положение исследуемых образцов.

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Какие основные группы соединений формируют состав природных газов?
2. Какие классы газов выделяют согласно классификации Н. А. Еременко и С. П. Максимова?
3. Что такое коэффициент жирности?
4. Классификация углеводородных газов И. С. Старобинца. На каких показателях она основана?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ТИПА РАССЕЯННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Цель работы: Ознакомить студентов с условиями накопления органического вещества (ОВ). Рассмотреть состав и основные принципы классификации ОВ. Ознакомить студентов с методиками определения генетического типа ОВ. В указаниях приводятся классификации по типам фракций и генетическим типам ОВ, битумоидов и керогена.

Теоретическая часть.

Главный источник нефтяных УВ – это органические соединения, присутствующие в рассеянном состоянии в осадочных породах субаквального происхождения. *Рассеянное органическое вещество* (РОВ) представляет собой отпечаток биосферы, наследуемый осадочными породами.

Прежде чем войти в состав донных отложений, ОВ проходит длительный и сложный путь. В результате различных воздействий в осадок попадает органический материал, существенно отличающийся от исходного *живого вещества*.

По групповому составу ОВ современных осадков аналогично рассеянному ОВ ископаемых осадочных пород. На ранних стадиях преобразования на базе исходного живого вещества возникает новая форма биокосной материи – ископаемое дисперсно-рассеянное ОВ. Наиболее общая закономерность распределения ОВ в осадочных образованиях – это возрастание его концентрации с увеличением дисперсности отложений.

Рассеянное ОВ разделяется на следующие фракции:

1. *Битумоиды*, растворимые в нейтральных органических растворителях (петролейный эфир, бензол, хлороформ, ацетон, спиртобензол, сероводород), в состав которых входят метановые, нафтеновые и ароматические УВ, смолы, асфальтены (выход фракции варьирует от долей процента до 10 % на все дисперсное ОВ);

2. *Гуминовые кислоты*, извлекаемые (после кислотной обработки) водной щелочью;

3. *Нерастворимое ОВ (кероген)*, прочно связанное с минеральным скелетом осадка (составляет 40 – 95 %, обычно не менее 80 %).

Кроме указанных компонентов присутствуют различные пигменты, липидоподобные вещества и ряд аминокислот, однако все эти соединения составляют лишь небольшую долю от общего количества ОВ в породах.

Битумоиды, извлекаемые разными растворителями, количественно и качественно отличаются друг от друга. Выделяются следующие главные фракции битумоидов: масла, смолы и асфальтены. *Масла* растворяются в петролейном эфире и адсорбируются

силикагелем. Состоят из УВ и нейтральных органических соединений. Смолы растворяются в спиртобензоле и адсорбируются силикагелем. Состоят из соединений, содержащих кроме углерода и водорода, кислород, серу и азот. Обычно смолы разделяют на нейтральные (бензольные) и кислые (спиртобензольные). *Асфальтены* растворимы в хлороформе. Это кислые азотистые и сернокислые соединения, отличающиеся от смол большой молекулярной массой.

Основным фактором, определяющим *битуминозность* осадков, как правило, является общее содержание ОВ, и в соответствии с этим между битуминозностью и концентрацией органического углерода ($C_{орг}$) существует прямая связь. Однако наблюдаются отдельные случаи, когда грубодисперсные осадки с малым содержанием ОВ характеризуются битуминозностью, достигающей десятых долей процентов. Это обстоятельство следует учитывать при выяснении природы битумоидов.

Различают следующие *генетические типы* битумоидов: сингенетичные, автохтонные (Gumbel, 1883), аллохтонные, паравтохтонные (Geim, 1905, Н. Б. Вассоевич, 1958), эпигенетичные, остаточные, эпигенетичные остаточные и смешанные.

Сингенетичные битумоиды – фракция сингенетичного порода рассеянного ОВ, состав и содержание которой обусловлены генетическим типом и уровнем катагенетической преобразованности ОВ.

Сингенетичные битумоиды часто называют *автохтонными*, что не совсем верно. Понятие «сингенетичный битумоид» подразумевает только генетическое единство, т. е. единство места образования битумоидов, тогда как время их образования, как правило, только частично соответствует времени захоронения ОВ в осадке. Понятие «автохтонный битумоид» подразумевает единство и места, и времени.

Если в ОВ содержатся лишь сингенетичные битумоиды, то ОВ не затронуто процессами нефтеобразования, а свиты с таким ОВ не относятся к разряду *нефтематеринских*.

Аллохтонные битумоиды – это дисперсные битумоиды миграционного происхождения, которые можно рассматривать как следы процессов нефтеобразования, миграции нефти или разрушения нефтяных залежей.

Следует различать аллохтонные битумоиды, сингенетичные вмещающим отложениям, являющие результатом первичной миграции, названные *паравтохтонными* битумоидами (Н. Б. Вассоевич, 1963), и *эпигенетичные* битумоиды, проникшие в данные породы из других пластов или выпавшие из водных растворов и нефтяных залежей.

Паравтохтонные битумоиды – особая генетическая категория битуминозных веществ, отвечающая наиболее ранним этапам обособления «микронепфти».

Паравтохтонные битумоиды представляют собой подвижную часть автохтонных битумоидов, оторвавшуюся от ОВ и претерпевшую незначительные перемещения в пределах *нефтегазоматеринской породы* (НГМП). Они уже не могут называться сингенетическими битумоидами, но еще и не могут быть названы эпигенетическими битумоидами. Паравтохтонные битумоиды характеризуются большей нейтральностью состава по сравнению с автохтонными битумоидами. Наличие паравтохтонных битумоидов в породах указывает на ранний этап обособления микроневфти, а свиты, сложенные породами, насыщенными паравтохтонными битумоидами, относятся к *нефтематеринским*.

Эпигенетические битумоиды – это легкая масляная часть, отделившаяся от сингенетического битумоида и переместившаяся за пределы НГМП. Как правило, это соединения, близкие по элементному и групповому составу к нефти. В осадочных породах эпигенетические битумоиды встречаются в чистом виде лишь в кавернах и крупных пустотах.

Остаточные битумоиды – это сингенетические битумоиды, утратившие вследствие первичной миграции наиболее подвижные компоненты, т. е. микроневфть. От автохтонных битумоидов, находящихся в тех же условиях, остаточные битумоиды отличаются повышенным содержанием азота, кислорода и серы, пониженным содержанием углерода и водорода, а также преобладанием асфальтено-смолистых веществ над маслами. Присутствие в ОВ остаточных битумоидов характеризует *нефтепроизводящие свиты*.

Эпигенетические остаточные битумоиды – часть эпигенетического битумоида, которая сорбировалась породой в процессе миграции эпигенетического битумоида по пласту. Эпигенетические остаточные битумоиды характеризуются низким содержанием углерода (75 – 78 %) и высоким содержанием водорода (11 – 12 %). По составу они сходны с бензольными фракциями мальт и присутствуют они только в тех частях пласта, по которым происходила миграция битумоидов, что позволяет определять направление и масштабы миграции.

Микробитумоиды (смешанные) – это битумоиды, образованные путем смешения сингенетических автохтонных и эпигенетических битумоидов и обладающие промежуточными характеристиками.

Важным количественным показателем генерации УВ является не столько содержание битуминозных веществ в породе, сколько относительное содержание битумоидов в ОВ, определяемое величиной *битумоидного коэффициента β* :

$$\beta = (C_{\text{бит}} / C_{\text{орг}}) \cdot 100, \quad (13.1)$$

где $C_{\text{бит}}$ и $C_{\text{орг}}$ – содержание углерода соответственно в битумоиде и в породе.

Для сингенетичных автохтонных битумоидов существует обратная зависимость между величиной битумоидного коэффициента и содержанием органического углерода (закономерность Успенского-Вассоевича). Для аллохтонных битумоидов эта зависимость не соблюдается.

Определение *генетического типа* ОВ проводится на основе химической и углепетрографической характеристик керогена.

Автором первой классификации ОВ был Г. Потонье (1903), который выделил три группы концентрированного ОВ:

1. *Сапропелиты*, образованные за счет фитозоопланктона (жиры, белки, хитин).
2. *Гумусовые образования*, сформировавшиеся из остатков высшей растительности (углеводы, лигнин).
3. *Липтобиолиты* с исходным материалом, образованным наиболее стойкими к разложению тканями высших растений (воски, смолы, кутикулы).

Органическое вещество сапропелевого типа Н. Б. Вассоевич (1976) называл *алиновым*, т. к. оно содержит алициклические и алифатические структуры. Алифатические цепи присутствуют в сапропелитах и липтобиолитах. Выделяется два подтипа алинового ОВ: *алфиновый* и *алциновый*. Гумусовому типу ОВ свойственны ареновые структуры. Такой тип ОВ назван *арконовым*. Основой его являются лигнинцеллюлозные биополимерные комплексы.

Тиссо Б. и Вельте Д. (1981), опираясь на структурно-химический признак, выделили три генетических типа керогена:

1. Кероген с высоким содержанием водорода и низким содержанием кислорода, с преобладанием алифатических структур (I тип).
2. Кероген с высоким содержанием водорода, но меньшим, чем в первом случае, образованный вследствие накопления морских организмов в восстановительных условиях (кероген основной массы нефтематеринских пород) (II тип).
3. Кероген, бедный водородом, с кислородсодержащими функциональными группами, образованный из остатков наземной растительности (кероген газоматеринских пород) (III тип).

На диаграмме Ван-Кревелена три типа керогена характеризуются соответствующими кривыми (рисунок 13.1). Выделенные типы отличаются по характеру генерируемых УВ.

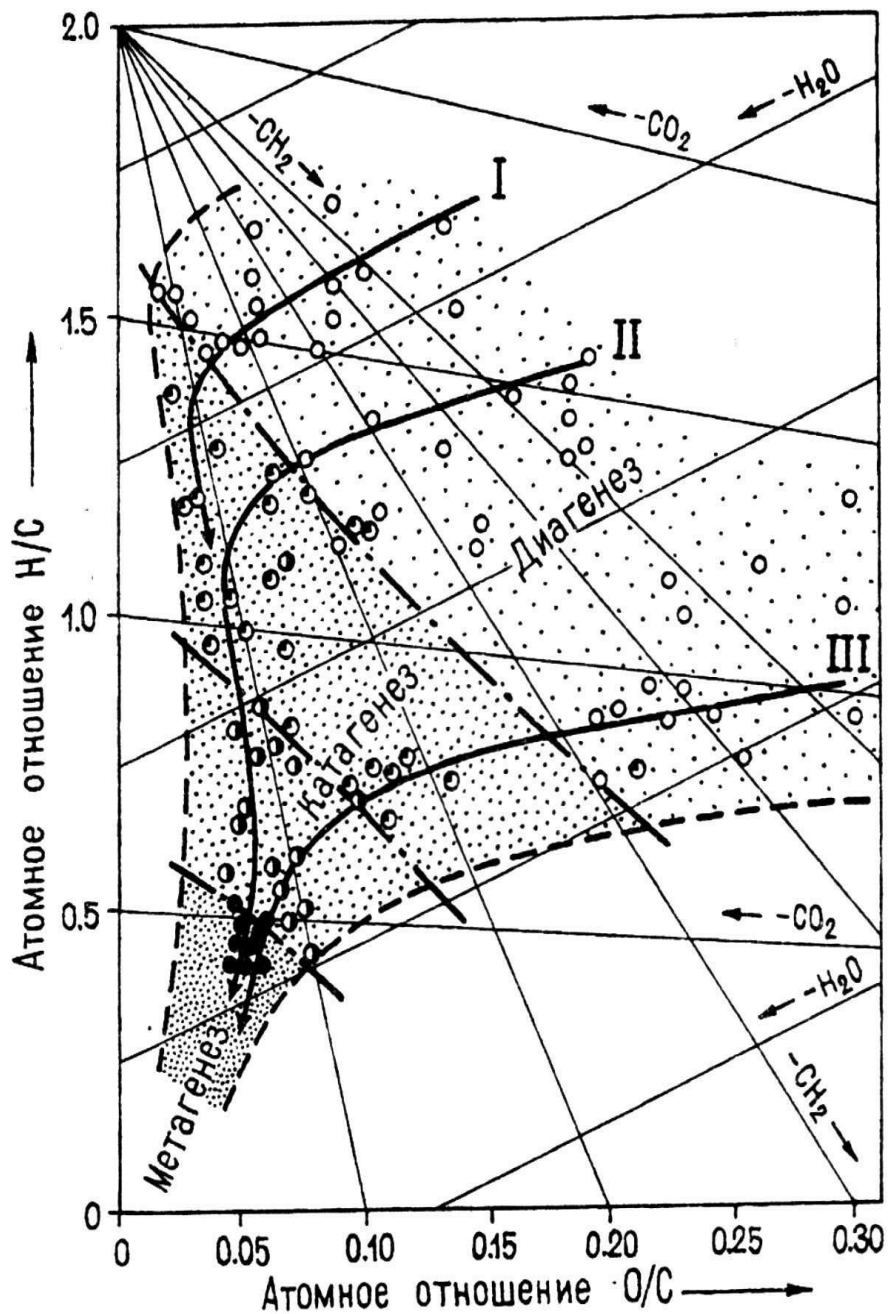


Рисунок 13.1. Схема эволюции керогена (диаграмма Ван-Кревелена)

В настоящее время широкое распространение в практике геохимических исследований и, в частности, для определения генетического типа ОВ, используют *пиролитический метод «Rock-Eval»*. Метод позволяет количественно определить содержание свободных УВ в породе (параметр S_1), содержание УВ, которые кероген может еще произвести в процессе последующей эволюции (параметр S_2), температуру максимального выхода УВ в процессе крекинга керогена (T_{max}), содержание органического углерода (TOC). Полученные данные позволяют рассчитать водородный индекс (HI):

$$HI = S_2/TOC. \quad (13.2)$$

Тиссо Б. и Вельте Д. (1981) по величине HI выделили следующие типы керогена: I тип керогена – $HI > 600$ мг УВ/г $C_{орг}$; II тип керогена – $HI = 300 - 600$ мг УВ/г $C_{орг}$; III тип керогена – $HI < 300$ мг УВ/г $C_{орг}$.

Лопатин Н. В. и Емец Т. П. (1987) на основе пиролитического изучения керогена предложили следующую классификацию типов керогена по величине HI : I тип – превосходный ($HI = 600$ мг УВ/г $C_{орг}$); II тип – богатый ($HI = 600 - 400$ мг УВ/г $C_{орг}$); IIb тип – средний ($HI = 400 - 300$ мг УВ/г $C_{орг}$); IIc тип – средний ($HI = 300 - 200$ мг УВ/г $C_{орг}$); IIIa тип – умеренный ($HI = 200 - 150$ мг УВ/г $C_{орг}$); IIIb тип – бедный ($HI = 150 - 75$ мг УВ/г $C_{орг}$); IIIc тип – бедный ($HI > 75$ мг УВ/г $C_{орг}$).

Пиролитические параметры используются для составления комбинированных графиков, анализ которых дает информацию о *генетических* и *катагенетических* характеристиках керогена. К числу таких графиков относится зависимость водородного индекса (HI) от температуры максимума выхода УВ из ОВ (T_{max}). На графике выделяются поля различных типов и *катагенетической преобразованности* ОВ (рисунок 13.2).

Для установления катагенетической преобразованности ОВ используются определения *отражательной способности витринита* (R^0 , %). Степень преобразованности керогена определяются также по величине пиролитического параметра T_{max} , которая хорошо коррелируется с определениями отражательной способности витринита.

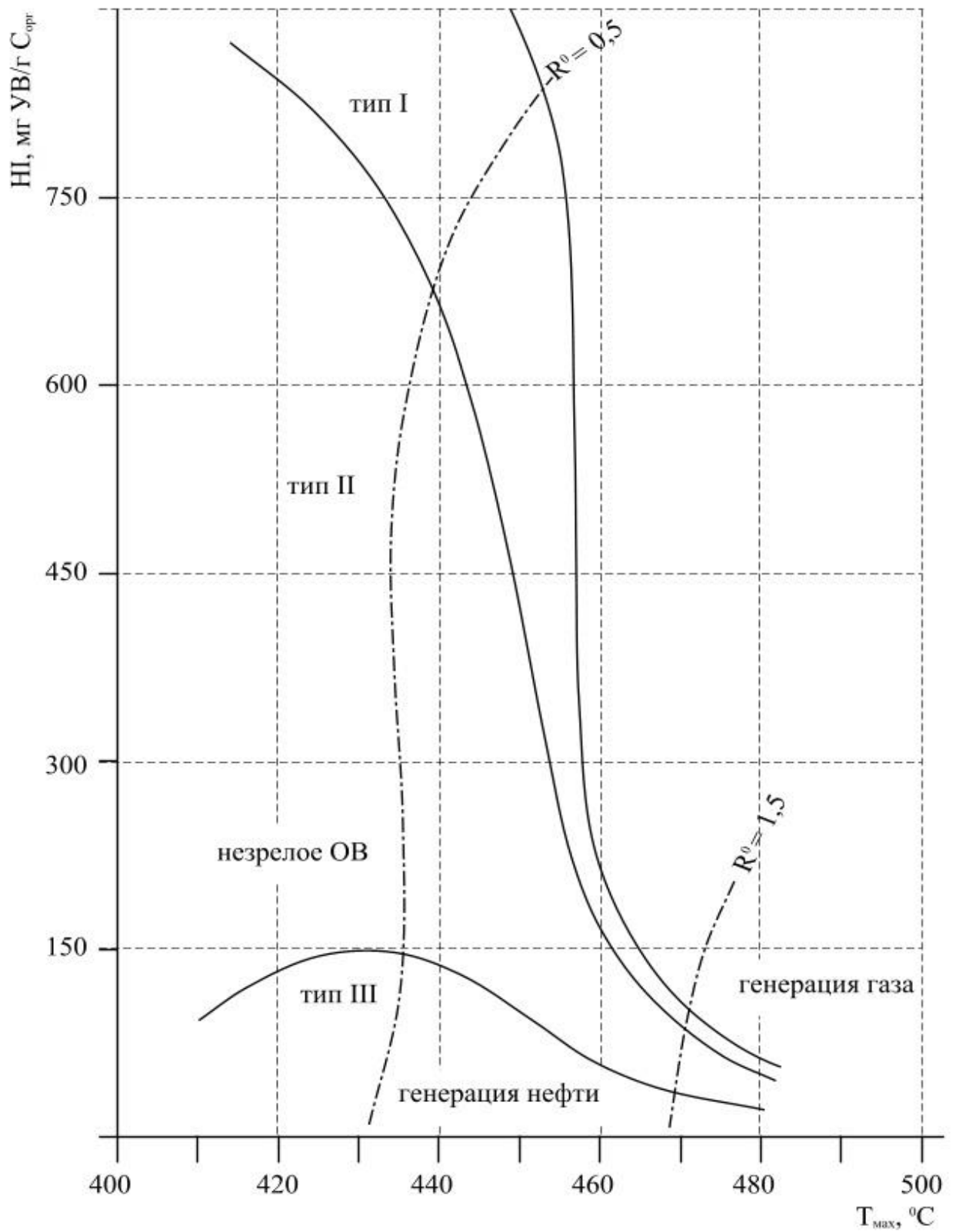


Рисунок 13.2. Эволюционная диаграмма органического вещества, составленная по пиролитическим параметрам «Rock-Eval»

Французскими исследователями установлено, что $T_{max} < 435$ °С соответствует значениям $R^0 < 0,5$ % и говорит о незрелости ОВ (градация протокатагенеза – ПК). Интервал температур $T_{max} = 435 - 460$ °С отвечает величине R^0 от 0,5 до 1,15 % и соответствует «нефтяному окну» (градации мезокатагенеза – МК₁ – МК₃). Интервал $T_{max} > 465$ °С ($R^0 > 1,15$ %) относится к газовой зоне (градации катагенеза – МК₄ – АК₅).

