

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Н. А. Цупикова, Н. Н. Цветкова

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕВЕДЕНИЕ
РАЗДЕЛ «АБИОТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ
В СТРУКТУРЕ ЭКОСИСТЕМ»)**

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ
для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
05.03.06 Экология и природопользование

Калининград

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ» Е. А. Масюткина

Цупикова Н. А., Цветкова Н. Н.

Экологическое земледевие (раздел «Абиотические компоненты в структуре экосистем»): учеб.-метод. пособие по выполнению лабораторных работ для студ. бакалавриата по напр. подгот. 05.03.06 Экология и природопользование / Н. А. Цупикова, Н. Н. Цветкова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2024. – 128 с.

В учебно-методическом пособии по лабораторным работам по дисциплине «Экологическое земледевие» (раздел «Абиотические компоненты в структуре экосистем»): представлены учебно-методические материалы по выполнению лабораторных работ данного раздела, включающие план работ по каждой изучаемой теме, рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям, а также задания и вопросы для текущего контроля.

Табл. 18, рис. 15, список лит. – 54 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 25 октября 2024 г. протокол № 8

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	
Лабораторная работа 1 – Время, линия перемены дат	
Лабораторная работа 2 – Гипсографическая кривая (построение, анализ, решение задач)	
Лабораторная работа 3 – Географическая номенклатура материков	
Лабораторная работа 4 – Географическая номенклатура Мирового океана	
Лабораторная работа 5 – Температура почвы и воздуха	
Лабораторная работа 6 – Географическое распределение температуры воздуха над земной поверхностью	
Лабораторная работа 7 – Внешний вид (морфология) минералов.....	
Лабораторная работа 8 – Основы кристаллографии	
Лабораторная работа 9 – Физико-диагностические свойства минералов. Определение минералов по внешним признакам	
Лабораторная работа 10 – Характеристика важнейших минералов различных кристаллохимических классов	
Лабораторная работа 11 – Изучение магматических горных пород	
Лабораторная работа 12 – Изучение осадочных горных пород	
Лабораторная работа 13 – Изучение метаморфических горных пород	
Лабораторная работа 14 – Определение вида горной породы	
Лабораторная работа 15 – Построение геолого-геоморфологического профиля через долину реки	
Лабораторная работа 16 – Описание истории формирования рельефа.....	
Лабораторная работа 17 – Геология и минеральные ресурсы Калининградской области	
Лабораторная работа 18 – Береговая зона как геосистема	
Лабораторная работа 19 – Мониторинг и управление природопользованием береговой зоны	
Лабораторная работа 20 – Геоэкологическая безопасность морских берегов	
Заключение	
ФИЧЕСКИЙ СПИСОК	

Введение

Учебно-методическое пособие разработано для направления подготовки 05.03.06 – Экология и природопользование (для очной формы обучения) по дисциплине «Экологическое земледование», входящей в «Математический и естественнонаучный модуль» обязательной части (раздел «Абиотические компоненты в структуре экосистем»).

Любые экологические проблемы, с которыми приходится сталкиваться или которые возникают в процессе природопользования, так или иначе связаны с абиотическими компонентами природных ландшафтов, поскольку в них протекают все процессы в окружающей среде. Важная часть экологической деятельности представлен исследованиями с целью оценки геологических, климатических, гидрологических явлений, процессов и свойств, непосредственно участвующих в формировании состояния наземных и водных экосистем, их биопродуктивности, качества воды и воздуха как природного ресурса и среды обитания живых организмов. Это делает получение целостного представления о системе научных знаний в области экологического земледования гидрологии и гидрометрии необходимой частью профессионального образования экологов.

Целью выполнения лабораторных работ раздела «Абиотические компоненты в структуре экосистем» дисциплины «Экологическое земледование» является:

1) освоить умение получать информацию с помощью географических карт, атласов, прочих справочных материалов, а также применять методы анализа получаемых данных;

2) овладеть навыками работы с картами, в том числе для выполнения сравнительного анализа различных территорий, вычерчивания профилей, составления характеристик объектов, диаграмм, профилей и др. в целях осуществления природопользовательской и экологической деятельности;

3) научиться анализировать процессы перемещения и превращения абиотических компонентов экосистем на основе проведенных расчетов, построенных графиков, карт-схем, профилей диаграмм;

4) получить навык составления оценки геологических природных ресурсов с точки зрения охраны окружающей среды;

5) раскрыть научно-обоснованный подход к сбору и использованию геологической информации при решении экологических проблем регионов России и Калининградской области;

6) сформировать грамотный геоэкологический подход к организации мониторинга и контроля над состоянием геологической среды при ее эксплуатации.

Лабораторные занятия являются важнейшей составной частью учебного процесса, позволяющей студентам развить навыки самостоятельной работы с научной и справочной литературой, картографическими материалами, приборами, лабораторным гидрохимическим оборудованием, получить опыт публичных

выступлений, применить полученные теоретические знания при решении практических задач.

Каждая представленная лабораторная работа содержит:

- 1) цель работы;
- 2) задание, направленное на овладение изучаемой темой;
- 3) теоретические основы изучаемой темы, ключевые понятия и формулы, необходимые для успешного выполнения лабораторной работы;
- 4) контрольные вопросы разного уровня сложности для самоконтроля и закрепления изученного материала.

Лабораторные работы выполняются в тетради для лабораторных работ с составлением отчета по каждому заданию, прилагая в случае необходимости графики, схемы и чертежи.

На лабораторных занятиях по дисциплине «Экологическое земледование» студенты непосредственно работают с гидрометеорологическими, гидрологическими приборами, лабораторным гидрохимическим оборудованием и производят измерения изучаемых гидрологических, гидрометеорологических, гидрохимических характеристик. Для качественного выполнения лабораторных заданий, а также усвоения знаний, умений и навыков важна предварительная самостоятельная работа студента (необходимо изучить теорию вопроса).

При подготовке к лабораторным занятиям необходимо не только воспользоваться рекомендованной литературой, но и проявить самостоятельность в отыскании новых источников, методов, технических подходов, интересных фактов, статистических данных, связанных с темой лабораторного занятия.

Текущий контроль осуществляется в форме аудиторной защиты каждой из лабораторных работ, устного блиц-опроса и тестовых опросов по отдельным темам. Студент должен:

- знать все специальные термины, встречающиеся в работе;
- понимать принцип устройства и работы приборов, принцип определения того или иного гидрохимического элемента;
- знать ключевые формулы;
- уметь объяснить, какие законы использованы при решении задач;
- понимать принцип и методику выполненных расчетов;
- уметь анализировать физический и химический смысл полученных результатов.

При подготовке к защите лабораторной работы студент самостоятельно отвечает на контрольные вопросы, предлагаемые в конце каждой работы, дополнительно используя материалы лекций, специальную литературу и ресурсы сети Интернет.

Оценка знаний при текущем контроле проводится в соответствии с числом правильно выполненных заданий соответствующей лабораторной работы, пра-

вильных ответов на вопросы преподавателя при блиц-опросе и защите лабораторных работ.

Положительная оценка («зачтено») за каждую лабораторную работу выставляется в зависимости от количества правильных ответов.

Градация оценок:

- «зачтено» – свыше 65 % правильных ответов,
- «не зачтено» – 65 % и менее правильных ответов.

Настоящее учебно-методическое пособие состоит из:

- введения,
- основного содержания, разбитого на отдельные лабораторные работы согласно тематическому плану,
- заключения,
- библиографического списка.

Введение содержит шифр и наименование направления подготовки (специальности), дисциплину учебного плана, для выполнения лабораторных работ по которой оно предназначено; цель и планируемые результаты выполнения лабораторных работ по изучаемой дисциплине; описание видов текущего контроля, последовательности его проведения, критерии и нормы оценки текущей аттестации, а также краткое описание структуры учебно-методического пособия.

Основное содержание учебно-методического пособия включает методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по изучаемой дисциплине в соответствии с тематическим планом лабораторных занятий. В каждой лабораторной работе изложены теоретические основы изучаемой темы, ключевые понятия и формулы, необходимые для успешного выполнения лабораторной работы, а также примеры вопросов, задаваемых при защите лабораторных работ.

Лабораторная работа 1 – Время, линия перемены дат

Цель работы: Изучение новых понятий (звездные сутки, солнечные сутки, местное время, поясное время и др.); определение местного и поясного времени, учитывать разницу во времени в разных точках земного шара.

Задания к лабораторной работе:

Определить поясное время в следующих городах, когда в Москве 12 ч, используя карту часовых поясов:

- а) Калининград;
- б) Каир;
- в) Владивосток;
- г) Нью-Йорк;
- д) Ном;
- е) Салехард;
- ж) Канберра;
- з) Лос-Анджелес.

Для решения задачи сначала по картам географических атласов [17, 19] определяют номер часового пояса, в котором расположен данный город и его географическую долготу с точностью до минут. Затем географическую долготу переводят из дуговой меры во временную и вычисляют окончательный результат с учетом того, в каком полушарии находится объект (к западу или к востоку от Гринвича).

Задание 3. Перевести местное (среднее солнечное) время для вышеуказанных городов (см. задание 1) в поясное, если по местному времени там 14 ч 25 мин.

Задание 4. Вычислить, на сколько отличается от московского времени местное (среднее солнечное) время в этих городах (см. задание 1).

Для решения данной задачи необходимо в первую очередь вычислить местное (среднее солнечное) время в заданных городах, используя временную меру географической долготы этих пунктов, и поясное московское время, сделав некоторое допущение относительно гринвичского времени.

Результат не должен получиться отрицательным.

Указания к выполнению лабораторной работы:

1. Звездные и солнечные сутки.

Измерение времени основано на наблюдении или осуществлении периодически повторяющихся процессов одинаковой длительности. С вращением Земли связана смена дня и ночи и естественная единица измерения времени – *сутки*. Сутки бывают звездные и солнечные. *Звездные сутки* – промежуток времени

между двумя последовательными *кульминациями* какой-либо удаленной звезды (т. е. наиболее высоким ее положением над горизонтом) через меридиан точки наблюдения. За звездные сутки Земля совершает полный оборот вокруг своей оси по отношению к далеким звездам, они равны 23 ч 56 мин. 4 с. Звездные сутки неудобны для измерения времени на практике, т. к. они не согласуются с чередованием дня и ночи, и используются в астрономических наблюдениях.

Солнечные сутки – промежуток времени между двумя последовательными прохождениями центра солнечного диска через меридиан точки наблюдения. Видимое суточное движение Солнца по небосводу определяет *истинное солнечное время*. Так как Земля вращается вокруг своей оси в том же направлении, в котором движется вокруг Солнца, солнечные сутки длиннее звездных и в среднем равны 24 часам. Поэтому за истинные солнечные сутки Земля совершает оборот чуть более, чем на 360° .

2. Среднее солнечное время и поясное время.

Среднее солнечное время (иначе *местное* или *местное солнечное*) получают, вводя поправку к истинному солнечному времени (разность между средним и истинным солнечным временем называют *уравнением времени*). *Местное (среднее солнечное, местное солнечное) время* – среднегодовое значение истинного солнечного времени, зависящее от географической долготы места, определенное для заданной долготы, и одинаковое для всех точек, расположенных на одном географическом меридиане.

Местное солнечное время, различное в пунктах с разной географической долготой, создает неудобство в его практическом применении, т. к. на каждом меридиане (а значит и практически в каждом населенном пункте) свое местное время. Для устранения этих неудобств в конце XIX в. во многих странах мира была принята *система поясного времени* (в 1883 г. после состоявшейся в Риме VII Международной геодезической конференции поясной счет времени был принят в США и Канаде, а в 1884 г. на конференции в Вашингтоне соглашение о часовых поясах и поясном времени подписали уже 26 стран, однако переход на эту систему счета времени затянулся на многие годы.

Для удобства исчисления времени всю поверхность земного шара разделили на *24 часовых пояса*, шириной 15° *каждый* (см. карту поясного времени в атласах [17, 19]). За *поясное время* принято местное солнечное время среднего меридиана каждого пояса (0° , 15° , 30° и т. д.), которое распространяется на весь пояс.

Нулевой (он же *XXIV-й*) *пояс* – тот, по середине которого проходит нулевой (гринвичский) меридиан. Его время принято в качестве всемирного времени. *Всемирным (мировым, гринвичским) временем* называют среднее солнечное время начального (нулевого, гринвичского) меридиана, считаемое от полуночи. Оно же является поясным временем нулевого часового пояса.

Счет поясов ведется на восток. В двух соседних поясах поясное время отличается ровно на 1 час. К нулевому поясу с востока примыкает первый пояс, в котором поясное время составляет на 1 час вперед по сравнению с гринвичским; в следующем, втором поясе – на 2 часа, в третьем – на 3 часа вперед по сравнению с нулевым поясом и т. д.

Посередине двенадцатого пояса, примерно вдоль меридиана 180° , проходит *линия перемены дат*. Это условная линия на поверхности земного шара, по обе стороны от которой часы и минуты совпадают, а календарные даты отличаются на одни сутки.

3. Летнее время и декретное время.

Летом во многих странах с целью продления и рационального использования светлой части суток, а, следовательно, сокращения времени электрического освещения вводится *летнее время* – стрелки часов переводятся на лето на 1 час вперед по отношению к поясному (т. е. летнее время = поясное время + 1 час).

Летнее время используется во многих странах, расположенных в средних широтах, где перевод стрелок часов на летнее и возврат на зимнее время экономически целесообразен, для максимального использования солнечного освещения и экономии топливно-энергетических ресурсов.

В тропических широтах продолжительность светового дня практически не меняется на протяжении всего года (на экваторе день и ночь круглогодично длятся около 12 часов и разница между продолжительностью светового дня летом и зимой несущественна). Это объясняет, почему в приэкваториальных и тропических странах летним временем не пользуются – экономически нецелесообразно. Экономически нецелесообразен перевод стрелок часов и в полярных широтах, где по полгода полярный день и полярная ночь. Эффект от перевода стрелок часов на летнее и зимнее время может иметь место в интервале широт от 30° до 55° .

В нашей стране сезонный перевод на летнее время многократно вводился и снова отменялся. Впервые летнее время было введено в России в 1917 г. Временным правительством, а затем в течение 13 лет его ежегодно устанавливал Совнарком СССР (причем в 1917-1918 гг. часовая стрелка переводилась на 1 час вперед относительно местного солнечного времени, а начиная с 1919 г. – относительно поясного времени).

Однако экономии электроэнергии, получаемой летом, правительству показалось мало, и в целях более рационального использования дневного света в СССР 16.06.1930 г. специальным постановлением правительства (декретом) введено так называемое *декретное время*, опережающее поясное на 1 час (очередное летнее время было продлено и на зиму), а режим ежегодно вводимого летнего времени в нашей стране временно (до 1981 г.) перестал применяться. В результате все пункты в пределах каждого часового пояса стали пользоваться вре-

менем соседнего пояса, расположенного к востоку от него, или иными словами в стране фактически стало действовать круглогодичное летнее время.

В феврале 1991 г. Правительство (Кабинет Министров) СССР приняло Постановление, официально отменив декретное время в стране с 31 марта 1991 г. и совместив отмену с переходом на летнее время, что было эквивалентно установлению поясного времени с марта по сентябрь: в марте 1991 г. стрелки часов не переводили вперед, а в последнее воскресенье сентября (29.09.1991 г.) их перевели на 1 час назад, на «зимнее» время.

С осени 2011 г. был отменен очередной переход на «зимнее» время. 27 марта 2011 г. страна, как обычно ежегодно, перешла на летнее время, переведя стрелки часов на 1 час вперед, а предполагавшийся осенний перевод часов назад в октябре 2011 г. не был осуществлен, т. к. 31 августа 2011 г. Правительство Российской Федерации приняло Постановление об отмене сезонного перевода часов.

21 июля 2014 г. был принят Федеральный закон Российской Федерации № 248-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об исчислении времени», согласно которому 26 октября 2014 г. в большинстве российских регионов (за исключением Самарской области, Удмуртии, Кемеровской области, Камчатского края, Чукотского автономного округа) стрелки часов были переведены на 1 час назад, в Забайкальском крае и Магаданской области стрелки перевели на 2 часа назад. Сезонный перевод времени по-прежнему не осуществляется.

Контрольные вопросы:

1. Что называют звездными и солнечными сутками? Какие из них длиннее?
2. В чем состоит разница между истинным и средним солнечным временем?
3. Что собой представляет система поясного счета времени? Когда она была принята в мире и в нашей стране?
4. На сколько часовых поясов разделили поверхность земного шара? Какова их ширина?
5. Что принимают за поясное время?
6. В скольких часовых поясах расположена Россия?
7. Какой часовой пояс считается нулевым?
8. Какое время называют всемирным (мировым) временем?
9. Вдоль какого меридиана проходит линия перемены дат? Что это такое?
10. Как обычно проводят границы часовых поясов?
11. Что такое летнее и декретное время?
12. В какую сторону переводят стрелки часов при введении летнего времени?

13. В каких широтах перевод стрелок на летнее время экономически нецелесообразен?

14. Что считают основными достоинствами и недостатками сезонного перевода времени?

15. Записать формулы для вычисления среднего солнечного времени, поясного времени.

16. Как перевести географическую долготу из дуговой меры во временную?

Лабораторная работа 2 – Гипсографическая кривая (построение, анализ, решение задач)

Цель работы: Знакомство с основными особенностями рельефа Земли, изучение рельефа земной поверхности. Построение гипсографической кривой земного шара.

Задания к лабораторной работе:

Построить гипсографическую кривую Земли, используя данные таблицы 1.

Таблица 1 – Соотношение площадей земной поверхности, лежащих на различных высотах и глубинах (по К. В. Пашкангу, 1982)

Суша		Океан	
Высота, м	Площадь, млн. км ²	Глубина, м	Площадь, млн. км ²
8 848-3 000	8	0-200	27
3 000-2 000	11	200-1 000	16
2 000-1 000	23	1 000-2 000	16
1 000-500	29	2 000-3 000	31
500-200	40	3 000-4 000	75
200-0	38 *	4 000-5 000	115
		5 000-6 000	77
		6 000-11 022	4
Итого суша:	149	Итого океан:	361
Итого земной шар:		149 + 361 = 510 (млн. км ²)	
Примечание: * Включая площадь суши, находящейся ниже уровня океана, – 0,8 млн. км ² .			

Построение гипсографической кривой выполняют на миллиметровой бумаге формата А4 (размер 210×297 мм), альбомная ориентация. Кривая строится на координатной плоскости, в системе прямоугольных координат. На оси абс-

цисс откладывают площади, занятые определенными ступенями высот и глубин на поверхности земного шара, в миллионах квадратных километров; в соответствии с этим вся ось абсцисс принимается равной 510 млн км². На оси ординат вверх от нулевой линии (линия уровня Океана – начало координат) откладывают высоты суши, а вниз – глубины океанов, в метрах.

Ниже графика по центру располагают его название: «*Гипсографическая кривая Земли*», в правом нижнем углу листа – подпись:

Выполнил(а) ст. гр. ХХ-ЭП/1(2)

Фамилия И. О.

Выполненный чертеж сдается на проверку преподавателю вместе с заданиями 2-6, выполненными письменно в тетради для лабораторных работ.

Задание 2. Используя построенный график и данные таблицы 1, дать анализ гипсографической кривой Земли. Указать, какие ступени высот и глубин на Земле наиболее характерны.

При анализе гипсографической кривой Земли следует помнить, что ее достоинство – не только в том, что она дает наглядное представление о площадях, занимаемых на Земле какими-либо высотами и глубинами, но и в том, она фактически является обобщенным идеальным профилем твердой земной поверхности.

Задание 3. Пользуясь построенной гипсографической кривой Земли, определить, какую площадь занимают:

- а) высоты от 300 до 600 м;
- б) глубины от 2 500 до 3 200 м?

Чтобы узнать, какова, например, площадь глубин, заключенных между изобатами 2 000 и 5 000 м, сначала на вертикальной оси ниже нулевой линии (линии уровня океана) находят точки с глубинами 2 000 и 5 000 м и проводят от них прямые горизонтальные линии до пересечения с гипсографической кривой. Затем из точек пересечения данных горизонтальных линий с кривой восстанавливают перпендикуляры на ось абсцисс. Отрезок оси абсцисс, заключенный между двумя этими перпендикулярами, будет соответствовать искомой площади, выраженной в принятом для диаграммы масштабе.

Площадь ступеней высот, заключенных между какими-либо изогипсами, определяют аналогичным образом, только заданные высоты находят на вертикальной оси выше нулевой линии (линии уровня океана) и, проведя от них прямые горизонтальные линии до пересечения с гипсографической кривой, опускают перпендикуляры из точек пересечения на ось абсцисс.

Задание 4. Используя построенную гипсографическую кривую Земли и данные таблицы 1, определить *уровень твердой земной поверхности*, т. е. на каком уровне по отношению к современному уровню океана расположится твердая

земная поверхность, если сгладить все ее неровности? Показать этот уровень линией на чертеже.

Для решения данной задачи необходимо, в первую очередь, вычислить объем земной коры выше линии, проведенной на уровне максимальной глубины Мирового океана – 11 022 м. Затем, разделив полученный объем на площадь земной поверхности, узнают среднюю высоту земной коры над уровнем максимальной глубины океана (11,022 км). Разность между значением максимальной глубины и полученной средней высотой даст уровень выровненной твердой земной поверхности.

Задание 5. Используя построенную гипсографическую кривую Земли и данные таблицы 1, вычислить и отметить на чертеже:

- а) среднюю высоту суши;
- б) среднюю глубину Океана.

Среднюю высоту суши определяют делением объема суши, т. е. земной коры, находящейся выше уровня современного океана, на площадь, занимаемую сушей (149 млн км²); среднюю глубину океана – делением его объема на занимаемую им площадь (361 млн км²).

Задание 6. Используя построенную гипсографическую кривую Земли и данные таблицы 1, определить и показать линией на чертеже *средний уровень физической поверхности Земли*, т. е. на сколько метров выше современного уровня окажется уровень океана, если он покроет всю Землю ровным слоем.

Для выполнения этого задания надо сначала определить объем океана, затем разделить его на площадь земной поверхности (510 млн км²), полученную величину прибавить к средней высоте земной коры над уровнем максимальной глубины Мирового океана, и, наконец, из вычисленной суммы вычесть значение максимальной глубины океана (11 022 м).

Указания к выполнению лабораторной работы:

1. Общие понятия о наиболее крупных формах рельефа Земли и гипсографической кривой.

К наиболее крупным формам рельефа Земли, возникшим под влиянием эндогенных процессов, относятся:

- планетарные формы (материки и океаны, геосинклинальные пояса, срединно-океанические хребты);
- мегаформы (впадины отдельных морей и заливов, крупные равнины и горные системы, плато, низменности и т. д.);
- макроформы (отдельные хребты и впадины какой-либо горной страны и др.). Планетарные, мега- и макроформы рельефа отличаются не только размером площади, которую они занимают, но и гипсометрией или, применительно к подводным формам, батиметрией (глубиной моря или океана).

Для характеристики рельефа Земли в целом, а также отдельных регионов важное значение имеют не только средние, но и экстремальные отметки рельефа. Наивысшая точка Земли – вершина горы Джомолунгма (Гималаи), имеет отметку 8 848 м, самая большая глубина – в Марианском глубоководном желобе (Тихий океан) достигает 11 022 м. Следовательно, амплитуда рельефа Земли, т. е. максимальный размах высот на поверхности земного шара (превышение самых высоких гор над дном самых глубоких океанических впадин) достигает почти 20 км.

Наиболее общую характеристику рельефа Земли в целом и его главных особенностей дает *гипсографическая кривая* (греч. *hypsos* – высота + *grapho* – пишу) – кривая, показывающая распространение на Земле различных высот земной поверхности на суше и глубин океана. Общую картину соотношения различных высот и глубин на Земле можно получить статистическим способом, т. е. путем измерения на картах площадей, занятых определенными ступенями высот и глубин. Для этого используют *гипсометрические карты* земного шара, на которых рельеф суши изображен *изогипсами*, или *горизонталями* (линиями, соединяющими точки с одинаковой высотой), проведенными через определенные интервалы высот, а глубины океана показаны *изобатами* (линиями, соединяющими точки с одинаковой глубиной), проведенными через определенные интервалы глубин. Такого рода вычисления делались неоднократно.

Гипсографическая кривая представляет собой диаграмму, построенную на основании таких статистических данных, полученных в результате измерения по картам площадей, занятых различными высотами и глубинами (таблица 1). Часть кривой, расположенная ниже уровня моря и отражающая профиль дна океана, называется *батиграфической кривой* (греч. *bathys* – глубокий).

Гипсографическая кривая рельефа Земли имеет два пологих участка – *два основных гипсометрических уровня земной поверхности: материковый*, располагающийся между высотами 2 000 и минус 200 м (в целях упрощения работы при построении графика площадь суши, находящейся ниже уровня моря, была включена в последнюю ступень с высотами 200-0 м), занимающий более четверти земной поверхности, и *океанический* – на глубинах от 3 000 до 6 000 м (более 50 % поверхности Земли). Формирование этих участков связано с наличием горных пород различной плотности. Первый участок соответствует материковой ступени, сложенной более легкими породами (состоящими из гранита с плотностью 2 800 кг/м³), с континентальным строением земной коры. Другой (нижний) участок – это океаническая ступень, сложенная более тяжелыми породами (базальтами с плотностью 3 300 кг/м³), с океаническим строением земной коры.

Гипсографические кривые можно строить не только для всего земного шара, но и для любого отдельно взятого материка, острова, океана или моря, а также страны (например, России). В этих случаях шкала высот и глубин (ее общая амплитуда и размеры ступеней), а также длина оси площадей будут соответство-

вать конкретным величинам того объекта (участка суши или водоема), для которого вычерчивается диаграмма.

По точно построенной гипсографической кривой всегда можно получить необходимые цифровые данные (например, какие площади занимают те или иные формы рельефа – плоскогорья, низменности, ложе океана и т. п., либо конкретные ступени высот; вычислить средние высоты и глубины объектов и т. д.).