Оборудование и материалы. Миллиметровая бумага, чертежные принадлежности, белая бумага формата А4.

Техника безопасности При выполнении данной лабораторной работы следует пользоваться рекомендациями «Типовых инструкций по технике безопасности при работе на персональном компьютере».

Задания

1. Ознакомившись с теоретическим обоснованием, приступить к определению типа ОВ по химическому составу (H/C , O/C) и по пиролизическим параметрам (HI , T_{max}), используя исходные данные, сведенные в таблицы 13.1 и 13.2.

2. По отражательной способности витринита (R^0) и по значениям T_{max} установить преобразованность ОВ.

3. Выполнить графические построения по вариантам.

3. Сделать заключение о проделанной работе. В заключение сделать выводы о генетическом типе ОВ и его катагенетической преобразованности, а также о характере УВ, генерируемых этим ОВ.

Содержание отчета. В отчете следует отразить цель работы, кратко теоретические предпосылки и порядок выполнения работы. На листах формата А4 оформляются построенные студентом графики зависимости H/C от O/C и HI от T_{max} , выполненные аккуратно карандашом. Результаты определения генетического типа ОВ по данным физико-химического и пиролизического метода оформляются в виде таблиц (см. табл. 13.3 и 13.4).

Таблица 13.1 – Результаты физико-химических анализов ОВ

Вариант	Площадь	Скважина	Содержание химических элементов, %		
			С	Н	О+N+S
1	2	3	4	5	6
1	Аносовская	1	84,79	4,33	10,88
		2	85,27	10,43	4,3
		3	84,36	4,95	10,69
		4	82,37	10,53	7,1
		5	81,88	7,23	10,89
	Аносовская	1	80,43	10,32	9,25

2		2	85,06	3,99	10,95
		3	86,58	1,96	11,46
		4	86,5	10,77	2,73
		5	85,39	3,71	10,9
3	Довсунская	1	84,77	10,24	4,99
		2	81,8	7,5	10,7
		3	83,77	11,22	5,01
		4	85,22	2,93	11,85
		5	86,32	1,93	11,75
4	Емельяновская	1	86	11,8	2,2
		2	85,14	2,42	12,44
		3	84,93	11,75	3,32
		4	84,58	3,74	11,68
		5	85,56	11,45	3,17
5	Катериновская	1	84,87	10,7	4,43
		2	11,42	86,25	2,33
		3	85,44	3,56	11,00
		4	86,33	2,77	10,9
		5	84,1	10,9	5,06
6	Манычская	1	83,32	7,06	9,62
		2	83,92	9,98	6,1
		3	84,5	10,95	4,55
		4	85,64	11,35	3,01
		5	85,8	2,5	11,7
7	Невинномыс- ская	1	87	11,9	1,1
		2	81,24	9,1	9,66
		3	80,41	8,44	11,15
		4	83,87	6,93	9,2
		5	80,83	10,33	9,34
8	Нефтекумская	1	76,15	12,36	11,49
		2	83,6	6,4	10,00
		3	85,6	8,9	5,5
		4	84,5	3,2	12,3
		5	78	12	10
9	Орлов ская	1	93,4	1,5	5,1
		2	87,6	9,3	3,1

		3	81,8	13,5	4,7
		4	76	6,3	17,7
		5	85	4,3	10,7
10	Федоровская	1	86	11,8	2,2
		2	85,14	12,44	2,42
		3	84,93	3,32	11,75
		4	84,58	11,68	3,74
		5	83,69	4,74	11,57

Таблица 13.2 – Результаты пиролитических исследований ОВ

Вариант	Площадь, скважина	Глубина, м	S ₂ , мг УВ/г породы	ТОС, %	T _{max} , °С
1	2	3	5	6	7
1	Аносовская, 4	500–510	0,39	2,41	426
		510–520	4,34	1,58	429
		520–525	1,99	1,37	427
		525–535	3,33	0,98	427
		535–545	6,32	0,85	430
		545–552	3,72	1,1	426
		552–562	3,29	0,39	422
		562–575	1,63	3,92	425
		575–585	2,94	1,65	428
		585–600	1,01	0,5	426
2	Архангельская, 5	720–730	0,79	1,9	431
		730–745	0,94	1,41	429
		745–755	7,62	2,05	441
		755–760	7,56	3,01	430
		760–780	7,46	3,13	435
		780–795	6,75	3,12	436
		795–810	6,43	0,28	430
		810–820	5,97	1,11	429
		820–835	3,79	1,83	430
		835–850	3,12	1,89	431
3	Довсунская, 6	900–910	5,3	2,3	432
		910–925	2,84	1,5	436
		925–935	3,6	1,8	444
		935–940	2,4	1,9	429
		940–945	2,5	2,4	437

		945–955	2,7	2,6	439
		955–965	4,8	2,7	440
		965–970	4,6	2,1	418
		970–980	2,6	2,0	416
		980–990	5,3	2,4	426
4	Емельяновская, 7	420–440	4,2	1,3	435
		440–460	3,8	1,8	425
		460–480	3,6	2,3	440
		480–520	4,0	1,4	426
		520–525	2,7	2,0	430
		525–545	2,9	2,1	435
		545–550	3,1	1,7	438
		550–570	2,6	1,6	444
		570–590	4,1	2,4	426
		590–600	3,7	3,2	426
5	Катериновская, 15	150–200	2,2	2,3	430
		200–250	2,7	2,4	436
		250–300	3,2	2,6	428
		300–350	3,1	3,2	440
		350–400	2,6	3,3	436
		400–450	2,4	1,2	434
		450–500	3,2	2,0	425
		500–550	3,3	1,8	436
		550–600	3,6	1,5	439
		600–650	3,4	1,6	444
6	Маньчская, 22	710–725	6,3	2,2	432
		725–740	4,5	1,8	434
		740–760	6,0	2,0	425
		760–780	5,8	2,4	420
		780–795	3,6	3,0	436
		795–810	4,2	2,8	440
		810–820	6,0	3,2	425
		820–830	4,8	3,3	415
		830–850	5,2	1,5	416
		850–870	4,5	1,8	436
7	Невинномысская, 95	500–550	6,3	3,3	434
		550–600	4,5	3,6	425
		600–650	6,6	4,2	436
		650–700	6,9	3,8	438
		700–750	5,2	3,2	439
		750–800	4,5	3,4	441
		800–850	5,0	3,0	426
		850–900	5,8	2,8	429
		900–950	6,2	2,9	440

		950–1000	6,4	3,0	436
8	Нефтекумская , 17	215–230	4,2	2,6	436
		230–235	3,8	2,8	425
		235–250	3,6	1,8	430
		250–270	4,4	2,0	438
		270–280	4,0	2,2	444
		280–295	3,9	2,4	439
		295–305	4,1	3,0	437
		305–315	3,8	2,9	436
		315–325	3,2	2,7	425
		325–350	3,4	3,1	429
9	Орловская, 1	900–925	5,6	1,5	436
		925–950	4,8	1,9	444
		950–960	5,0	2,4	440
		960–970	4,2	2,2	431
		970–990	5,2	2,1	425
		990–995	5,5	2,2	436
		995–1000	3,8	2,8	424
		1000–1010	4,2	2,6	425
		1010–1025	4,6	2,5	436
		1025–1040	4,4	2,7	428
10	Федоров-ская, 5	1000 – 1020	1,5	0,6	427
		1020 – 1030	0,9	0,8	429
		1030 – 1045	1,2	1,2	436
		1045– 1055	0,8	1,3	425
		1055 – 1070	0,6	1,1	430
		1070 – 1085	1,4	0,8	438
		1085 – 1090	1,6	0,9	439
		1090 – 1100	1,7	1,4	440
		1100 – 1120	1,5	1,5	423
		1120 – 1130	0,9	1,6	422

Таблица 13.3 – Анализ результатов физико-химических исследований ОБ

Вариант	Площадь	Скважина	Содержание химических элементов, %			Генетический тип ОБ
			С	Н	О+N+S	

Таблица 13.4 – Анализ результатов пиролитических исследований ОБ

Вариант	Площадь, скважина	Глубина, м	S_2 , мг УВ/г породы	TOC , %	HI , мг УВ/г породы	T_{max} , °C	Генетический тип ОБ

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «органическое вещество».
2. Какие фракции выделяются в составе битумоидов? Приведите их основные характеристики.
3. Дайте определения следующим понятиям: «автохтонный битумоид», «параавтохтонный битумоид».
5. Какие существуют типы ОБ? Приведите их основные характеристики.
6. По каким показателям определяется катагенетическая преобразованность ОБ?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 14. ПОСТРОЕНИЕ КАРТ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

Цель работы: Научить студентов построению и интерпретации карт геохимических аномалии.

Теоретическая часть.

Геохимические исследования нефти и газа, рассеянного органического вещества (ОВ) современных и ископаемых осадков нефтегазоносных бассейнов внедрялись в практику нефтегазопроисковых работ, начиная, с сороковых-пятидесятых годов.

Задачей геохимических методов являются поиски не ловушек, а месторождений нефти и газа. Как отметил А.В. Сидоренко «решение проблемы прямых поисков полезных ископаемых через толщи перекрывающих пород равносильно технической революции в геологоразведочном деле».

Геохимические исследования в настоящее время рассматриваются как составная часть комплекса поисково-разведочных работ на нефть и газ в любых регионах территорий и акваторий и используются на различных этапах. По классу решаемых задач они подразделяются на следующие группы:

1) геохимические методы прогноза вероятной нефтегазоносности региональных и локальных элементов, нефтегеологического районирования (методы диагностики и выделения нефте- и газопроизводящих отложений, оценки нефте- и газообразования в них, включая определение палеообстановок осадконакопления и глубин максимальных палеопогружений, решение генетических задач нефтегазообразования; методы выявления условий первичной и вторичной миграции углеводородов, условий аккумуляции и сохранения их в ловушках, количественного прогноза нефтегазоносности, в частности объемно-генетический метод и др.);

2) геохимические методы поисков месторождений нефти и газа (ГПНГ), вошедшие в геологическую литературу под названием «прямых геохимических поисков», имеющие своей целью оценку продуктивности конкретных структур или площадей. Они включают различные виды геохимических съемок и геохимический (в том числе и пиролитический) каротаж;

3) геохимические методы выявления продуктивных пластов в поисково-разведочных скважинах (преимущественно методы газового каротажа и битуминологические).

Правильная интерпретация геохимических данных возможна лишь при всестороннем учете особенностей геологического строения и развития нефтегазоносного бассейна. Чрезвычайно важным является комплексирование различных методов, что

позволяет более достоверно определять возможные места скоплений углеводородов. Большое значение также имеет правильная оценка уровня информативности различных видов геохимических съемок и их места в общем комплексе поисково-разведочных работ на нефть и газ.

Оборудование и материалы. Геологическая основа и данные, необходимые для построений, чертежные инструменты.

Техника безопасности При выполнении данной лабораторной работы следует пользоваться рекомендациями «Типовых инструкций по технике безопасности при работе на персональном компьютере».

Задания. Студенты выполняют графические построения, выполненные на геологической основе. В качестве примера следует рассмотреть битуминологический метод геохимических поисков нефти и газа. Необходимо построить карты содержания органического углерода ($C_{\text{орг}}$, %), хлороформенного (ХБА, %) и спиртобензольного (ДСББ, %) битумоидов, а также карту показателя обогащенности ХБА маслами. Исходные данные для выполнения лабораторной работы сведены в таблицу 14.1. Задания выполняются по вариантам (рисунок 14.1 – 14.5). В заключение студентами должны быть сделаны выводы о положении геохимической аномалии относительно залежи и влиянии тектоники на ее форму. Учитывая показатели нефтегазоносности недр, на графических приложениях выделить цветом зоны, перспективные на нефть и газ.

Вариант 1



Вариант 2

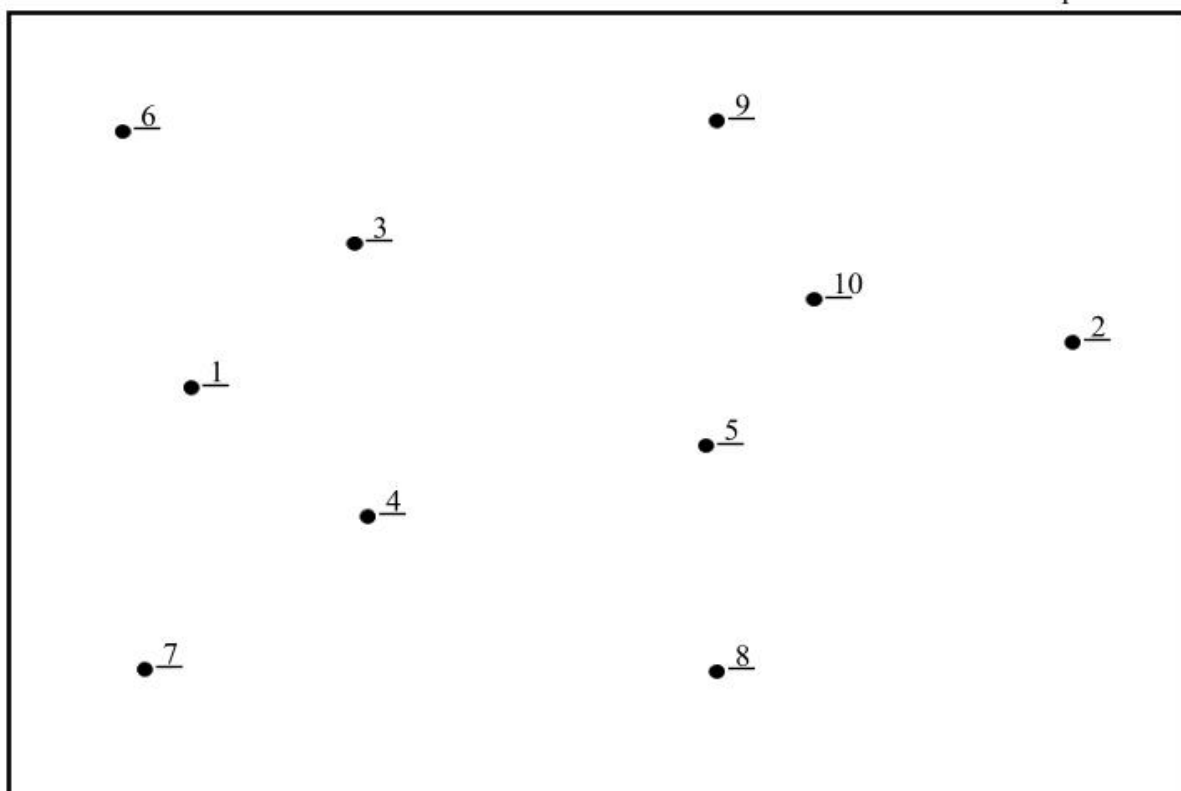
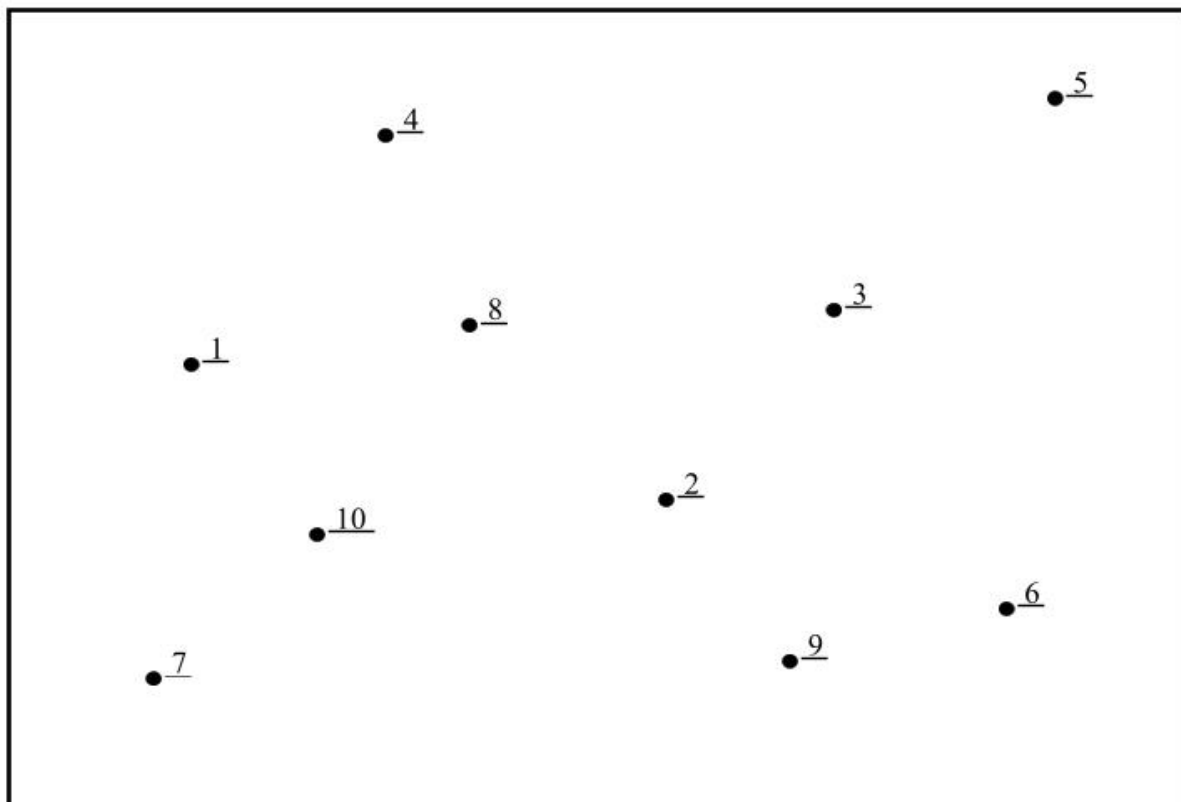


Рисунок 14.1. Схема расположения скважин (вариант 1 и 2)

Вариант 3



Вариант 4

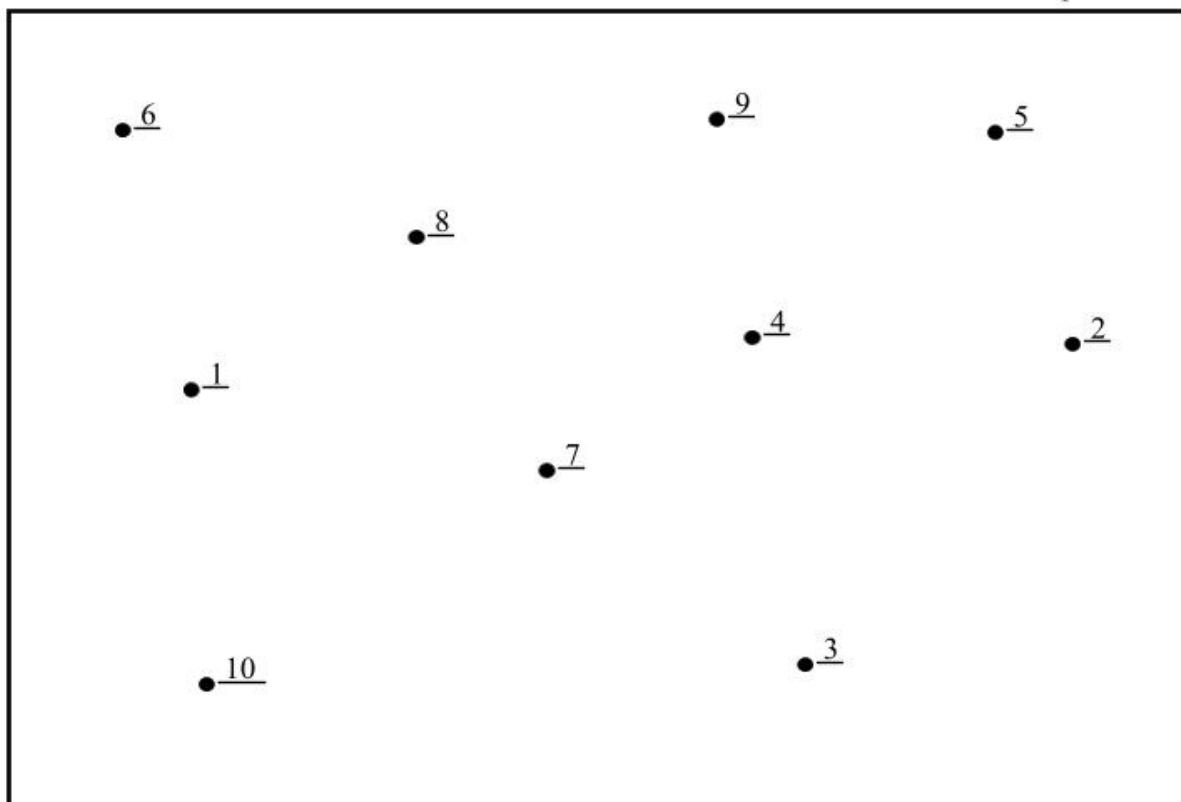
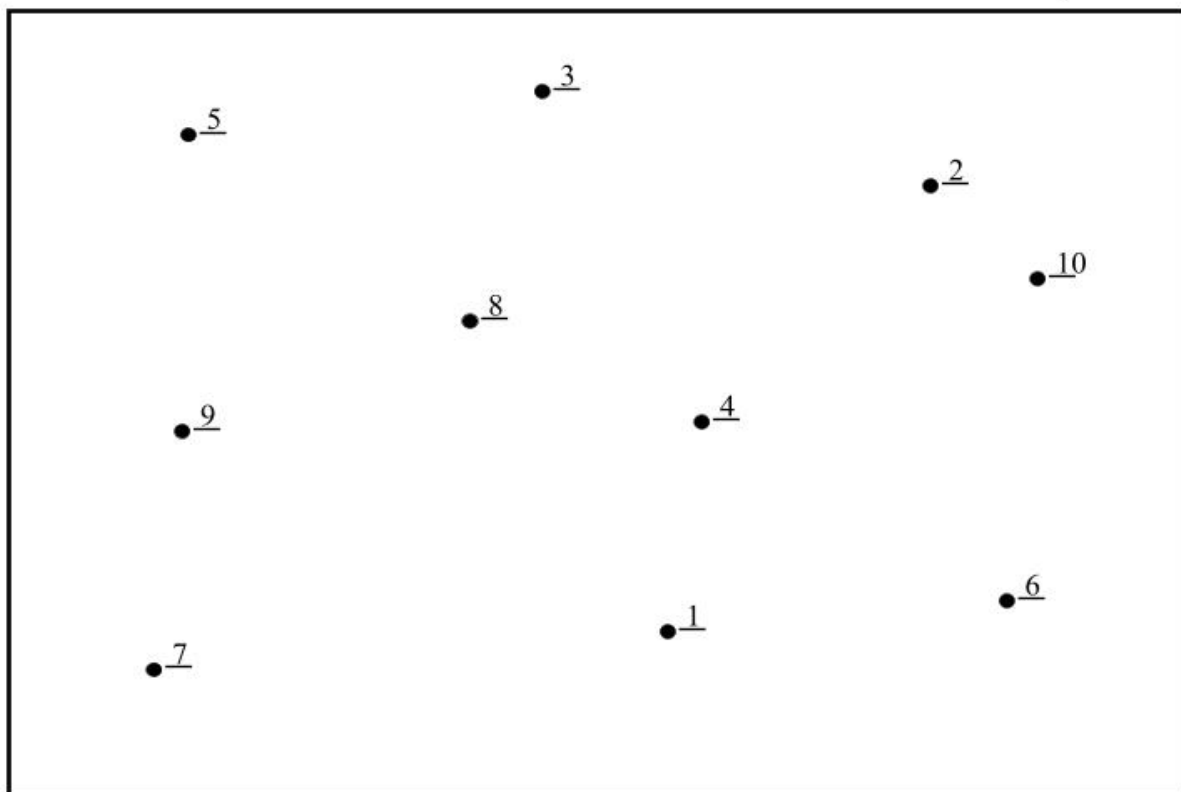


Рисунок 14.2. Схема расположения скважин (вариант 3 и 4)

Вариант 5



Вариант 6

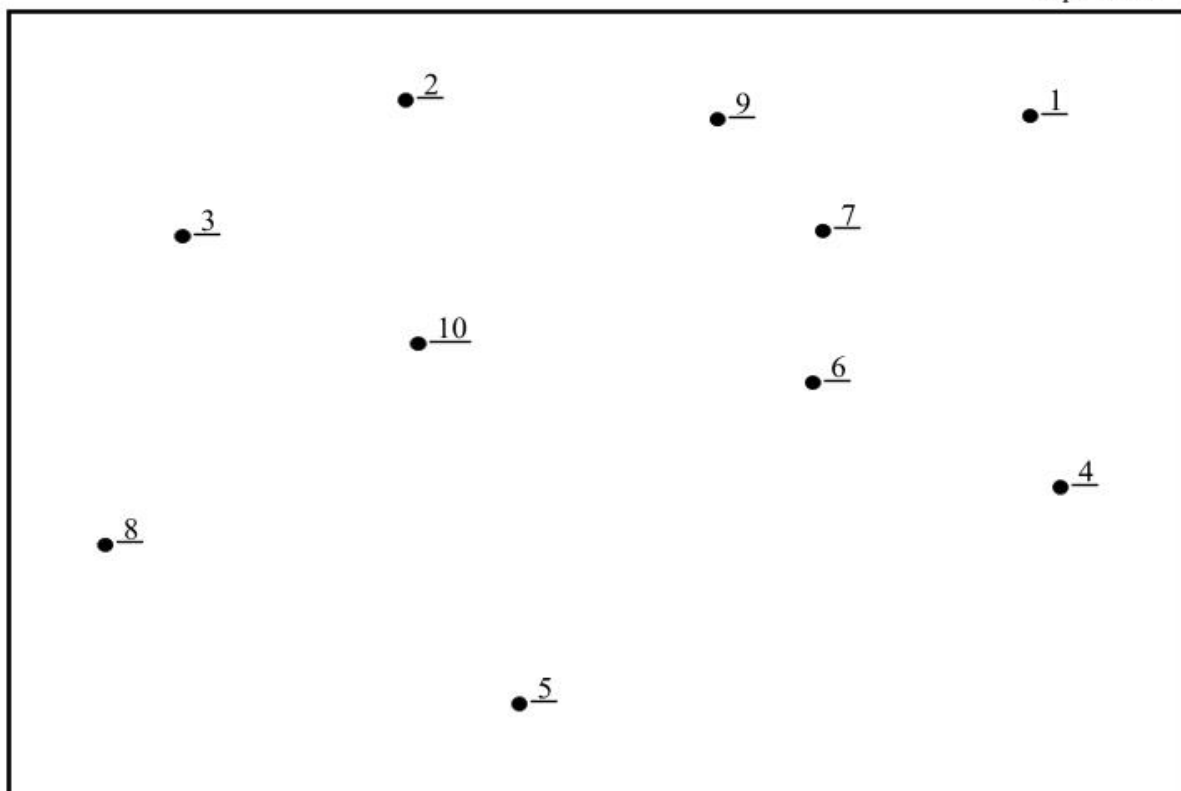
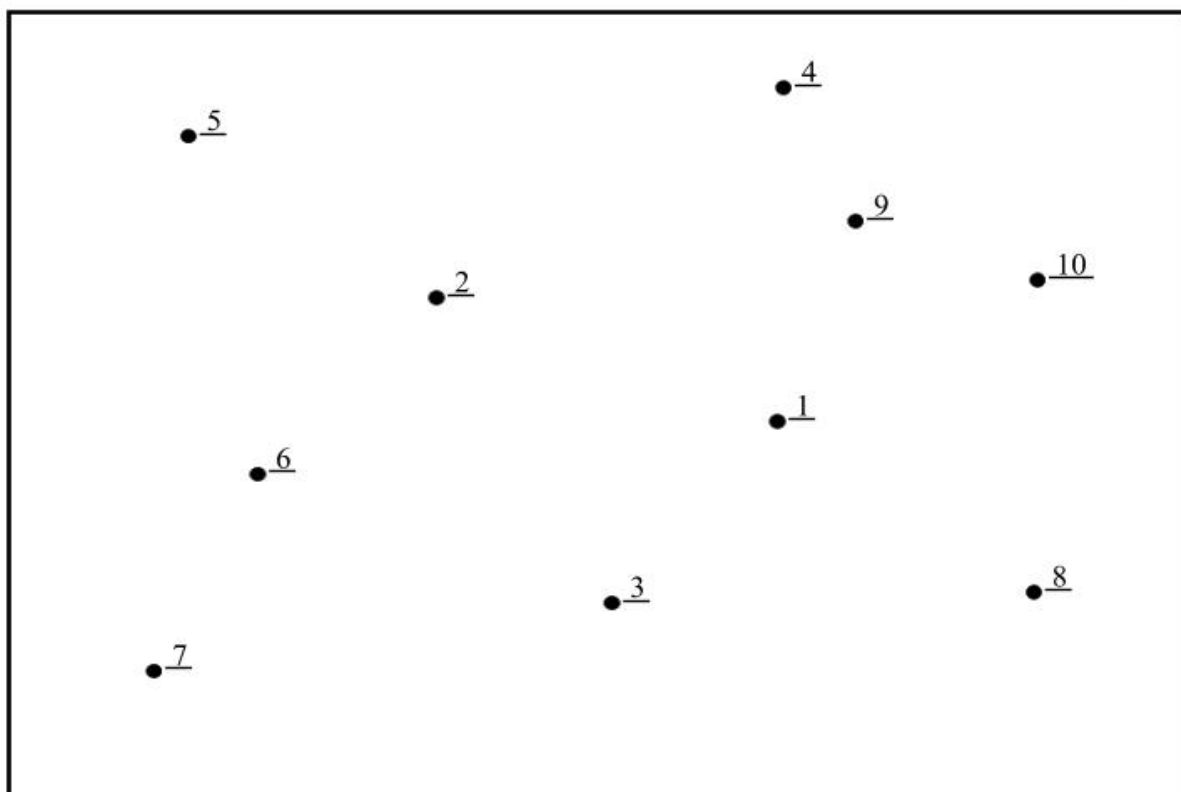


Рисунок 14.3. Схема расположения скважин (вариант 5 и 6)

Вариант 7



Вариант 8

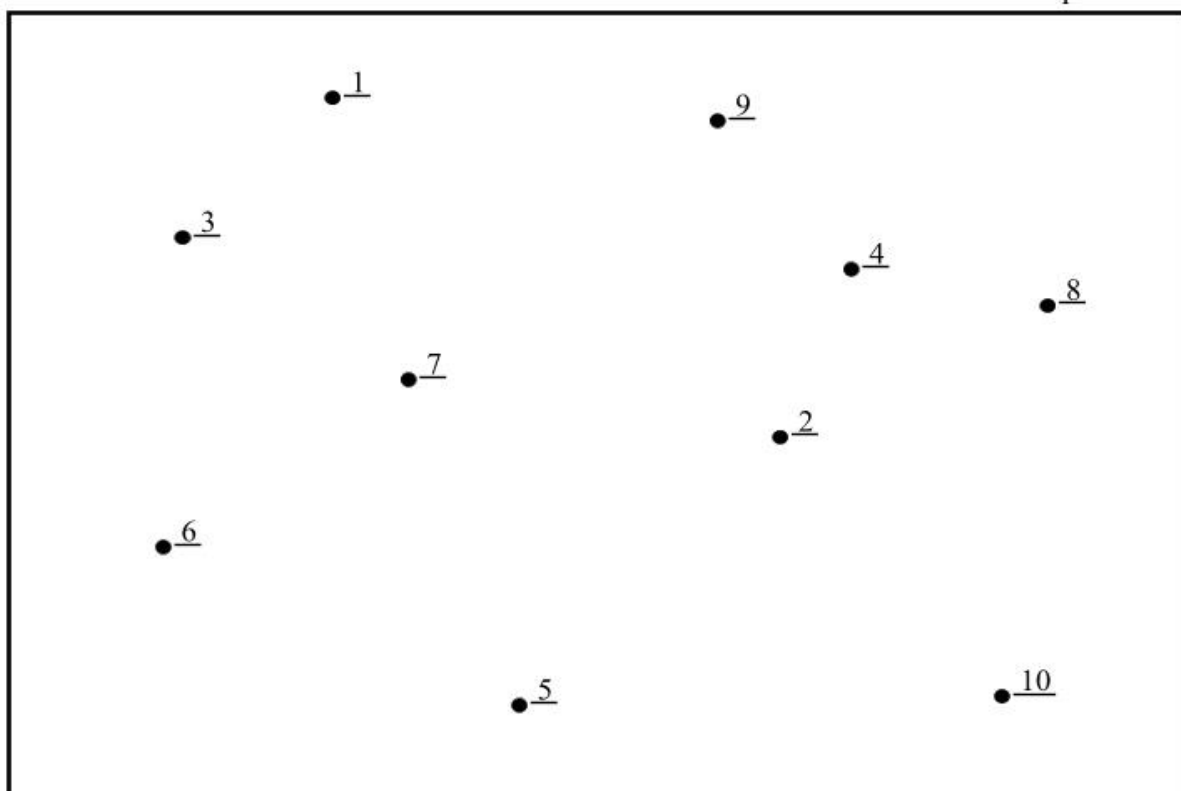
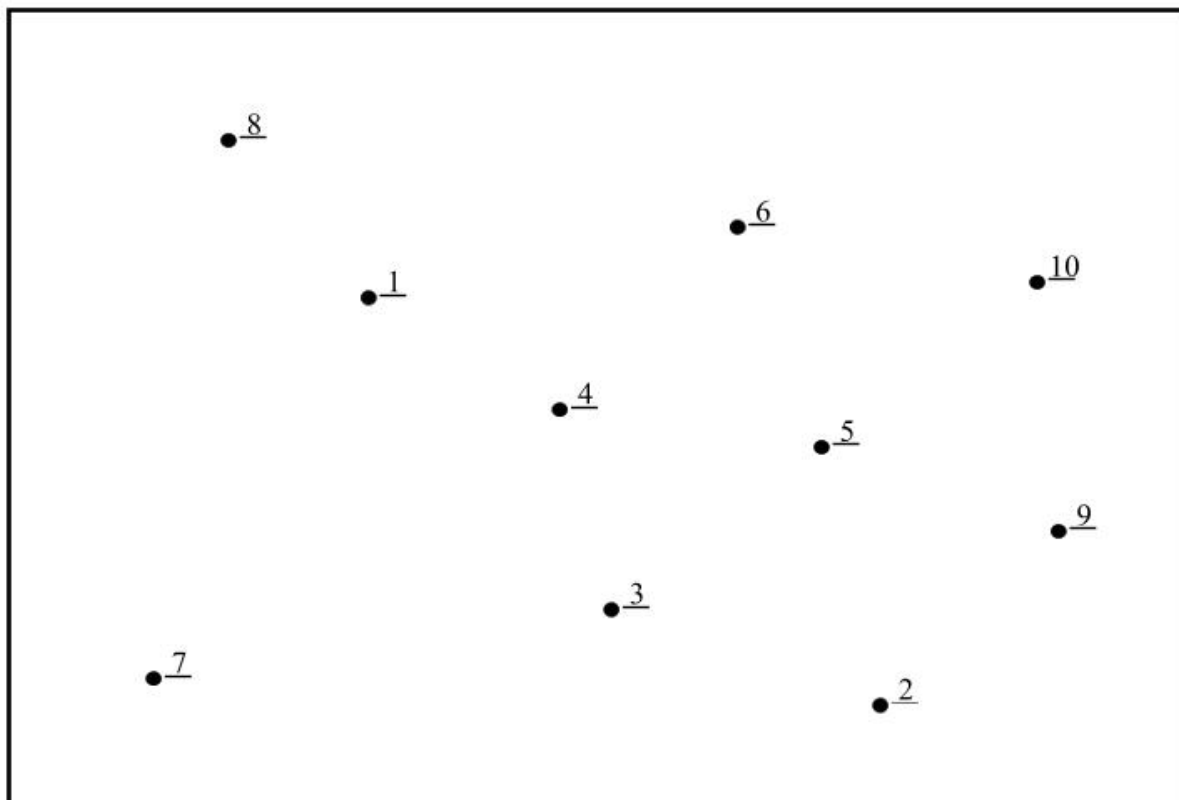