Контрольные вопросы:

1. Что называется гипсографической кривой, что она показывает?
2. Как называется часть гипсографической кривой, расположенная ниже уровня моря?
3. О чем говорят пик в начале гипсографической кривой и резкое снижение в ее конце?
4. Какие ступени высот и глубин занимают на нашей планете относительно небольшие площади? На какие формы приходится основная доля рельефа Земли?
5. Какие высоты преобладают на земной суше и какие глубины – в океане?
6. На каких ступенях высот и глубин располагаются пологие участки гипсографической кривой? На что они указывают?
7. Что такое уровень выровненной твердой земной поверхности, средний уровень физической поверхности Земли?
8. Как рассчитать среднюю высоту суши и среднюю глубину океана с помощью гипсографической кривой?

Лабораторная работа 3 – Географическая номенклатура материков

Цель работы: Совершенствование умения работать с картографическими источниками, находить и извлекать из них необходимую информацию; изучение основных географических объектов на физической карте мира и Калининградской области.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Выписать в тетрадь для географической номенклатуры основные географические объекты Европы, охарактеризовав их местоположение относительно друг друга, и нанести заданные объекты на контурные карты Европы. Научиться показывать данные географические объекты на контурной карте Европы:

- а) мысы (Европа, Канин Нос, Марроки, Нордкап, Нордкин, Рока, Финистерре);

б) моря (Адриатическое, Азовское, Балтийское, Баренцево, Белое, Ионическое, Ирландское, Лигурийское, Мраморное, Норвежское, Северное, Средиземное, Тирренское, Чёрное, Эгейское);

в) заливы (Бискайский, Ботнический, Бохус, Бристольский, Варангерфьорд, Двинская губа, Жиронда, Кандалакшская губа, Каркинитский, Коринфский, Лионский, Мезенская губа, Онежская губа, Печорская губа, Рижский, Сиваш, Таранто, Финский, Чёшская губа);

г) проливы (Большой Бельт, Бонифачо, Босфор, Гибралтарский, Дарданеллы, Карские Ворота, Каттегат, Керченский, Ла-Манш, Малый Бельт, Мальтийский, Мессинский, Па-де-Кале (Дуврский), Скагеррак, Эресунн (Зунд), Югорский Шар);

д) крупнейшие острова и архипелаги (Азорские, Аландские, Балеарские, Борнхольм, Вайгач, Великобритания, Гебридские, Готланд, Зеландия, Земля Франца-Иосифа, Ирландия, Исландия, Киклады, Кипр, Колгуев, Корсика, Крит, Мальта, Моозундский, Новая Земля, Оркнейские, Родос, Рюген, Сааремаа, Сардиния, Сицилия, Соловецкие, Спорады, Фарерские острова, Шетландские, Шпицберген, Эвбея, Эланд, Ян-Майен)

е) полуострова (Апеннинский, Балканский, Бретань, Канин, Керченский, Кольский, Корнуолл, Крымский, Пелопоннес, Пиренейский, Скандинавский, Ютландия);

ж) равнины и низменности (Восточно-Европейская (Русская) равнина, Ланды, Нижнедунайская низменность, Окско-Донская равнина, Паданская низменность, Польская низменность, Приднепровская низменность, Прикаспийская низменность, Причерноморская низменность, Северо-Германская низменность, Северо-Французская низменность, Среднедунайская низменность);

з) возвышенности, кряжи и впадины (Валдайская возвышенность, Донецкий кряж, Кумо-Манычская впадина, Малопольская возвышенность, возвышенность Манселька, Норландское плато, Нормандская возвышенность, Подольская возвышенность, Приволжская возвышенность, Приднепровская возвышенность, возвышенность Салпаусселька, возвышенность Северные Увалы, плато Смоланд, Смоленско-Московская возвышенность, Среднерусская возвышенность, возвышенность Суоменселька, Тиманский кряж, Центральный массив, Чешско-Моравское плато);

и) горы, нагорья, плоскогорья (Альпы, Андалузские горы, Апеннины, Арденны, Баварский Лес, Бихор, Вогезы, Динара, Динарское плоскогорье, Иберийские горы, Кавказ, Кантабрийские горы, Карпаты, Кембрийские горы, Крымские горы, плоскогорье Месета, Пай-Хой, Пеннинские горы, Пинд, Пиренеи, Рейнские Сланцевые горы, Родопы, Рудные горы, Северо-Шотландское нагорье, Скандинавские горы, Стара-Планина, Судеты, Урал, Центральная Кордильера, Хибины, Шварцвальд, Юра) ;

к) горные вершины и вулканы (Везувий, Гекла, Монблан, Олимп, Стромболи, Эльбрус, Этна);

л) реки (Ахтуба, Белая, Буг, Варта, Везер, Висла, Волга, Волхов, Вычегда, Вятка, Гаронна, Гвадалквивир, Гвадиана, Десна, Днепр, Днестр, Дон, Драва, Дунай, Дуэро (Дору), Западная Двина (Даугава), Инн, Кама, Луара, Маас (Мёз), Майн, Мозель, Морава, Нарва, Нева, Неман (Нямунас), Одер (Одра), Ока, Олт, Печора, По, Припять, Прут, Рейн, Рона, Сава, Свирь, Северная Двина, Северский Донец, Сена, Сирет, Сона, Сура, Сухона, Тахо (Тежу), Темза, Тибр, Тиса, Урал, Чусовая, Эбро, Эльба, Южный Буг);

м) озера (Балатон, Баскунчак, Белое, Бодденское, Венерн, Веттерн, Выгозеро, Женевское, Ильмень, Имандра, Инари, Ладожское, Лох-Ней, Меларен, Онежское, Охридское, Преспа, Псковское, Сайма, Сегозеро, Селигер, Топозеро, Чудское, Эльтон);

н) водохранилище (Рыбинское, Цимлянское);

о) каналы (Беломорско-Балтийский, Волго-Балтийский, Волго-Донской, Кильский).

Задание 2. Выписать в тетрадь для географической номенклатуры основные географические объекты Азии, охарактеризовав их местоположение относительно друг друга, и нанести заданные объекты на контурные карты Азии. Научиться показывать данные географические объекты на контурной карте Азии:

а) мысы (Анива, Баба, Дежнёва, Камау, Крильон, Лопатка, Пиай, Пуриян, Терпения, Челюскин);

б) моря (Андаманское, Аравийское, Банда, Берингово, Восточно-Китайское, Восточно-Сибирское, Жёлтое, Карское, Красное, Лаптевых, Охотское, Сулавеси, Сулу, Филиппинское, Чукотское, Южно-Китайское, Яванское, Японское);

в) заливы (Аденский, Анадырский, Анива, Анталья, Байдарацкая губа, Бакбо (Тонкинский), Бенгальский, Бохайвань, губа Буор-Хая, Гижигинская губа, Гыданский, Енисейский, Кара-Богаз-Гол, Кач, Ляодунский, Моутама (Мартабан), Обская губа, Оленёкский, Оманский, Пенжинская губа, залив Петра Великого, Персидский, Сахалинский, Сиамский, Тазовская губа, Терпения, Хатангский, Чаунская губа, Шелихова, Янский);

г) проливы (Баб-эль-Мандебский, Берингов, Вилькицкого, Дмитрия Лаптева, Зондский, Каримата, Корейский, Лаперуза, Лонга, Макасарский, Малаккский, Ормузский, Полкский, Тайваньский, Татарский, Хайнань (Цюнчжоу), Цугару (Сангарский));

д) крупнейшие острова и архипелаги (Андаманские, Большие Зондские, Врангеля, Калимантан, Командорские, Курильские, Кюсю, Лаккадивские, Малые Зондские, Мальдивские, Молуккские, Никобарские, Новосибирские, Рюкю, Са-

халин, Северная Земля, Сикоку, Сулавеси, Суматра, Тайвань, Филиппинские, Хайнань, Хоккайдо, Хонсю, Цусима, Шантарские, Шри-Ланка, Ява, Японские);

е) полуострова (Аравийский, Гыданский, Индокитай, Индостан, Камчатка, Корея, Ляодунский, Малакка, Малая Азия, Синайский, Таймыр, Чукотский, Шаньдунский, Ямал);

ж) равнины и низменности (Великая Китайская равнина, Западно-Сибирская равнина, Индо-Гангская низменность, Колымская низменность, Месопотамская низменность, Северо-Сибирская низменность, Туранская низменность, Яно-Индибирская низменность);

з) возвышенности, плато, кряжи и впадины (Вилуйское плато, Енисейский кряж, Казахский мелкосопочник, впадина Карагие, Кумо-Маньчская впадина, Лено-Ангарское плато, впадина Мёртвого моря, плато Ордос, Приленское плато, плато Путорана, Ставропольская возвышенность, Турфанская впадина, плато Устюрт);

и) горы, нагорья, плоскогорья (Алданское нагорье, Алтай, Алтынтаг, Анатолийское плоскогорье, Байкальский хребет, Баргузинский хребет, Большой Хинган, Борщовочный хребет, Буреинский хребет, Бырранга, Верхоянский хребет, Витимское плоскогорье, Восточные Гаты, Гималаи, Гиндукуш, Гобийский Алтай, плоскогорье Декан, хребет Джугджур, Загрос, Западные Гаты, Иранское нагорье, Кавказ, Каракорум, Колымское нагорье, Копетдаг, Корякское нагорье, нагорье Кузнецкий Алатау, Куньлунь, Кухруд, Малый Хинган, Монгольский Алтай, Наньшань, Оймяконское нагорье, Памир, Паропамиз, Патомское нагорье, Понтийские горы, Саяны, Сивалик, Сихотэ-Алинь, Срединный хребет, Средне-сибирское плоскогорье, Становой хребет, Сулеймановы горы, Тавр, Тарбагатай, нагорье Тибет, Тянь-Шань, Хангай, Циньлин, хребет Черского, Чукотское нагорье, Эльбурс, Юньнань-Гуйчжоуское нагорье, Янское плоскогорье, Яблоновый хребет);

к) горные вершины и вулканы (Джомолунгма (Эверест), пик Исмоила Сомони (до 1998 г. – пик Коммунизма), Ключевская сопка, Кракатау, пик Победы, Фудзияма);

л) пустыни (Алашань, Большой Нефуд, Гоби, Каракумы, Кызылкум, Малый Нефуд, Мойынкум, Руб-эль-Хали, Сирийская пустыня, Такла-Макан, Тар);

м) реки (Алдан, Амударья, Амур, Анадырь, Ангара, Аракс, Аргунь, Бия, Брахмапутра, Буряя, Вилуй, Витим, Ганг, Евфрат, Енисей, Зея, Или, Инд, Индигирка, Иравади, Иртыш, Ишим, Катунь, Колыма, Кубань, Кура, Лена, Меконг, Нижняя Тунгуска, Обь, Олёкма, Оленёк, Подкаменная Тунгуска, Салуин, Селенга, Сицзян, Сунгари, Сырдарья, Тарим, Терек, Тобол, Тигр, Уссури, Хатанга, Хуанхэ, Чу, Шилка, Эмба, Яна, Янцзы);

н) озера (Алаколь, Аральское море, Байкал, Балхаш, Ван, Далайнор, Иссык-Куль, Каспийское море, Кукунор, Лобнор, Мёртвое море, Севан, Таймыр, Телецкое, Убсу-Нур, Ханка, Хубсугул, Чаны);

о) каналы (Суэцкий).

Задание 3. Выписать в тетрадь для географической номенклатуры основные географические объекты Африки, охарактеризовав их местоположение относительно друг друга, и нанести заданные объекты на контурные карты Африки. Научиться показывать данные географические объекты на контурной карте Африки:

а) мысы (Альмади, Гвардафуй, Доброй Надежды, Игольный, Хафун (Рас-Хафун), Эль-Абъяд (Бен-Секка, Бланко));

б) заливы (Бенин, Габес, Гвинейский, Сидра);

в) проливы (Мозамбикский);

г) крупнейшие острова и архипелаги (Вознесения, Занзибар, Зелёного мыса, Канарские, Коморские, Мадагаскар, Мадейра, Маскаренские, Принсипи, Сан-Томе, Святой Елены, Сейшельские, Сокотра);

д) полуострова (Сомали);

е) горы, нагорья, впадины (впадина озера Ассаль, горы Атлас, нагорье Ахаггар, Восточно-Африканское нагорье, Драконовы горы, Капские горы, впадина Каттара, нагорье Тибести, плато Фута-Джаллон, Эфиопское нагорье);

ж) горные вершины и вулканы (Камерун, Кения, Килиманджаро);

з) пустыни (Аравийская, Большой Восточный Эрг, Большой Западный Эрг, Калахари, Ливийская, Намиб, Нубийская, Сахара);

и) реки (Белый Нил, Голубой Нил, Замбези, Конго (Заир), Лимпопо, Нигер, Нил, Оранжевая, Сенегал);

к) озера (Альберт (Мобуту-Сесе-Секо), Виктория, Киву, Мверу, Ньяса (Малави), Рудольф (Туркана), Тана, Танганьика, Чад, Эдуард (Рутанзиге));

л) водопады (Виктория, Ливингстона, Стэнли).

Задание 4. Выписать в тетрадь для географической номенклатуры основные географические объекты Северной Америки, охарактеризовав их местоположение относительно друг друга, и нанести заданные объекты на контурные карты Северной Америки. Научиться показывать данные географические объекты на контурной карте Северной Америки:

а) мысы (Барроу, Марьято, Мёрчисон, Принца Уэльского, Сент-Чарльз);

б) моря (Баффина, Бофорта, Гренландское, Карибское, Саргассово);

в) заливы (Аляска, Бристольский, Гондурасский, Гудзонов, Джеймс, Калифорнийский, Кампече, Коцебу, Мексиканский, Мэн, Нортон, Панамский, Святого Лаврентия, Фанди);

г) проливы (Гудзонов, Девисов, Датский, Кабота, Флоридский, Юкатанский);

д) крупнейшие острова и архипелаги (Алеутские, Багамские, Банкс, Баффинова Земля, Бермудские, Большие Антильские, Ванкувер, Виктория, Гаити,

Гренландия, Кадьяк, Канадский Арктический архипелаг, Куба, Малые Антильские, Ньюфаундленд, Пуэрто-Рико, Саутгемптон, Элсмир, Ямайка);

е) полуострова (Аляска, Бутия, Калифорния, Лабрадор, Мелвилл, Новая Шотландия, Флорида, Юкатан);

ж) равнины, низменности, нагорья, плоскогорья, впадины (Большой бассейн, Великие равнины, впадина Долина Смерти, плато Колорадо, Мексиканское нагорье, Миссисипская низменность, Центральные равнины);

з) горы, горные хребты (Аляскинский хребет, горы Аппалачи, Береговые хребты, хребет Брукс, Восточная Сьерра-Мадре, Западная Сьерра-Мадре, Каскадные горы, горы Кордильеры, Скалистые горы, Южная Сьерра-Мадре);

и) горные вершины и вулканы (Денали (до 2015 г. – Мак-Кинли), Орисаба, Попокатепетль);

к) реки (Арканзас, Атабаска, Колорадо, Колумбия, Маккензи, Миссисипи, Миссури, Огайо, Рио-Гранде, Саскачеван, Святого Лаврентия, Фрейзер, Юкон);

л) озера (Атабаска, Большое Медвежье, Большое Невольничье, Большое Солёное, Великие озёра, Верхнее, Виннипег, Гурон, Мичиган, Никарагуа, Онтарио, Эри);

м) водопады (Ниагарский).

Задание 5. Выписать в тетрадь для географической номенклатуры основные географические объекты Южной Америки, охарактеризовав их местоположение относительно друг друга, и нанести заданные объекты на контурные карты Южной Америки. Научиться показывать данные географические объекты на контурной карте Южной Америки:

а) мысы (Гальинас, Горн, Кабу-Бранку, Париньяс, Фроуард);

б) заливы (Байя-Гранде, Венесуэльский, Ла-Плата, Сан-Матиас, Сан-Хорхе);

в) проливы (Дрейка, Магелланов);

г) крупнейшие острова и архипелаги (Галапагос, Огненная Земля, Тринидад, Фернанду-ди-Норонья, Фолклендские (Мальвинские), Чилоэ);

д) низменности, плоскогорья (Амазонская низменность, Бразильское плоскогорье, Гвианское плоскогорье, Ла-Платская низменность, Оринокская низменность);

е) горы (Анды);

ж) горные вершины и вулканы (Аконкагуа, Анкоума, Льюльяльякко);

з) реки (Амазонка, Магдалена, Мадейра, Мараньон, Ориноко, Парагвай, Парана, Пурус, Рио-Негро, Риу-Негру, Сан-Франциску, Тапажос, Токантинс, Укаяли, Уругвай);

и) пустыни и природные области (Атакама, Пампа, Патагония);

к) озера (Маракайбо, Поопо, Титикака);

л) водопады (Анхель, Игуасу).

Задание 6. Выписать в тетрадь для географической номенклатуры основные географические объекты Австралии, охарактеризовав их местоположение относительно друг друга, и нанести заданные объекты на контурные карты Австралии. Научиться показывать данные географические объекты на контурной карте Австралии:

- а) мысы (Байрон, Йорк, Натуралиста, Стип-Пойнт, Юго-Восточный);
- б) моря (Арафурское, Коралловое, Тасманово, Тиморское, Фиджи);
- в) заливы (Большой Австралийский, Географа, Жозеф-Бонапарт, Карпентария, Кинг, Спенсер, Шарк);
- г) проливы (Бассов, Торресов);
- д) крупнейшие острова и архипелаги (Гавайские, Каролинские, Кермадек, Кирибати, Кука, Лайн, Марианские, Маркизские, Маршалловы, Новая Гвинея, Новая Зеландия, Новая Каледония, Самоа, Соломоновы, Тасмания, Тонга, Туамоту, Фиджи);
- е) горы, горные хребты, нагорья, плато (Австралийские Альпы, плато Баркли, Большой Водораздельный хребет, Кимберли, хребет Макдоннелл, хребет Масгрейв, Южные Альпы);
- ж) горные вершины и вулканы (Джая, Кука, Косцюшко, Мауна-Кеа);
- з) пустыни, природные области (Большая Песчаная пустыня, Большая пустыня Виктория, Большой Артезианский бассейн, Большой Барьерный Риф, пустыня Гибсона);
- и) реки (Дайамантина, Дарлинг, Куперс-Крик, Муррей (Марри));
- к) озера (Гэрднер, Торренс, Эйр).

Задание 7. Выписать в тетрадь для географической номенклатуры основные географические объекты Антарктиды, охарактеризовав их местоположение относительно друг друга, и нанести заданные объекты на контурные карты Антарктиды. Научиться показывать данные географические объекты на контурной карте Антарктиды:

- а) моря (Амундсена, Росса, Уэдделла, Беллинсгаузена);
- б) крупнейшие острова и архипелаги (Петра I, Скотта, Южная Георгия, Южные Оркнейские, Южные Сандвичевы, Южные Шетландские);
- в) полуострова (Антарктический);
- г) горы, плато (плато Полярное, Трансантарктические горы, Советское плато, горы Элсуэрт);
- д) вулканы (Эребус);
- е) шельфовые ледники (Ронне, Росса, Эймери).

Задание 8. Выписать в тетрадь для географической номенклатуры основные географические объекты Калининградской области, охарактеризовав их местоположение относительно друг друга, и нанести заданные объекты на контур-

ные карты Калининградской области. Научиться показывать данные географические объекты на контурной карте Калининградской области:

- а) мысы (Гвардейский, Острый, Песчаный, Таран);
- б) заливы (Вислинский, Калининградский, Куршский, Приморская бухта);
- в) полуострова (Вислинская (Балтийская) коса, Куршская коса, Самбийский (Калининградский) полуостров);
- г) равнины и низменности (Полесская равнина, Нижненеманская низменность, Прегольская низменность, Шешупская равнина);
- д) возвышенности, гряды (Вармийская возвышенность, Виштынецкая возвышенность, Добровольская гряда, Инстручская гряда, Самбийская возвышенность);
- е) горы (Альк (110 м), Лысье, Увалы);
- ж) горные вершины и вулканы (гора Дозор (231 м));
- з) реки (Алейка, Анграпа, Большая Морянка, Витушка, Голубая, Дейма, Забава, Зеленоградка, Злая, Инструч, Корневка, Красная, Лава, Луговая, Майская, Мамоновка, Матросовка, Нельма, Неман, Немонин, Писса, Преголя, Приморская, Прохладная, Путиловка, Ржевка, Тыльжа, Шешупе);
- и) озера, пруды (озеро Виштынецкое, пруд Великий, озеро Воронье, пруд Гагара, озеро Дивное, озеро Красное, озеро Мариново, пруд Пугачёвский, озеро Пустое, озеро Тихое, пруд Филиппов, пруд Школьный);
- к) каналы (Головкинский, Западный, Мазурский, Полесский, Приморский).

Указания к выполнению лабораторной работы:

1. Общие рекомендации по изучению географических объектов.

Названия географических объектов составляют язык географии. Знакомство с любой территорией или картой начинается с изучения географической номенклатуры – совокупности названий природных объектов. Знание номенклатуры позволяет свободно ориентироваться по картам и представлять структуру пространства (географической оболочки).

Хорошее знание названий географических объектов, обозначенных на географических картах (материков, океанов, морей, рек, озер, гор, равнин, и т.д.), обязательное для эколога, достигается постоянным и систематическим их изучением.

Для определения географического положения объектов целесообразно использовать географические атласы, на последних страницах которых размещены указатели географических названий, например, атласы [17, 19]. Каждое географическое название сопровождается номером страницы карты и индексом. Индекс выражен буквой и цифрой и определяет «квадрат», в котором расположен объект или начало названия объекта. «Квадраты» обычно образованы линиями

картографической сетки, буквенные и численные индексы на картах даны вдоль рамок.

Все географические названия, кроме населенных пунктов и государств, имеют пояснение объекта, данное полностью или сокращенно, например: р. – река, г. – гора, влк. – вулкан и т. д. Чтобы найти в атласе интересующий объект, и понять, какому природному образованию он соответствует, следует отыскать в указателе это название с обозначением страницы и индекса «квадрата», а затем на карте найти искомый объект. После визуального нахождения объекта необходимо уяснить его принадлежность к какому-либо природному образованию более высокого ранга, в частности, понять, составной частью какой горной системы является хребет, или к какому морю или океану относится изучаемый залив.

Изучение географической номенклатуры должно сопровождаться работой с контурными картами, где наносятся изучаемые объекты. В специальную тетрадь для географической номенклатуры необходимо выписывать не только названия географических объектов, но и их местоположение относительно друг друга.

Контроль выполнения лабораторной работы осуществляется при помощи тестовых заданий с помощью компьютерной программы Indigo отдельно по каждому континенту, а для Европы и Азии – дополнительно сформированы отдельные тесты по объектам береговой линии, рельефа и гидрографии.

Контрольные вопросы:

1. Назвать и показать на карте крайние западные точки Европы, Азии, Африки, Северной и Южной Америки, Австралии.
2. Перечислить и показать на карте крупнейшие острова и архипелаги Балтийского моря.
3. Какие из нижеперечисленных горных вершин расположены в Африке: Гекла, Камерун, Кракатау, Фудзияма, Льюльяльяко, Кука, Эребус, Эльбрус, Попокатепетль, Стромболи, Килиманджаро, Денали, Аконкагуа, Кения, Джая? Найти их на карте.
4. Назвать и показать на карте высочайшие горные системы каждого континента: Европы, Азии, Африки, Северной и Южной Америки, Австралии, Антарктиды.
5. Какие из нижеперечисленных островов находятся не в Средиземном море: Азорские, Аландские, Балеарские, Борнхольм, Гебридские, Калимантан, Киклады, Кипр, Корсика, Крит, Мадейра, Мальта, Моозундский архипелаг, Родос, Рюген, Сааремаа, Сардиния, Сулавеси, Эланд?
6. Какой из данных объектов расположен южнее других: озеро Никарагуа, Бассов пролив, море Росса, Южные Альпы, водопад Игуасу?

7. К водосборному бассейну какой реки принадлежат реки Драва, Инн, Олт, Прут? Показать главную реку на карте.

8. Притоками какой российской реки являются реки Нижняя Тунгуска и Подкаменная Тунгуска? Где берет начало главная река?

9. Назвать и показать на карте три крупных канала в Калининградской области.

Лабораторная работа 4 – Географическая номенклатура Мирового океана

Цель работы: Совершенствование умения работать с картографическими источниками, находить и извлекать из них необходимую информацию; изучение крупнейших элементов рельефа дна и течений Атлантического, Индийского, Тихого и Северного Ледовитого океанов.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Выписать в тетрадь для географической номенклатуры основные объекты рельефа дна и течения Атлантического океана, охарактеризовав их местоположение относительно берегов континентов, линий градусной сети и друг друга, нанести заданные объекты на контурные карты Атлантического океана. Научиться показывать данные географические объекты на контурной карте Атлантического океана:

а) котловины (Ангольская, Аргентинская, Африканско-Антарктическая, Бразильская, Гвианская, Западно-Европейская, Зелёного мыса, Канарская, Лабрадорская, Северо-Американская);

б) подводные хребты и поднятия (Африканско-Антарктический хребет, Китовый хребет, хребет Рейкьянес, возвышенность Риу-Гранди, Северо-Атлантический хребет, Южно-Атлантический хребет);

в) желоба, разломы (разлом Буве, желоб Кайман, разлом Романш, желоб Пуэрто-Рико, Южно-Сандвичев желоб);

г) подводные впадины (Ландсортская);

д) течения теплые (Ангольское, Антильское, Бразильское, Гвианское, Гвинейское, Гольфстрим, Ирмингера, Северо-Атлантическое, Флоридское);

е) течения холодные (Бенгельское, Канарское, Лабрадорское);

ж) течения нейтральные (течение Западных ветров (Западный дрейф), Карибское, Межпассатное Экваториальное противотечение, Прибрежное антарктическое, Северное Пассатное, Южное Пассатное).

Задание 2. Выписать в тетрадь для географической номенклатуры основные объекты рельефа дна и течения Северного Ледовитого океана, охарактеризовав их местоположение относительно берегов континентов, линий градусной

сети и друг друга, нанести заданные объекты на контурные карты Северного Ледовитого океана. Научиться показывать данные географические объекты на контурной карте Северного Ледовитого океана:

- а) котловины (Амундсена, Канадская, Макарова, Нансена);
- б) подводные хребты и поднятия (плато Чукотское, хребет Альфа, хребет Гаккеля, хребет Ломоносова, хребет Подводников, хребет Менделеева);
- в) течения теплые (Западно-Гренландское, Норвежское, Нордкапское, Шпицбергенское);
- г) течения холодные (Восточно-Гренландское, Трансарктическое).