Рисунок 14.4. Схема расположения скважин (вариант 7 и 8)

Вариант 9



Вариант 10

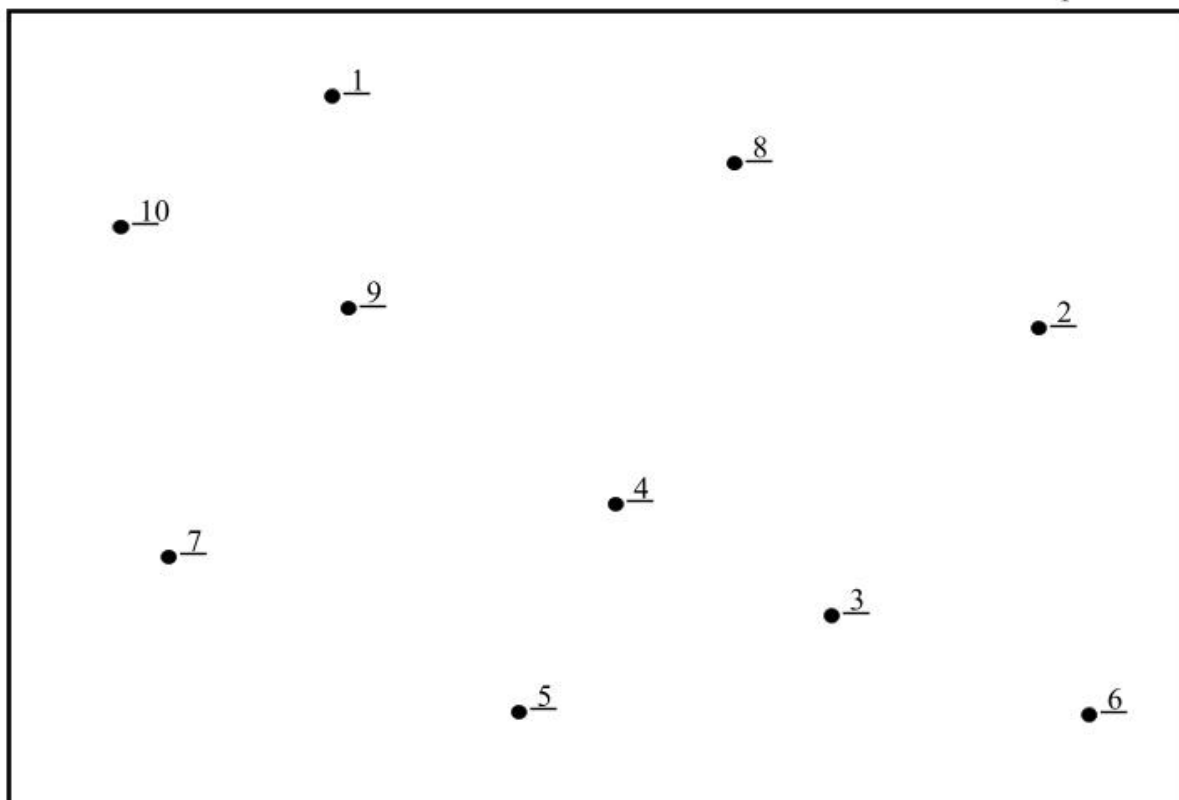


Рисунок 14.5 – Схема расположения скважин (вариант 9 и 10)

Таблица 14.1 – Результаты физико-химических анализов

Ва-ри-ант	Площадь	Скважин а	С _{орг} , %	ХБ, %	ДСББ, %	Содержание масел в ХБА, %
1	Аносовская	1	2,41	0,5	0,2	26,9
		2	1,58	0,29	0,1	55,3
		3	1,37	0,16	0,26	64,2
		4	0,98	0,1	0,05	60,69
		5	0,85	0,05	0,02	55,12
		6	1,1	0,13	0,15	62,64
		7	0,39	0,08	0,02	28,81
		8	3,92	0,28	0,2	25,49
		9	1,65	0,47	0,22	18,27
		10	0,5	0,06	0,01	20,3
2	Архангельская	1	1,9	0,07	0,02	19,87
		2	1,41	0,46	0,15	78,8
		3	2,05	0,22	0,12	49,7
		4	3,01	0,3	0,16	31,95
		5	3,13	0,39	0,14	22,34
		6	3,12	0,34	0,13	62,5
		7	0,28	0,04	0,2	13,86
		8	1,11	0,13	0,08	45,51
		9	1,83	0,35	0,2	62,5
		10	1,89	0,22	0,19	69,34
3	Довсунская	1	2,35	0,35	0,16	59,95
		2	1,51	0,07	0,03	29,81
		3	0,6	0,06	0,03	49,04
		4	1,02	0,15	0,07	71,24
		5	0,94	0,38	0,16	53,8
		6	2,05	0,25	0,21	42,3
		7	1,78	0,31	0,11	60,9
		8	2,9	0,64	0,16	56,35
		9	1,02	0,1	0,06	73,02
		10	2,24	1,16	0,56	73,02
4	Емельяновская	1	2,2	0,4	0,24	56,48
		2	1,73	0,75	0,94	68,75
		3	1,48	0,22	0,16	62,7
		4	2,7	0,47	0,29	55,4
		5	1,51	0,37	0,25	61,2
		6	1,2	0,19	0,15	58,7
		7	1,72	0,36	0,26	64,4
		8	1,06	0,15	0,09	74,45
		9	1,24	0,16	0,1	67,5
		10	2,2	0,65	0,13	61,6
		1	0,25	0,05	0,025	58,52

5	Катериновская	2	0,98	0,29	0,17	30,41
		3	2,12	0,57	0,36	7,33
		4	2,03	0,33	0,29	23,49
		5	3,02	0,54	0,39	7,33
		6	0,4	0,93	0,57	30,41
		7	1,03	0,13	0,16	23,49
		8	3,6	0,26	0,12	57,1
		9	8,32	0,29	0,19	51,2
		10	2,63	0,33	0,25	20,9
		6	Маньчская	1	2,36	0,21
2	2,51			0,44	0,36	9,27
3	3,68			0,61	0,54	18,21
4	4,62			0,64	0,5	7,53
5	1,7			0,54	0,23	46,1
6	2,1			0,52	0,19	50,03
7	2,89			0,53	0,26	69,67
8	1,71			0,22	0,15	33,64
9	1,47			0,35	0,29	22,48
10	3,69			0,77	0,49	40,76
7	Невинномысская	1	3,65	0,66	0,38	82,08
		2	2,41	0,05	0,009	30,31
		3	1,46	0,06	0,12	30,31
		4	2,07	0,07	0,011	38,5
		5	1,55	0,05	0,009	33,64
		6	1,67	0,05	0,007	22,48
		7	1,57	0,06	0,008	40,76
		8	1,4	0,04	0,009	82,08
		9	1,27	0,03	0,008	77,45
		10	3,2	1,03	0,6	11,91
8	Нефтекумская	1	2,8	0,86	0,94	21,16
		2	2,15	0,74	0,32	21,16
		3	1,9	0,86	0,54	11,91
		4	3,8	0,98	0,46	35,7
		5	3,16	0,74	0,26	40
		6	2,8	0,54	0,16	54
		7	2,44	0,34	0,06	88,68
		8	1,94	0,12	0,09	67,6
		9	1,47	0,08	0,02	64,5
		10	1,94	0,25	0,46	13,61
		1	2,9	1,25	0,84	13,61
		2	2,4	1,11	0,76	13,61
		3	1,9	0,97	0,68	13,61
		4	1,4	0,83	0,6	23,6
		5	2,63	0,33	0,25	61,61

9	Орловская	6	2,36	0,21	0,11	18,79
		7	2,51	0,44	0,36	18,79
		8	2,38	0,44	0,35	18,79
		9	3,68	0,61	0,54	18,79
		10	4,62	0,64	0,5	19,84
10	Федоровская	1	2,2	0,4	0,24	19,84
		2	1,73	0,75	0,94	19,84
		3	1,48	0,22	0,16	67,8
		4	2,7	0,47	0,29	24,35
		5	2,05	0,25	0,21	24,35
		6	1,78	0,31	0,11	24,35
		7	2,9	0,64	0,16	24,35
		8	1,02	0,1	0,06	24,35
		9	1,9	0,07	0,02	32,44
		10	1,41	0,46	0,15	13,39

Содержание отчета. В отчете следует отразить цель работы, привести краткое теоретическое обоснование, а также карты построенных аномалий и выводы о нефтегазоперспективности территории. При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Какова основная задача геохимических исследований?
2. Какие классы геохимических исследований вам известны?
3. Что нужно учитывать при интерпретации геохимических данных?
4. Что такое ХБА и ДСББ? Чем они отличаются?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕФТЕГАЗОМАТЕРИНСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ОТЛОЖЕНИЙ

Цель работы: Ознакомить студентов с методиками определения нефтегазоматеринского потенциала органического вещества (ОВ). Рассмотреть условия формирования и реализации нефтегазоматеринского потенциала ОВ пород.

Теоретическая часть.

Одним из важнейших критериев нефтегазоносности любых осадочных бассейнов или их крупных подразделений является возможность слагающих их осадочных пород генерировать нефть и/или газ, т.е. их нефте- и газоматеринский потенциал.

Нефтематеринский потенциал – это количество микронепти, которое может генерировать данная порода (свита) за всю геологическую историю.

Разные типы ОВ обладают различными потенциалами. P_{HM} породы определяется не только содержанием ОВ, но и его качеством и фациально-генетическим типом. В связи с этим необходимо строго разграничивать P_{HM} ОВ, обозначая его P_{HM}^{OB} и P_{HM} включающей его породы, обозначая P_{HM}^I , причем оценивать и тот и другой количественно как относительно, так и абсолютно. Их важно рассматривать отдельно, так как P_{HM}^{OB} может быть высоким, но из-за малого содержания ОВ в породе, P_{HM}^I будет очень низким.

Оборудование и материалы. Геологическая основа и данные, необходимые для построений, чертежные инструменты.

Техника безопасности

При выполнении данной лабораторной работы следует пользоваться рекомендациями «Типовых инструкций по технике безопасности при работе на персональном компьютере».

Задания

Приступить к определению нефтегазоматеринского потенциала ОВ пород по пиролитическим параметрам (формулы 15.1, 15.2, 15.3). Построить карты равных значений РР. На карте значений нефтегазоматеринского потенциала выделить зоны с небольшим газоматеринским потенциалом, с умеренным нефтематеринским потенциалом, с высоким нефтематеринским потенциалом. В заключение сделать выводы о величине и об условиях реализации нефтегазоматеринского потенциала ОВ пород.

Исходные данные для выполнения данной лабораторной работы сведены в таблицу 15.1.

Таблица 15.1 – Исходные данные для расчета нефтегазоматеринского потенциала органического вещества

Вар.	Площадь	Скважина	S ₁ , мг УВ/г породы	S ₂ , мг УВ/ г породы
	2	3	4	5
1	Аносовская	1	0,2	0,39
		2	3,76	4,34
		3	1,50	1,99
		4	2,74	3,33
		5	5,30	6,32
		6	2,74	3,72
		7	3,10	3,29
		8	1,23	1,63
		9	1,98	2,94
		10	0,56	1,01
2	Архангельская	1	0,56	0,79
		2	0,74	0,94
		3	5,69	7,62
		4	5,63	7,56
		5	5,78	7,46
		6	4,56	6,75
		7	4,89	6,43
		8	3,78	5,97
		9	1,26	3,79
		10	2,86	3,12
3	Довсунская	1	4,32	5,3
		2	1,87	2,84
		3	3,12	3,6
		4	1,86	2,4
		5	1,85	2,5
		6	1,54	2,7
		7	3,26	4,8
		8	3,29	4,6
		9	1,56	2,6
		10	4,89	5,3

4	Емельяновская	1	2,6	4,2
		2	2,5	3,8
		3	2,9	3,6
		4	3,4	4,0
		5	1,6	2,7
		6	1,9	2,9
		7	2,7	3,1
		8	2,1	2,6
		9	3,9	4,1
		10	3,4	3,7
5	Катериновская	1	1,8	2,2
		2	1,5	2,7
		3	2,9	3,2
		4	2,7	3,1
		5	1,9	2,6
		6	1,4	2,4
		7	2,7	3,2
		8	2,9	3,3
		9	3,0	3,6
		10	2,4	3,4
6	Маньчская	1	5,2	6,3
		2	3,8	4,5
		3	5,2	6,0
		4	5,2	5,8
		5	2,8	3,6
		6	1,9	4,2
		7	5,4	6,0
		8	2,9	4,8
		9	2,8	5,2
		10	2,9	4,5
7	Невинномысская	1	4,6	6,3
		2	2,9	4,5
		3	4,8	6,6
		4	4,6	6,9
		5	4,7	5,2
		6	3,8	4,5
		7	4,2	5,0
		8	3,9	5,8
		9	2,9	6,2
8	Нефтекумская	1	2,6	4,2
		2	2,4	3,8
		3	2,9	3,6

		4	3,2	4,4
		5	3,8	4,0
		6	2,6	3,9
		7	3,7	4,1
		8	3,1	3,8
		9	2,7	3,2
		10	2,9	3,4
9	Орловская	1	4,2	5,6
		2	3,7	4,8
		3	3,6	5,0
		4	3,9	4,2
		5	4,5	5,2
		6	4,7	5,5
		7	2,7	3,8
		8	3,6	4,2
		9	3,2	4,6
		10	2,9	4,4
10	Федоровская	1	0,9	1,5
		2	0,5	0,9
		3	1,0	1,2
		4	0,6	0,8
		5	0,4	0,6
		6	1,2	1,4
		7	1,4	1,6
		8	1,5	1,7
		9	0,9	1,3
		10	0,8	1,4

На листе формата А4 оформляется карта значений нефтегазоматеринского потенциала, выполненная карандашом. Карта сопровождается условными обозначениями и выводами описательного характера.

HI – водородный индекс ($HI = 100\% S_2/TOC$) 15.1

PI – индекс нефтепродуктивности ($PI = S_1/PP = S_1 / S_1 + S_2$) 15.2

TOC – содержание OB

PP – нефтегазогенерационный потенциал ($PP = S_1 + S_2$) 15.3

S_1 - свободные УВ

S_2 – связанные УВ

T_{max} – максимальная температура выхода УВ при пиролизе OB

Содержание отчета. В отчете следует отразить цель работы, привести краткое теоретическое обоснование, описание построенной карты и выводы о нефтегазоматеринском потенциале горных пород.

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Что такое нефтегазоматеринский потенциал?
2. Какие породы могут быть нефтегазоматеринскими?
3. Что такое микронефть?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 16. АНАЛИЗ СТРУКТУР И ПРОГНОЗ ЛОВУШЕК НЕФТИ И ГАЗА. ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ КАРТ МЕТОДОМ ТРЕУГОЛЬНИКОВ

Цель работы: Анализ структур и прогноз ловушек нефти и газа на основе построенных структурных карт.

Теоретическая часть.

Структурная карта представляет собой изображение какой-либо геологической поверхности в плане в изогипсах (линии равных абсолютных отметок).

Структурная карта дает представление о строении недр и возможность правильно и целенаправленно планировать проведение поисковых и разведочных работ, определять контуры открытых скоплений, нефти и газа, оценивать их запасы и проектировать разработку месторождений.

Структурные карты строятся по данным бурения, или по геофизическим профилям. В зависимости от качества и количества исходных данных, а так же геологического строения района чаще всего пользуются следующими методами построения структурных карт инвариант, способом треугольников, схождения и профилей. При применении любого из методов сначала необходимо определить масштаб будущей карты и величину сечения изолиний. В геологической практике масштаб структурной карты обычно обусловлен геологическими задачами и обоснованностью фактическим материалом.

Наиболее распространенные масштабы: 1:5000, 1:10000, 1:25000, 1:50000 и 1:100000. Затем на топооснову наносят расположение скважин. На практике количество точек (скважин), необходимых для построения структурной карты, варьируется от 0,6-0,3 на 1 км² для масштаба 1:200 000 до 6-12 для масштаба 1:10 000. При выборе сечения изогипс, основным правилом является достаточная детальность карты и неперегруженность ее лишними линиями. При пологом залегании геологической граничной поверхности оно обычно берется равным 5 или 10 м, для крутопадающих поверхностей - 25, 50 и 100 м. Сечение определяется также и масштабом карты: чем крупнее масштаб карты, тем меньше сечение изогипс, а также количеством скважин, по данным которых построена данная карта.

Существуют различные подходы к выбору сечения стратоизогипс, но, в общем, необходимо, чтобы в зонах самого большого сгущения изогипс просвет между ними был бы не менее 2 мм, иначе они сольются. В тех случаях, когда стратоизогипсы оказываются слишком редкими, между ними на отдельных участках можно проводить дополнительные, с половинным сечением. Как правило, для построения учебных структурных карт бывает достаточно 10 стратоизогипс. Тогда для определения их сечения необходимо вычислить

разность между максимальной и минимальной абсолютными отметками структуры (с учетом знаков), полученное число разделить на 10 и округлить.

Обычно сечение изогипс округляется до 5, 10, 25, 20, 100 и т.д. Затем следует, проанализировав фактический материал, установить примерную форму структуры, наметить ее ось, линии максимальных и минимальных отметок. Для простейших оценок руководствуются обычно следующими признаками: если в центральной части площади абсолютные отметки геологической опорной поверхности больше, чем на ее периферии - перед нами антиклиналь; если в центральной части площади абсолютные отметки меньше — синклиналь; если значения абсолютных отметок имеют тенденцию уменьшаться в каком-либо направлении - перед нами моноклиналь.

Построение структурных карт методом треугольников. Метод треугольников - один из наиболее распространенных способов построения структурных карт в геологической практике. Чаще всего он применяется, если территория разбурена равномерной сетью скважин, а картируемые структурные формы предполагаются изометричными или брахиморфными. Этот метод заключается в том, что структурная форма представляется в виде системы плоскостей, каждая из которых строится по трем точкам. При применении метода треугольников после нанесения скважин, определения сечения стратоизогипс и общего анализа структуры приступают собственно к построению структурной карты.

Оборудование и материалы. Данные для построения карт, чертежные инструменты

Техника безопасности . При выполнении данной лабораторной работы следует пользоваться рекомендациями «Типовых инструкций по технике безопасности при работе на персональном компьютере».

Задания

Работа проводится в следующей последовательности:

1. Разбивка на треугольники. Для этого соединяют между собой точки расположения смежных скважин, в результате чего получается система треугольников. При этом можно соединять только те скважины, между которыми поверхность залегает моноклиально.

2. Стороны треугольников не должны пересекаться друг с другом и не должны пересекать ось структуры, а треугольники должны быть как можно более равносторонними. Вдоль каждой стороны треугольника предполагается равномерное изменение абсолютной отметки пласта. На рисунке 16.1 приведен вариант возможной разбивки площади на треугольники.

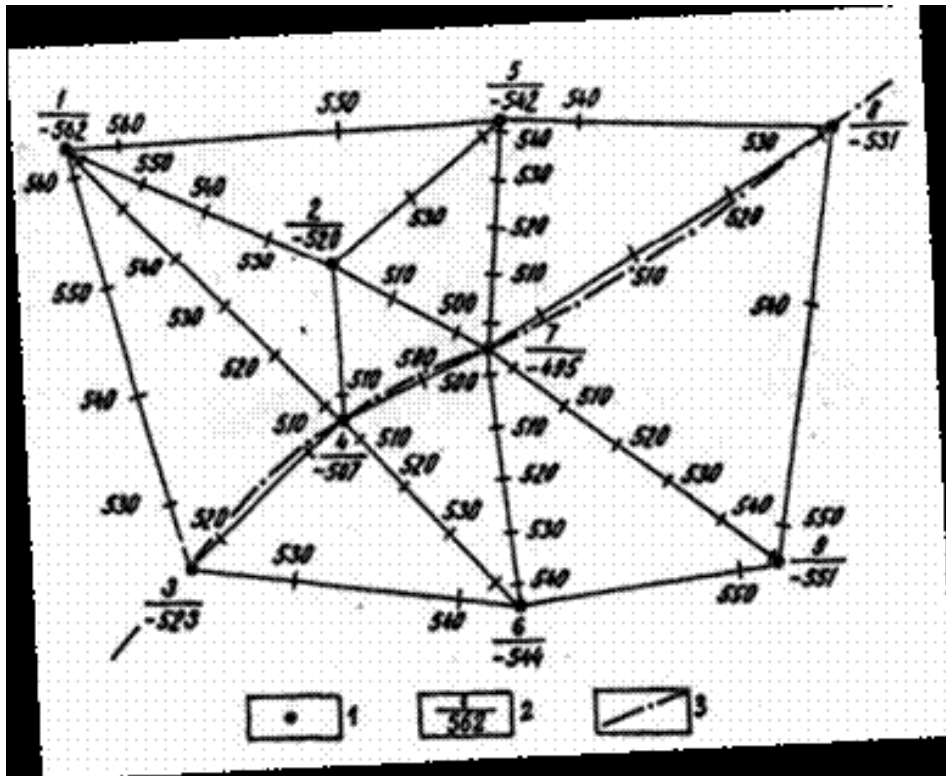


Рисунок 16.1. Разбивка площади на треугольники и интерполяция: 1- скважина, 2-номера скважин и абсолютная отметка маркирующего горизонта, 3- предполагаемая ось складки

3. Линейная интерполяция – пропорциональное деление расстояния между скважинами согласно выбранному сечению стратоизогипс. Для этого нужно найти те места на отрезках между скважинами, где должны проходить изогипсы (при выбранном сечении).

4. Полученные на сторонах треугольников значения изогипс для удобства построения карты надписываются, и одноименные значения соединяются плавными линиями, начиная от максимальных или минимальных значений изогипс.

5. Значения изогипс подписываются в их «разрыве», причем основание цифр должно быть направлено вниз по наклону структурной формы (рисунок16.2). При одинаковой крутизне геологической поверхности (одинаковом угле падения) изогипсы пройдут на одинаковом расстоянии друг от друга. При уменьшении углов падения расстояния между изогипсами увеличиваются (они как бы расходятся), а при увеличении - уменьшаются (наблюдается их сгущение) точно так же, как это происходит с заложением пласта или горизонталями рельефа.

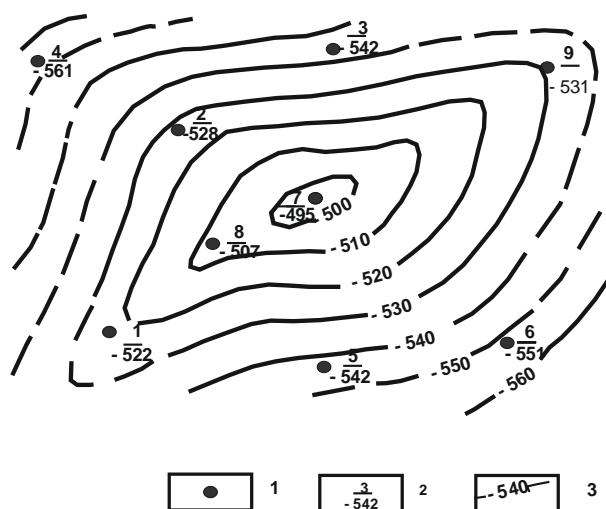


Рисунок 16.2. Построение структурной карты

Условные обозначения: 1– скважины; 2– в числителе –номер скважины; в знаменателе –абсолютная отметка изогипсы; 3 – изогипсы и их значения

Таблица 16.1 - Данные для построения структурных карт

№ скв	Параметры	Варианты									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Альтитуда скв.	300	182	301	232	207	200	150	126	170	110
	Глубина кровли К ₂	112	73	285	1034	273	1273	374	835	1005	280
	Глубина кровли К ₁										
2	Альтитуда скв.	350	191	312	243	212	210	154	125	171	112
	Глубина кровли К ₂	174	58	353	1105	253	1292	399	821	1015	270
	Глубина кровли К ₁	550		914			1452				460
3	Альтитуда скв.	330	188	304	223	217	217	155	131	173	117
	Глубина кровли К ₂	107	59	356	1004	252	1302	353	881	1018	313
	Глубина кровли К ₁	500						760			
4	Альтитуда скв.	310	188	304	223	217	180	160	134	180	115
	Глубина кровли К ₂	88	104	283	1155	230	1274	366	854	1005	310
	Глубина кровли К ₁			802	1630	762			1069		

5	Альтитуда скв.	320	192	320	231	208	230	158	128	185	109
	Глубина кровли К ₂	103	102	262	1198	232	1332	395	867	1042	321
	Глубина кровли К ₁		900				1457			1226	536
6	Альтитуда скв.	340	183	308	252	212	197	159	127	170	108
	Глубина кровли К ₂	92	103	263	1397	210	1301	372	892	995	304
	Глубина кровли К ₁	510	1000			704			1070		478
7	Альтитуда скв.	360	185	307	264	216	184	162	130	169	113
	Глубина кровли К ₂	164	141	254	1498	212	1269	422	884	1011	343
	Глубина кровли К ₁	575	1100	804	2050	743		750		1173	
8	Альтитуда скв.	380	187	330	272	223	195	165	125	170	111
	Глубина кровли К ₂	167	122	261	1582	231	1287	417	833	965	366
	Глубина кровли К ₁			803	2280				1083	1073	498
9	Альтитуда скв.	370	198	300	212	207	210	155	128	171	114
	Глубина кровли К ₂	139	83	202	1044	232	1320	367	898	974	369
	Глубина кровли К ₁					724					
10	Альтитуда скв.						215	158	130	173	115
	Глубина кровли К ₂						1335	378	930	979	383
	Глубина кровли К ₁						1535	743			

Содержание отчета. Составить пояснительную записку с графическими построениями и выводами о возможной нефтегазоносности структуры.

Контрольные вопросы

1. С какой целью строятся структурные карты?
2. На основании каких данных строятся структурные карты?
3. Назовите наиболее распространенные масштабы при построении структурных карт?
4. В каких случаях применяют построение структурных карт методом треугольников?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 17. СОСТАВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЬНОГО РАЗРЕЗА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО ДАННЫМ ПРОБУРЕННЫХ СКВАЖИН И ПРОГНОЗ ЛОВУШЕК НЕФТИ И ГАЗА

Цель работы: Построение геологического разреза по данным бурения и приобретение навыков по выделению и прогнозу ловушек нефти и газа.

Теоретическая часть

Геологическим профильным разрезом месторождения называется графическое изображение строения недр в заданной вертикальной плоскости.

При изучении нефтяных и газовых месторождений геологические разрезы составляют по разрезам пробуренных скважин. На геологических профильных разрезах показывают рельеф площади в заданной плоскости, границы основных стратиграфических (литологических) подразделений пород, линии тектонических разрывов, линии размывов и несогласия в залегании пород, границы раздела нефть-вода, нефть-газ, газ-вода, особенности литологического состава продуктивных горизонтов и т.п.

Геологические разрезы позволяют судить о тектонике месторождения, о взаимоотношении и условиях залегания пород различного возраста и состава, о литологической изменчивости пород в плоскости разреза, о характере залегания газа, нефти, воды и их контактах друг с другом, о степени нарушенности пород тектоническими разрывами и характере разрывов. Они позволяют установить степень изученности месторождения в заданном направлении, облегчают расстановку и проектирование разведочных и эксплуатационных скважин, дают возможность правильно вскрывать продуктивные пласты, определять проектные разрезы и глубины скважин.

Геологические разрезы используют также для составления структурных карт при сложной тектонике месторождения, карт равных мощностей, карт схождения и других карт, отражающих особенности строения нефтяного и газового месторождения и продуктивных горизонтов.

В зависимости от решаемых задач при составлении геологического разреза принимают то или иное направление линии профильного разреза (рисунок 17.1).

При выборе направления линии геологического разреза необходимо, чтобы она проходила через возможно большее число скважин, включая и близлежащие скважины, и чтобы линии профильных разрезов составляли определенную систему.

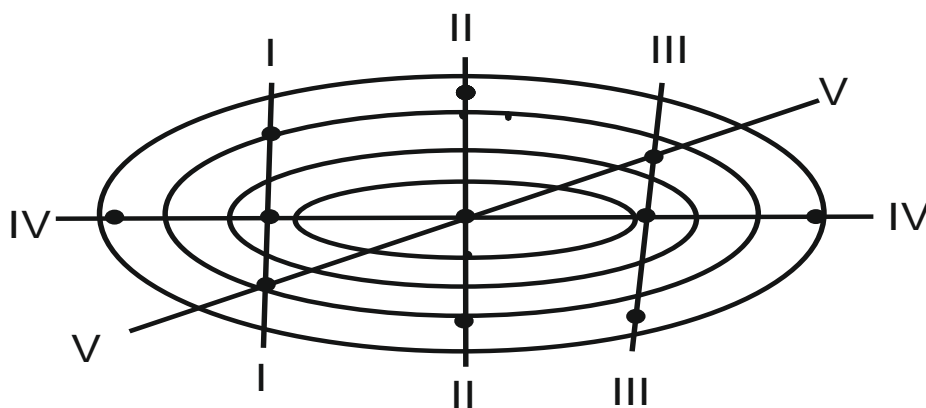


Рисунок 17.1. Виды геологических профильных разрезов по направлению:

I-I, II-II, III-III - поперечные профильные разрезы; IV-IV- продольный профильный разрез; V-V - диагональный профильный разрез

Скважины, расположенные вблизи линии геология ее кого разреза, сносятся на него по направлению простирания пород, если они расположены на крыльях структуры, и по перпендикуляру к профильной линии, если они находятся в своде и на периклиналях В последнем случае необходимо учитывать поправки на высоту залегания одноименных границ в плоскости профиля. Кроме того, при снесе скважин на линию геологического разреза, должны учитываться закономерности изменения мощности и литологии отдельных ярусов и горизонтов.

Существуют определенные правила в ориентировке геологических разрезов по странам света, в зависимости от азимута профильного разреза. Обычно разрезы располагают слева направо в направлениях Ю-С; ЮЗ-СВ; З-В; СЗ-ЮВ. при этом направление геологического разреза обязательно указывается на самом чертеже. При выборе последовательности составления геологических разрезов следует использовать структурную карту с нанесенными на ней линиями профильных разрезов.

Если при составлении геологического разреза обнаруживается, что скважины не являются вертикальными, то необходимо предварительно обработать материалы искривления по таким скважинам и полностью учесть его при построениях.

Исходные данные, необходимые для построения геологического разреза по пробуренным скважинам:

1. Структурная карта с нанесенными на нее точками устьев скважин и профильными линиями;
2. Азимут плоскости профильного разреза;
3. Азимуты простирания пород;

4. Альтитуды устьев скважин;
5. Разрезы по скважинам (стратиграфические или литологические в зависимости от назначения геологического разреза);
6. Данные об элементах залегания пород в скважинах и на земной поверхности;
7. Глубины вскрытия тектонических разрывов;
8. Данные замеров инклинометром по всем искривленным скважинам, используемым для построения геологического разреза;
9. Региональные геологические данные по району.

Геологические разрезы составляются в определенной последовательности. Сначала выбирают масштаб, исходя из решаемых задач и особенностей геологического строения месторождения (горизонта). Затем производят обработку данных по искривленным скважинам и составляют горизонтальные и вертикальные проекции стволов скважин. После этого приступают к составлению самого геологического разреза.

Выбор масштаба геологического разреза. Как правило, геологический разрез по скважинам строят в масштабе структурной карты, которую используют при его составлении: (1:5000; 1:10000; 1:25000 и редко 1:100000). В том случае, когда на разрезе необходимо показать различные детали, а масштаб карты очень мелкий, геологический разрез выполняют в более крупном масштабе. При составлении геологического разреза желательно, чтобы горизонтальный и вертикальный масштабы были одинаковыми, но не обязательно. Если же расстояния между скважинами велики, а углы падения пород незначительны (например, для месторождений платформенного типа), вертикальный масштаб обычно принимают в 5-10 раз крупнее, чем горизонтальный.

Если искривление скважины происходит в одну сторону по всему стволу и направление искривления совпадает с направлением профильного разреза (азимуты искривления ствола скважины отличаются от азимута линии разреза не больше, чем на 15°), тогда можно построить вертикальную проекцию упрощенным методом без построения инклинограммы.

Оборудование и материалы. Данные для построения геологического профильного

Техника безопасности. При выполнении данной лабораторной работы следует пользоваться рекомендациями «Типовых инструкций по технике безопасности при работе на персональном компьютере».

Задания

После построения вертикальных проекций стволов всех скважин приступаем к составлению геологического профильного разреза месторождения в следующем порядке.

1. Провести линию уровня моря и расчертить графический вертикальный масштаб

геологического разреза (шкалу абсолютных отметок).

2. На линии уровня моря, являющейся в тоже время направлением плоскости разреза I-I в горизонтальном масштабе отложить расстояние между скважинами (горизонтальные продолжения), которые берутся со структурной карты или таблицы.

3. Через полученные точки провести вертикальные линии, на которых в вертикальном масштабе геологического разреза отложить альтитуды устьев скважин, будет получено положение устьев скважин.

4. Соединяя плавной линией устья скважин, провести элементарный рельеф земной поверхности.

5. Начиная от устья каждой скважины, построить вертикальные проекции стволов скважин в плоскости геологического разреза (если проекции построены на отдельном листе, нужно перенести их на разрез с помощью перекалывания или пересвечивания на светостоле).

6. На стволы скважин по глубинам вскрытия нанести границы стратиграфических подразделений пластов, элементы залегания пород, точки вскрытия разрывных нарушений, несогласий или вычертить колонки разрезов скважин в условных обозначениях с отображением интересующих нас деталей.