Задание 3. Выписать в тетрадь для географической номенклатуры основные объекты рельефа дна и течения Тихого океана, охарактеризовав их местоположение относительно берегов континентов, линий градусной сети и друг друга, нанести заданные объекты на контурные карты Тихого океана. Научиться показывать данные географические объекты на контурной карте Тихого океана:

- а) котловины (Беллинсгаузена, Перуанская, Северо-Восточная, Северо-Западная, Центральная, Чилийская, Южная);
- б) подводные хребты, горы и поднятия (Восточно-Тихоокеанское поднятие, хребет Кюсю-Палау, горы Маркус-Неккер, хребет Наска, Северо-Западный хребет, Южно-Тихоокеанское поднятие);
- в) желоба (Алеутский, Идзу-Бонинский, Кермадек, Курило-Камчатский, Марианский, Перуанский, Тонга, Филиппинский, Чилийский);
- г) разломы (Кларион, Клиппертон, Мендосино, Меррей, Пасхи, Элтанин);
- д) течения теплые (Аляскинское, Восточно-Австралийское, Куроисио, Северо-Тихоокеанское);
- е) течения холодные (Калифорнийское, Курило-Камчатское течение (Ойясио), Перуанское течение (течение Гумбольдта));
- ж) течения нейтральные (течение Западных ветров (Западный дрейф), Межпассатное Экваториальное противотечение, Прибрежное антарктическое, Северное Пассатное, Южное Пассатное).

Задание 4. Выписать в тетрадь для географической номенклатуры основные объекты рельефа дна и течения Индийского океана, охарактеризовав их местоположение относительно берегов континентов, линий градусной сети и друг друга, нанести заданные объекты на контурные карты Индийского океана. Научиться показывать данные географические объекты на контурной карте Индийского океана:

- а) котловины (Австрало-Антарктическая, Агульяс, Аравийская, Западно-Австралийская, Крозе, Кокосовая, Мозамбикская, Сомалийская, Центральная);
- б) подводные хребты и поднятия (Австрало-Антарктическое поднятие, Аравийско-Индийский хребет, Восточно-Индийский хребет, Западно-Индийский хребет, хребет Кергелен, Маскаренский хребет, Центрально-Индийский хребет);

- в) желоба, разломы (разлом Диамантина, Зондский желоб, разлом Оуэн);
- г) течения теплые (Мадагаскарское, Мозамбикское, мыса Игольного (Агульсово течение));
- д) течения холодные (Западно-Австралийское, Сомалийское – холодное летом, зимой теплое);
- е) течения нейтральные (течение Западных ветров (Западный дрейф), Межпассатное Экваториальное противотечение, Муссонное, Прибрежное антарктическое, Южное Пассатное).

Указания к выполнению лабораторной работы:

1. Общие рекомендации по изучению географических объектов.

Изучение особенностей рельефа дна Атлантического, Индийского, Тихого и Северного Ледовитого океанов, а также крупнейших течений в них позволит легче и качественнее овладеть знаниями при изучении дисциплин «Экологическое земледование» (раздел «Функционирование экосистем»), «Экологическая глобалистика» и др. Хорошее знание названий географических объектов, обозначенных на географических картах (материков, океанов, морей, рек, озер, гор, равнин, и т.д.), обязательное для эколога, достигается постоянным и систематическим их изучением.

Для определения географического положения изучаемых объектов целесообразно использовать географические атласы, на последних страницах которых размещены указатели географических названий, например, атласы [2-4, 17, 19]. Каждое географическое название сопровождается номером страницы карты и индексом. Индекс выражен буквой и цифрой и определяет «квадрат», в котором расположен объект или начало названия объекта. «Квадраты» обычно образованы линиями картографической сетки, буквенные и численные индексы на картах даны вдоль рамок.

Все географические названия на карте Мирового океана имеют пояснение объекта, данное полностью или сокращенно, например: хр. – хребет, возв. – возвышенность и т. д. Чтобы найти в атласе интересующий объект, и понять, какому природному образованию он соответствует, следует отыскать в указателе это название с обозначением страницы и индекса «квадрата», а затем на карте найти искомый объект.

После визуального нахождения объекта необходимо нанести его на контурную карту. Затем в специальную тетрадь для географической номенклатуры выписывают не только названия географических объектов, но и их местоположение относительно частей океанов, побережий континентов и их частей, крупных островов, линий градусной сети и друг друга.

Контроль выполнения лабораторной работы осуществляется при помощи тестовых заданий с помощью компьютерной программы Indigo отдельно по каж-

дому океану, причем вопросы по течениям предусматривают необходимость дать одновременно два правильных ответа – название соответствующего течения, показанного на карте, и его качественную термическую характеристику.

Контрольные вопросы:

1. Назвать и показать на карте все известные вам холодные течения Атлантического, Индийского, Тихого и Северного Ледовитого океанов.

2. Перечислить и показать на карте крупнейшие желоба в Атлантическом океане.

3. Какие из нижеперечисленных котловин расположены в Тихом океане: Перуанская, Бразильская, Чилийская, Мозамбикская, Канарская, Беллинсгаузена, Северо-Восточная, Австрало-Антарктическая, Кокосовая, Южная? Найти их на карте.

4. Назвать и показать на карте глубочайшие впадины каждого океана. Найти их на карте.

5. Какие из нижеперечисленных разломов находятся не в Индийском океане: Буве, Диамантина, Кларион, Клиппертон, Оуэн, Пасхи, Романш, Элтанин?

6. Какой из данных географических объектов расположен севернее других: Алеутский желоб, Аляскинское течение, Зондский желоб, хребет Кергелен, Ландсортская впадина, хребет Ломоносова, Южно-Сандвичев желоб?

7. В каком океане расположены следующие подводные хребты: Восточно-Индийский, Кергелен, Маскаренский? Показать перечисленные географические объекты на карте.

8. В каких океанах действуют Западно-Австралийское, Калифорнийское, Лабрадорское, Шпицбергенское и Южное Пассатное течения? Как они направлены? Показать на карте и дать их термическую характеристику.

9. Назвать и показать на карте три крупных котловины в Северном Ледовитом океане.

Лабораторная работа 5 – Температура почвы и воздуха

Знакомство с основными типами термометров и методикой наблюдений. Освоение принципа работы термоэлектрических термометров. Измерение температуры термометром сопротивления. Знакомство с устройством термографа.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Изучить принцип работы приборов для измерения температуры воздуха. Составить в тетради краткий конспект сведений о них.

Задание 2. Измерить температуру воздуха, ввести необходимые поправки и обработать полученный результат.

Задание 3. Зарисовать общий вид термометра Савинова и вытяжного термометров с пояснением особенностей их устройства. На каких глубинах ими измеряют температуру почвы?

Указания к выполнению лабораторной работы:

1. Основные шкалы температуры.

Температура – физическая величина, показывающая количество тепла, получаемое каким-либо телом или средой и характеризующая кинетическую энергию молекулярных движений в этом теле или среде. Атмосфера получает больше тепла от подстилающей поверхности, чем непосредственно от Солнца, т. к. атмосфера слабо поглощает коротковолновую солнечную радиацию, а потому мало нагревается непосредственно от Солнца.

Основное количество тепла воздух получает в приземном слое в процессе поглощения длинноволновой радиации, излучаемой земной поверхностью, которая при этом охлаждается, а также за счет конвекции (нагретый, а потому более легкий воздух поднимается вверх, распространяя тепло в верхние слои), при выделении удельной теплоты парообразования (при конденсации водяного пара в атмосфере) и посредством молекулярной теплопроводности. Поэтому температура в тропосфере с высотой обычно понижается.

В метеорологии под температурой воздуха понимают температуру воздуха у земной поверхности, измеренная в метеорологической будке, причем резервуары термометров помещаются на высоте 2 м над поверхностью почвы.

Основные шкалы температуры:

- Цельсия,
- Кельвина (абсолютная),
- Международная система единиц (СИ),
- Фаренгейта,
- Ранкина,
- Реомюра.

В теоретической метеорологии применяют абсолютную шкалу температуры (шкалу Кельвина). Нуль этой шкалы соответствует полному прекращению теплового движения молекул, т. е. самой низкой возможной температуре (по шкале Цельсия – минус $273,18 \pm 0,03^\circ$).

Величина градуса абсолютной шкалы равна величине градуса шкалы Цельсия. Поэтому нуль шкалы Цельсия соответствует 273° абсолютной шкалы. По абсолютной шкале все значения температуры положительны (выше абсолютного нуля).

2. Правила измерения температуры воздуха в экспедиционных условиях.

При измерении температуры воздуха необходимо соблюсти следующие условия:

1. Воспринимающая часть прибора (жидкостный резервуар) должна находиться над подстилающей поверхностью на высоте не ниже 1,5 м (стандартная высота – 2 м; именно на таком расстоянии от подстилающей поверхности находятся воспринимающие части приборов в психрометрических будках на метеостанциях). Это связано с тем, что нижний слой воздуха до высоты 1,5 м находится под большим влиянием подстилающей поверхности.

2. Термометр должен:

- находиться в тени, поскольку на солнце он показывает собственную температуру прибора;
- хорошо проветриваться (хорошо обдуваться воздухом); в противном случае, он показывает температуру в том замкнутом пространстве, в котором он в данный момент находится;
- в этих условиях термометр должен быть выдержан не менее пяти минут, чтобы он успел воспринять температуру окружающей среды.

3. Показания термометров, применяемых в метеорологии, независимо от шкалы, снимают с точностью до 0,1 °С:

- отсчет снимают по вогнутой (если термометр спиртовой) или по выпуклой (если термометр ртутный) части мениска, луч зрения при этом должен быть перпендикулярен шкале в точке отсчета;
- вначале снимают доли градуса, т. е. определяют положение конца столбика жидкости в капилляре относительно шкалы (так как присутствие наблюдателя может повлиять на термометр (нагреть его) и изменить его показания на десятые доли градуса), и только потом – целые;

Условия, необходимые для измерения температуры воздуха, полностью соблюдаются в деревянных жалюзийных психрометрических будках на метеоплощадках и при правильной работе с аспирационными психрометрами.

3. Основные типы термометров для измерения температуры воздуха.

Для измерения температуры используют электрические, деформационные и жидкостные термометры.

Электрические термометры основаны на изменении под действием температуры либо электродвижущей силы в термоспаях (термоэлементы, термопары), либо электрического сопротивления проводников (термометры сопротивления, термисторы).

Деформационные термометры основаны на принципе изменения линейных размеров твердых тел с изменением температуры. Чувствительным элементом деформационных термометров служит двойная (биметаллическая) пластинка, спаянная из двух металлических пластинок, обладающих различными коэффициентами теплового расширения. При изменении температуры такая биметаллическая пластинка изгибается вследствие различного расширения двух составляющих ее полосок. Эти чувствительные элементы используют в термографах, которые применяются для непрерывной записи колебаний температуры во времени. В зависимости от продолжительности действия термографа (и другие самописцы) бывают, например, суточными и недельными, месячными.

Жидкостные термометры основаны на принципе изменения объема жидкости при изменении температуры. В качестве термометрической жидкости обычно применяют ртуть или спирт. Спиртовые термометры используют для измерения низких температур (в частности, в минимальных термометрах), так как спирт замерзает при минус 117,3, а ртуть — при минус 38,9.

Различают термометры: минимальные (показывают минимальную температуру за период наблюдений), максимальные (показывают максимальную температуру за период наблюдений) и срочные, показывающие температуру в момент снятия отсчета.

Контрольные вопросы:

1. Какие температурные шкалы используются в метеорологии и гидрологии?
2. Какие приборы служат для измерения температуры?
3. Какие типы термометров используются в метеорологии для измерения температуры воздуха?
4. Перечислите основные условия, соблюдение которых необходимо при измерении температуры воздуха.
5. Каков порядок снятия показаний термометров?
6. С какой точностью производится отсчет по термометру?

Лабораторная работа 6 – Географическое распределение температуры воздуха над земной поверхностью

Цель работы: Знакомство с новыми понятиями (средняя расчетная температура лучистого равновесия, горизонтальный градиент температуры, термический экватор). Вычисление значений среднегодовой температуры, горизонтального термического градиента.

Изучение распределения температуры воздуха над материками и океанами в разные сезоны, сопоставление изменений пространственного распределения в различных широтах Земли. Анализ общих закономерностей географического распределения температуры воздуха над различными типами земной поверхности.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Используя данные таблицы 2, построить совмещенный график средней расчетной температуры лучистого равновесия температуры и средней годовой температуры воздуха.

Таблица 2 – Распределение по широтам средней расчетной температуры лучистого равновесия (по Ф. Бауру) и фактически наблюдаемой среднегодовой температуры воздуха (по К. В. Пашкангу, 1982) у земной поверхности

Широта, φ° ш.	Средняя расчетная температура лучистого равновесия, $^\circ\text{C}$	Широта северная, φ° с. ш.	Фактическая среднегодовая температура, $^\circ\text{C}$	Широта южная, φ° ю. ш.	Фактическая среднегодовая температура, $^\circ\text{C}$
90	Минус 44	90	Минус 22,7	0	26,2
80	Минус 41	80	Минус 17,2	10	25,3
70	Минус 32	70	Минус 10,7	20	22,9
60	Минус 20	60	Минус 1,1	30	18,4
50	Минус 6	50	5,8	40	11,8
40	8	40	14,1	50	5,8
30	22	30	20,4	60	Минус 3,4
20	32	20	25,3	70	Минус 13,6
10	36	10	26,7	80	Минус 27,0
0	39	0	26,2	90	Минус 33,1

Построение графика распределения температуры воздуха у земной поверхности на разных широтах выполняют на миллиметровой бумаге формата А4 (размер 210×297 мм), альбомная ориентация.

На оси абсцисс откладывают градусы широты: нуль градусов (экватор) располагают примерно посередине горизонтальной оси, налево от нуля – граду-

сы широт северного полушария, направо – южного. Значения температуры воздуха откладывают на оси ординат. Ось абсцисс делит ось температур (вертикальная ось) на два отрезка: вверх от горизонтальной линии откладывают положительные значения температур, вниз – отрицательные, нулевая отметка температуры ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) должна совместиться с осью абсцисс.

Ниже графика по центру располагают его название и условные обозначения:

«Кривые распределения на разных широтах Земли:

————— – *средней расчетной температуры лучистого равновесия;*
- - - - - – *фактической средней годовой температуры воздуха.»*

Рядом с названиями шкал температуры и давления (слева и справа от кривых, выше них) указывается генеральная ориентировка графика (например, *N* и *S*, или *C* и *Ю* и т. п.). Подписывают чертеж, как обычно, в правом нижнем углу листа (см. пояснения к заданию 1 в лабораторной работе 2).

Задание 2. Используя данные таблицы 2, карты температуры воздуха января и июля в атласах [17, 19] и вычерченные кривые распределения температуры воздуха у земной поверхности на разных широтах, изучить и проанализировать распределение температуры воздуха на Земле:

а) вычислить фактическую среднегодовую температуру воздуха северного и южного полушарий;

б) рассчитать горизонтальный термический градиент для северного и южного полушарий;

в) найти, между какими широтами различия фактической среднегодовой температуры воздуха наименьшие и между какими наибольшие в северном и южном полушариях;

Среднегодовую температуру воздуха северного и южного полушарий (задание 2а) вычисляют как среднее арифметическое из десяти значений фактической среднегодовой температуры широтных кругов отдельно для каждого полушария (Таблица 2). Значение температуры на экваторе учитывается для обоих полушарий. Результат округлить до сотых долей градуса Цельсия.

Выполняя задание 2б, необходимо помнить, что *горизонтальный градиент температуры* – это вектор, характеризующий убывание температуры в атмосфере на единицу расстояния, и относится чаще всего к расстоянию 100 км.

Задание 3. Изучить распределение температуры воздуха на земном шаре в январе и в июле, показанное на рис. 1-2, сопоставить изменения пространствен-

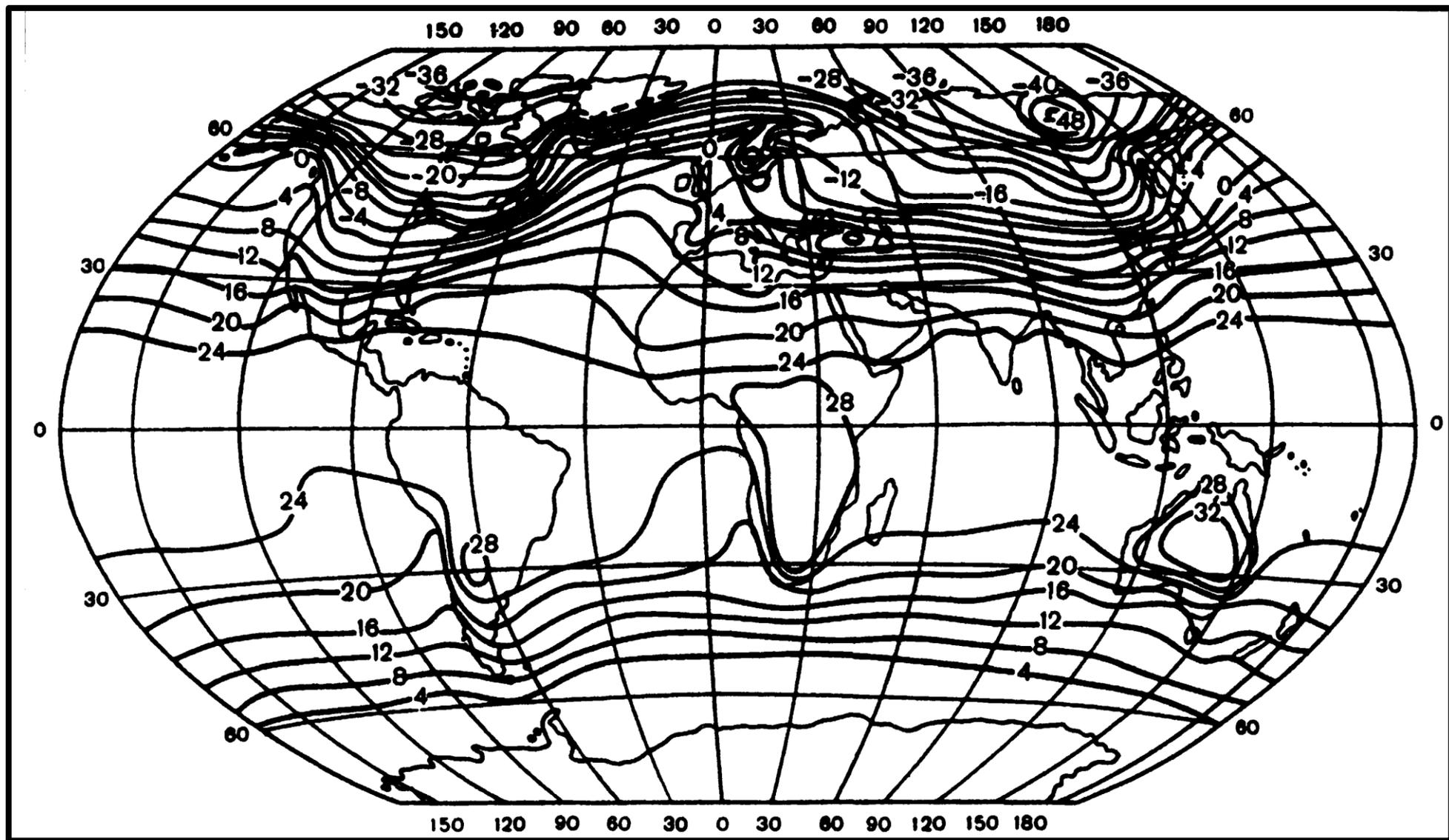


Рисунок 1 – Распределение средней месячной температуры воздуха на уровне моря в январе (°C) [50]

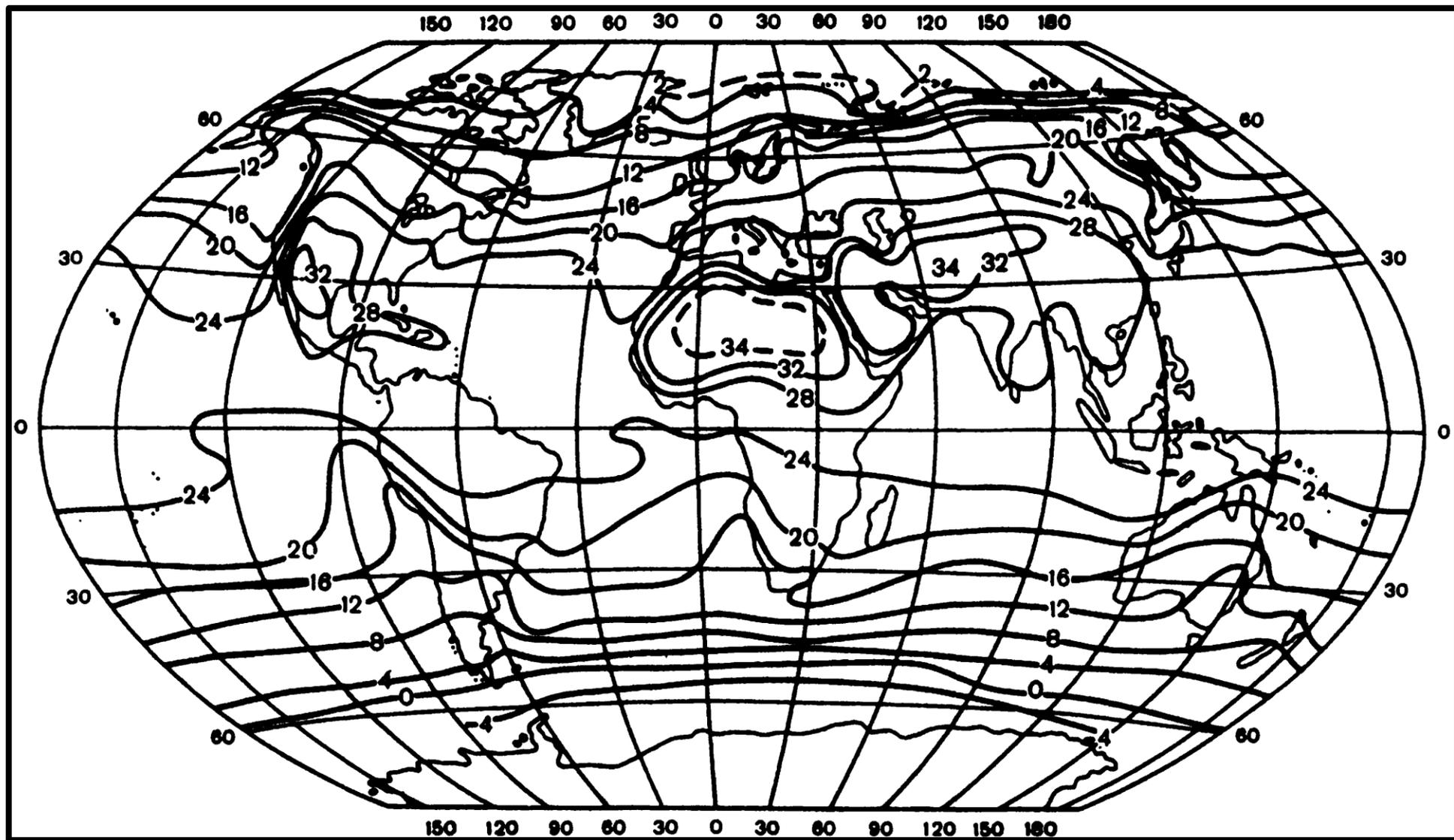


Рисунок 2 – Распределение средней месячной температуры воздуха на уровне моря в июле (°C) [50]

ного распределения в различных широтах Земли. Где (назвать полушарие, широты) годовые колебания температуры воздуха наибольшие и где – наименьшие? Объяснить причину различий.

Задание 4. Выявить положительные и отрицательные аномалии в распределении температуры воздуха над земной поверхностью. Записать в тетради их положение, объяснить причины формирования. Описать положение языков тепла и холода в разные сезоны.

Указания к выполнению лабораторной работы:

1. Общие понятия о распределении и изменениях температуры воздуха у земной поверхности (на уровне моря).

Температура воздуха постоянно меняется, обнаруживая суточный и годовой ход. Общая закономерность распределения температуры в нижнем слое тропосферы – ее понижение в направлении от экватора к полюсам по мере уменьшения угла падения солнечных лучей, и, как следствие, уменьшения количества тепла, поступающего на единицу поверхности. При этом прогревание земной поверхности Солнцем ослабевает, и температура воздуха понижается. Однако если бы средняя годовая температура воздуха зависела только от широты, ее распределение в северном и южном полушариях было бы одинаковым, и она равномерно бы уменьшалась от экватора к полюсам (Таблица 2).

В действительности на распределение средней годовой температуры воздуха над земным шаром существенно влияют условия притока солнечной радиации на границу атмосферы и на земную поверхность и различия в характере подстилающей поверхности, рельеф местности, морские течения. Поверхность суши скорее нагревается и скорее отдает тепло, чем поверхность воды, обладающей очень большой теплоемкостью. Поэтому в теплое время года и днем воздух над материком теплее, а в холодное время и ночью холоднее, чем над океаном (водной поверхностью).

Как следствие, помимо географического экватора, на нашей планете возникает также *термический экватор* – самая теплая параллель, т. е. параллель с наиболее высокой средней температурой воздуха, годовой или определенного месяца. В среднем годовом термический экватор располагается на 10° с. ш. с температурой воздуха около 27°C . В течение года термический экватор остается в северном полушарии, перемещаясь летом в более высокие широты, а зимой – в более низкие, ближе к экватору географическому (вслед за ним смещаются и все остальные тепловые области). Это объясняется значительными размерами материковой суши в тропиках северного полушария.