7. Провести линии разрывных нарушений и угловых несогласий, если таковые имеются

Таблица № 17.1 - Построение геологического профильного разреза по данным бурения скважин

Вариант 1

№№ скважин	1	3	4	5	7	10
расстояние между скважинами, м		305	215	307	215	221
альтитуда, м	16	22	31	23	19	12
Абсолютная отметка кровли пласта, м						
N ₂	-65	-33	-20	-25	-66	-79
N ₁	-165	-133	-120	-125	-166	-179
P	-315	-283	-270	-275	-316	-329
K ₂	-435	-403	-390	-395	-436	-449
K ₁	-505	-473	-460	-465	-506	-519
J ₃	-565	-508	-503	-512	-583	-536
Забой	-592	-541	-512	-532	-601	-556
Разрывное нарушение	-	-189	-452	-	-	-

Вариант 2

№№ скважин	2	3	7	6	4	9
расстояние между скважинами, м	278	403	319	278	289	
альтитуда, м	32	52	80	111	68	31
Абсолютная отметка кровли пласта, м						
N ₂	-70	-34	-20	-18	-31	-52
N ₁	-120	-84	-70	-68	-81	-102
P	-220	-184	-170	-168	-181	-202
K ₂	-350	-314	-300	-298	-311	-332
K ₁	-560	-524	-510	-508	-521	-542
J ₃	-601	-312	-605	-593	-591	-590
Забой	-622	-631	-615	-612	-607	-614
Разрывное нарушение	-341	-189	-82	-	-	-

Вариант 3

№№ скважин	4	3	7	1	5	2
расстояние между скважинами, м	212	240	188	207	251	
альтитуда, м	17	49	74	41	19	7
Абсолютная отметка кровли пласта, м						
N ₂	-91	-48	-30	-25	-45	-98
P	-949	-625	-440	-470	-610	-735
K ₂	-1167	-947	-658	-705	-846	-954
K ₁	-1535	-1213	-1025	-1069	-1220	-1321
J ₃	-1803	-1486	-1289	-1341	-1483	-1589
J ₂	-1904	-1536	-1320	-1450	-1515	-1613
Забой	-1956	-1620	-1362	-1503	-1594	-1672
Разрывное нарушение	-	-233	-952	-1368	-	-

Вариант 4

№№ скважин	4	2	5	7	9	10
расстояние между скважинами, м	395	173	362	163	311	
альтитуда, м	59	97	109	93	92	61
Абсолютная отметка кровли пласта, м						
N ₂	-37	3	14	4	-7	-31
N ₁	-140	-102	-90	-99	-117	-134
P	-390	-352	-340	-349	-356	-384
K	-483	-445	-433	-442	-449	-477
J ₃	-583	-545	-531	-543	-549	-581
J ₂	-620	-610	-581	-579	-591	-607
Забой	-651	-643	-607	-593	-612	-623

Разрывное нарушение	-371	-124	-86	-15	-	-
---------------------	------	------	-----	-----	---	---

Вариант 5

№№ скважин	5	8	6	4	3	1
расстояние между скважинами, м	498	352	139	378	265	
альтитуда, м	40	57	83	58	38	31
Абсолютная отметка кровли пласта, м						
N ₂	-81	-56	-48	-61	-74	-84
N ₁	-201	-176	-168	-181	-194	-204
P	-393	-368	-360	-373	-386	-396
K ₂	-573	-548	-540	-553	-566	-576
K ₁	-681	-656	-648	-661	-674	-684
J ₃	-703	-709	-698	-683	-704	-714
Забой	-721	-728	-706	-701	-743	-738
Разрывное нарушение	-	-	-	-	-	-

Вариант 6

№№ скважин	1	6	3	8	2	9
расстояние между скважинами, м	359	231	152	222	355	
альтитуда, м	77	29	41	58	49	16
Абсолютная отметка кровли пласта, м						
N ₂	-85	-39	0	-32	-88	-108
N ₁	-201	-155	-116	-148	-204	-224
P	-404	-358	-319	-351	-407	-427
K ₂	-574	-528	-489	-521	-577	-597
K ₁	-654	-608	-569	-601	-657	-677
J ₃	-784	-738	-699	-731	-787	-807
Забой	-818	-754	-749	-820	-853	-898
Разрывное нарушение	-	-143	-526	-712	-	-

Вариант 7

№№ скважин	4	1	7	9	2	3
расстояние между скважинами, м	241	317	265	308	422	
альтитуда, м	21	29	62	89	50	28
Абсолютная отметка кровли пласта, м						
N ₂	-91	-61	-35	0	-51	-94
N ₁	-191	-161	-135	-102	-151	-195
P	-347	-317	-291	-256	-307	-350
K ₂	-527	-497	-471	-436	-487	-530
K ₁	-607	-577	-551	-516	-567	-610

J ₃	-614	-608	-626	-594	-625	-705
Забой	-645	-636	-653	-615	-657	-727
Разрывное нарушение	-	-	-	-	-	-

Вариант 8

№№ скважин	1	4	2	6	10	7
расстояние между скважинами, м	316	311	349	378	208	
альтитуда, м	13	41	57	99	92	48
Абсолютная отметка кровли пласта, м						
N ₂	-126	-85	-53	-18	-68	-95
N ₁	-329	-288	-256	-221	-271	-298
P	-452	-411	-379	-344	-394	-421
K ₂	-526	-485	-453	-418	-468	-495
K ₁	-624	-583	-551	-516	-566	-593
L ₂	-698	-618	-624	-595	-664	-634
Забой	-715	-634	-643	-608	-682	-658
Разрывное нарушение	-	-	-	-543	-273	-

Вариант 9

№№ скважин	2	4	5	10	9	6
расстояние между скважинами, м	312	351	289	301	203	
альтитуда, м	11	38	89	113	86	39
Абсолютная отметка кровли пласта, м						
N ₂	-107	-80	-51	-12	-40	-76
N ₁	-232	-205	-176	-139	-165	-201
P	-321	-294	-265	-228	-254	-290
K ₂	-426	-399	-370	-333	-359	-395
K ₁	-634	-607	-578	-541	-567	-603
J ₃	-736	-670	-625	-602	-626	-620
Забой	-754	-692	-653	-615	-657	-637
Разрывное нарушение	-52	-258	-483	-604	-	-

Вариант 10

№№ скважин	4	6	3	14	10	9
расстояние между скважинами, м	234	271	339	280	252	
альтитуда, м	12	48	93	106	88	79
Абсолютная отметка кровли пласта, м						
N ₂	-101	-57	-19	-5	-21	-29
P	-241	-197	-159	-125	-161	-169
K ₂	-331	-287	-249	-235	-251	-259

K ₁	-502	-458	-420	-406	-422	-430
J ₃	-594	-550	-512	-498	-514	-522
J ₂	-605	-590	-562	-522	-525	-606
Забой	-618	-603	-583	-536	-549	-623
Разрывное нарушение	-	-	-	-	-	-

Содержание отчета

В отчете следует отразить цель работы, краткое теоретическое обоснование, а также представить построенные профильные разрезы с выделенными зонами возможного расположения ловушек углеводородов.

Контрольные вопросы

1. Для чего строят геологические профильные разрезы?
2. Какие данные необходимы для построения профильного разреза?
3. На основании каких критериев можно сделать вывод о возможном наличие ловушек?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 18. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА

Цель работы: Научиться определять время формирования залежей нефти и газа различными способами, в зависимости от комплекса имеющихся геологических данных. Кроме этого, определить ориентировочно положение нефтегазоматеринских толщ и направление миграции УВ.

Теоретическая часть.

Процесс формирования залежей нефти и газа чрезвычайно сложен, состоит из нескольких этапов и стадий, которые не всегда удается однозначно установить. Однако, от решения вопроса о времени образования скоплений зависит и общая оценка перспектив каждой территории. Отдельные ловушки и зоны нефтегазонакоплений могут оказаться пустыми, если они образовались после основной фазы миграции УВ.

В настоящее время известны несколько методов, позволяющих решить вопрос о возрасте залежей нефти и газа и определении положения нефтегазоматеринской толщи (НГМТ).

Палеоструктурный метод (К. А. Мошкович и др.) основан на предположении о том, что формирование залежи начинается с формирования ловушки, а заканчивается когда емкость ловушки равна объему современной залежи. Время формирования ловушки определяется палеоструктурными построениями (анализом мощностей). Тектонически экранированные залежи формируются после формирования разрыва, стратиграфические – после накопления экранирующей толщи и т.д. Этот метод применим в основном для месторождений платформ.

Метод давления насыщения (А. Леворсен, В. Гассоу и др.) основан на допущении, что заполнение ловушки происходит при определенном насыщении нефти газом. Давление насыщения позволяет определить глубину залежи в момент формирования.

$$H = \frac{P_{нас}}{\Delta} \cdot 10^5, \quad (18.1)$$

где Δ – средняя плотность воды в интервале глубин от 0 до H м ($\Delta=1150$ кг/м³);

$P_{нас}$ – давление насыщения, МПа.

Глубина залегания залежи (H) определяет мощность отложений, покрывающих залежь в период ее формирования.

Геохимический метод (А. Н. Резников) основан на оценке степени превращенности нефтей (P_n) в период их нахождения в зоне катагенеза, которая фиксируется по изменению относительного процентного содержания нафтеновых (N), парафиновых (M) и ароматических (A) углеводородов в бензиновой фракции.

Коэффициент превращенности Π_n вычисляется по формуле:

$$\Pi_n = \frac{A \cdot M^3}{H^4} . \quad (18.2)$$

А. И. Резниковым установлена прямая связь между Π_n и произведением абсолютного возраста толщи (T), заключающей нефть, на величину пластовой температуры ($t_{пл}$), что позволило вывести уравнение регрессионной связи между Π_n , T , $t_{пл}$. Решив уравнение относительно абсолютного возраста были получены формулы 18.3 и 18.4:

$$T_n = \frac{7450}{(0,242 + \frac{1}{\Pi_n}) \cdot t_{пл}} \pm 3\text{млн.л} \quad (18.3)$$

$$T_r = \frac{1200}{(1,40 + \frac{1}{\Pi_n}) \cdot t_{пл}} \pm 2\text{млн.л} \quad (18.4)$$

Выводы о наиболее вероятном ходе формирования залежи представляются в виде одного из трех вариантов.

Если геохимический возраст нефти (газа) соответствует абсолютному возрасту отложений, то нефть сингенетична продуктивной толще, формирование нефтяного скопления связано с латеральной миграцией. Если возраст нефти является более древним, чем вмещающие породы, то нефть образовалась ранее пород и попала в них в результате вертикальной миграции из подстилающих, более древних отложений. Если возраст нефти моложе возраста вмещающей толщи, это указывает на интенсивное разрушение залежи.

Значение коэффициента превращенности могут меняться в пределах от 0,1 до 80–90. Исходными данными для выполнения работы являются групповой состав легких (бензиновых) фракций (н.к. до 200°C) по скважинам, вскрывшим залежь, возраст вмещающих пород, пластовая температура (см. табл. 18.1).

Объемный метод (А. Леворсен) основан на предположении, что современные запасы газа соответствуют запасам в период полного заполнения ловушки, т. е. современный объем газа соответствует начальному, после заполнения ловушка только погружалась и потеря газа не было.

Зная современный объем газа и объем ловушки, можно рассчитать при каком давлении она была заполнена газом до предела, на какой глубине это произошло и в какое геологическое время ловушка природного резервуара находилась на вычисленной глубине.

Тогда, в соответствии с законом Бойля–Мариотта

$$P_1 \cdot V_1 = P_0 \cdot V_0 \rightarrow \quad (18.5)$$

$$P_0 = \frac{P_1 \cdot V_1}{V_0} = \frac{H \cdot \Delta}{10} \rightarrow \quad (18.6)$$

$$H = 10 \cdot \frac{P_1 \cdot V_1}{V_0 \cdot \Delta}, \quad (18.7)$$

и в окончательном виде

$$H = 10 \cdot \frac{P_1 \cdot V_1}{V_0 \cdot \Delta} \cdot K, \quad (18.8)$$

где P_1 – современное пластовое давление на уровне ГВК, МПа;

P_0 – пластовое давление в момент заполнения ловушки, МПа;

V_0 – объем порового пространства ловушки в момент ее полного заполнения, км³;

V_1 – объем первового пространства резервуара, занятого газом при P , км³;

H – глубина погружения гидрозамка залежи в момент окончания её формирования, км;

Δ – плотность воды;

K – коэффициент, учитывающий изменение пластовой температуры, сжимаемости газа, уплотнение пород, глубину бассейна осадконакопления и плотность воды. Изменяется от 0,7 до 1,0 для залежей на глубине от 2 до 3 км.

Кроме описанных, время формирования залежей нефти и газа можно определить другими методами: минералогическим, историко-геохимическим, гелий-аргоновым и др. Суть этих методов довольно хорошо изложена в опубликованной литературе.

Оборудование и материалы. Таблицы с вариантами заданий: данные о пластовых условиях и составе УВ месторождений, стратиграфические разбивки скважин, чертежные принадлежности.

Техника безопасности . При выполнении данной лабораторной работы следует пользоваться рекомендациями «Типовых инструкций по технике безопасности при работе на персональном компьютере».

Задание

1. Используя данные таблиц 18.1 и 18.2, согласно выбранному варианту, подобрать фактические данные для выполнения необходимых расчетов по определению времени формирования залежи.

2. Определить время формирования залежи двумя методами; методы выбрать исходя из типа представленных фактических данных

3. По мере необходимости (в зависимости от материалов задания) строятся палеоструктурные карты, кривые погружения, графики изменения пластового давления с глубиной.

4. Полученные значения возраста соотносят с возрастом вмещающих пород по геохронологической таблице (табл. 18.3).

5. Сделать выводы о характере формирования залежи. Дать заключение об ориентировочном положении нефтегазоматеринских отложений и направлении миграции УВ.

Содержание отчета. В отчете следует отразить цель работы, привести краткое теоретическое обоснование определения времени формирования залежи. Также представить необходимые карты и графики, согласно выбранным методам расчета, обозначить ориентировочное положение нефтегазоматеринских пород и направления миграции.

При защите работы студент должен предоставить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Таблица 18.1 – Варианты заданий (пластовые условия)

Вариант	Месторождение	№ скважины	Возраст отложений	Групповой состав фракций н.к.-200°С			Пластовая температура, °С	Давление насыщения, МПа	Пластовое давление, МПа
				А	Н	М			
1.	Озек-Суаг	95	J ₂ IV	12,1	20,5	67,4	140	16,8	30,4
2.	Величаевское	26	J ₂ IV	12,8	19,4	67,8	140	8,3	33,0
3.	Величаевское	29	J ₁ VII	9,4	27,0	63,6	140	8,7	33,0
4.	Зимняя Ставка	84	J ₁ VII	12,5	13,2	74,3	138	12,8	31,6
5.	Русский Хутор Северный	21	J ₂ V	18,0	24,8	57,2	130	14,2	27,2
6.	Колодезное	31	J ₂	9,6	25,0	65,4	140	6,0	33,0
7.	Величаевское	13	T ₁ nf	13,0	16,0	71,0	148	12,7	37,6
8.	Зимняя Ставка	41	T ₁ nf	14,0	15,0	71,0	147	15,1	34,5
9.	Урожайненское	17	T ₃ ng	14,0	16,0	70,0	148	17,9	38,0
10.	Совхозное	2	T ₁ nf	16,0	15,0	69,0	151	20,3	39,0
11.	Закумская	1	T ₁ md	11,0	21,0	68,0	150	25,2	37,0
12.	Колодезное	2	IV K ₁	12,1	25,8	62,1	128	7,1	26,0
13.	Колодезное	24	V K ₁	11,7	27,7	60,5	128	10,3	26,0
14.	Колодезное	14	VIII K ₁	12,8	31,0	56,2	130	9,3	27,0
15.	Колодезное	31	VII K ₁	11,6	25,9	62,6	128	6,0	26,0
16.	Колодезное	4	IX K ₁	12,5	29,9	57,6	129	12,5	26,5
17.	Величаевское	29	VIII ₂ K ₁	12,6	28,0	59,5	130	8,7	27,0
18.	Правобережное	2	IX K ₁	11,3	26,5	62,3	130	18,8	27,0

Таблица 18.2 – Варианты заданий (стратиграфические разбивки разреза скважин)

Вариант	Месторождение	скв	Возраст отложений										Забой
			N	Р	К ₂	К ₁	J ₂	J ₁	T				
1	Озек-Суат	95	806	2378	2618	3278	3308	-	3323	3386			
2	Величаевское	26	-	2359	2527	3210	-	3220	-	3320			
3	Величаевское	29	-	2323	2479	3148	3281	3165	3506	3541			
4	Зимняя Ставка	84	662	2300	2500	3144	3319	3182	3950	4100			
5	Русский Хутор Северный	21	819	2379	2596	3228	3477	3237	3581	4015			
6	Колодезное	31	661	2308	2485	3112	3300	3142	-	3500			
7	Величаевская	13	-	2292	2459	3122	3922	3136	-	4530			
8	Зимняя Ставка	41	-	1781	2325	2505	3315	3107	3492	3600			
9	Урожайненская	17	747	2384	2597	3366	3421	3372	3598	3800			
10	Совхозная	2	687	2405	2591	3296	3320	-	3888	4050			
11	Закумская	1	477	2120	2317	2671	3130	2836	-	3682			
12	Колодезное	2	516	2328	2510	3153	3252	3157	3464	3500			
13	Колодезное	24	-	2315	2507	3114	3292	3119	3500	3600			
14	Колодезное	1	-	2342	2525	3127	3270	3192	-	3700			
15	Колодезное	31	377	2308	2485	3112	3300	3142	-	3500			
16	Колодезное	4	620	2330	2521	3156	3165	3156	3308	3500			
17	Величаевское	29	-	2323	2479	3148	3281	3165	3506	3541			
18	Правобережное	2	667	2288	2474	3123	-	3173	-	3298			

Таблица 18.3 – Геохронологическая таблица

Период	Эпоха	Начало века, млн.л.	Продолжительность века, млн. лет
Четвертичный Q		0,69	1,78
Неогеновый N	Плиоценовая N ₂	3,18	3,38
	Миоценовая N ₁	6,87	19,16
Палеогеновый P	Олигоценовая P ₃	32,34	11,61
	Эоценовая P ₂	40,91	18,97
	Палеоценовая P ₁	59,83	7
	Меловой K	67,75	33,66
Юрский J	Ранняя K ₁	106,0	42,52
	Поздняя J ₁	148,6	27,5
Триасовый T	Средняя J ₂	171,5	17,9
	Ранняя J ₁	189,5	25,1
	Поздняя T ₃	218,2	21,9
	Средняя T ₂	235,4	10
Пермский P	Ранняя T ₁	243,2	5,2
	Поздняя P ₂	251,4	11,2
Каменноугольный C	Ранняя P ₁	266,8	29,8
	Поздняя C ₃	295,2	
	Средняя C ₂	307,0	66,7
	Ранняя C ₁	328,4	
Девонский D	Поздняя D ₃	362,6	
	Средняя D ₂	366,4	56,1
	Ранняя D ₁	390,1	
Силурийский S	Поздняя S ₂	414,0	
	Ранняя S ₁	425,4	28,2
Ордовикский O	Поздняя O ₃	444,3	
	Средняя O ₂	455,0	66,6
	Ранняя O ₁	493,1	
Кембрийский C	Поздняя C ₃	507,1	
	Средняя C ₂	528,6	66,9
	Ранняя C ₁	558,6	

Контрольные вопросы

1. Что характеризует коэффициент превращенности нефтей?
2. Что такое основная фаза миграции углеводородов?
3. Для месторождений каких геотектонических элементов применяется палеоструктурный метод?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 19. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЛАСТОВЫХ ДАВЛЕНИЙ

Цель работы: Научиться строить графическую модель разреза площади, с его барической характеристикой на основе данных, полученных при бурении структурной скважины (интервалы глубин залегания стратиграфических подразделений, замеренная температура, литологическая характеристика).