Кроме того, большое влияние на температуру воздуха оказывает перенос тепла из низких широт в высокие в процессе общей циркуляции атмосферы,

обуславливающей перемещение воздушных масс. Вследствие переноса тепла на экваторе температура воздуха ниже, а на полюсах выше, чем была бы без этого процесса. Межширотный теплообмен приводит в низких широтах к понижению температуры на 7-13 °С и в высоких широтах – к повышению температуры на 19-23 °С (Таблица 2). Это означает, что благодаря обмену воздухом и теплом между различными широтами области, расположенные в высоких широтах, приобретают дополнительное тепло, а расположенные в низких широтах охлаждаются за счет притока более холодного воздуха из высоких широт.

На климатических картах распределение температуры воздуха у земной поверхности показывают при помощи *изотерм* – линий, соединяющих точки с одинаковой температурой. О сложном ее распределении можно судить по картам средних январских, июльских и годовых изотерм, на которых в большинстве случаев ход изотерм чрезвычайно прихотливый.

2. Режим температуры воздуха в Калининградской области.

Среднегодовая температура воздуха на территории Калининградской области меняется мало, уменьшаясь с юго-запада на северо-восток от 7,5 до 6,5 °С.

Влияние Балтийского моря на климат области с сентября по март носит отепляющий характер, а с мая по июль – охлаждающий. Апрель и август характеризуются распределением температуры воздуха, близким к широтному: они возрастают с севера на юг (т. е. влияние Балтийского моря минимально).

Контрольные вопросы:

1. Описать суточный и годовой ход температуры воздуха.
2. Где расположены области наибольшего отклонения изотерм от западно-восточного направления? Объяснить отклонение изотерм от западно-восточного направления.
3. Объяснить причины существования областей с наиболее высокими и наиболее низкими среднеянварскими и среднеиюльскими температурами.
4. Указать, в каком полушарии и почему изотермы имеют более плавный ход.
5. Сравнить степень нагревания и охлаждения суши и моря в июле и январе.
6. Каковы закономерности изменения годовой амплитуды температуры воздуха в направлении от экватора к полюсам? На каких широтах земного шара наблюдаются максимальные амплитуды температуры воздуха?

Лабораторная работа 7 – Внешний вид (морфология) минералов.

Цель работы: изучить основные варианты нахождения минералов в природе, получить навык составления характеристики минеральных видов по внешним признакам.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Рассмотреть и изучить образцы минеральных видов из коллекций минералов и горных пород. Определить их морфологическую форму.

Задание 2. Заполнить ведомость морфологических особенностей представленных в коллекции минералов по образцу табл. 3. Запомнить основные морфологические особенности изученных кристаллов.

Таблица 3 – Морфологические особенности минералов

Название минерального образца	Химическая формула	Морфологическая форма	Габитус кристалла	Характерные признаки	Графическое изображение
Аметист					
Горный хрусталь					
Кварц					
Кальцит					
Пирит					
Галит					
Малахит					
Мусковит					

Указания к выполнению лабораторной работы:

Минералы – природные химические соединения или самородные элементы, возникшие в результате разнообразных физико-химических процессов, происходящих в земной коре и на ее поверхности.

Бывают: твердые, жидкие, газообразные (известно по разным оценкам около 4000 видов.)

Минералы встречаются совместно, группами, образуя естественные скопления – горные породы.

Минералогия — наука о минералах, изучающая их физические свойства, химический состав, условия образования и распространения в природе, а также возможность использования в промышленности.

Твердые минералы встречаются в виде:

1. Кристаллических веществ (кристаллов). Это твердые тела, атомы или молекулы которых занимают упорядоченные положения в пространстве.

2. Аморфных (стеклообразных) веществ, характеризующихся отсутствием кристаллического строения. Образуют бесформенные массы (например, янтарь, жемчуг – биогенные образования). Они подобны жидкостям или расплавам. Физические свойства изотропны, то есть одинаковы во всех направлениях. При нагревании аморфные вещества не плавятся, а размягчаются.

3. Кроме явно кристаллических веществ, в земной коре распространены скрытокристаллические вещества, к числу которых относятся коллоиды (гели, золи).

Примером зелей могут служить железистые воды, гелей – лимонит, опал, бирюза.

Потерявшие с течением времени воду гели подвергаются перекристаллизации, при этом часто возникают радиально-лучистые, зернистые или волокнистые агрегаты, которые называют метаколлоидами. Твердые коллоиды представляют собой скрытокристаллические вещества.

Свойства кристаллических веществ.

1. Способность к самоограничению, то есть способность образовывать кристаллы.

2. Анизотропность (неравносвойственность) – в зависимости от направления в кристалле меняются свойства: механические, оптические, термические, химические, электрические.

3. Однородность кристаллического вещества. Любая частица кристалла данного вещества имеет тот же химический состав, что и целый кристалл и такое же внутреннее строение.

Эта особенность кристаллического вещества имеет большое практическое значение – с целью получения химически чистого вещества его кристаллизуют, различные примеси при этом остаются в растворе.

Кристаллы отличаются от аморфных тел тем, что атомы и ионы в кристаллах расположены закономерно, в определенном порядке и образуют так называемую кристаллическую решетку.

Различают три типа кристаллических решеток.

1. Атомный – в узлах решетки расположены атомы, например алмаз.

2. Ионный – в узлах решетки расположены ионы, например галит, сильвин.

3. Молекулярный – в узлах решетки расположены молекулы, такая решетка присуща органическим соединениям (сахар, лимонная кислота).

Формы нахождения минералов в природе разнообразны и зависят от условий образования. Это либо отдельные кристаллы или их закономерные сростки (двойники), либо четко обособленные минеральные скопления, либо, чаще, скопления минеральных зерен – минеральные агрегаты.

Всё разнообразие существующих форм кристаллов можно подразделить на три группы, обладающие характерным обликом, или габитусом:

1. Изометричные формы – имеющие близкие размеры во всех направлениях: кубы (галенит, пирит), тетраэдры (сфалерит), октаэдры (магнетит, пироксор), ромбододекаэдры (гранат) и др.

2. Вытянутые в одном направлении формы – призматические, столбчатые, шестоватые, игольчатые, волокнистые, лучистые кристаллы (турмалин, берилл, пироксен, амфибол, рутил и др.).

3. Вытянутые в двух направлениях (уплощенные) – таблитчатые, пластинчатые, листоватые, чешуйчатые (слюда, хлорит, молибденит, графит и др.).

Среди обособленных минеральных скоплений наиболее часто встречаются друзы, представляющие скопления кристаллов, приросших к стенкам пещер или трещин.

Секрции – результат постепенного заполнения ограниченных пустот минеральным веществом, отлагающимся на их стенках. Они имеют концентрическое строение, отражающее стадийность формирования. Мелкие секрции называются миндалинами, крупные – жеодами.

Конкреции – более или менее округлые образования, возникшие путем осаждения минерального вещества вокруг какого-либо центра кристаллизации. С этим часто связано концентрическое или радиально-лучистое строение конкреций.

При быстрой кристаллизации в тонких трещинах или вязком веществе (например, в глине) возникают формы, напоминающие веточки дерева – дендриты.

Мелкие округлые образования обычно концентрического строения называются оолитами. Их возникновение связано с выпадением минерального вещества в подвижной водной среде.

Натечные образования, осложняющие поверхности пустот, возникают при кристаллизации минерального вещества из просачивающихся подземных вод. Натёки, свисающие со сводов пустот, называются сталактитами, растущие вверх со дна пещер – сталагмитами. На поверхности трещин могут развиваться плоские минеральные пленки, имеющие разное строение.

Явление полиморфизма выражается в том, что в природе встречаются минералы одного и того же химического состава, кристаллизующиеся в разных кристаллических формах. Это объясняется различной формой кристаллических решеток при одинаковом химическом составе. Например, графит и алмаз.

В природе можно встретить минералы одной и той же кристаллической формы, но с переменным химическим составом. Это явление, при котором в кристаллической решетке какого-либо вещества допускается замена одних

ионов, например, железа (Fe^{2+}) ионами другого вещества (Ca^{2+}) без изменения основной формы кристаллической решетки, называется изоморфизмом.

Некоторые минералы встречаются в кристаллических формах, не присущих данному соединению и дают кристаллы нехарактерной для данного соединения формы – ложные формы или псевдоморфозы.

Различают два вида псевдоморфоз:

1. псевдоморфозы превращения, 2. псевдоморфозы вытеснения.

Псевдоморфозы превращения характеризуются тем, что вещественный состав одного минерала заменяется вещественным составом другого минерала, причем сохраняется часть химических элементов, входящих в состав первого минерала. Часто наблюдаются псевдоморфозы лимонита по пириту и по сидериту.

Псевдоморфозы вытеснения отличаются тем, что вещественный состав одного минерала полностью замещается вещественным составом другого минерала.

Такие растворимые в воде минералы, как гипс, кальцит, под действием циркулирующих вод могут выноситься в растворенном виде. Остающаяся на месте кристалла пустота в дальнейшем может быть заполнена другим минералом, например, халцедоном.

Так возникают псевдоморфозы халцедона, кварца по кальциту и по гипсу. Окаменелое дерево, например, представляет собой псевдоморфозу вытеснения. Органическое вещество дерева разлагается, вымывается и замещается минеральными соединениями (халцедоном, опалом). Форма органической ткани сохраняется, хотя вещественный состав меняется. Также встречаются псевдоморфозы по раковинам морских животных.

Контрольные вопросы:

1. Что такое минерал?
2. Перечислите основные свойства кристаллических веществ.
3. Какая форма называется минеральным агрегатом?
4. Что такое габитус кристалла?
5. Какие существуют агрегаты минералов?
6. В чем заключается отличие конкреций от секретий?
7. Что такое псевдоморфоза и как она образуется?

Лабораторная работа 8 – Основы кристаллографии.

Цель работы: изучить основные положения кристаллографии, получить навык описания кристаллов, определять и показывать элементы симметрии кристаллов.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Используя модели кристаллов (выдает преподаватель), показать основные элементы ограничения кристаллов: грани, ребра, вершины, граничные углы.

Задание 2. Определить и зарисовать в тетради основные типы граней данных кристаллов. (Таблица 4).

Таблица 4 – Типы граней кристаллов

Кристалл	Название грани	Визуальное отображение
Аметист		
Пирит		
Галит		
Кварц		
Кальцит		

Задание 3. На моделях кристаллов определить основные элементы симметрии: центр симметрии, ось симметрии, плоскость симметрии.

Задание 4. Определить, к какому виду симметрии, сингонии и категории сингоний относится каждый из кристаллов, модели которого рассматривались.

Задание 5. Установить название простой формы. Все результаты оформить и записать в тетрадь по образцу таблицы 5.

Таблица 5 – Типы граней кристаллов

Образец	Тип грани	Вид симметрии	Сингония	Категория	Название

Указания к выполнению лабораторной работы:

Кристаллография – наука о кристаллах. Она изучает форму, внутреннее строение, происхождение и свойства кристаллических веществ.

Кристаллическое строение минералов выражено в их геометрически правильной многогранной форме.

Минералы, имеющие кристаллическое строение, характеризуются правильным, упорядоченным расположением составляющих их материальных частиц: атомов, ионов и молекул. Такое упорядоченное расположение в пространстве атомов, ионов, молекул образует структуру кристаллов, или их кристаллическую (пространственную) решетку.

Кристаллическое вещество имеет строго закономерное внутреннее строение. Таким образом, кристаллами называются твердые тела в виде многогранников, в которых слагающие их частицы (атомы, ионы, молекулы) расположены закономерно.

Для формирования кристаллической структуры минералов большое значение имеют физико-химические и термодинамические условия.

Поверхность кристаллов ограничена плоскостями, которые называются гранями (Рисунок 3). Места соединения граней называются ребрами, точки пересечения ребер называются вершинами. Углы между гранями называются граничными углами. Грани, ребра и вершины называются элементами ограничения кристаллов.

Грани кристаллов соответствуют плоским сеткам пространственной решетки, ребра – рядам и вершины углов – узлам пространственной решетки. Пространственная решетка имеет бесконечное множество плоских сеток, рядов и узлов.

В природе хорошо ограненные кристаллы встречаются сравнительно редко. В большинстве случаев кристаллические вещества не имеют геометрически правильной многогранной формы, хотя и обладают закономерным внутренним кристаллическим строением.

Все важнейшие свойства кристаллических веществ являются следствием их внутреннего закономерного строения.

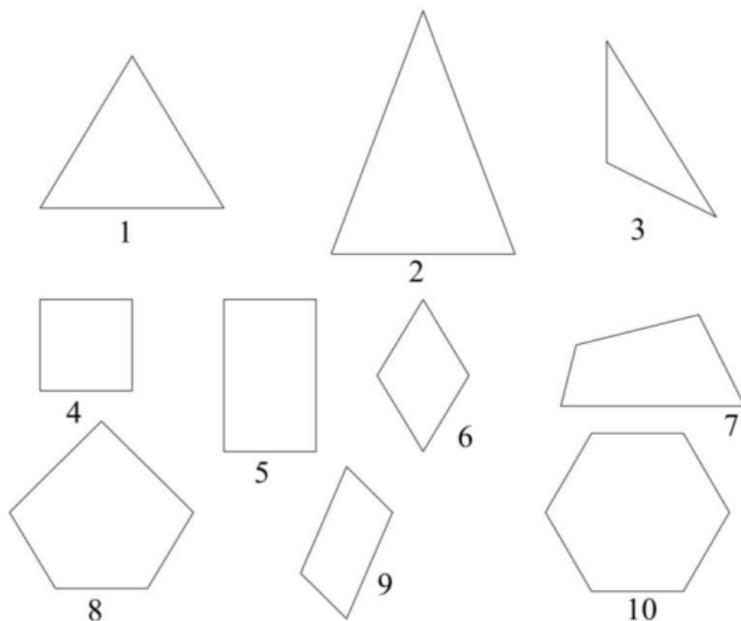


Рисунок 3 – Типы граней кристалла: 1 – тригон, 2 – дельта, 3 – скалена, 4 – тетрагон, 5 – призматическая грань, 6 – ромб, 7 – трапециод, 8 – пентагон, 9 – ромбоид, 10 – гексагон (по Н.Н. Васильева, 2017)

Одним из важнейших положений кристаллографии является закон постоянства граничных углов: кристаллы одного и того же минерала могут иметь разную форму, величину и число граней, но углы между соответствующими гранями будут равны и постоянны.

При благоприятных условиях притока однородного вещества к растущему кристаллу он развивается в правильный многогранник. В природе такие условия наблюдаются редко, поэтому кристаллы имеют искаженные формы. Благодаря тому, что углы между соответствующими гранями у кристаллов од-

ного и того же минерала постоянны, удается установить истинную форму кристаллов, даже изучая искаженные формы.

Закон постоянства граничных углов установлен в 1669 г. датским ученым Н. Стено (1638-1687 гг.) на кристаллах железного блеска и горного хрусталя, в 1763 г. закон был подтвержден М.В. Ломоносовым, а в 1772 г. французским ученым Роме де Лиллем (1736-1790 гг.).

У идеально образованных кристаллов наблюдается симметрия. Симметрия – закономерность в расположении элементов ограничения кристалла, выражающаяся в повторяемости его частей при вращении.

Центр симметрии (С) – воображаемая точка, расположенная внутри кристалла, в которой пересекаются и делятся пополам линии, соединяющие соответствующие точки на поверхности кристалла. На равных расстояниях от точки симметрии в противоположных направлениях расположены одинаковые элементы ограничения кристалла (грани, вершины) (Рисунок 4). Центр симметрии у кристалла может быть только один, или его нет совсем

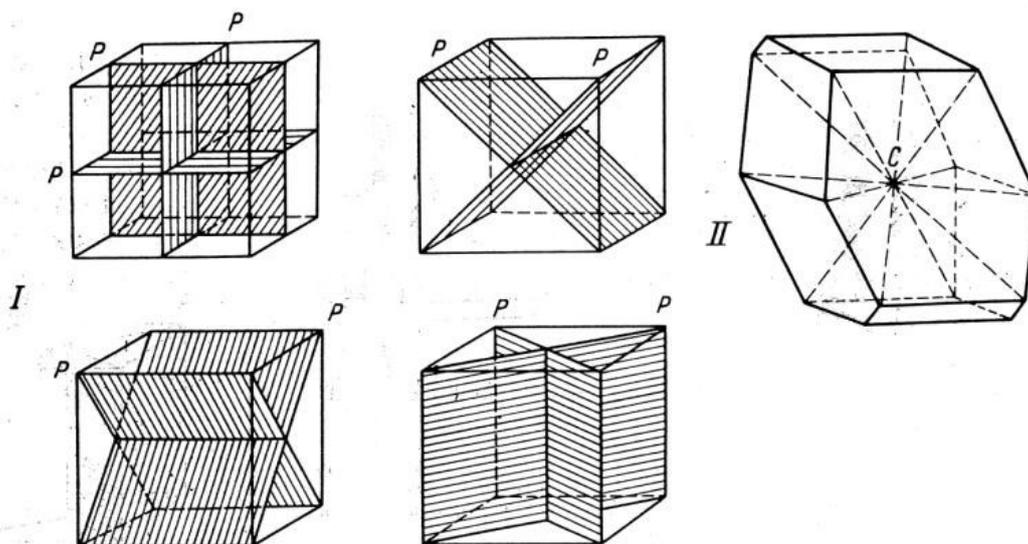


Рисунок 4 – I – плоскости симметрии в кубе; II – центр симметрии (по В.Н. Павлинов и др., 1983)

Плоскость симметрии (P) – мысленно проведенная плоскость, которая делит кристаллы на две зеркально равные части. В кристаллах могут быть 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 9 плоскостей симметрии. Восьми и более девяти плоскостей симметрии в кристаллах быть не может. Многие кристаллы вообще не имеют ни одной плоскости симметрии. Например, в кубе выделяют девять плоскостей симметрии (Рисунок 4).

Ось симметрии (L) – прямая линия, при повороте вокруг которой всегда на один и тот же угол все части кристалла симметрично повторяются n раз.

Число n , показывающее, сколько раз при повороте на 360° вокруг оси кристалл может совмещаться с исходным положением, называется порядком и обозначается цифрой, которая ставится вверху справа от L. При повороте на

360° совмещение граней в кристаллах возможно 2, 3, 4 или 6 раз (т.е. при каждом повороте на 180°, 120°, 90° и 60°). Число n всегда целое. В кристаллах возможны оси второго L^2 , третьего L^3 , четвертого L^4 и шестого L^6 порядков. Оси симметрии L^2 называются осями низшего порядка. Оси симметрии L^3 , L^4 , L^6 называются осями высшего порядка. Оси симметрии пятого и выше шестого порядка в силу закономерностей внутреннего строения кристаллов невозможны.

Во внешней симметрии кристаллов отражается правильность их внутреннего строения. Кристаллы часто кажутся несимметричными. Это зависит от условий их роста. Для того чтобы обнаружить симметрию кристалла, необходимо измерить его углы. Измеряются углы при помощи гониометра (угломера).

В настоящее время по степени симметрии кристаллы делят на кристаллографические классы, или виды, симметрии.

К одному классу относятся кристаллы с одинаковым набором элементов симметрии. Такое распределение по классам и системам значительно облегчает описание и изучение кристаллов, давая возможность по признакам симметрии заранее предсказать многие его свойства.

В кристаллах наблюдается строго определенная комбинация элементов симметрии. Русский ученый А.В. Гадолин в 1869 г. установил, что в кристаллах возможны 32 комбинации элементов симметрии. Эти 32 комбинации называют кристаллографическими классами, или видами симметрии.

Все виды, или классы, симметрии группируются условно по степени сложности в семь крупных групп, или систем, называемых сингониями (от греч. «син» – сходный и «гония» – угол). Среди них выделяются разновидности низших, средних и высших сингоний (Таблица 6).

Таблица 6 – Классификация видов симметрии (по Н.Н. Васильевой, 2017)

Категория	Сингония	Класс симметрии	Формула	Характеристика
1	2	3	4	5
Низшая	Триклинная	Моноэдрический	L^1	К триклинной сингонии относятся наименее симметричные кристаллы. Из возможных элементов симметрии наблюдается только центр симметрии (С) или эти элементы отсутствуют
		Пинакоидальный	С	
	Моноклинная	Диэдрический безосный	Р	К моноклинной сингонии относятся кристаллы, которые имеют или
		Диэдрический осевой	L^2	
		Призматический	L^2PC	

Категория	Сингония	Класс симметрии	Формула	Характеристика
1	2	3	4	5
	Ромбическая	Ромботетраэдрический	$3L^2$	К ромбической сингонии относятся кристаллы, имеющие одну или три оси второго порядка и две или три перпендикулярные им плоскости симметрии, а также кристаллы с тремя осями второго порядка без плоскости симметрии. В поперечном сечении они имеют форму ромба
		Ромбопиримидальный	L^22P	
		Ромбодипиримидальный	$3L^23PC$	
Средняя	Тетрагональная	Тетрагональнопиримидальный	L^4	Кристаллы средней категории одинаково развиты по двум (или трем) кристаллографическим осям, лежащим в одной плоскости. Вдоль третьей оси, расположенной перпендикулярно к двум (или трем) первым, кристаллы развиты больше или меньше. Поэтому кристаллы средней категории имеют столбчатый, шестоватый, игольчатый или таблитчатый, листоватый, пластинчатый облик. Кристаллы тетрагональной и тригональной сингонии имеют соответственно четырехугольное и треугольное поперечное сечение. Кристаллы гексагональной сингонии обычно имеют шестиугольное поперечное сечение
		Тетрагональнодипиримидальный	L^4PC	
		Дитетрагональнопиримидальный	L^4P	
		Дитетрагональнодипиримидальный	L^4L^25PC	
		Тетрагональнотрапецоэдрический	L^4L^2	
		Тетрагональнотетраэдрический	L^4	
		Тетрагональноскеленоэдрический	L^33L^23PC	
	Тетрагональнопиримидальный	L^3		
	Тригональная	Дитригональнопиримидальный	L^33P	
		Ромбоэдрический	L^3C	
		Тригональнотрапецоэдрический	L^33L^2	
		Дитригональноскалеоэдрический	$L^33L^24PL^63L^23P$	
		Тригональнодипиримидальный	L^3P	
		Дитригональнодипиримидальный	L^33L^24P	
	Гексагональная	Гексагональнопиримидальный	L^6	
		Гексагональнодипиримидальный	L^6PC	
		Дигексагональнодипиримидальный	L^66L^27PC	
		Гексагональнотрапецоэдрический	L^66L^2	

Категория	Сингония	Класс симметрии	Формула	Характеристика
1	2	3	4	5
Высшая	Кубическая	Тритетраэдрический	$3L^24L^3$	Кубическая сингония характеризуется высшим сочетанием элементов симметрии. Здесь объединяются наиболее симметричные изометричные кристаллы
		Дидодекаэдрический	$3L^24L^33PC$	
		Гексатетраэдрический	$3L^24L^36P$	
		Триоктаэдрический	$3L^44L^36L^2$	

Формой кристалла называют совокупность всех его граней. Природные многогранники – кристаллы – могут быть представлены в виде простых форм или их комбинаций.

Совокупность граней, которая может быть получена из исходной грани при действии всех элементов симметрии данного кристалла, называется простой формой. Простая форма – это такая фигура в кристалле, все грани которой при равномерном развитии по размеру и форме одинаковы.

Существует 47 простых форм (Рисунок 5). Каждая из них характеризуется количеством, формой и расположением граней. Для того чтобы различать на кристаллах простые формы, необходимо знать общее правило: сколько на равномерно развитом кристалле разных граней, столько будет и простых форм.

Для понимания названий простых форм следует знать некоторые греческие слова, от которых происходят эти названия: «эдра» – грань, «гония» – угол, «син» – сходный, «клинэ» – наклон, наклоняю, «пинакс» – доска, «поли» – много, «моно» – одно, один, «ди» – два, дважды, «три» – три, трижды, «тетра» – четыре, четырежды, «пента» – пять, «гекса» – шесть, «окта» – восемь, «дека» – десять, «додека» – двенадцать, «скалена» – кривой, неровный.

Моноэдр – простая форма, состоящая из одной грани. Пинакоид состоит из двух параллельных граней. Диэдр, как простая форма, представляет собой две равные пересекающиеся грани. Например, скаленоэдр является простой формой, состоящей из равных разносторонних треугольников. Скаленоэдры встречаются только в тригональной и тетрагональной сингониях.

Куб (гексаэдр) представляет собой шесть попарно параллельных квадратных граней. Если каждую грань заменить четырьмя треугольными гранями, то получится простая форма, которая называется тетрагексаэдр.

Простые формы могут замыкать и не замыкать пространство, в связи с чем, они называются открытыми и закрытыми. Призма является открытой формой, так как она не замыкает пространство. Сложение двух пирамид основаниями даёт дипирамиды различного сечения. Дипирамида является закрытой

формой, поскольку она полностью замыкает пространство, пусть даже на продолжении своих граней.

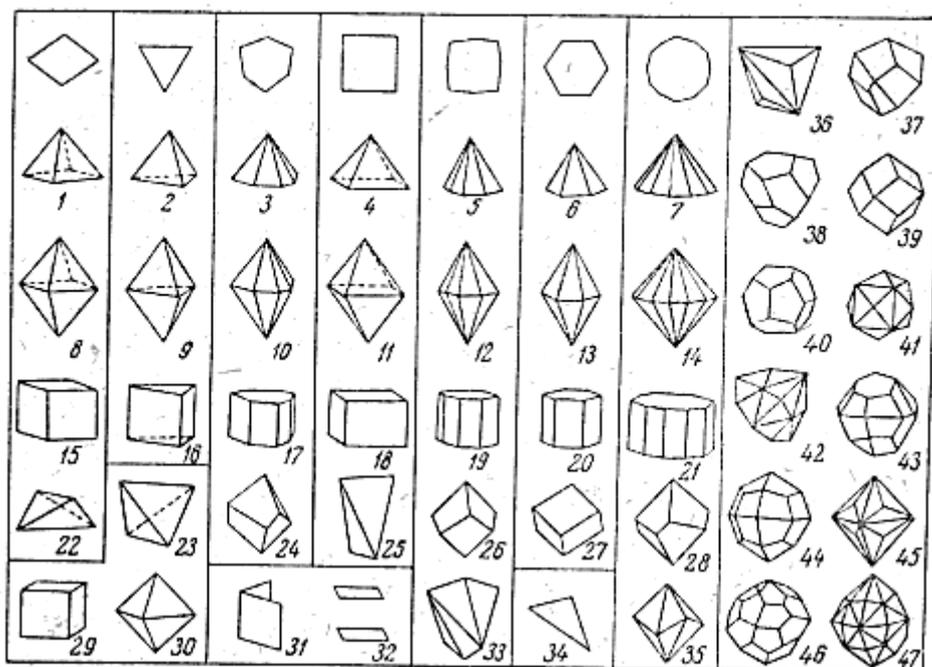


Рис. 6. Простые формы кристаллов:

1 — ромбическая пирамида; 2 — тригональная пирамида; 3 — дитригональная пирамида; 4 — тетрагональная пирамида; 5 — дитетрагональная пирамида; 6 — гексагональная пирамида; 7 — дигексагональная пирамида; 8 — ромбическая дипирамида; 9 — тригональная дипирамида; 10 — дитригональная дипирамида; 11 — тетрагональная дипирамида; 12 — дитетрагональная дипирамида; 13 — гексагональная дипирамида; 14 — дигексагональная дипирамида; 15 — ромбическая призма; 16 — тригональная призма; 17 — дитригональная призма; 18 — тетрагональная призма; 19 — дитетрагональная призма; 20 — гексагональная призма; 21 — дигексагональная призма; 22 — ромбический тетраэдр; 23 — тетраэдр; 24 — тригональный трапецоэдр; 25 — тетрагональный тетраэдр; 26 — тетрагональный трапецоэдр; 27 — ромбоэдр; 28 — гексагональный трапецоэдр; 29 — куб; 30 — октаэдр; 31 — диэдр; 32 — пинаконд; 33 — тетрагональный скаленоздр; 34 — моноэдр; 35 — дитригональный скаленоздр; 36 — тригонритетраэдр; 37 — тетрагонритетраэдр; 38 — пентагонритетраэдр; 39 — ромбододекаэдр; 40 — пентагондододекаэдр; 41 — тетрагексаэдр; 42 — гексатетраэдр; 43 — дидодекаэдр; 44 — тетрагонтриоктаэдр; 45 — тригонтриоктаэдр; 46 — пентагонтриоктаэдр; 47 — гексаоктаэдр.

Рисунок 5 – Простые формы кристаллов (по В.Н. Шарай и др., 1971)

В кристаллах могут присутствовать одна, две или несколько простых форм. Сочетание двух или нескольких простых форм называется комбинацией.

Комбинироваться между собой могут только простые формы, относящиеся к одному виду симметрии, например, куб и октаэдр, гексагональная призма и двойная гексагональная пирамида и т.д. Простые формы в различных сочетаниях образуют самые разнообразные комбинации геометрических форм, которые характерны для природных кристаллов. Например, кристалл аметиста является комбинацией двух простых форм средней сингонии гексагональной призмы и гексагональной пирамиды.

Контрольные вопросы:

1. Как образуются кристаллы?
2. Назовите важнейшие свойства кристаллических веществ?
3. Назовите элементы ограничения кристалла?
4. Что такое кристаллографические сингонии?
5. Назовите основные элементы симметрии кристаллов.

Лабораторная работа 9 – Физико-диагностические свойства минералов. Определение минералов по внешним признакам.

Цель работы: изучить основные физико-диагностические свойства минералов, научиться определять минералов по внешним признакам.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Определить физические свойства предложенных преподавателем минералов: цвет, побежалость, иризацию, цвет черты, характер блеска, прозрачность, спайность, излом, магнитность, удельный вес, запах, гигроскопичность, реакцию с соляной кислотой, шероховатость, жирность, форму нахождения.

Задание 2. Определить вид минерала по внешним признакам. Перед началом работы необходимо ознакомиться и запомнить самые характерные свойства широко распространенных минералов (Таблица 7).

Таблица 7 – Характерные свойства наиболее распространенных минералов (по В.Н. Шарай и др., 1971)

Весьма совершенная спайность в одном направлении	Совершенная спайность в двух направлениях	Совершенная спайность в трех направлениях	Низкая твердость	Раковистый излом	Металлический блеск	Высокий удельный вес	Соле-ный	Вски-пает в HCl	Сильно маг-нитный
Слюды, тальк, гипс	Полевые шпаты	Кальцит, галит	Тальк, гипс, као-линит	Опал, халце-дон	Пирит	Пи-рит	Галит	Каль-цит	Магне-тит

2.1. Опишите подробно все свойства и особенности формы образца, выданного преподавателем, сделайте записи в лабораторной тетради по форме таблицы 8.

Таблица 8 – Определение минералов по внешним признакам (пример)

Блеск	Твердость	Цвет	Черта	Спайность	Излом	Прозрач-ность	Реакция с HCl	Удельный вес	Форма агре-гата	Облик кри-сталлов	Особенности	Название минерала

2.2. Описание сделайте настолько наглядным и полным, чтобы по его данным можно было представить конкретный минерал.

Пример описания.

Образец в виде бесцветных прозрачных кристаллов призматического облика с пирамидальной верхушкой. На гранях видны штрихи, располагающиеся перпендикулярно к длинному ребру призмы. Твердость большая – 7 по шкале Мооса. Спайности нет. Блеск на гранях стеклянный, а изломе – жирный. Излом раковистый, неровный. Удельный вес средний.

2.3. Установите принадлежность образца минерала к определенному виду, дайте ему название (например, гипс, пирит, доломит и т.д.). Так, описанный в примере минерал, по его свойствам должен быть отнесен к виду «кварц».

Для определения вида минерала воспользуйтесь схемами-определителями (рис. 6, 7). Предварительно ознакомьтесь с построением схемы, с ходом определения.

В основе определения по этой схеме лежит характерное и устойчивое свойство минералов – блеск. В зависимости от характера блеска минерал относят к I или II разделу. В этих разделах описаны минералы с разными свойствами. Каждый раздел в свою очередь делится на подразделы, объединяющие минералы с определенной твердостью.

Определив характер блеска минералов, установив его твердость, в дальнейшем нетрудно прийти к верному определению образца, найти его название на рис. 6, 7.

Задание 3. Определить твердость минералов, пользуясь шкалой Мооса.

Определение твердости минералов, с использованием шкалы Мооса:

- 1) на поверхности исследуемого минерала выбрать гладкую площадку;
- 2) под острым углом к поверхности минерала провести с нажимом черту минералом, взятым из шкалы Мооса;
- 3) убедиться, что на исследуемом образце осталась царапина (углубление), а не порошок эталонного образца;
- 4) используя последовательно эталонные минералы от самого мягкого до самого твердого, добиться такого положения, когда:

-испытуемый образец располагается по своей твердости между двумя эталонными образцами. Твердость исследуемого образца оценивается средней величиной. Например, если минерал царапается флюоритом и не царапается кальцитом, то его твердость 3,5;

-испытуемый образец царапается эталонным образцом и сам царапает его, значит твердость испытуемого образца равна твердости эталонного. Например, если минерал царапается ортоклазом и сам оставляет на нем царапину, то его твердость 6;

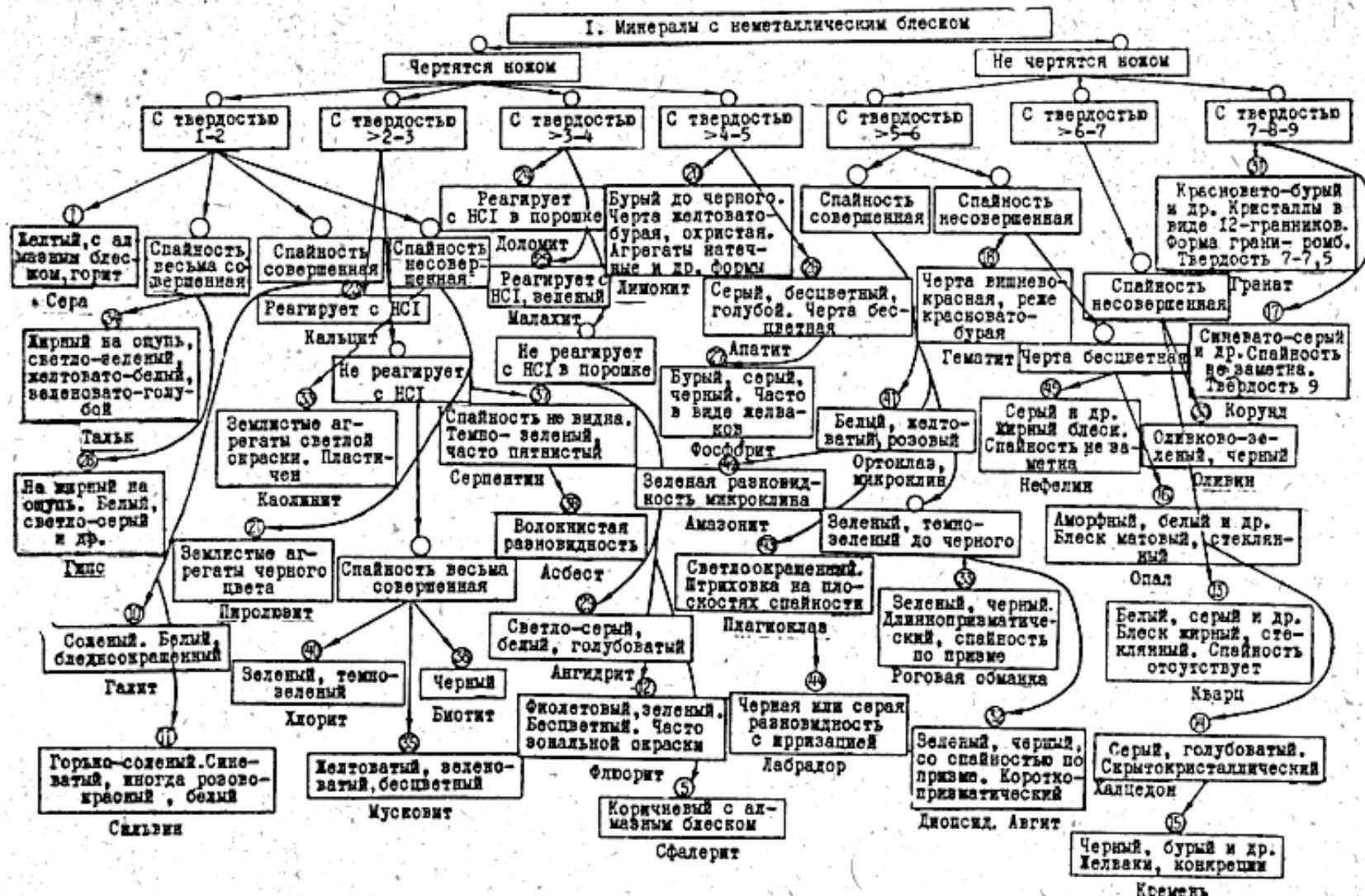


Рисунок 6 – Схема для определения минералов с неметаллическим блеском по внешним признакам (по В.Н. Шарай и др., 1971)

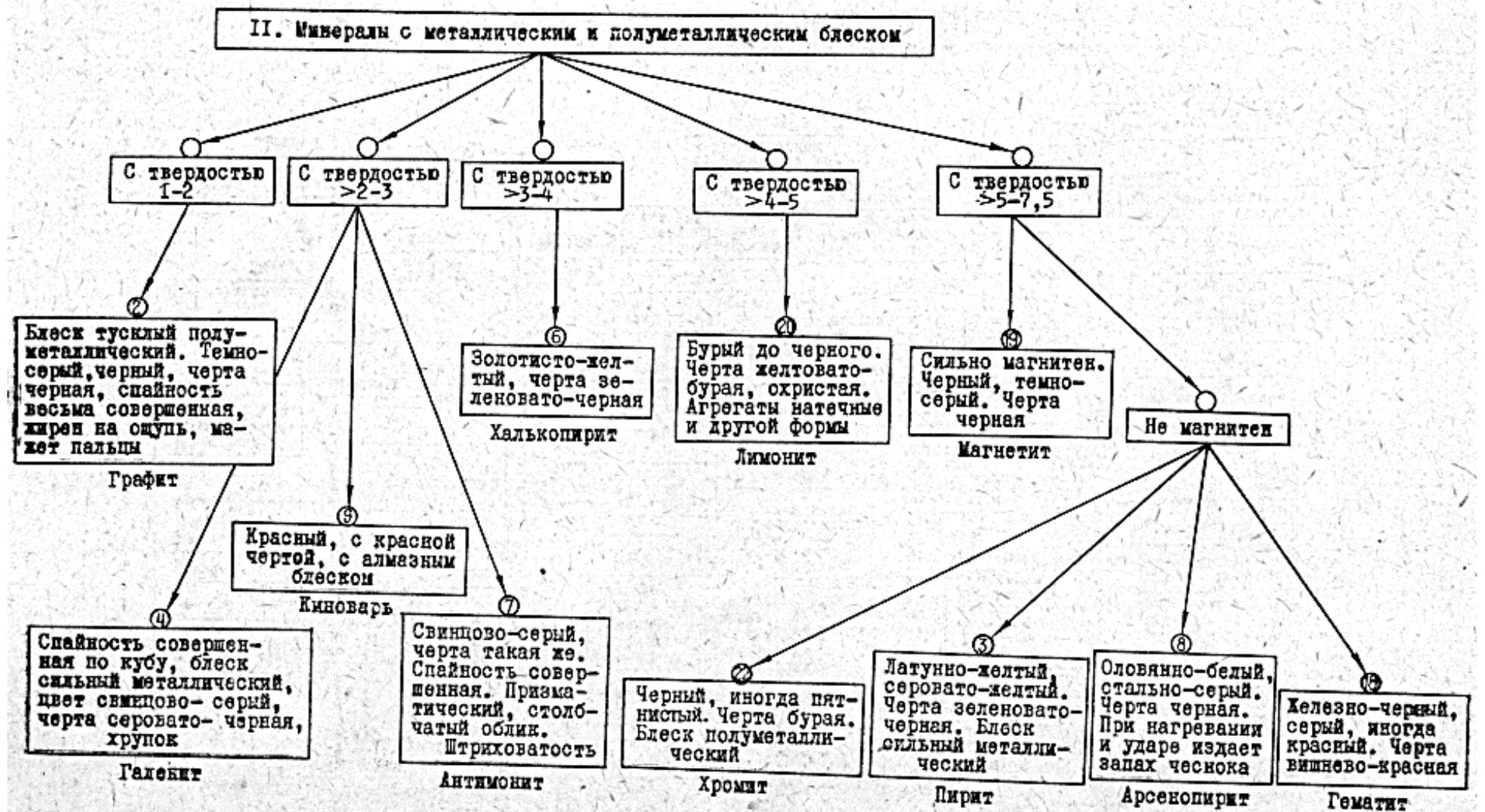


Рисунок 7 – Схема для определения минералов с металлическим блеском по внешним признакам (по В.Н. Шарай и др., 1971)

5) Для того чтобы определить твердость минерала, представляющего собой порошкообразный или землистый агрегат, необходимо потереть этим порошком эталонный образец. Если последний покроется царапинами, то его твердость меньше, чем исследуемого образца.

При отсутствии шкалы Мооса, твердость минералов можно определить другими способами, используя заменители шкалы Мооса:

- минералы с твердостью 1 пишут на бумаге, не оставляя на ней царапины;
- минералы с твердостью до 2 царапаются ногтем;
- бронзовая монета – 3,5–4;
- железный гвоздь, проволока имеют твердость 4;
- простое оконное стекло – 5;
- стальной нож, игла – 6;
- напильник – 7;
- минералы с твердостью выше 7, встречаются в природе относительно редко.

Указания к выполнению лабораторной работы:

Для того чтобы распознать минералы в полевых условиях, или в условиях, приближенных к полевым, т.е. не прибегая к специальным методам минералогического исследования и оборудованию, необходимо знать и уметь определить их основные физические свойства, которые можно использовать как диагностические признаки.

К важнейшим диагностическим признакам минералов относятся морфологические особенности, характеризующие форму выделений минералов; оптические свойства; механические свойства, а также некоторые дополнительные, в том числе химические свойства.

Морфологические особенности. Чаще всего минералы встречаются в природе в виде зерен неправильной формы. Хорошо образованные кристаллы более редки, их форма обычно является характерным диагностическим признаком. Разнообразие существующих форм кристаллов можно подразделить на три типа.

Изометричные – имеющие близкие размеры во всех направлениях: кубы (галенит, пирит), тетраэдры (сфалерит), октаэдры (магнетит, пироксор), бипирамиды (циркон, касситерит), ромбододекаэдры (гранат), ромбоэдры (кальцит) и др., а также различные сочетания этих простых форм.

Вытянутые в одном направлении – призматические, столбчатые, шестоватые, игольчатые, волокнистые кристаллы (турмалин, берилл, пироксен, амфибол, рутил и др.).

Вытянутые в двух направлениях (уплощенные) – таблитчатые, пластинчатые, листоватые, чешуйчатые кристаллы (слюды, хлориты, молибденит, графит и т.д.) (Рисунок 8).

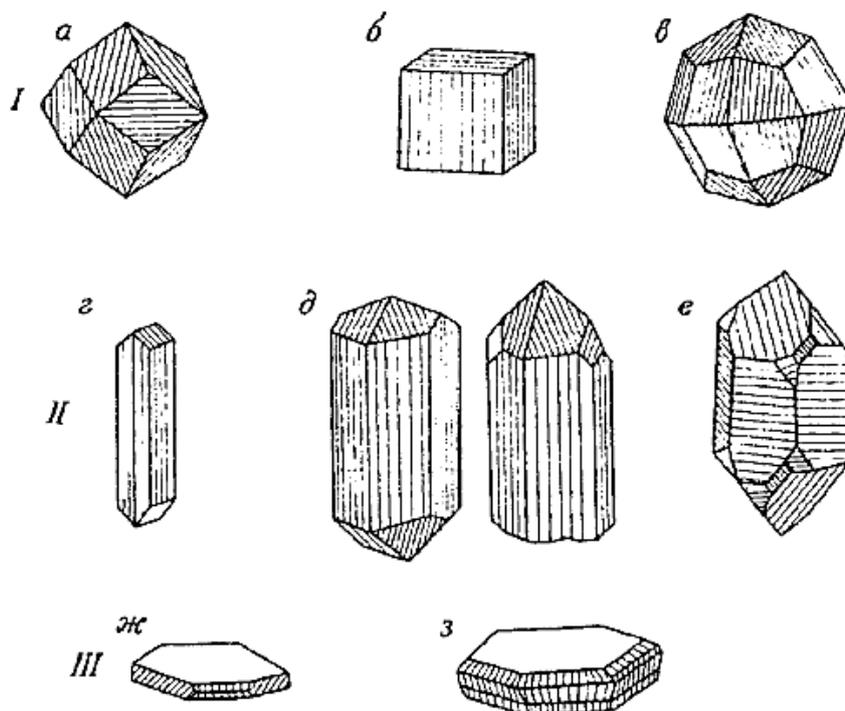


Рисунок 8 – Три основные группы кристаллов, обладающие характерным обликом (габитусом): I— изометрические (*a* — магнетит, *б* — пирит, *в* — гранат); II — вытянутые в одном направлении (*г* — барит, *д* — антимонит, *е* — кварц); III — вытянутые в двух направлениях (*ж* — барит, *з* — хлорит) (по А.К. Соколовскому и др., 2006)

По абсолютному размеру кристаллических зерен выделяют следующие агрегаты:

-Явнозернистые – размер зерен больше 0,1 мм, они легко различимы глазом;

-Скрытозернистые – размер зерен меньше 0,1 мм, зерна неразличимы глазом, зернистое строение агрегата надежно устанавливается только при исследовании под микроскопом.

По относительному размеру зерен зернистые агрегаты делятся на:

-Равномернозернистые – зерна приблизительно одного размера;

-Неравномернозернистые – зерна различны по размерам.

Совокупность нескольких минералов одного и того же происхождения называется агрегатом.

Наиболее распространенными являются зернистые агрегаты, которыми сложены все кристаллические горные породы. Зернистые агрегаты различаются по величине зерен: крупнозернистые, среднезернистые, мелкозернистые.

Землистые массы - это рыхлые, мягкие, мучнистые агрегаты аморфного или скрытокристаллического строения, сажистые (черного цвета) или охристые

(желтого, бурого и других ярких цветов). Образуются при химическом выветривании горных пород и в зоне окисления руд.

Различия в условиях образования минералов и помехи при кристаллизации приводят иногда к самому необычному для данного минерала внешнему виду.

В зависимости от количественного содержания минералов в полиминеральном агрегате минерал может образовывать сплошной зернистый агрегат или присутствовать в виде вкрапленных зерен в массе другого минерала. Вкрапленность может быть равномерной или неравномерной. По степени заполнения пространства различают плотные и рыхлые зернистые агрегаты.

Штриховка. Помимо формы кристалла, характерным свойством минерала, помогающим его диагностике, является штриховка на гранях: поперечная параллельная (кварц), продольная параллельная (турмалин, эпидот), либо пересекающаяся (магнетит).

Налеты и примазки – тонкие пленки различных вторичных минералов, покрывающие поверхность кристаллов или пород. Таковы пленки лимонита на кристаллах горного хрусталя, примазки медной зелени по трещинам в горных породах, вмещающих сульфидные месторождения с минералами меди, и т.п.

Выцветы – периодически появляющиеся (в сухую погоду) и исчезающие (в дождливые периоды) рыхлые корочки, пленки, налеты, часто пушистые или моховидные, на поверхности сухих почв, руд и горных пород и по трещинам в них. Эти образования сложены чаще всего легкорастворимыми водными хлоридами, сульфатами разных металлов или же другими водно-растворимыми солями.

Оптические свойства минералов. Блеск. Блеск зависит от показателя преломления минерала и от характера отражающей поверхности.

Большинство минералов обладает способностью отражать своими поверхностями свет, что обуславливает блеск минералов.

Минералы по блеску разбиваются на четыре группы:

- минералы с металлическим блеском;
- минералы с полуметаллическим (металловидным) блеском;
- минералы с неметаллическим блеском;
- минералы, имеющие матовый облик.

Металлический блеск – сильный блеск, свойственный металлам. Им обладают непрозрачные минералы. Иногда благодаря процессам окисления минералы, имеющие металлический блеск, покрываются матовой коркой. Минералы с металлическим блеском нередко называются колчеданами. Металлический блеск характерен для самородных металлов и минералов, являющихся рудами различных металлов.

Полуметаллический (металлоподобный) блеск – более тусклый, как потускневших от времени металлов.Metalлоподобный блеск наблюдается у минералов, являющихся рудами различных металлов.

Минералы с неметаллическим блеском составляют наиболее обширную группу. К неметаллическому блеску относятся:

Стекланный блеск – напоминает блеск поверхности стекла, распространен среди прозрачных минералов.

Алмазный блеск – искрящийся, напоминающий стекланный, но более сильный.

Перламутровый блеск – подобен блеску перламутра (отражает радужными цветами), характерен для прозрачных минералов, обусловлен отражением света от тонких пластинок или плоскостей спайности минералов.

Шелковистый блеск – мерцающий, наблюдается при тонковолокнистом или игольчатом строении минералов, напоминает блеск шелковых нитей.

Жирный блеск – характеризуется тем, что поверхность минерала кажется смазанной жиром. Особенно типичен для мягких минералов.

Восковый блеск – подобный жирному, но более слабый.

Матовый облик – минералы не блестят, характерен для минералов с пористой, неровной, землистой поверхностью.

Вид блеска зависит от характера исследуемой поверхности. Например, кварц на гранях кристалла имеет стекланный блеск, а на изломе – жирный. Часто блеск минерала затрудняет определение его окраски. Например, из-за сильного металлического блеска пирита в хорошо выкристаллизовавшихся кубиках плохо распознается его соломенно-желтый цвет. Поэтому для определения цвета и блеска минерала требуется некоторый навык.

Цвет (окраска) минералов в ряде случаев может быть важнейшим диагностическим свойством.

Название многих минералов дано по их цвету. Например, лазурит и азурит голубого цвета. Хлорит – зеленого цвета (греч. «хлорос» – зеленый), родонит – розовый (греч. «родон» – роза), рубин – красный (лат. «рубенс» – красный), аурипигмент – золотисто-желтый («аурум» – золото, пигмент – окраска), гематит – буро-красный (греч. «гематос» – кровь), альбит – белый («альбус» – белый).

Однако у многих минералов окраска не постоянна. Ряд минералов меняет свой цвет в зависимости от различных примесей и условий образования. Так, широко распространенный минерал кварц (SiO_2) может быть бесцветным, прозрачным (горный хрусталь), дымчатым (раухтопаз), черным (морион), фиолетовым (аметист), молочно-белым и других оттенков.

Турмалин встречается черной окраски (шерл), розовой (рубеллит), зеленой и даже бывает многоцветным (полихромным), когда один кристалл окра-

шен розовым, зеленым, бурым и другими цветами, концентрически зонально расположенными в минерале.

Таким образом, цвет нельзя считать основным диагностическим признаком минералов, так как он переменчив и зависит от многих факторов. Это структурные особенности, присутствие красителей, механических примесей, трещин и пустот, от рассеивания лучей света внутри минерала, от интерференции и дифракции световых волн. Цвет контролируется такими параметрами среды, как температура, влажность и т.д. восприятие цвета глазами также неоднозначно.

Каждый химический элемент, входящий в состав минералов, и каждое химическое соединение придают последним определенную, очень характерную окраску.

Минералы, содержащие соединения меди, зеленого или синего цвета (малахит, азурит).

Минерал корунд в чистом виде бесцветен и прозрачен, а при наличии примеси Cr_2O_3 имеет зеленый цвет (изумруд).

Минералы, содержащие закись железа, окрашены в зеленый, зелено-желтый или зелено бурый цвет (хризолит).

Минералы, содержащие окись железа, приобретают красный, бурый, охристый цвет (розовый кварц, красный, бурый железняк).

Иногда образуется окраска, возникающая от рассеивания белого света (благородный опал, бриллиант, лабрадор).

Выяснено, что на окраску минералов влияют:

- наличие в минералах ионов-красителей, или хромофоров,
- валентность ионов, координационное число,
- присутствие в составе решетки минералов молекул воды, посторонних включений и ряд других причин.