Теоретическая часть.

Знание величин ожидаемого пластового давления и температуры важно для научно-обоснованного проектирования поисков, разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений.

Величина пластового давления определяется в основном геостатическим (горным) и гидростатическим давлениями, обусловленными соответственно весом вышележащих отложений и столбом жидкости заполняющей природный резервуар. Системы подземных вод, характеризующиеся общими условиями возникновения напора и движения вод называют геогидродинамическими системами. Они могут быть инфильтрационными (напор возникает вследствие инфильтрации поверхностных вод в коллекторы) и элизионными (напор создается за счет выжимания вод из уплотняющихся осадков).

Пластовое давление в инфильтрационных системах определяется по формуле:

$$P_{пл} = H \cdot \rho \cdot 10^{-5}, \text{ МПа}, \quad (19.1)$$

где H – пьезометрический напор подземных вод (глубина залегания пласта-коллектора), м;

ρ – плотность воды, кг/м^3 ; (принимается равной 1050 кг/м^3 до 1000 м и 1100 кг/м^3 для глубины более 1100 м).

В элизионных системах пластовое давление складывается из нормального гидростатического давления и приращения давления за счет избыточного поступления воды из уплотняющихся пород:

$$P_{пл} = H \cdot \rho \cdot 10^{-5} + \Delta P, \text{ МПа}. \quad (19.2)$$

Возникает сверхгидростатическое пластовое давление (СГПД), часто неудачно называемое аномально высоким пластовым давлением (АВПД).

Вертикальный градиент СГПД превышает максимальный градиент нормального гидростатического давления равного $0,013$ МПа на 1 м глубины, и составляет $0,017 - 0,02$ МПа на 1 м мощности пород по разрезу.

Приращение давления в элизионных системах определяют по формуле:

$$\Delta P = \frac{\Delta Q_{изб}}{\beta_{ж} \cdot V_0} \cdot 10^{-5}, \text{ МПа}, \quad (19.3)$$

где $\Delta Q_{изб}$ – превышение количества поступающей в пласт-коллектор воды, над количеством воды, удаляющейся из пласта в зоне разгрузки, м³;

β – коэффициент сжимаемости жидкости, м²/кг;

V_0 – общий объем жидкости в системе, м³.

Отношение сверхгидростатического давления ($P_{пл.СГПД}$) к нормальному гидростатическому ($P_{пл.н}$) называется коэффициентом аномальности (K_a), который изменяется в пределах 1,3 – 2,3.

Из многочисленных факторов, влияющих на возникновение СГПД, наиболее существенным является уплотнение пород.

Динамика уплотнения глинистых отложений и изменения пористости, и в конечном, счете давлений, математически проанализированы, опубликованы соответствующие графики и палетки. По палеткам определяется коэффициент аномальности давления, в реальной крышке над резервуаром. Пластовое давление в нижележащем коллекторе принимается равным поровому в крышке.

На сравнительно небольших глубинах пластовое давление рассчитывается как гидростатическое. Начиная с глубины 1000 метров, необходимо пользоваться коэффициентом аномальности, значения которого приведены в таблице 19.1. Расчет необходимо вести для подошвы каждого стратиграфического подразделения по формуле:

$$P_{пл} = P_{гидр} \cdot K_a, \text{ МПа}. \quad 19.4$$

Оборудование и материалы. Сведения о разрезе, полученные при бурении структурной скважины, вскрывшей отложения от четвертичного до сарматского возраста (в 20 вариантах); литологическая характеристика стратиграфических подразделений данного разреза.

Техника безопасности. При выполнении данной лабораторной работы следует пользоваться рекомендациями «Типовых инструкций по технике безопасности при работе на персональном компьютере».

Задания

1. Определить глубины залегания горизонтов через известные коэффициенты в уравнении связи между мощностями соседних стратиграфических подразделений.
2. Построить литологическую колонку.
3. Выделить в разрезе природные резервуары.
4. Выполнить необходимые расчеты прогнозируемых пластовых давлений.

5. По полученным количественным значениям в соответствующих графах таблицы построить график изменения давления с глубиной.

Содержание отчета. В отчете следует отразить цель работы, привести краткое теоретическое обоснование с расчетами прогнозируемых значений пластового давления, построить графическую модель разреза площади. При защите работы студент должен предоставить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Из каких величин складывается значение пластового давления?
2. Что влияет на создание пластового давления в инфильтрационных и элизионных геодинамических системах?
3. Как образуется сверхгидростатическое пластовое давление (СГПД)?

Таблица 19.1 – Литологическая характеристика стратиграфических подразделений

Стратиграфическое подразделение	Индекс	Литологический состав	Коэффициент "К" уравнений связи между соседними мощностями, $H^{i+1}=H^i \cdot K$	Коэффициент аномальности, K^a
четвертичная система	Q	глины, суглинки	-	1,00
апшеронский ярус	$N_2^3 ap$	глины, суглинки	5,00	1,00
акчагыльский ярус	$N_2^3 ak$	глины, суглинки	0,20	1,00
нижне-, среднеплиоценовый подотдел	N_2^{1-2}	глины, суглинки	1,90	1,30
мэотический ярус	$N_1^3 m$	глины, суглинки	0,35	1,40
сарматский ярус	$N_1^3 sr$	глины, суглинки	2,00	1,50
караганский горизонт	$N_1^2 kg$	глины, песчаники; мощность песчаников до 20м	1,10	1,50
чокракский горизонт	$N_1^2 c$	верхняя часть-песчаники (40-50м) с прослоями глин, внизу - глины	1,35	1,60
майкопская серия	$(P^3 + N^1) m$	глины	3,20	1,90
фораминиферовая серия	P^{1-2}	мергели	0,09	1,90
верхнемеловой отдел	K^2	известняки	2,80	1,95
альбский и аптский ярусы	$K^1 al + a$	глины и песчаники с прослоями глин	2,10	2,00
неокомский надъярус	$K^1 nc$	известняки	0,61	2,10
верхнеюрский отдел	J^3	верхняя часть разреза гипсы и ангидриты, остальная часть – доломиты	1,15	2,20

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 20. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЛАСТОВЫХ ТЕМПЕРАТУР

Цель работы: Научиться строить графическую модель разреза площади, с его температурной характеристикой на основе данных, полученных при бурении структурной скважины (интервалы глубин залегания стратиграфических подразделений, замеренная температура, литологическая характеристика), а также опубликованным данным, характеризующим значения теплопроводности пород, коэффициента уравнений связи между соседними мощностями и коэффициента аномальности по разрезу.

Теоретическая часть

Знание величин ожидаемого пластового давления и температуры важно для научно-обоснованного проектирования поисков, разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений.

Температура недр зависит главным образом, от внутреннего тепла Земли. Сезонные колебания охватывают лишь верхние 10 – 30 м пород и не прослеживаются глубже нейтрального слоя с постоянной температурой. Ниже него температура постоянно увеличивается.

Температуру в недрах оценивают по известному геотермическому градиенту (увеличение температуры на 100 метров). Обычно для осадочных горных пород геотермический градиент изменяется в пределах 2 – 8°C на 100 м глубины.

Для прогноза температуры в неразведанных горизонтах используют величину плотности теплового потока. Она связана с геотермическим градиентом следующим соотношением:

$$\tau = \frac{g}{\lambda} = g \cdot \xi; g = \tau \cdot \lambda, \quad (20.1)$$

где τ – геотермический градиент;

g – плотность теплового потока, мВт/м²;

λ – теплопроводность пород, Вт/м°C;

ξ – тепловое сопротивление.

Поскольку величина теплового потока считается относительно устойчивой для отдельных регионов, то она может быть использована для прогноза температур глубоко залегающих горизонтов:

$$t_n = t_{n_0} + g \sum_{i+1}^n \frac{h_i}{\lambda_i} = \sum_{i+1}^n g \cdot \frac{h_i}{\lambda_i}, \quad (20.2)$$

где t_n – определяемая пластовая температура, °С;

$t_{но}$ – температура, замеренная на глубине H_0 , °С (из таблицы 18.2),

h_i – толщина слоя однородного литологического состава, м.

Пусть имеется литологическая колонка площади (рисунок 20.1). Расчет необходимо начать с определения геотермического градиента по формуле:

$$\tau = \frac{\Delta T}{\Delta H} \cdot 100 \text{ м}, \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ м}, \quad (20.3)$$

где ΔT – приращение температуры от нейтрального слоя, залегающего на глубине 24 м, с постоянной температурой 16°С до замеренного значения $t_{но}$;

ΔH – разность глубин от нейтрального слоя до глубины замера.

Затем из выражения (18.1) определяем величину плотности теплового потока, значения которой могут изменяться от 31 до 113 мВт/м².

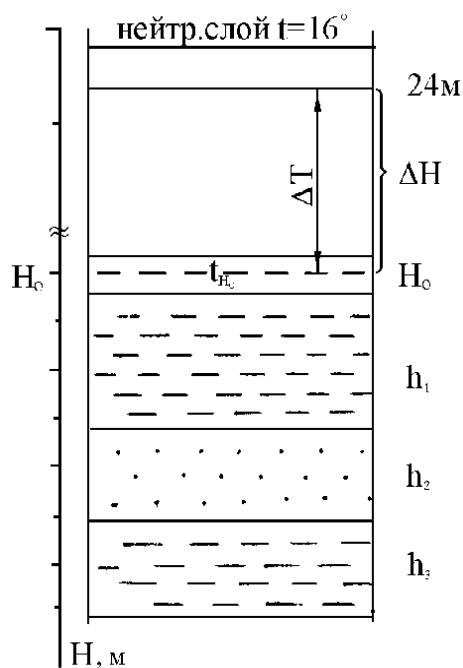


Рисунок 20.1. Схематический литологический разрез

При этом следует использовать среднее значение теплопроводности пород, залегающих выше точки H_0 . Определим приращение температуры Δt в интервале пачки h_1 , залегающие непосредственно ниже точки h_0 :

$$\Delta t = g \cdot \frac{h_1}{\lambda_1}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (20.4)$$

где h_1 – мощность пачки, м,

λ_1 – теплопроводность глинистых пород. Вт/м°С.

Плотность теплового потока (g) для пород Предкавказья принята равной 50 мВт/м².

Тогда температура в подошве h_1 будет равна:

$$t_1 = t_{n_0} + \Delta t = t_{n_0} + g \cdot \frac{h_1}{\lambda_1}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (20.5)$$

Аналогично вычисляем значения температур в подошве всех литологических пачек разреза.

Значение теплопроводности пород (λ) для районов Предкавказья приведены в таблице 20.1, сведения о разрезе, вскрытом структурной скважиной, в таблице 20.2.

Таблица 20.1 – Значение теплопроводности пород (λ) для районов Предкавказья

Породы	Возраст	λ , Вт/м $^\circ$ С	Породы	Возраст	λ , Вт/м $^\circ$ С
глины	N	1,36	алевролиты	K ₁	2,0
песчаники	N	2,15	известняки	J ₃	2,34
глины	P	1,44	глины	J ₃	1,55
мергели	P	2,11	песчаники	J ₃	3,30
глины	K ₂	1,53	каменная соль	J ₃	5,24
известняки	K ₂	2,69	ангидриты	J ₃	4,62
аргиллиты	K ₁	2,22	известки	J ₃	2,72

Оборудование и материалы. Значения теплопроводности для пород Предкавказья; сведения о разрезе, полученные при бурении структурной скважины, вскрывшей отложения от четвертичного до сарматского возраста (в 20 вариантах); литологическая характеристика стратиграфических подразделений данного разреза.

Техника безопасности. При выполнении данной лабораторной работы следует пользоваться рекомендациями «Типовых инструкций по технике безопасности при работе на персональном компьютере».

Задания

1. Определить глубины залегания горизонтов через известные коэффициенты в уравнении связи между мощностями соседних стратиграфических подразделений.
2. Построить литологическую колонку.
3. Выделить в разрезе природные резервуары.

Таблица 20.3 – Сведения о разрезе, вскрытом структурной скважиной

№ варианта	Интервалы залегания стратиграфических подразделений, м							Глубина замера температуры, м	Значение температуры, °С
	четвертичная система Q	апшеронский ярус N ₂ ³ ар	акчагальский ярус N ₂ ³ ак	нижне- и среднеплиоцен. подотдел N ₂ ¹⁻²	мэотический ярус N ₁ ³ т	сарматский ярус N ₁ ³ ст			
1	0-80	80-256	256-641	641-1118	1118-1355	1355-1642	1570	22	
2	0-135	135-483	483-892	892-1303	1303-1428	1428-1750	1686	27	
3	0-57	57-396	396-748	748-1224	1224-1401	1401-1726	1705	29	
4	0-112	112-444	444-871	871-1290	1290-1531	1531-1774	1762	30	
5	0-96	96-248	248-617	617-1087	1087-1275	1275-1525	1520	20	
6	0-77	77-312	312-769	769-1272	1272-1418	1418-1721	1690	26	
7	0-106	106-402	402-805	805-1331	1331-1479	1479-1798	1750	28	
8	0-69	69-201	201-596	596-1044	1044-1232	1232-1541	1530	21	
9	0-123	123-556	556-899	899-1286	1286-1455	1455-1729	1720	29	
10	0-72	72-378	378-623	623-1102	1102-1327	1327-1614	1600	25	
11	0-94	94-331	331-551	551-1009	1009-1246	1246-1528	1510	22	
12	0-58	58-247	247-487	487-966	966-1199	1199-1511	1490	23	
13	0-132	132-527	527-848	848-1235	1235-1422	1422-1733	1700	27	
14	0-101	101-470	470-805	805-1183	1183-1366	1366-1656	1620	26	
15	0-85	85-369	369-643	643-1077	1077-1281	1281-1575	1550	24	
16	0-73	73-291	291-511	511-939	939-1157	1157-1462	1440	22	
17	0-127	127-525	525-902	902-1414	1414-1633	1633-1925	1880	32	
18	0-66	66-311	311-664	664-1212	1212-1402	1402-1688	1670	28	
19	0-99	99-448	448-735	735-1341	1341-1577	1577-1859	1830	30	
20	0-138	138-798	498-813	813-1369	1369-1613	1613-1901	1875	32	

4. Выполнить необходимые расчеты прогнозируемых пластовых температур.
5. По полученным количественным значениям в соответствующих графах таблицы построить графики изменения температуры с глубиной.

Содержание отчета. В отчете следует отразить цель работы, привести краткое теоретическое обоснование с расчетами прогнозируемых значений пластового давления и температуры, построить графическую модель разреза площади, с его термобарической характеристикой.

При защите работы студент должен представить отчет и ответить на вопросы, предложенные преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Что такое плотность теплового потока, и от чего она зависит?
2. Что такое геотермический градиент, и как он рассчитывается?
3. Как связана плотность теплового потока с геотермическим градиентом?
4. Поскольку величина теплового потока считается относительно устойчивой для отдельных регионов, то она может быть использована для прогноза температур глубоко залегающих горизонтов. Напишите формулу, расшифруйте ее.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 21. ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ КАРТ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ ЧЕРЕЗ РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА

Цель работы: Данная работа выполняется после изучения классификации залежей нефти и газа (по типу ловушек) и параметров залежей УВ, включая методику построения залежей в профиле и плане (на структурной основе).

Выполнение: 1-я часть работы А заключается в построении залежи нефти и газа в профиле и плане по описанию (исходные данные по вариантам приведены ниже). Вертикальный масштаб изображения 1 : 2 000 (в 1 см 20 м).

В задачу работы А входит: построение геологического профиля через указанную залежь сводового типа, соблюдая в масштабе мощность коллектора, покрышки и высоту залежи. Затем, по полученному профилю построить структурную карту, на которой показать положение залежи нефти и газа в плане. Глубину залегания продуктивного пласта, в том числе изогипсы, - выбрать произвольно.

Исходные данные к лабораторной работе № (часть А).

Вариант 1.

А) Сводовая газонефтяная залежь в пластовом резервуаре. Коллектор - известняк мощностью 40 м, покрышка - глинистая мощностью 20 м. Высота залежи - 100 м, в т.ч. газовой шапки - 20 м.

Б) Сводовая газовая залежь в массивном резервуаре. Коллектор - известняк мощностью 80 м, покрышка - глинистый известняк мощностью 50 м. Высота залежи - 40 м.

В) Сводовая газовая залежь с нефтяной оторочкой в пластовом резервуаре. Коллектор - песчаник мощностью 50 м, покрышка - глина мощностью 25 м. Высота залежи - 80 м, в т.ч. нефтяной оторочки - 15 м.

Вариант 2.

А) Сводовая газонефтяная залежь в пластовом резервуаре. Коллектор и покрышка - терригенные, мощностью ~ 20 м. Амплитуда ловушки более 100 м. Высота залежи - 50 м, в т.ч. газовой шапки - 10 м.

Б) Сводовая газоконденсатная залежь в массивном резервуаре. Коллектор - органогенный известняк мощностью 100 м, покрышка - гипсово-соленосная мощностью 50 м. Высота залежи - 50 м.