Еще в 1824 г. русский минералог В.М. Севергин подразделил окраску минералов на три группы: 1) собственная, 2) зависящая от примесей, 3) случайная.

В 1936 г. акад. А. Е. Ферсман дал этим группам названия:

- идиохроматическая,
- аллохроматическая,
- псевдохроматическая.

Идиохроматическая окраска (греч. «идиос» – свой, собственный) обусловлена собственными свойствами минерала. Этот вид окраски зависит от наличия в кристаллической решетке минералов ионов-красителей, или хромофоров. При этом хромофор входит в химический состав минерала.

Хромофорами, обычно, являются: железо двух- и трехвалентное, титан – трех- и четырехвалентный, марганец двух-, трех- и семивалентный, хром трех-

и шестивалентный, а также медь, никель, кобальт, ванадий, уран и другие элементы.

Например, двухвалентное железо придает минералам бутылочно-зеленую окраску (оливин), трехвалентное железо – коричневую и темно-бурую – (гетит), марганец двух- и трехвалентный дает розовую окраску (родохрозит), марганец семивалентный – темно-фиолетовую, никель двухвалентный – зеленую и желтую, кобальт двухвалентный – розовую, хром шестивалентный – оранжевую, хром трехвалентный – зеленый и красный (в зависимости от содержания окиси хрома) и т. д.

Аллохромагическая окраска (греч. «аллос» – посторонний) вызывается наличием посторонних механических примесей. Например, кварц с включением тонких чешуек гематита окрашивается в красноватый цвет, а кварц с включением игольчатых выделений или чешуек хлорита имеет зеленоватую окраску и известен под названием празема.

Описывая цвет минерала, следует охарактеризовать основной цвет, его глубину и оттенок. Например, темно-серый с голубоватым оттенком (молибденит). В минералогии часто используют нестандартные характеристики цвета: лагунно-синий, соломенно-желтый, фиштакшковый и т.д.

Псевдохроматическая окраска (греч. «псевдос» – ложь, ложный) связана с рассеянием света, отраженного от минерала, и интерференцией световых волн в поверхностных слоях минерала.

Псевдохроматическая окраска, наблюдаемая у ряда минералов, обуславливает явления побежалости или иризации, опалесценцией.

Часто на поверхности прозрачных и полупрозрачных минералов можно видеть игру цветов, обусловленную интерференцией света, отражающегося от внутренних граней кристаллов, плоскостей спайности или микроскопических включений другого минерала. Это – иризация. Примером такой ложной окраски может служить иризация минерала Лабрадора (в зеленовато-синих тонах).

Аналогичное иризации явление нам хорошо известно по эффекту, наблюдаемому на поверхности воды, покрытой радужной пленкой нефти или бензина. Такого же типа явление обнаруживается у благородного опала. Для него радужная игра цветов называется опалесценцией.

На поверхности некоторых непрозрачных минералов также образуются радужные пестрые пленки, например у борнита (фиолетово-синие), халькопирита (пестрые малиново-желто-сине-зеленые), антимонита (темно-синие) и др. Это явление у непрозрачных минералов называется побежалостью.

Побежалость. Иногда, кроме основной окраски у минералов (особенно содержащих медь), тонкая поверхностная пленка имеет дополнительную. Это явление называется побежалостью и объясняется интерференцией света в тонких слоях, образующихся на поверхности минералов, образующихся в резуль-

тате различных реакций. Обычно побежалость бывает радужной, иногда поверхность минерала переливается красным, синим и фиолетовым цветом.

Побежалость наблюдается только у непрозрачных минералов с металлическим блеском.

Иризация – радужная окраска у просвечивающих минералов. Связана с наличием в минералах тонкочешуйчатых пластинок, различных по составу и оптическим свойствам.

В большинстве случаев иризация камня наблюдается при преломлении света, проходящего сквозь кристалл. Особенности строения кристаллической решетки, наличие растворенных в кристалле примесей, микроскопические дефекты прозрачного монолита способны создавать среды, в которых луч света интерферирует, то есть распадается на обособленные потоки волн определенной длины.

Опалесценция минералов – молочно-белый, мутно-голубоватый или жемчужный отлив, свойственный опалам и другим минералам. Вызвана отражением и рассеянием света мелкими включениями кремнезема.

Опалесценция – частный случай иризации только для опалов (в зарубежной терминологии), а также, в российской терминологии, для иризирующих камней группы полевого шпата (лунный камень, адуляр, ортоклаз).

Цвет черты – цвет минерала в порошке.

Многие минералы в растертом виде или порошковатом состоянии имеют другой цвет, чем в куске. Для получения порошка минерала применяется шероховатая фарфоровая пластинка – бисквит. Если провести минералом по поверхности бисквита, то он оставляет след (черту). Если твердость минерала выше твердости фарфора (больше 6 по стандартной шкале), то минерал образует на фарфоре царапину.

Цвет черты является основным признаком при определении минералов. Например, красный, бурый и магнитный железняки в кусках часто имеют одинаковый цвет, но по цвету черты их можно очень легко различить.

Цвет черты пирита – черно-зеленый, талька – беловатый, гематит – вишнево-красный.

Прозрачность характеризует способность минерала пропускать свет, зависит от его кристаллической структуры, а также от характера и однородности минерального скопления.

По этому признаку выделяют минералы:

1. непрозрачные, не пропускающие световых лучей (пирит, графит, магнетит);
2. прозрачные, пропускающие свет подобно обычному стеклу (кварц, мусковит, горный хрусталь, кальцит);

3. полупрозрачные, пропускающие свет подобно матовому стеклу (агат, гипс, халцедон);

4. просвечивающие лишь в тонкой пластинке (опал, тальк).

Агрегаты многих минералов на глаз кажутся непрозрачными.

Механические свойства минералов. Плотность (удельный вес). Точное определение удельного веса возможно лишь в лабораторных условиях путем взвешивания на весах. На практике для быстрого приблизительного определения удельного веса пользуются взвешиванием минерала на руке. Обычно выделяют весовые категории:

1. легкие (до 3 г/см³), например, цеолиты, гипс, галит, сера;

2. средние (3-4 г/см³), это многие силикаты, полевые шпаты, карбонаты;

3. тяжелые (4-6 г/см³), большинство руд цветных и черных металлов, сульфаты, некоторые силикаты.

4. очень тяжелые (более 6 г/см³), ним относят самородное золото, серебро, платину, ртуть. Самый тяжелый известный минерал на Земле – осмистый иридий, имеет плотность 23 г/см³. Большая часть минералов, слагающих земную кору, легкие и средние минералы.

Твердость. Под твердостью понимают степень сопротивления минерала внешним механическим воздействиям (царапанию, резанию, истиранию). Зависит от характера сил сцепления между частицами вещества, определяется формой кристаллической решетки.

Определения твердости производят по 10-ти бальной относительной шкале твердости Ф. Мооса (составлена в 1811 г.), состоящей из десяти минералов, в которой каждый последующий минерал на балл выше предыдущего и поэтому царапает его (Таблица 9).

По твердости минералы можно разделить на 4 группы:

1. Мягкие минералы – ноготь оставляет на них царапину (тальк, графит, гипс). Мягкие минералы легко крошатся ногтем, пачкают руки ими можно писать.

2. Минералы средней твердости – ноготь не оставляет на них царапины, минерал не оставляет царапины на стекле (ангидрит, кальцит, медный колчедан). Минералы средней твердости оставляют царапину на ногте.

3. Твердые минералы – оставляют царапину на стекле, но не оставляют ее на горном хрустале (кварц, полевые шпаты, серный колчедан).

4. Очень твердые минералы – оставляют царапину не только на стекле, но и на горном хрустале (топаз, корунд, алмаз).

Шкала твердости минералов условная. Действительная твердость минералов определяется при помощи прибора – склерометра – и резко отличается от условной.

Надо помнить, что скрытокристаллические, пористые и порошковатые массы всегда мягче кристаллов с хорошей огранкой.

Кроме этой качественной (наиболее распространенной) оценки твердости применяются количественные измерения так называемой абсолютной, или микротвердости, осуществляемые в полированных шлифах под микроскопом, чаще всего методами Виккерса или Бринелля (вдавливанием алмазной пирамидки-индентора или шарика из закаленной стали в поверхность образца под определенной нагрузкой).

Таблица 9 – Шкала Ф. Мооса с практическими рекомендациями (по Н.Н. Васильевой, 2017)

Твердость	Минерал	Практические рекомендации	Абсолютные показатели твердости, кг/мм ²
1	Тальк	Скоблится ногтем, это твердость карандаша.	2,4
2	Гипс	Царапается ногтем.	36
3	Кальцит	Скоблится ногтем.	109
4	Флюорит (плавиковый шпат)	Легко царапается ножом. Твердость бронзовой монеты.	189
5	Апатит	Трудно царапается ножом. Твердость стекла.	536
6	Ортоклаз (полевой шпат)	Трудно царапается стеклом. Твердость иглы и стального ножа.	795
7	Кварц	Не царапаются стеклом, оставляют царапину на стекле и ноже	1120
8	Топаз		1427
9	Корунд		2060
10	Алмаз		10060

Спайность – способность минералов расщепляться или раскалываться по определенным направлениям (по гладким параллельным плоскостям, совпадающими с одним или несколькими кристаллографическими направлениями – осями, гранями, в которых проявляется наименьшая сила сцепления между частицами) и давать ровные, гладкие поверхности.

Спайность – свойство исключительно кристаллических минералов. Она обусловлена закономерным расположением атомов и ионов внутри кристалла и объясняется тем, что в пространственной решетке существуют плоские сетки, притяжение между которыми наименьшее, вследствие, например, большего расстояния между системами атомов и ионов.

Угол между плоскостями спайности часто является важным диагностическим признаком минералов. Например, амфиболы и пироксены имеют сходные физические свойства. Но у пироксенов спайность проявляется под углом 87° , для амфиболов угол спайности равен 124° или 56° .

Кроме того, минералы различаются степенью выраженности спайности (Таблица 10).

Таблица 10 – Спайность минералов

Степень спайности	Признаки	Примеры минералов
Весьма совершенная	Минерал очень легко расщепляется (например, ногтями) на отдельные листочки или пластинки, образуя зеркально-блестящие плоскости спайности	Слюда, тальк, графит, молибденит
Совершенная	Минерал раскалывается при слабом ударе молотком на гладкие параллельные пластинки, кубики или другие формы	Каменная соль, кальцит, галенит
Средняя	При расколе образуются как ровные спайные поверхности, так и неровные поверхности излома	Полевые шпаты, роговая обманка
Несовершенная	Поверхности скола в большинстве неровные, сколы по спайности единичны	Апатит, берилл, ильменит
Весьма несовершенная	Спайность отсутствует. Кристаллы имеют неровные поверхности излома при расколе	Золото, кварц, нефелин

Весьма совершенная спайность – минерал легко расщепляется на листочки, пластинки (слюды, пластинчатый гипс).

Совершенная спайность – при слабом ударе молотком образуются обломки, ограниченные плоскостями спайности, то есть минерал раскалывается на гладкие параллельные пластики, кубики и другие формы (кальцит, галит, полевые шпаты, свинцовый блеск).

Средняя (явная) спайность – характерна для минералов, образующих при расколе, как плоскости спайности, так и поверхности с неровным изломом (авгит, полевые шпаты, роговая обманка).

Несовершенная спайность – обнаруживается с трудом. В этом случае при расколе минерала преобладают поверхности с неправильным изломом (апатит, оливин).

Весьма несовершенная спайность – плоскости спайности практически отсутствуют, минералы дают только незакономерные поверхности излома (кварц, пирит, магнетит, касситерит).

Нередко разно ориентированные плоскости спайности в одном и том же минерале различаются по степени совершенства. Так, у гипса имеется три направления спайности: по одному – спайность весьма совершенная, по другому – средняя и по третьему – несовершенная.

Кристаллы кальцита независимо от их внешней формы раскалываются всегда по спайности на ромбоэдры, а кубические кристаллы флюорита – на октаэдры.

Излом – вид поверхности, образующийся при раскалывании минерала. Излом – поверхности раскола минерала, ориентированные поперек плоскостей спайности.

Излом может быть: раковистый (халцедон, кремь, вулканическое стекло), занозистый или игольчатый (гипс, селенит, асбест), землистый с матовой шероховатой поверхностью (каолин, лимонит, боксит), неровный (нефелин), зернистый (мрамор), ступенчатый (ортоклаз, галенит).

Минералы, не имеющие спайности вообще или раскалывающиеся в отдельных направлениях по поверхностям, имеющим неправильную форму, образуют – излом. Излом описывается в следующих терминах: неровный, зернистый, землистый, ступенчатый, занозистый, крючковатый, расщепляющийся, раковистый, скорлуповатое отслаивание, оскольчатый и др.

Свойства, присущие отдельным минералам или минеральным группам, принято относить к дополнительным. Очень часто только одно какое-то индивидуальное свойство позволяет однозначно диагностировать минерал (галит – соленый, арсенопирит – при ударе издает запах чеснока, сера – горит синем пламенем, издавая удушливый запах сернистого газа).

1. Магнитность присуща минералам, содержащим железо, кобальт, никель. Степень магнитности может быть различной. Она определяется при помощи магнитной стрелки. Значительные массы сильно намагниченных минералов притягивают стрелку компаса, сильный магнит. Чтобы зафиксировать более слабые проявления магнитных свойств, надо к минералу в состоянии порошка прикоснуться намагниченным лезвием ножа или магнитной подковкой. Этим способом можно извлечь магнитные минералы из смеси.

2. Электрические свойства. Некоторые минералы легко электризуются, если их натереть шерстью или кожей. Наэлектризованные таким образом, они притягивают маленькие кусочки бумаги (сера, янтарь). Кварц, турмалин электризуются при нагревании.

3. Люминесценция – свойство минералов светиться под воздействием внешних факторов: при нагревании, царапании, разламывании, освещении и т.д. различают следующие виды свечения:

Флюоресценция – свечение в момент воздействия. Цвет свечения одного и того же минерала может меняться и по окраске и по силе свечения, что зависит от многих причин. Например, алмаз в катодных лучах светится ярко-голубым цветом, реже – красным.

Фосфоресценция – свечение после воздействия. Некоторые минералы светятся в темноте, если этому предшествовало облучение солнечным светом. Так ведет себя флюорит.

Термолюминесценция – свечение при нагревании. Некоторые разновидности окрашенных флюоритов начинают светиться при температуре 60°C.

Триболюминесценция – свечение при механическом воздействии (царапаний, разламывании), ее обнаруживают сфалерит, мусковит.

Флуоресценция минералов. В природе открыто уже более 3000 минералов, а люминесцируют из них более 500. Это значит, что практически в любой горной породе может найтись люминесцирующее зернышко. Наиболее известные люминесцирующие минералы – флюорит, минералы-карбонаты (кальцит, доломит, магнезит, арагонит и другие), апатит, циркон, шеелит. Флуоресцировать могут самые разные минералы.

Рудные минералы – самородные металлы, их оксиды и сульфиды обычно не люминесцируют. Кроме того, к сожалению «не светятся» такие красивые минералы как кварц, халцедон и их разновидности, а также многие бериллы, гранаты, турмалины.

4. Горючесть и запахи. Самородная сера, ряд сернистых минералов загораются, издавая характерные запахи. Запахи могут ощущаться при выбивании искр, разбивании и стирании (кремень, мышьяковистые минералы, сера, флюорит и др.). При смачивании водой каолин издает «запах печки». Запахи ряда минералов являются следствием захвата пахучих веществ при формировании, то есть запах может быть генетическим признаком, отражающим особые условия формирования минерала (пахучие известняки, халцедоны, флюориты, кварцы).

5. Вкус ощущается только у растворимых минералов. Например, галит – соленый, сильвин – горько-соленый, эпсомит – горький.

6. Гигроскопичность – способность увлажняться, поглощая влагу из воздуха. При этом легкорастворимые минералы расплываются (галит, карналлит), нерастворимые – липнут к языку, влажным губам (каолин).

7. Упругость – способность изменять форму при внешнем воздействии, но обретать ее после устранения нагрузки (слюды).

8. Хрупкость – способность крошиться под давлением. Например, блеклые руды крошатся при резании ножом. Шероховатость, жирность. Различают на ощупь минералы жирные (например, тальк, графит, молибденит) и сухие, «тощие», при растирании которых между пальцами создается ощущение шероховатости.

9. Ковкость – приобретение пластичности при разогреве в результате механического воздействия. Ковких минералов немного. Это, прежде всего, самородное золото, платина, серебро.

10. Реакция с соляной кислотой. Для минералов класса карбонатов характерна реакция с соляной кислотой с выделением углекислого газа в виде пузырьков. Вскипают при реакции с HCl многие сульфиды с образованием сероводорода, который легко отличим по характерному запаху.

11. Двулучепреломление – свойство, обусловленное асимметрией кристалла (исландский шпат).

12. Радиоактивность – устанавливается по ионизации воздуха с помощью счетчиков Гейгера-Мюллера (урансодержащие руды, урановая слюдка, урановая смолка).

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные диагностические признаки минералов.
2. Чем обусловлен цвет минералов?
2. Что такое цвет черты минерала?
3. Чем отличается блеск минерала от прозрачности?
4. Каким методом определяется твердость минералов?
5. Что представляет собой шкала Мооса?
6. Что такое спайность? Перечислить виды спайности.

Лабораторная работа 10. Характеристика важнейших минералов различных кристаллохимических классов.

Цель работы: изучить особенности кристаллохимической классификации минералов, овладеть визуальным (макроскопическим) методом диагностики минералов по их физическим свойствам, изучить главные наиболее распространенные минералы в соответствии с их кристаллохимической классификацией.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1.

1. Изучить минералы – отдельных представителей классов.
 - 1.1. Самородные элементы: графит, сера.
 - 1.2. Сульфиды: пирит, халькопирит, цинковая обманка, галенит.
 - 1.3. Галоидные соли: сильвин, галит, флюорит.
 - 1.4. Оксиды: кварц, халцедон, опал, гематит, магнетит, лимонит.
 - 1.5. Соли кислородных кислот: карбонаты (кальцит, доломит, малахит); сульфаты (гипс, ангидрит); фосфаты (апатит, фосфорит); силикаты (оливин, диопсид, авгит, роговая обманка, тальк, змеевик, асбест, мусковит, биотит, вермикулит, каолинит, монтмориллонит; группа полевых шпатов (ортоклаз, микроклин, амазонит, лабрадор). Возможно дополнение списка, исходя из состава учебных коллекций и наличия минеральных образцов.

Усвоение этого материала заключается в приобретении навыков опознавания. Нужно уметь охарактеризовать каждый минерал в его основных чертах.

О каждом минерале надо знать: состав, главные физические и химические свойства (если они характерны), формы, в которых он встречается, породы, в которые он входит (если это породообразующий минерал), роль его в составе грунтов и применение.

Усвоение таких характеристик должно быть настолько твердым и полным, чтобы в конце работы можно было самостоятельно определить принадлежность образца минерала к определенному виду.

Задание 2. Внимательно прочитайте описание минерала, ознакомьтесь на лабораторных образцах с его характерными чертами. Сделайте краткие записи о каждом минерале в лабораторных тетрадах. Описание минерала производить по следующему плану.

План описания минерала:

1. Название минерала и его формула
2. Блеск минерала
3. Твердость
4. Цвет минерала
5. Цвет черты минерала
6. Спайность или излом
7. Удельный вес, г/см³
8. Прочие свойства
9. Диагностика
10. Происхождение (генезис)
11. Значение (породообразующее, полезное ископаемое)
12. Применение
13. Месторождение полезного ископаемого

Найдите в учебных коллекциях те же минералы в других формах и разновидностях.

Задание 3. Покажите записи преподавателю, ответьте на заданные вопросы, касающиеся характеристики минералов, получите и определите контрольные образцы, сделайте записи о них в тетради с подробным описанием обнаруженных свойств.

Минералы изучите в систематическом порядке, группируя их по классам, твердо представляя себе роль каждого класса в земной коре, место и значение каждого минерала в жизни земной коры и практической деятельности человека.

Указания к выполнению лабораторной работы:

В основу современной классификации минералов положены кристаллохимические принципы, учитывающие химический состав и кристаллическую структуру минералов. Единицей такой классификации является минеральный

вид. Сходные по составу и структуре минеральные виды объединяют в группы, подклассы и классы. Крупнейшим систематическим подразделением является тип.

Всего в царстве минералов выделяют пять типов: простые вещества, сульфиды и их аналоги, оксиды и гидроксиды, соли кислородных кислот и галогениды. Тип простых веществ делится на металлы и неметаллы, тип сульфидов – на собственно сульфиды, теллуриды и арсениды. Наибольшее число классов насчитывается в типе солей кислородных кислот. Минералы этого типа классифицируются по комплексным анионам. Выделяются классы силикатов, боратов, карбонатов, сульфатов и др. Более детальное подразделение внутри классов обычно проводят по структурным особенностям минералов.

В настоящее время известно около 3500 минералов, а вместе с их разновидностями – более 5000. Однако широкое распространение в пределах литосферы Земли имеют всего 400 минералов. Наиболее часто встречающиеся из них, называют главными породообразующим минералами.

Класс самородных элементов, или простых веществ.

К классу самородных элементов относятся платина, золото, серебро, алмаз, графит, сера, медь и др. К этому классу относятся минералы, состоящие из одного химического элемента и называемых по этому элементу. Например: самородное золото сера и т.д. Все они подразделяются на две группы: металлы и неметаллы.

В большинстве своем это редкие и очень редкие минералы (кроме серы, графита), но они чрезвычайно важны в практическом отношении.

Минералы не относятся к породообразующим, но многие из них являются ценными полезными ископаемыми. Они химически инертны в природных условиях. Самородных элементов насчитывается около 90 видов. Они составляют около 0,1 % от веса земной коры.

Наиболее типичная форма кристаллической решетки у самородных элементов – атомная. Самородные металлы обладают хорошей электро- и теплопроводностью, большой плотностью (тяжелые), высокой отражательной способностью (металлический блеск), непрозрачны, спайности не имеют, ковкие. Самородные неметаллы (сера, графит) имеют неметаллический блеск, небольшой плотности (легкие).

Класс сульфидов.

К классу сульфидов принадлежат минералы – сернистые соединения металлов, представляющие особый практический интерес, так как именно они являются главными рудообразующими минералами руд цветных металлов и часто выступают как носители золота.

Сульфиды обладают определенными физическими свойствами, характерными для всех представителей класса. Они обычно образуют плотные сплошные мелко- и крупнокристаллические массы, могут встречаться в виде прожилок

ков, гнезд или в виде отдельных кристаллов. Как правило, имеют черную или темную черту, металлический блеск, высокую электропроводность. Основная часть сульфидов обладает высокой плотностью (до 8,5 г/см³). Большинство сульфидов имеет гидротермальное происхождение. Некоторые могут кристаллизоваться из магмы. Иногда они возникают и в результате экзогенных процессов, например в зоне окисления рудных месторождений, а также осадочным путем. Сульфиды обнаружены в метеоритах и в образцах лунного грунта. Содержание их в земной коре невелико и составляет около 0,15%.

Наиболее широко распространены сульфиды железа (пирит – FeS₂), меди (халькопирит – CuFeS₂), свинца (галенит – PbS), цинка (сфалерит – ZnS) и некоторые другие.

Класс галогенидов

В классе галогенидов насчитывается примерно 100 минералов, представляющих собой соли галогеноводородных кислот HF, HCl, HBr и HI. Наибольшим распространением пользуются галит NaCl, сильвин KCl и флюорит CaF₂. Как породообразующие минералы галогениды имеют небольшое значение, но значительные их скопления могут представлять промышленный интерес в качестве сырья для химической и пищевой промышленности, сельского хозяйства, металлургии (флюсы).

Класс оксидов и гидроксидов

К классу оксидов и гидроксидов относятся минералы, образованные соединениями металлов и полуметаллов с кислородом, с гидроксильной группой OH⁻ и/или водой. Подобные соединения могут образовывать около 30 химических элементов. Такие минералы очень широко распространены в природе и играют большую роль в строении литосферы. Известно около 200 представителей класса оксидов и гидроксидов. Они составляют примерно 5 % литосферы и около 17 % земной коры. Самым широким распространением пользуется оксид кремния SiO₂. Многообразны оксиды и гидроксиды железа.

Почти все минералы описываемого класса обладают кристаллическими структурами, однако существуют и аморфные соединения. В химическом отношении рассматриваемые минералы делятся на простые и сложные оксиды.

Для простых оксидов изоморфизм мало характерен, содержание в них примесей обычно не превышает 1 %. В сложных оксидах наблюдаются довольно широкие изоморфные замещения. Значительное число оксидов и гидроксидов образуется в экзогенных условиях в результате процессов минералообразования, протекающих в самых верхних частях земной коры при участии свободного кислорода атмосферы. Однако они могут образоваться и в эндогенных условиях: магматическим, гидротермальным и метаморфическим путями, например минералы гидрогётит и опал.

Практическое значение минералов этого класса велико, так как они образуют руды черных, цветных и редких металлов, слагают многие неметалличе-

ские полезные ископаемые, а также играют заметную роль как драгоценные и поделочные камни.

Класс карбонатов

Карбонатами называются соли угольной кислоты (H_2CO_3). Класс карбонатов насчитывает около 80 представителей. Эти минералы очень широко распространены в верхней части литосферы. Их среднее содержание в земной коре составляет 1,5 мас. %. Подразделяются на безводные и водные. Карбонаты преимущественно нерудные и частично рудные полезные ископаемые, имеют также породообразующее значение. Важным диагностическим признаком является совершенная спайность по ромбоэдру и взаимодействие с 10%-й соляной кислотой. Отличаются по характеру реакции:

- реагируют бурно в холодном виде (кальцит);
- реагируют слабо в порошке (доломит);
- реагируют в порошке при нагревании (магнезит);
- реагируют активно, при этом капля кислоты меняет цвет (сидерит).

Класс сульфатов

Сульфаты — минералы, представленные солями серной кислоты, пользуются широким распространением. Различают простые, сложные и водные сульфаты. По внешним признакам напоминают минералы, входящие в класс карбонатов. Образуются как при эндогенных, так и при экзогенных процессах. Обычно окрашены в светлые тона. Твердость сульфатов ниже 4, удельный вес зависит от того, какой металл входит в состав минерала. Некоторые сульфаты растворимы в воде и обладают горьковато-соленым вкусом. Важное промышленное значение имеет алунит, барит, гипс, мирабилит.