В) Сводовая нефтегазовая залежь в пластовом резервуаре. Коллектор - песчаник мощностью 50 м, покрышка - глина мощностью 30 м. Высота залежи - 75 м, в т.ч.

нефтяной оторочки - 15 м.

Вариант 3.

А) Сводовая газовая залежь в пластовом резервуаре. Коллектор и покрышка - карбонатные мощностью по 30 м. Высота залежи - 100 м.

Б) Сводовая газонефтяная залежь в массивном резервуаре. Коллектор - доломит мощностью 100 м, покрышка - соль мощностью 30 м. Высота залежи - 110 м, в т.ч. газовой шапки - 20 м.

В) Сводовая нефтегазовая залежь в пластовом резервуаре. Коллектор - песчаник мощностью 60 м, покрышка - глина мощностью 30 м. Высота залежи - 80 м, в т.ч. нефтяной оторочки - 15 м.

Вариант 4.

А) Сводовая газонефтяная залежь в массивном резервуаре. Коллектор - известняк мощностью 100 м, покрышка - глинистая мощностью 50 м. Высота залежи - 60 м, в т.ч. газовой шапки - 10 м.

Б) Сводовая нефтегазовая залежь в пластовом резервуаре. Коллектор - песчаник мощностью 60 м, покрышка - глина мощностью 30 м. Высота залежи - 80 м, в т.ч. нефтяной оторочки - 10 м.

В) Сводовая газоконденсатная залежь в пластовом резервуаре; Коллектор — алевролит мощностью 50м, покрышка - глина мощностью 20 м. Высота залежи -120 м.

Вариант 5.

А) Сводовая газовая залежь с нефтяной оторочкой в массивном резервуаре. Коллектор - известняк мощностью 120м, покрышка - аргиллит мощностью 20 м. Высота залежи - 80 м, в т.ч. нефтяной оторочки - 10 м.

Б) Залежь нефтегазовая в пластовом резервуаре. Коллектор - песчаник мощностью 20м, покрышка - глинистый известняк мощностью 40 м. Высота залежи - 100 м в т.ч. нефтяной оторочки - 20 м.

В) Сводовая нефтяная залежь в пластовом резервуаре. Коллектор - алевролит мощностью 40 м, покрышка - глинистая мощностью 20 м. Высота залежи - 100 м.

Вариант 6.

А) Сводовая газовая залежь в пластовом резервуаре. Коллектор карбонатный мощностью 30 м., покрышка глинистая мощностью 30 м. Высота залежи - 100 м.

Б) Сводовая газонефтяная залежь в массивном резервуаре. Коллектор - известняк мощностью 100 м, покрышка - соль мощностью 30 м. Высота залежи - 110 м, в т.ч. газовой шапки - 25 м.

В) Сводовая нефтегазовая залежь в пластовом резервуаре. Коллектор - песчаник

мощностью 60 м, крышка - глина мощностью 30 м. Высота залежи - 90 м, в т.ч. нефтяной оторочки - 10 м.

Вариант 7.

А) Сводовая газонефтяная залежь в пластовом резервуаре. Коллектор и крышка - терригенные, мощностью ~ 20 м. Высота залежи - 60м, в т.ч. газовой шапки - 15м.

Б) Залежь нефтегазовая в пластовом резервуаре. Коллектор - песчаник мощностью 20м, крышка - глинистый известняк мощностью 40 м. Высота залежи - 100 м. , в т.ч. нефтяной оторочки - 15 м.

В) Сводовая нефтяная залежь в пластовом резервуаре. Коллектор - алевролит мощностью 40 м, крышка - глинистая мощностью 20 м. Высота залежи - 100 м.

Вариант 8.

А) Сводовая газовая залежь с нефтяной оторочкой в массивном резервуаре. Коллектор - известняк мощностью 110 м, крышка - аргиллит мощностью 20 м. Высота залежи - 80 м, в т.ч. нефтяной оторочки - 10 м.

Б) Сводовая газонефтяная залежь в пластовом резервуаре. Коллектор - известняк мощностью 30м., крышка глинистая, мощностью - 20 м. Высота залежи - 50м, в т.ч. газовой шапки - 10 м.

В) Сводовая нефтяная залежь в пластово-массивном резервуаре. Коллектор - известняк мощностью 110 м, крышка - аргиллит мощностью 30 м. Высота залежи - 60 м.

Вариант 9.

А) Сводовая газонефтяная залежь в массивном резервуаре. Коллектор - доломит мощностью 90 м, крышка - глина мощностью 20 м. Высота залежи - 100 м, в т.ч. газовой шапки - 20 м.

Б) Залежь нефтегазовая в пластовом резервуаре. Коллектор - песчаник мощностью 20м, крышка - глинистый известняк мощностью 40 м. Высота залежи - 100 м. , в т.ч. нефтяной оторочки - 10 м.

В) Сводовая газовая залежь в пластовом резервуаре. Коллектор - песчаник мощностью 50м, крышка - глина мощностью 20 м. Высота залежи - 90 м.

Вариант 10.

А) Сводовая газонефтяная залежь в массивном резервуаре. Коллектор - известняк мощностью 100 м, крышка - соль мощностью 50 м. Высота залежи - 60 м, в т.ч. газовой шапки - 10 м.

Б) Сводовая нефтегазовая залежь в пластовом резервуаре. Коллектор - известняк мощностью 60 м, крышка - глина мощностью 30 м. Высота залежи - 80 м, в т.ч.

нефтяной оторочки - 10 м.

В) Сводовая газоконденсатная залежь в пластовом резервуаре; Коллектор — доломит мощностью 70 м, покрывка - глина мощностью 20 м. Высота залежи - 120 м.

Вариант 11.

А) Сводовая газовая залежь в пластовом резервуаре. Коллектор карбонатный мощностью 50 м., покрывка глинистая мощностью 30 м. Высота залежи - 100 м.

Б) Сводовая газонефтяная залежь в массивном резервуаре. Коллектор - известняк мощностью 80 м, покрывка - соль мощностью 30 м. Высота залежи - 110 м, в т.ч. газовой шапки - 15 м.

В) Сводовая нефтегазовая залежь в пластовом резервуаре. Коллектор - песчаник мощностью 60 м, покрывка - глина мощностью 30 м. Высота залежи - 90 м, в т.ч. нефтяной оторочки - 10 м.

Вариант 12.

А) Сводовая газонефтяная залежь в пластовом резервуаре. Коллектор - песчаник мощностью 40 м, покрывка - глинистая мощностью 30 м. Высота залежи - 90 м, в т.ч. газовой шапки - 20 м.

Б) Сводовая газовая залежь в массивном резервуаре. Коллектор - известняк мощностью 90 м, покрывка - глинистый известняк мощностью 30 м. Высота залежи - 50 м.

В) Сводовая газовая залежь с нефтяной оторочкой в пластовом резервуаре. Коллектор - доломит мощностью 60 м, покрывка - глина мощностью 20 м. Высота залежи - 750 м, в т.ч. нефтяной оторочки - 10 м.

Вариант 13.

А) Сводовая газонефтяная залежь в пластовом резервуаре. Коллектор и покрывка - терригенные, мощностью - 30 м. Высота залежи - 50 м, в т.ч. газовой шапки - 15 м.

Б) Сводовая газоконденсатная залежь в массивном резервуаре. Коллектор - органогенный известняк мощностью 100 м, покрывка - гипсово-соленосная мощностью 50 м. Высота залежи - 50 м.

В) Сводовая нефтегазовая залежь в пластовом резервуаре. Коллектор - песчаник мощностью 50 м, покрывка - глина мощностью 30 м. Высота залежи - 75 м, в т.ч. нефтяной оторочки - 15 м.

Вариант 14.

А) Сводовая газовая залежь в пластовом резервуаре. Коллектор карбонатный мощностью 60 м., покрывка – глина, мощность 30 м. Высота залежи - 100 м.

Б) Сводовая газонефтяная залежь в массивном резервуаре. Коллектор - доломит мощностью 90 м, покрывка - соль мощностью 30 м. Высота залежи - 110 м, в т.ч. газовой

шапки – 15 м.

В) Сводовая нефтегазовая залежь в пластовом резервуаре. Коллектор - песчаник мощностью 60 м, покрывка - глина мощностью 30 м. Высота залежи - 80 м, в т.ч. нефтяной оторочки - 15 м.

Вариант 15.

А) Сводовая газонефтяная залежь в массивном резервуаре. Коллектор - известняк мощностью 100 м, покрывка - глинистая мощностью 50 м. Высота залежи - 60 м, в т.ч. газовой шапки - 10 м.

Б) Сводовая нефтегазовая залежь в пластовом резервуаре. Коллектор - песчаник мощностью 60 м, покрывка - глина мощностью 30 м. Высота залежи - 80 м, в т.ч. нефтяной оторочки - 10 м.

В) Сводовая газоконденсатная залежь в пластовом резервуаре; Коллектор — алевролит мощностью 60 м, покрывка - глина мощностью 30 м. Высота залежи - 110 м.

Вариант 16.

А) Сводовая газовая залежь с нефтяной оторочкой в массивном резервуаре. Коллектор - известняк мощностью 100 м, покрывка - аргиллит мощностью 20 м. Высота залежи - 70 м, в т.ч. нефтяной оторочки - 10 м.

Б) Залежь нефтегазовая в пластовом резервуаре. Коллектор - песчаник мощностью 40 м, покрывка - глинистый известняк мощностью 30 м. Высота залежи - 90 м в т.ч. нефтяной оторочки - 20 м.

В) Сводовая нефтяная залежь в пластовом резервуаре. Коллектор - алевролит мощностью 50 м, покрывка - глинистая мощностью 20 м. Высота залежи - 80 м.

Вариант 17.

А) Сводовая газовая залежь в пластовом резервуаре. Коллектор карбонатный мощностью 50 м., покрывка глинистая мощностью 30 м. Высота залежи - 100 м.

Б) Сводовая газонефтяная залежь в массивном резервуаре. Коллектор - известняк мощностью 100 м, покрывка - соль мощностью 30 м. Высота залежи - 110 м, в т.ч. газовой шапки - 25 м.

В) Сводовая нефтегазовая залежь в пластовом резервуаре. Коллектор - песчаник мощностью 60 м, покрывка - глина мощностью 30 м. Высота залежи - 90 м, в т.ч. нефтяной оторочки - 10 м.

Методика выполнения работы

1. Строим геологический профиль по описанию (см. варианты).
2. Под геологическим профилем строим структурную карту кровли

продуктивного горизонта (в изогипсах). Для этого используем следующую методику построения. Рассекаем профиль вспомогательными параллельными линиями, отвечающими горизонтальным плоскостям, которые показывают гипсометрическое положение кровли продуктивного горизонта. Линии имеют одинаковое сечение, например, 10, 20 или 50 м. К примеру, для шага 10 м отметки на линиях могут составлять (сверху вниз): -1100, -1110, -1120, -1130, -1140, -1150, -1160, -1170, -1180 м.

3. На плане (под профилем) проводим линию профиля 1-1, которая соответствует центральной части ловушки (антиклинали) и проведена вкрест простирания структуры. Далее проектируем точки пересечения кровли продуктивного пласта и горизонтальных плоскостей на линию 1-1. Из полученных точек на плане с определёнными отметками проводим изогипсы пласта.

4. На построенной структурной карте аналогичным способом выявляем контуры нефтеносности и газоносности (точки пересечения ВНК и ГНК с кровлей пласта проецируем на линию I-I).

Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Каналин, В. Г. Справочник геолога нефтегазоразведки: нефтегазопромысловая геология и гидрогеология: учебное пособие / В. Г. Каналин. — 2-е изд., доп. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. — 416 с.

2. Курбанов, С. А. Геология: учебник для среднего профессионального образования / С. А. Курбанов, Д. С. Магомедова, Н. М. Ниматулаев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 167 с.

3. Милютин, А. Г. Геология в 2 кн. Книга 1: учебник для среднего профессионального образования / А. Г. Милютин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 262 с.

4. Милютин, А. Г. Геология в 2 кн. Книга 2: учебник для среднего профессионального образования / А. Г. Милютин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 287 с.

Дополнительная литература

1. Ганжары Н.Ф. Геология с основами геоморфологии: учебное пособие / под ред. проф. Н.Ф. Ганжары. — М.: ИНФА-М, 2019. — 207 с. ISBN 978-5-101493-6 URL: <https://znanium.com/read?id=360213>

2. Ермолович Е. А., Овчинников А. В., Лычагин Е. В. Основы инженерной геологии: физико-механические свойства грунтов и горных пород. Практикум: учебное пособие для СПО/ Ермолович Е. А., Овчинников А. В., Лычагин Е. В. - 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 289 с. - (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-13329-5. - Текст: непосредственный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. - URL: <https://urait.ru/book/osnovy-inzhenernoj-geologii-fiziko-mehhanicheskie-svoystva-gruntov-i-gornyh-porod-praktikum-476331>

3. Захаров М.С., Корвет Н.Г., Николаева Т.Н., Учаев В.К. Основы геологии и почвоведения: учебное пособие для СПО / М.С. Захаров, Н.Г. Корвет, Т.Н. Николаева, В.К. Учаев. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 256 с. : ил.: вклейка (2 с.). — Текст: непосредственный. ISBN 978-5-8114-6726-6 URL: <https://lanbook.com/>

4. Короновский, Н. В. Геология: учебное пособие для среднего профессионального образования / Н. В. Короновский. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 194 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08484-9. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/472924>

5. Милютин, А. Г. Геология: учебник для среднего профессионального образования / А. Г. Милютин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 543 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-9916-6318-2. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/426584> (дата обращения: 02.11.2021)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»
Колледж СКФУ в г. Ставрополе

Методические указания
по организации и проведению
самостоятельной работы

ОП.05 ГЕОЛОГИЯ

Специальность	21.02.01	Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений
Форма обучения	очная	

Ставрополь

Пояснительная записка

Методические указания по организации и проведению практических занятий составлены в соответствии с ФГОС СПО по специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений и рабочей программой дисциплины ОП.05 ГЕОЛОГИЯ.

Целью выполнения практических занятий является систематизация и закрепление теоретических знаний, и формирование практических умений.

Перед началом выполнения каждой работы студенты должны ознакомиться с ее основными положениями, порядком выполнения работы.

По каждому практическому занятию предусматривается индивидуальный отчет перед преподавателями.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности обучающихся, творческой инициативы, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развития исследовательских умений.

В результате освоения профессионального модуля обучающийся должен уметь:

-определять отклонения от технологического режима работы оборудования для добычи углеводородного сырья;

-осуществлять регулирование и мониторинг технологических параметров работы оборудования для добычи углеводородного сырья.

знать:

-характеристики притока из пласта;

-способы расчета характеристик притока по результатам исследования скважины на различных режимах.

Методические рекомендации по проведению собеседования

Собеседование - наиболее распространенный метод контроля знаний учащихся, вариант текущей проверки, процессе которого преподаватель получает широкие возможности для изучения индивидуальных возможностей усвоения учащимися учебного материала.

При подготовке к собеседованию студент должен:

- Предварительно повторить теоретический материал темы (тем) по которой проводится устный опрос.
- Ознакомиться с заданием, уяснить его фабулу и поставленные вопросы.
- Продумать логику и последовательность изложения материала. Ответы на поставленные вопросы должны быть аргументированными.

Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, глубоко и прочно усвоившему программный, в том числе лекционный материал, последовательно, четко и самостоятельно (без наводящих вопросов) отвечающему на вопрос.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, твердо знающему программный, в том числе лекционный материал, грамотно и по существу, отвечающему на вопрос и не допускающему при этом существенных неточностей (неточностей, которые не могут быть

исправлены наводящими вопросами или не имеют важного практического значения). То же относится к освещению практически важных вопросов

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который обнаруживает знание основного материала, но не знает его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, излагает материал с нарушением последовательности, отвечает на практически важные вопросы с помощью или поправками преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного, в том числе лекционного материала.

Основная литература

1. Каналин, В. Г. Справочник геолога нефтегазоразведки: нефтегазопромысловая геология и гидрогеология: учебное пособие / В. Г. Каналин. — 2-е изд., доп. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. — 416 с.

2. Курбанов, С. А. Геология: учебник для среднего профессионального образования / С. А. Курбанов, Д. С. Магомедова, Н. М. Ниматулаев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 167 с.

3. Милютин, А. Г. Геология в 2 кн. Книга 1: учебник для среднего профессионального образования / А. Г. Милютин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 262 с.

4. Милютин, А. Г. Геология в 2 кн. Книга 2: учебник для среднего профессионального образования / А. Г. Милютин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 287 с.

Дополнительная литература

1. Ганжары Н.Ф. Геология с основами геоморфологии: учебное пособие / под ред. проф. Н.Ф. Ганжары. — М.: ИНФА-М, 2019. — 207 с. ISBN 978-5-101493-6 URL: <https://znanium.com/read?id=360213>

2. Ермолович Е. А., Овчинников А. В., Лычагин Е. В. Основы инженерной геологии: физико-механические свойства грунтов и горных пород. Практикум: учебное пособие для СПО/ Ермолович Е. А., Овчинников А. В., Лычагин Е. В. - 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 289 с.- (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-13329-5. - Текст: непосредственный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. - URL: <https://urait.ru/book/osnovy-inzhenernoy-geologii-fiziko-mehanicheskie-svoystva-gruntov-i-gornyh-porod-praktikum-476331>

3. Захаров М.С., Корвет Н.Г., Николаева Т.Н., Учаев В.К. Основы геологии и почвоведения: учебное пособие для СПО / М.С. Захаров, Н.Г. Корвет, Т.Н. Николаева, В.К. Учаев. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 256 с. : ил.: вклейка (2 с.). — Текст: непосредственный. ISBN 978-5-8114-6726-6 URL: <https://lanbook.com/>

4. Короновский, Н. В. Геология: учебное пособие для среднего профессионального образования / Н. В. Короновский. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 194 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08484-9. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/472924>

5. Милютин, А. Г. Геология: учебник для среднего профессионального образования / А. Г. Милютин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 543 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-9916-6318-2. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/426584> (дата обращения: 02.11.2021)