Класс фосфатов

Фосфаты — это минералы, представленные солями ортофосфорной (H_3PO_4) кислоты. В группу входит большое количество минералов, но важное значение, как породообразующие и сырье для производства фосфорных удобрений, имеют апатит и фосфорит.

Класс силикатов и алюмосиликатов

К классу силикатов относится наибольшее число минералов, слагающих литосферу. Общее количество минеральных видов силикатов около 800. Они составляют около 90 % массы вещества земной коры. По распространенности на долю силикатов приходится более 75 % всех минералов литосферы. Силикаты являются главными породообразующими минералами многих горных пород, особенно пород магматического и метаморфического происхождения.

Одним из основных элементов в составе силикатов является кремний. Установлено, что в структуре силикатов каждый ион кремния Si^{4+} находится в окружении четырех ионов кислорода O^{2-} . Эта кремнекислородная анионная группа $[\text{SiO}_4]^{4-}$ пространственно может быть представлена в виде тетраэдра, в центре которого расположен Si^{4+} , а в вершинах — O^{2-} (Рисунок 9).

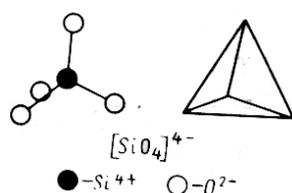


Рисунок 9 – Внутренняя структура силикатов

Именно данный кремнекислородный тетраэдр является основой, своеобразным «кирпичиком», для построения структур всех силикатов. В силикатах и их аналогах преобладают ковалентные связи в пределах анионных радикалов и ионные связи между анионами и катионами. Кремнекислородный тетраэдр обладает четырьмя свободными валентными связями, за счет которых происходит присоединение ионов других химических элементов, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, реже Mn, Ti, B, Zr, Li и др. В минералах, содержащих гидроксильную группу OH⁻ и воду H₂O, имеется также водородный тип связи. В силикатах широко развит изоморфизм как среди катионов, так и в анионном радикале — ион кремния может замещаться на ион алюминия, образуя алюмосиликаты.

Кремнекислородные тетраэдры в структурах силикатов могут быть обособленными один от другого, а могут соединяться между собой через вершины за счет общего иона кислорода. В результате образуются как простые, так и довольно сложные структуры (Рисунок 10).

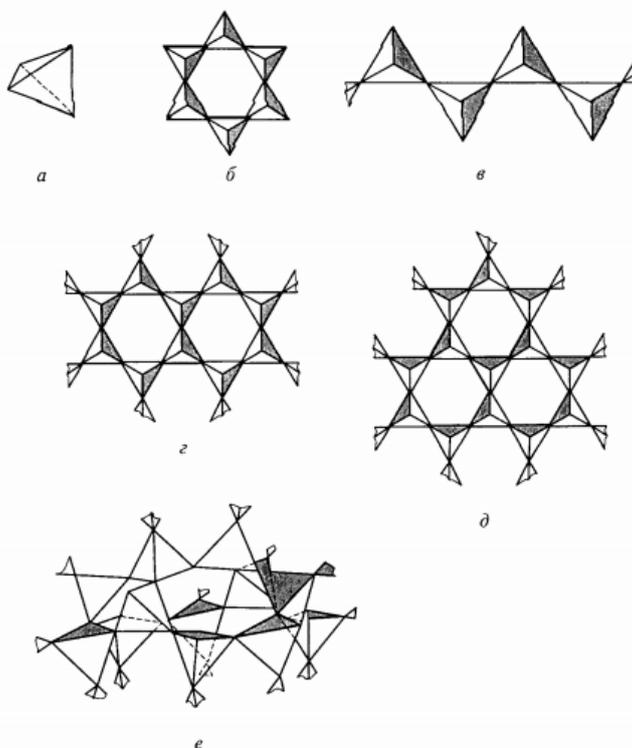


Рисунок 10 – Типы соединения кремнекислородных тетраэдров в силикатах:

- а – островные силикаты $[SiO_4]^{4-}$; б – кольцевые силикаты $[Si_6O_{18}]^{12-}$;
- в – цепочечные силикаты $[Si_2O_6]^{4-}$; г – ленточные силикаты $[Si_4O_{11}]^{6-}$;
- д – листовые силикаты $[Si_4O_{10}]^{4-}$; е – каркасные алюмосиликаты $[Si_{n-x}Al_xO_{2n}]^{x-}$

1. Силикаты островной структуры – присутствует изолированный тетраэдр или изолированная группа тетраэдров. Островные силикаты, в свою очередь, подразделяются на силикаты: а) с изолированными кремнекислородными тетраэдрами $[\text{SiO}_4]^{4-}$; б) со сдвоенными тетраэдрами $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$; в) с кольцевыми группировками тетраэдров, объединяющими 3, 4 или 6 тетраэдров, с соответствующими радикалами $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$ и $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$.

2. Силикаты цепочечной структуры — образованы многократно повторяющимися, присоединенными друг к другу тетраэдрами в виде бесконечных цепочек или лент, среди которых выделяются: а) цепочечные силикаты с радикалом $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$; б) ленточные силикаты с радикалом $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$, в некоторых ленточных силикатах Si^{4+} замещен на Al^{3+} с образованием алюмосиликатных радикалов типа $[(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{11}]^{6-}$.

3. Силикаты и алюмосиликаты слоистой, или листовой, структуры – состоят из кремнекислородных $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$ или алюмокислородных $[(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}]$ слоев, в которых тетраэдры связаны тремя общими вершинами.

4. Алюмосиликаты каркасной структуры – имеют непрерывный трехмерный каркас из алюмо- и кремнекислородных тетраэдров со сложным общим радикалом типа $[\text{Si}_3\text{AlO}_8]^-$ или $[\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_8]^-$ и др. Все атомы кислорода в тетраэдрах каркасной структуры являются общими, и в случае построения каркаса только кремнекислородными тетраэдрами он будет нейтрален, как каркас кварца. Существование и разнообразие алюмосиликатов каркасной структуры обусловлены наличием в них алюмокислородных тетраэдров, в которых появляющийся избыточный отрицательный заряд компенсируется различными катионами.

Контрольные вопросы:

1. Дать общую характеристику минералов класса самородные элементы.
2. Дать общую характеристику минералов класса галоидные соединения.
3. Назовите основные диагностические признаки серы.
4. Назовите основные диагностические признаки графита.
5. Основные диагностические признаки минералов класса карбонаты.
6. Какие минералы изученных классов имеют порообразующее значение?
7. Какое практическое значение имеют оксиды с металлическим блеском?
8. Какое практическое значение имеют окислы с неметаллическим блеском?
9. Для каких минералов характерно свойство магнитности?
10. Какое практическое значение имеет пирит?
11. Дайте характеристику классу силикатов.

Лабораторная работа 11. Изучение магматических горных пород.

Цель работы: получить навык визуального (макроскопического) метода диагностики магматических горных пород по структурно-текстурным особенностям внутреннего строения.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Характеристика групп магматических пород от кислых до ультраосновных (Таблица 11).

1.1. Выяснить, какие изменения минералогического состава происходят по направлению от кислых к ультраосновным породам:

- а) По содержанию светлоокрашенных и темноцветных минералов;
- б) По содержанию кварца;
- в) По составу полевых шпатов;
- г) По составу темноцветных минералов.

1.2. Указать, какие изменения структуры происходят по направлению от интрузивных к эффузивным породам:

- а) По степени кристалличности;
- б) По абсолютной величине кристаллов;
- в) По относительной величине кристаллов.

1.3. Определить, какие изменения текстуры происходят по направлению от интрузивных к эффузивным породам (определить текстурные различия интрузивных и эффузивных пород).

1.4. Выявить изменение цвета по направлению от кислых к ультраосновным породам.

Задание 2. Характеристика структур магматических пород.

2.1. По образцам габбро и диабазов выполнить сравнительную зарисовку их структур.

2.2. По образцам порфировидного гранита и порфирита выполнить сравнительную зарисовку их структур.

Задание 3. Определение-диагностика магматических горных пород.

Произвести определение и описание десяти образцов магматических горных пород из раздаточного набора. Описание выполнить по плану (см. ниже).

При диагностике горной породы основное внимание уделяют структурно-текстурным особенностям и ее минеральному составу. Полнокристаллические структуры характерны для интрузивных глубинных и полуглубинных горных пород, неполнокристаллические и стекловатые структуры – для эффузивных горных пород. Тип структуры по абсолютной величине кристаллов определяется по преобладающим размерам кристаллов, а не по отдельным минеральным зернам.

Таблица 11 – Классификация магматических горных пород (по А.Г. Кузнецову и др., 2011)

Условия образования и формы залегания		Структура и текстура	более светлоокрашенные (белый, красноватый, серый, иногда ← ЦВЕТ → зеленоватый)				более темноокрашенные (зеленоватый, зеленовато-серый, темно-серый до черного)							
			ПОЛЕВОШПАТОВЫЕ				БЕСПОЛЕВОШПАТОВЫЕ							
			К В А Р Ц Е В Ы Е		БЕСКВАРЦЕВЫЕ		Основные		Ультраосновные					
		75-65% SiO ₂		Средние		52-45% SiO ₂	менее 45% SiO ₂							
эффузивные	вулканические конусы купола и щиты покровы потоки лавовые обелиски и иглы (пики) дайки некки	структура · стекловатая · скрытокристаллическая текстура · пористая · флюидальная	КИСЛЫЕ И ОСНОВНЫЕ ВУЛКАНИЧЕСКИЕ СТЕКЛА: ОБСИДИАН, ПЕМЗА, ПЕРЛИТ И ДР.											
		структура · неполнокристаллическая, стекловатая · скрытокристаллическая, микрокристаллическая, мелкозернистая · порфировая текстура · пористая · миндалекаменная · массивная · флюидальная · линейная	ЛИПАРИТ, РИОЛИТ (палеотипный аналог – кварцевый порфир)	ТРАХИТ (трахитовый порфир)	АНДЕЗИТ (порфирит)	БАЗАЛЬТ (диабаз, спилит)	ПИКРИТ КИМБЕРЛИТ							
интрузивные	гипабиссальные лакколиты силлы штоки дайки некки магм. жилы магм. диапиры	структура · полнокристаллическая, · микрокристаллическая, мелко-, среднезернистая · порфировидная текстура · массивная · полосчатая	ГРАНИТОВЫЙ ПОРФИР	СИЕНИТОВЫЙ ПОРФИР	ДИОРИТОВЫЙ ПОРФИР	ДИАБАЗ, ДОЛЕРИТ ГАББРО-ПОРФИРИТ	ПИКРИТОВЫЙ ПОРФИР							
	абиссальные батолиты штоки	структура · полнокристаллическая, · мелко-, средне-, крупно-, гигантозернистая · равномернозернистая текстура · массивная полосчатая	ГРАНИТ	СИЕНИТ	ДИОРИТ	ГАББРО	ПИРОКСЕНИТ	ПЕРИДОТИТ	ДУНИТ					
Минералогический состав		СВЕТЛОКРАШЕННЫЕ МИНЕРАЛЫ	КВАРЦ	25-30%	< 5%	< 6%	–	широкосы (существенно преобладают) амфиболы	оливин 50% и более широкосы 5-50%	оливин				
			ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ	ортоклаз микроклин альбит олигоклаз	65-70%	ортоклаз и микроклин альбит андезин	75% более				преимущественно плагиоклазы – андезин, лабрадор	50% и более	плагиоклазы – лабрадор, битовнит, анортит	
		ТЕМНОЦВЕТНЫЕ МИНЕРАЛЫ		5-10%	слоды реже амфиболы	10-20%	слоды реже амфиболы	30-35%	амфиболы реже пироксены	35-50%	пироксены реже амфиболы			

Основные виды текстур магматических горных пород следующие:

1) массивная – характеризуется беспорядочным расположением минералов в массе породы;

2) пятнистая – образуется при неравномерном распределении светлых и темных минералов в объеме породы;

3) полосчатая – темные и светлые минералы концентрируются в виде чередующихся полос;

4) пузыристая – характеризуется наличием пустот от пузырьков газа. В зависимости от размеров и количества полостей в породах различают пузыристые и пенистые текстуры;

5) миндалекаменная – поры и пустоты в горной породе благодаря вторичным процессам минералообразования заполняются каким-либо минералом (чаще всего кальцитом или разновидностями кремнезема);

6) флюидалная – со следами течения вещества в виде потокообразного расположения кристаллов и стекла.

У каждой глубинной магматической горной породы имеются излившиеся аналоги, тождественные по химическому и минералогическому составу и отличающиеся лишь условиями образования и в соответствии с этим – строением.

План описания магматических горных пород:

1. Название
2. Структура
3. Текстура
4. Цвет
5. Минеральный состав
6. Твердость
7. Удельный вес
8. Разновидности (если есть)
9. Происхождение
10. Практическое значение. Применение
11. Месторождения
12. Диагностика

Указания к выполнению лабораторной работы:

Петрография («петра» – скала, камень, «графо» – пишу) – наука, изучающая магматические и метаморфические горные породы, их минеральный и химический состав, структурные и текстурные особенности, геологические условия образования. Раздел петрографии, изучающий состав, структуру, текстуру и генезис осадочных горных пород называется литологией.

Горные породы – это естественные минеральные агрегаты, образующиеся в земной коре и на ее поверхности в ходе различных геологических процессов,

отличающиеся определенным строением, физическими свойствами и геологическими условиями образования.

Каждая горная порода образует в земной коре тело объемной формы (слой, линза, массив, поток и т.д.), имеет определенный вещественный состав и обладает специфическим внутренним строением.

Вещественный состав горных пород характеризуется химическим составом и минеральным составом. Химический состав характеризуется количественным соотношением химических элементов, входящих в состав породы. Минеральный состав показывает, в каких соединениях находятся эти химические элементы, т.е. из каких минералов состоит горная порода. Но при одном и том же химическом валовом составе горные породы могут иметь различный минеральный состав. Поэтому при диагностике горной породы определяющее значение имеет её минеральный состав.

По минеральному составу горные породы бывают мономинеральными, состоящими преимущественно из одного минерала, и полиминеральными, состоящими из нескольких минералов. В обоих случаях различают главные породообразующие минералы и второстепенные, или аксессуарные. Главные породообразующие минералы определяют тип горной породы, наличие или отсутствие аксессуарных минералов является важной промышленной характеристикой горной породы.

Внутреннее строение горной породы характеризуется структурой и текстурой. Структура горной породы характеризует степень ее кристалличности, абсолютные и относительные размеры минеральных зерен, а также форму и взаимоотношения минералов, слагающих породу. Под текстурой понимают сложение горной породы, т.е. расположение минеральных зерен в породе.

Все основные характеристики горных пород (форма залегания, вещественный состав, внутреннее строение) определяются их происхождением.

Горные породы, содержащие полезные компоненты, извлечение которых экономически целесообразно (экономически выгодно), называются полезными ископаемыми. Экономическая целесообразность определяется условиями на руду.

Кондиции – совокупность требований промышленности к качеству минерального сырья.

Горные породы, вмещающие месторождение полезного ископаемого или заключенные среди него, называются пустыми породами. Данное понятие является условным, т.к. в одних случаях данный минерал или порода может быть полезным ископаемым, в других – пустой породой. Например, известняки добываются самостоятельно для нужд черной металлургии, цементного производства, а известняки, являющиеся пропластками на угольных месторождениях, идут в отвал, т.к. разрабатывать их вместе с углем нецелесообразно.

Полезные ископаемые, вовлеченные в сферу производства, называют минеральным и топливно-энергетическим сырьем.

По физическим свойствам полезные ископаемые бывают:

- 1) твердыми (уголь, рудные и нерудные полезные ископаемые),
- 2) жидкими (нефть, минеральные воды),
- 3) газообразными (горючие и инертные газы).

В основу современной петрографической классификации горных пород положен генетический принцип, который дополняется классификационными признаками, относящимися к химическому и минеральному составу горных пород, их структурно-текстурной характеристике и физическим свойствам.

По своему происхождению все горные породы подразделяются на три большие группы:

1. Магматические, или изверженные горные породы – связанные с процессами магматической деятельности;
2. Осадочные – образующиеся на земной поверхности в результате деятельности различных экзогенных факторов;
3. Метаморфические – образующиеся в результате преобразования магматических и осадочных горных пород.

Распространение пород неодинаково. Подсчитано, что литосфера на 95 % сложена из магматических и метаморфических пород и только 5 % составляют осадочные породы. В то же время осадочные горные породы покрывают 75 % земной поверхности и только 25 % ее занято магматическими и метаморфическими породами.

Во всех этих случаях горные породы называются грунтами. Грунт – это любая горная порода, почва, техногенные образования, используемые как основание, среда или материал для возведения зданий и сооружений.

Определение горной породы. При определении горной породы по внешним признакам основное внимание необходимо уделять строению (структуре) и сложению (текстуре). После того, как установлены особенности внутреннего строения горной породы, необходимо определить ее твердость. Затем рассматривается минеральный состав. Каждая группа горных пород характеризуется определенной группой основных минералов, присутствие которых в данной породе является обязательным. Отсутствие хотя бы одного из основных минералов приводит к изменению названия горной породы. Присутствие или отсутствие второстепенных минералов на название горной породы не влияет. Затем необходимо обратить внимание на цвет горной породы. Окраска горной породы обусловлена цветом минералов, входящих в состав горной породы. Таким образом, по цвету горной породы можно судить о ее минералогическом составе.

Определение горных пород необходимо начинать с определителя горных пород (Таблица 12). Подробное описание горных пород дано в описательной части.

Магматические горные породы образуются в результате остывания и кристаллизации магмы, они также называются изверженными горными породами. Магма может застывать в глубине земной коры под покровом вышележащих пород, на земной поверхности или недалеко от поверхности.

Магматические породы, образовавшиеся в глубоких недрах земли, называются интрузивными, или глубинными породами. Интрузивные породы в зависимости от глубины застывания магмы разделяются на два вида:

- абиссальные породы, образовавшиеся на значительной глубине,
- гипабиссальные (полуглубинные) породы, которые затвердели на сравнительно небольшой глубине. По условиям залегания и структуре являются переходными от интрузивных пород к эффузивным.

При излиянии магмы на поверхность образуются эффузивные, или излившиеся породы. Процесс излияния магмы на поверхность называется эффузией. При эффузии, в связи с изменением температуры и давления, начинается бурное выделение газов, растворенных в магме, часто сопровождающееся взрывами. Магма, излившаяся на поверхность и потерявшая свою газовую составляющую, называется лавой. Выделяющиеся из лавы газы могут ее вспенивать, образуя многочисленные пузыри, сохраняющиеся при затвердевании вещества. Пузырьки газа, имеющие вначале правильные шаровидные очертания, в процессе движения лавы вытягиваются и приобретают удлиненную форму. Так образуется пузырчатая текстура.

В дальнейшем полости газовых пузырей могут быть заполнены минералами, образовавшимися не в процессе кристаллизации магмы, а вторичными, в результате выпадения из гидротермальных растворов, проникших в уже застывшую лаву. В результате на фоне темно-серой породы выделяются округлые, несколько вытянутые, напоминающие форму миндаля, светлые пятна включений таких минералов водного происхождения (кальцита или аморфного кремнезема). В связи с чем, структура и получила название – миндалевидная или миндалекаменная.

Быстро снижающаяся температура лавы создает условия, при которых одновременно кристаллизуются многие минералы. Быстрое затвердевание вещества не позволяет кристаллам расти, и они образуются в виде мелких зачаточных форм, различимых под микроскопом. При этом значительная часть вещества лавы превращается в аморфную или стекловатую массу. Такая структура породы называется скрытокристаллической.

Таблица 12 – Определитель горных пород

Структурно- текстурные особен- ности	Диагностические призна- ки	Название горной породы
1. Структура зерни- стая	Образец оставляет цара- пину на стекле. Состав неоднородный.	1. Березит. Цвет белый, светло-серый, желтоватый. Структура мелкозернистая. Текстура массивная. Характерна рассеянная вкрапленность пирита.
		2. Габбро. Основные минералы – серый и светло-серый плагиоклаз (от лабрадора до битовнита) и черный иногда с бронзовым оттенком пироксен, иногда роговая обманка, редко черная слюда – биотит. Пироксен представлен преимущественно авгитом. Кварц отсутствует. Второстепенную роль играют оливин и магнетит. Цвет темно-серый до черного. Порода тяжелая.
		3. Гранит. Состоит из полевого шпата (зёрна красного, желтого, белого цвета, поверхности раскола ровные, гладкие), кварца (стекловидные зерна белого, серого, черного цвета, поверхности скола неровные), слюды (белая, черная поверхность, сильно блестящая, кончиком перочинного ножа легко расщепляется на тонкие пластинки), иногда роговой обманки (удлиненные зерна темно-зеленого или черного цвета). В породе преобладают зерна полевого шпата, каждое третье зерно является кварцем.
		4. Диорит. Основной минерал – плагиоклаз и роговая обманка, реже пироксен (авгит) и черная слюда. Кварца нет или очень мало. Иногда встречается калиевый полевой шпат. Окраска диорита серая, темно-серая, зеленовато-серая. Структура мелко-тонкозернистая.
		5. Нефелиновый сиенит. Основные минералы – полевой шпат и нефелин. Кварц отсутствует. Могут присутствовать в небольшом количестве роговая обманка, пироксены, черная слюда – биотит. Нефелин представлен зернами красновато-бурого, кирпично-красного или серого цвета с жирным блеском. На выветренной поверхности наблюдается белёсая плёнка вторичных продуктов, при полном выщелачивании на месте зерен нефелина образуются характерные каверны и полости («оспинная» поверхность). Порода твердая.
		6. Пегматит. Минералогический состав соответствует граниту. Структура гиганто-зернистая или пегматитовая.
		7. Перидотит. Состоит из оливина и пироксена (авгита). Кварц и полевые шпаты отсутствуют. Оливин представлен желтовато-зелеными зернами с неровной поверхностью излома, пироксен – черными таблитчатыми зернами авгита с ровными плоскостями спайности. Цвет темно-зеленый, темно-серый или черный.

Структурно- текстурные особен- ности	Диагностические призна- ки	Название горной породы	
	Состав однородный	<p>1. Базальт. Цвет черный, темно-серый, выветренный базальт ржаво-бурого цвета. Основная масса плотная скрытокристаллическая или мелкозернистая, иногда стекловатая. Текстура массивная, реже пористая, пузыристая, шлакообразная. Порода тяжелая.</p> <p>2. Диабаз. Тонкозернистая плотная порода. Цвет темно-зеленый. Излом неровный.</p> <p>4. Дунит. Структура мелко- или среднезернистая. Тяжелый. Состоит из оливина. Цвет светлый желтовато-зеленый, чаще темно-зеленый до черного. Поверхности зерен гладкие. При выветривании покрывается с поверхности бурой корочкой.</p> <p>5. Кварцит. Структура тонко- и мелкозернистая, с характерным «сахарным» изломом. Состоит из кварца. Цвет различный.</p> <p>6. Песчаник. Грубый на ощупь. Представляет собой сцементированный песок. Цвет различный. Цемент различный. В отличие от кварцита имеет меньшую прочность.</p> <p>7. Пироксенит. Цвет черный. Состоит из пироксена (авгита). Структура средне- и крупнозернистая. Тяжелый.</p>	
	Не царапает стекло	<p>1. Листвениит. Цвет яблочно-зеленый, серовато- или желтовато-зеленый. Сильный алмазный блеск. Структура равномерно-мелкозернистая. Текстура массивная или пятнистая.</p> <p>2. Мрамор. Цвет различный. Излом зернистый. Состоит из кальцита. Бурно реагирует с 10%-ной HCl.</p> <p>3. Серпентинит. Цвет желтовато-зеленый, темно-зеленый до черного, иногда желтый, буровато-красный, почти белый, часто наблюдается изменение окраски в разных частях образца. Структура мелкозернистая, листоватая, тонкочешуйчатая. Текстура массивная, полосчатая, пятнистая, плейчатая, параллельно-волокнистая. Излом неровный, занозистый.</p>	
	2. Структура порфи- ровая	На плотном фоне основ- ной массы горной поро- ды выделяются вкрап- ленники (порфиры) более или менее крупных зерен отдельных минералов	<p>1. Андезит. Цвет темно-серый или черный. Порфиновые выделения представлены плагиоклазом, обычно свежим и белым (в отличие от порфиритов), хорошо заметным на общем сером фоне. Порода шероховатая на ощупь.</p> <p>2. Кварцевый порфир. Цвет бурый, желтоватый, светло-серый, розоватый. Порфиновые вкрапленники представлены кварцем. Порода твердая.</p> <p>3. Липарит. Цвет белый, желтоватый, светло-серый, розоватый. Основная масса скрытокристаллическая или стекловатая. Порфиновые вкрапленники представлены полевыми</p>

Структурно-текстурные особенности	Диагностические признаки	Название горной породы
		шпатами, кварцем и биотитом. Порода твердая. 4. Порфирит. Цвет темно-серый или темно-зеленый. Порфиновые вкрапленники плагиоклаза в отличие от вкрапленников андезита кажутся мутными, грязно-серыми.
3. Структура обломочная	Порода состоит из обломков минералов различной величины, формы, цвета, цементированных плотной массой Состав разнородный.	1. Брекчия. Крупные остроугольные обломки (щебень, дресва) цементированы в общую массу. Цемент различный. 2. Конгломерат. Крупные окатанные обломки (галька, гравий) цементированы в общую массу. Цемент различный. 3. Песчаник. Грубый на ощупь. Представляет собой цементированный песок. Цвет различный. Цемент различный. В отличие от кварцита имеет меньшую прочность.
4. Структура оолитовая	Порода состоит из мелких цементированных шариков округлой скорлуповатой формы	1. Боксит. Цвет кирпично-красный, красно-бурый, розовый, белый. Цвет оолитов несколько темнее основной массы. Легкий. Средней твердости. 2. Оолитовый известняк. Цвет белый. Состоит из цементированных мелких шариков. Вскипает при действии 10%-ной HCl.
5. Текстура плотная	Порода характеризуется тесным расположением зерен в породе, без каких-либо свободных промежутков между ними Образец оставляет царапину на стекле.	1. Обсидиан. Стекловидный. Излом раковистый. Цвет черный, бурый, сургучный. Непрозрачный. 2. Опока. Цвет серый, желтоватый, зеленоватый, пятнистый, темно-серый и черный. Порода легкая, пористая – липнет к языку, крепкая. Излом раковистый, с острыми краями обломков. 3. Яшма. Окраска яркая, как однородная, так и многоцветная в одном куске. Твердость высокая. Излом ровный или раковистый. Осколки острые, с режущими краями. Блеск на свежей поверхности матовый.
	Образец не царапает стекло	1. Серпентинит. Цвет желтовато-зеленый, темно-зеленый до черного, иногда желтый, буровато-красный, почти белый, часто наблюдается изменение окраски в разных частях образца. Структура мелкозернистая, листоватая, тонкочешуйчатая. Текстура массивная, полосчатая, пятнистая, плейчатая, параллельно-волокнистая. Излом неровный, занозистый.
	Образец горит	1. Бурый уголь. Цвет бурый, черный. Пачкает руки. Порошок бурый, темно-бурый, коричневатый. 2. Каменный уголь. Цвет черный. Плотный, но нередко хрупок, легко раскалывается по многочисленным трещинкам на толстые плитки или прямоугольные бруски. Черта чер-

Структурно- текстурные особен- ности	Диагностические призна- ки	Название горной породы
	Образец не горит	<p>ная.</p> <p>3. Антрацит. Цвет черный со стально-серым, желтоватым (золотистым) или красноватыми оттенками. Блеск сильно металлический, иногда с пестрой побежалостью. Излом раковистый, полураковистый или неровный.</p> <p>1. Аргиллит. Порода камнеподобная, очень плотная. Отдельность остроугольно-кусковатая, с неровным изломом. Не размокает в воде.</p> <p>2. Боксит. Цвет кирпично-красный, красно-бурый, розовый, белый. Глиноподобный, тощий на ощупь. Не дает с водой пластичной массы. Легкий.</p> <p>3. Известняк. Цвет белый, светло-серый, желто-бурый, зеленоватый, темно-серый и черный. Порода каменистая, прочная. Текстура однородная, слоистая, иногда пористая, кавернозная. Твердость средняя. Излом неровный. Бурно вскипает в 10%-ной HCl.</p> <p>4. Мергель. Порода каменистая, плотная, мелоподобная. Обладает плитчатой отдельностью. Структура тонкозернистая. Текстура слоистая. Цвет белый, светло-серый, желтоватый или зеленоватый, темно-серый, буроватый или красноватый, иногда окраска пестрая, меняющаяся послойно. Твердость низкая или средняя. Бурно вскипает под воздействием 10%-ной HCl, образуя мутные пузыри, капля кислоты после реакции оставляет на его поверхности грязное пятно.</p>
6. Текстура земли- стая	Порода легко растирается между пальцами	<p>1. Диатомит. Цвет белый, светло-серый или желтоватый. Порода легкая, рыхлая, напоминает муку. Однородная или слоистая. С соляной кислотой не реагирует.</p> <p>2. Трепел. Цвет белый, светло-серый или желтоватый, темно-серый до черного. Твердость низкая. Порода рыхлая, пористая, землистая или кусковатая, но весьма слабо связанная. С соляной кислотой не реагирует.</p> <p>3. Глина. В сухом состоянии землистая, кусковатая, легко рассыпается, в сыром состоянии липкая, пластичная, при высыхании твердеет. Цвет различный.</p> <p>4. Мел. Цвет белый, сероватый, желтоватый или зеленоватый. Порода мелкозернистая тонкопористая, мягкая, «тощая» на ощупь. Легко крошится и пачкает пальцы. Бурно реагирует с 10%-ной HCl.</p>
7. Текстура пористая, ноздреватая, ячеи- стая	-	1. Базальт. Цвет черный, темно-серый, выветренный базальт ржаво-бурого цвета. Основная масса плотная скрытокристаллическая или мелкозернистая, иногда стекловатая. Текстура пористая, пузыристая, шлакообразная. Порода тяжелая.

Структурно-текстурные особенности	Диагностические признаки	Название горной породы
8. Строение зернисто-сланцеватое	Чередование полос зернистого и сланцеватого сложения	<p>1. Гнейс. Структура мелко-, средне- или грубозернистая, чешуйчатозернистая. Текстура сланцеватая, параллельнополосчатая. По минеральному составу похож на гранит. От гранита отличается полосчатой текстурой.</p> <p>2. Магнетитовый сланец. Магнетит (черный, магнитный), скреплённый кварцем.</p> <p>3. Железистый сланец. Гематит (вишнёво-красный), скреплённый кварцем.</p> <p>4. Слюдяной сланец. Белая или черная слюда, скреплённая кварцем.</p> <p>5. Хлоритовый сланец. Чередуются слои, состоящие из хлорита зеленого цвета с шелковистым блеском и кальцита белого цвета (вскипает при действии 10%-ной HCl).</p> <p>6. Серпентинит. Цвет желтовато-зеленый, темно-зеленый до черного, иногда желтый, буровато-красный, почти белый, часто наблюдается изменение окраски в разных частях образца. Структура мелкозернистая, листоватая, тонкочешуйчатая. Текстура массивная, полосчатая, пятнистая, плейчатая, параллельно-волоконистая. Излом неровный, занозистый.</p>
9. Текстура сланцеватая	Легко колется на плитки	<p>1. Глинистый сланец. Цвет различный. Легко распадается на плитки. Не размокает в воде. Тусклый. Если подышать на него издает землистый запах.</p> <p>2. Горючий сланец. Легко распадается на плитки. В сухом виде порода загорается от спички и горит коптящим пламенем, испуская своеобразный запах, напоминающий запах битума (жженой резины).</p> <p>3. Слюдяной сланец. Состоит из белой или черной слюды. Легко расщепляется кончиком перочинного ножа на тонкие упруго-гибкие пластинки.</p> <p>4. Филлит. Легко распадается на плитки. Цвет серый, зеленоватый, красноватый, бурый, черный. Поверхности сланцеватости блестящие благодаря наличию тонких чешуек минерала серицита и имеют шелковистый блеск.</p> <p>5. Хлоритовый сланец. Окраска породы – зеленая, различных оттенков, с шелковистым блеском. Легко раскалывается.</p>
10. Порода состоит из растительных остатков	-	1. Торф. Цвет бурый, желтый. Состоит из изменённых растительных остатков. Очень легкий. В сухом состоянии загорается от спички.
11. Порода состоит из раковин морских	-	1. Известняк-ракушечник. Порода представляет скопление сцементированных ракушек. Бурно вскипает при действии 10%-ной HCl.

Структурно- текстурные особен- ности	Диагностические призна- ки	Название горной породы
животных		<p>2. Коралловый известняк. Порода представляет скопление сцементированных рифовых построек кораллов: сетчатые, решетчатые, волокнистые. Бурно вскипает при действии 10%-ной HCl.</p> <p>3. Нуммулитовый известняк. Порода представляет скопление сцементированных остатков нуммулитов, имеющих округлую форму, напоминающих монету. Бурно вскипает при действии 10%-ной HCl.</p> <p>4. Фузулиновый известняк. Порода представляет скопление сцементированных мельчайших остатков фузулин, имеющих продолговатую форму и напоминающих внешним видом и размерами зёрна ржи. Бурно вскипает при действии 10%-ной HCl.</p>
12. Несцементированные (нескрепленные) обломки		<p>1. Валун. Окатанные обломки различного состава и цвета размером больше кулака.</p> <p>2. Галечник. Окатанные обломки различного состава и цвета размером от лесного ореха до кулака.</p> <p>3. Глыба. Неокатанные остроугольные обломки различного состава и цвета размером больше кулака.</p> <p>4. Гравий. Окатанные обломки различного состава и цвета размером от горошины до лесного ореха.</p> <p>5. Дресва. Неокатанные остроугольные обломки различного состава и цвета размером от горошины до лесного ореха.</p> <p>6. Песок. Обломки различного состава и формы размером меньше горошины.</p> <p>7. Щебень. Неокатанные остроугольные обломки различного состава и цвета размером от лесного ореха до кулака.</p>

При очень быстром остывании лавы процесс кристаллизации может совсем не начаться, и тогда порода будет полностью состоять из вулканического стекла – обсидиана. Обычно это черная, темно-серая или красновато-бурого (сургучного) цвета порода с раковистым изломом, очень похожая на темно-окрашенный кварц – морион, с характерной стекловатой структурой.

Эффузивные породы по степени изменения разделяются на две категории:

-сильно измененные породы носят название палеотипных (иногда их называют палеовулканическими),

-слабо измененные – кайнотипные (неовулканические).

Эти названия связаны с тем, что измененные лавы и туфы имеют облик как бы древних пород (независимо от их действительного возраста), а слабо измененные – облик молодых пород.

Химическая классификация горных пород. Генетический принцип классификации горных пород дополняется классификационными признаками, относящимися к химическому и минеральному составу горных пород.

В основу химической классификации горных пород положено процентное содержание кремнекислоты SiO_2 . На этом основании принято условное разделение магматических пород на следующие группы:

1) ультраосновные менее – 45 % SiO_2 ;

2) основные – от 45 % до 52 % SiO_2 ;

3) средние – 52–65 % SiO_2 ;

4) кислые – 65–75 % SiO_2 ;

5) в отдельную группу выделяются щелочные породы, характеризующиеся значительным содержанием щелочей (до 20 %) и меньшим по сравнению с кислыми породами количеством SiO_2 (около 40–55 %).

Особенности внутреннего строения магматических горных пород: структура и текстура.

Внутреннее строение горной породы характеризуется структурой и текстурой.

Под структурой горной породы понимают совокупность признаков, которые характеризуют степень ее кристалличности, абсолютный и относительный размер минеральных зерен, слагающих горную породу. Структура имеет важное значение для выяснения процессов образования магматических горных пород, т.к. главным образом зависит от условий кристаллизации магмы. На характер структуры оказывает влияние также состав магмы, определяющий порядок кристаллизации минералов.

По степени кристаллизации различают следующие структуры:

1) полнокристаллические – порода полностью состоит из кристаллов различных минералов;

2) неполнокристаллические – порода представляет собой стекловатую нераскристаллизовавшуюся массу, на фоне которой хорошо выделяется некоторое количество мелких кристаллов отдельных минералов;

3) стекловатые – все вещество породы представлено вулканическим стеклом.

Полнокристаллические структуры характерны для интрузивных глубинных и полуглубинных горных пород, неполнокристаллические и стекловатые структуры характерны для эффузивных горных пород.

По абсолютному размеру минеральных зерен различают структуры:

1) гигантозернистые – размеры минеральных зерен превышают 1 см;

2) крупнозернистые – размеры минеральных зерен колеблются от 1 до 0,3 см;

3) среднезернистые – размеры минеральных зерен от 0,3 до 0,1 см;

4) мелкозернистые – размеры минеральных зерен от 0,1 до 0,05 см;

5) скрытокристаллические (афанитовые) – размер минеральных зерен не различим даже в лупу.

Выявление структур по абсолютному размеру минеральных зерен имеет важное генетическое значение, так как абсолютная величина кристаллов напрямую зависит от условий кристаллизации. Гигантозернистые, крупно-, средне- и мелкозернистые структуры характерны для интрузивных глубинных и полуглубинных горных пород, скрытокристаллические – для основной массы эффузивных горных пород.

По относительному размеру минеральных зерен различают структуры:

1) равномернозернистые – все зерна определенного минерала имеют одинаковые размеры;

2) неравномернозернистые – один и тот же минерал образует зерна разного размера.

Разновидностью неравномернозернистых структур являются порфировидные и порфиновые структуры:

-порфировая – структура, в которой кристаллы отдельных минералов (порфиры) резко выделяются крупными размерами из основной массы. Характерна для эффузивных пород, в которых на афанитовом или очень мелкозернистом фоне выделяются крупные вкрапленники минеральных зерен (порфиры);

-порфировидная – крупные вкрапленники минеральных зерен (порфиры) рассеяны на фоне основной мелко-, средне- или крупнозернистой массы.

Наличие подобной структуры указывает на специфические условия кристаллизации, вызвавшие усиленное развитие определенного минерала.

Среди прочих структур интрузивных пород выделяются следующие структуры:

1) пегматитовая;

2) пойкилитовая.

Пегматитовая структура образуется при одновременной кристаллизации двух минералов, закономерно прорастающих друг друга. Примером такой структуры является письменный гранит, или еврейский камень, при образовании которого происходила одновременная кристаллизация полевого шпата и кварца. Зерна кварца имеют форму узкого клина, уголка, треугольника, угловатой скобки, каплевидную, червеобразную. В целом они образуют рисунок, напоминающий древние письма, отсюда и название породы – письменный гранит, еврейский камень.

Пойкилитовая структура характеризуется прорастанием одного крупного минерала мелкими зернами других минералов.

Текстура характеризует сложение горной породы, т.е. отражает расположение минеральных зерен в породе. Образование текстур обусловлено как внутренними процессами кристаллизации магмы, так и влиянием внешних факторов.

Среди текстур, обусловленных внутренними факторами, различаются три главных вида:

- 1) массивная (однородная);
- 2) такситовая (шлировая);
- 3) сферическая (шаровая).

Массивная текстура характеризуется тем, что в любой части породы зерна минералов располагаются равномерно и беспорядочно, без какой-либо ориентировки. Такое сложение породы возникает, когда условия кристаллизации магмы одинаковы на значительном пространстве. Самая распространенная текстура магматических горных пород.

Такситовая (шлировая) текстура характеризуется тем, что отдельные участки породы отличаются друг от друга по составу или по структуре.

Образуется следующим образом:

1) Путем скопления в определенных участках минералов, выделившихся в первые этапы кристаллизации магмы. Такие скопления определенных минералов называются шлирами.

2) В результате захвата магмой обломков вмещающих пород, отличающихся по составу от магматической породы. Такие обломки чуждых пород, переработанные магмой, называются ксенолитами.

Сферическая (шаровая) по своей неоднородности близка к такситовой. Характеризуется тем, что минералы в породе располагаются в виде концентрических слоев, около некоторых центров. Образование текстуры связано с периодами перенасыщения магмы то одним, то другим компонентом, которые и отлагаются в виде слоев.

Под влиянием внешних факторов образуются ориентированные текстуры. В породах с ориентированными текстурами минеральные зерна располагаются параллельно какому-нибудь направлению.

Гнейсовидная текстура наблюдается в полнокристаллических интрузивных породах. Возникает под воздействием одностороннего давления, а также вследствие течения магмы вдоль контактовой поверхности, параллельно какому-нибудь направлению или плоскости.

Флюидальная текстура характерна для эффузивных пород. В породах с такой текстурой сохраняются направления течения лавы, в виде параллельного расположения микроскопических кристаллов.

По способу заполнения пространства выделяются следующие текстуры: плотная, пористая, миндалекаменная и др.

Плотная текстура характеризуется тесным расположением зерен в породе, без каких-либо свободных промежутков между ними.

Пористая характеризуется присутствием в породе пустот сферической или неправильной формы. Такая текстура встречается в эффузивных породах. Пустоты возникают от газов, выделившихся при кристаллизации.

В том случае, когда пустоты заполнены вторичными минералами, они носят название миндалин и текстура таких пород называется миндалекаменной.

Контрольные вопросы:

1. Дифференциация магмы как причина разнообразия магматических пород.
2. Назовите главные магматические породы разных групп от кислых до ультраосновных.
3. Дайте общую характеристику ультраосновным горным породам.
4. Каковы основные текстуры магматических горных пород?
5. В чем заключается практическое значение изучения магматических горных пород?
6. Что понимается под структурой магматических горных пород?
7. Что показывает текстура магматических горных пород?
8. Почему выявление структур по абсолютному размеру минеральных зерен является важным генетическим признаком?
9. Какие полезные ископаемые связаны с ультраосновными горными породами?
10. Какие полезные ископаемые связаны с щелочными горными породами?
11. Какие полезные ископаемые связаны с кислыми горными породами?
12. Что означает понятие «пустая порода»?
13. Чем обусловлен цвет гранита?

14. Какое современное практическое значение имеет базальт как горная порода?

Лабораторная работа 12. Изучение осадочных горных пород.

Цель работы: получить навык визуальной (макроскопической) диагностики осадочных горных пород.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Знакомство с образцами осадочных горных пород.

В ходе знакомства с образцами осадочных пород выяснить их структурные различия с магматическими и метаморфическими горными породами. В процессе работы письменно указать:

1) Какие структуры осадочных горных пород отличают их от магматических и метаморфических. Отметить те особенности строения осадочных пород, которые позволяют их наиболее надёжно диагностировать.

2) Какие структуры осадочных пород похожи на структуры магматических и метаморфических пород.

Задание 2. Определение-диагностика осадочных горных пород. Руководствуясь таблицей 13, определить обломочные горные породы, представленные в «навалах» их образцов, и дать им описание.

Задание 3. Контрольное определение осадочных горных пород.

Из десяти контрольных образцов осадочных пород определить известняк, мергель, песчаник и глину, пользуясь приведенным выше описанием данных пород. Описание производить по ниже приведенному плану.

Порядок диагностики и описания обломочных пород

1. Структура (гранулометрический состав). Гранулометрическим составом называют содержание частиц или обломков различной крупности. Приёмы и методы определения структуры изложены в общем описании осадочных пород. Название породы дается по содержанию той фракции (песка, гравия и т. д.), количество которой составляет более 50 %.

2. Цвет. Необходимо указать преобладающую окраску, ее оттенки, наличие пятен, разводов, прослоек другого цвета. Цвет глинистых пород рекомендуется определять в увлажненном состоянии, так как при высыхании окраска их тускнеет.

3. Минералогический (для песчаных) или петрографический (для грубообломочных пород) состав.

4. Окатанность.

5. Примеси (типы и состав пород, которые не вошли в название данного образца. Например, присутствие в песке гравия, гальки и т. д.).

6. Текстурные особенности.

7. Органические остатки.

8. Для глинистых пород указать степень вязкости, пластичности в состоянии естественной влажности, способность размокать в воде.

В результате должно получиться цельное описание обломочной породы, например: *супесь бурая, во влажном состоянии вязкая, пластичная, со значительным (20–25 %) количеством гальки и редкими зернами гравия. Галька мелкая, хорошо окатанная, представлена розовым гранитом, серым доломитом, темно-серым известняком. Гравий разнозернистый, преимущественно кварцевого состава. Наблюдается грубая отдельность, обусловленная наличием песчаных прослоек. В верхней части слоя представлено несколько обломков раковин брахиопод.*

Порядок диагностики и описания химических и биохимических пород

1. Название породы. Для определения названия породы необходимо установить ее химический состав (порода карбонатная, кремнистая). Важным показателем является реакция породы с 10%-й HCl, которая позволяет выделить карбонатные породы и их разновидности.

2. Цвет. Необходимо указать основную окраску, ее оттенки, характер проявления по образцу, вторичные проявления цвета.

3. Структура. Для пород данной группы характерны зернистая, органо-генная, органо-генно-обломочная, плотная, землистая, волокнистая структуры.

Биоморфная структура – характерна для органо-генной породы, сложенной из хорошо сохранившихся организмов.

Детритусовая структура – характерна для органо-генной породы, представленной обломками скелетов организмов.

4. Наличие примесей другого вещества, например, известняк доломитовый, известняк углистый и др.

5. Текстурные признаки.

6. Вторичные изменения породы (выветривание, перекристаллизация).

7. Органические остатки.

Таблица 13 – Классификация обломочных горных пород (по А.Г. Кузнецову и др., 2011)

Подгруппы обломочных пород	Размер обломков, составляющих более 50 % породы, мм	Название отдельных обломков		Название пород					
		угловатых	окатанных	рыхлых		сцементированных			
				сложенных угловатыми обломками	сложенных окатанными обломками	БРЕКЧИЯ	сложенных угловатыми обломками	КОНГЛОМЕРАТ	сложенных окатанными обломками
Грубо-обломочные (псефиты)	>100	Глыба	Валун	Глыбы (скопление глыб)	Валуны				
	100-10	Щебень	Галька	Щебень	Галечник	Брекчия	Конгломерат		
	10-1	Дресва	Гравий	Дресвянник	Гравийник	Брекчия	Гравийный конгломерат		
Песчаные (псаммиты)	1-0,5	Песчаные зёрна		Пески крупнозернистые		Песчаник крупнозернистый			
		Крупные							
	0,5-0,25	Средние		Пески среднезернистые		Песчаник среднезернистый			
	0,25-0,1	Мелкие		Пески мелкозернистые		Песчаник мелкозернистый			

Указания к выполнению лабораторной работы:

Осадочные горные породы образуются в результате разрушения и последующего отложения продуктов выветривания магматических, метаморфических и осадочных горных пород.

В поверхностной зоне литосферы под влиянием колебаний температуры, воздействий воды, ветра, деятельности живых организмов происходит разрушение горных пород. Процесс, представляющий собой совокупность действия физического разрушения и химического разложения горных пород, называется выветриванием. Различают физическое (или механическое) и химическое выветривание. Физическое выветривание заключается в механическом разрушении горных пород, химическое выветривание представляет собой химическое разложение минералов и образование новых продуктов, устойчивых в зоне выветривания. Процессы физического и химического выветривания взаимосвязаны и протекают одновременно, но в зависимости от физико-географических условий может преобладать либо физическое, либо химическое выветривание.

Продукты выветривания могут оставаться на месте своего разрушения. В этом случае в результате физического выветривания образуются элювиальные отложения, а в результате химического – остаточные образования.

Основная же масса продуктов разрушения горных пород переносится поверхностными текучими водами. Водные потоки переносят продукты выветривания в виде твердых частиц и в растворенном состоянии. В связи с этим и отложение материала происходит в виде твердых механических осадков и в результате выпадения из раствора (химические и биохимические осадки). Но отложенные осадки еще не являются горными породами. Они должны пройти стадию уплотнения и цементации – диагенеза.

Классифицируются осадочные горные породы по генетическому и минералогическому признакам. По генетическим признакам, т.е. по условиям образования, все осадочные горные породы подразделяются на три группы:

1. Обломочные (механические или кластические) породы. Образуются из механических осадков. Классификация обломочных пород основана на величине и форме обломков и степени их сцементированности. Поэтому осадочные обломочные породы одного и того же названия (глыба, валун, щебень, галечник, дресва, песок и т.д.) могут иметь различные химический и минеральный состав. Обломочные осадочные породы составляют 1,7 % от объема земной коры.

2. Химические (хемогенные) породы. Образуются из химических осадков истинных или коллоидных растворов. Выпадение осадка из растворов зависит главным образом от концентрации растворенных солей и температуры раствора. К химическим породам относятся также глинистые породы (породы коллоидального происхождения). В отличие от обломочных глинистые породы со-

стоят не из обломков магматических, метаморфических и осадочных пород, а из новых минералов, образовавшихся в результате химического выветривания. Глинистые породы представляют собой очень тонкозернистые (размер зерен меньше 0,01 миллиметра) образования. На долю глинистых пород приходится 4,2 % объема земной коры.

3. Органогенные (биогенные) породы. Образуются благодаря жизнедеятельности организмов или вследствие отмирания морских организмов и накопления их скелетов в осадках на дне водоемов.

Значительная группа осадочных горных пород образуется в результате одновременного действия химических и биогенных процессов. Такие породы называют биохимическими.

Химический состав осадочных горных пород является более разнообразным, чем исходных магматических и метаморфических пород. Это объясняется весьма тонким разделением продуктов разрушения пород и переходом в раствор их составных частей.

Минеральный состав осадочных пород характеризуется присутствием тех минералов, которые являются устойчивыми в зоне осадконакопления или образуются при экзогенных процессах. К ним относятся кварц, халцедон, опал, минералы группы каолина, силикаты железа, марганца, алюминия. Характерными являются карбонаты, галоидные соединения и сульфаты. Кроме минерального вещества осадочные породы часто содержат скелетные остатки организмов в виде окаменелостей.

Цвет осадочных пород является важным признаком, характерным для их определения, и зависит:

- 1) от цвета минералов, слагающих породу;
- 2) от цвета примесей, рассеянных в породе;
- 3) от цвета тончайшей корочки, покрывающей зерна минералов, слагающих породу.

Белый и светло-серый цвета обусловлены окраской главных минералов осадочных пород: кварца, каолина, кальцита, доломита.

Черный и темно-серый цвета чаще всего обусловлены примесью красящего углистого вещества или солями марганца и сернистого железа. Указывают на резко восстановительную среду и наличие органического материала. Типичны для отложений области гумидного климата.

Красный и розовый цвета обычно связаны с примесью в породе окислов железа. Также часто эти цвета свидетельствуют о формировании осадков в условиях жаркого климата. Например, известняк красного цвета образовался в окислительной обстановке в аридном или гумидном климате. Но чаще всего в условиях жаркого и влажного климата.

Зеленый цвет зависит от примеси закисного железа и присутствия с окрашенных минералов: глауконита, иногда хлорита, малахита и др.

Желтый и бурый цвета связаны с присутствием в породе лимонита.

Для уточнения цвета породы необходимо использовать добавочные обозначения окраски, например: зеленовато-серый, коричневатобурый и т.д. При этом основной цвет следует ставить на второе место. Например, «зеленовато-серая глина» необходимо понимать как глина серого цвета с зеленоватым оттенком.

При определении цвета осадочной породы необходимо учитывать степень ее увлажнения, так как влажность изменяет оттенки цвета. Например, в сухом состоянии глина может иметь зеленовато-серый цвет, а в состоянии влажности приобретает яркий зеленый. Кроме того, при описании цвета осадочной породы часто приходится встречаться не только со сложными оттенками, но и с причудливым распределением окраски в породе. Например, на фоне основного цвета могут выступать пятна или разводы сложного рисунка иного цвета. Лучше всего такие детали просматриваются во влажном состоянии.

Важное значение при диагностике осадочной породы имеет установление её удельного веса, которое возможно в лабораторных условиях, но в некоторых случаях может быть выполнено и приблизительно. Например, по внешнему виду достаточно сложно отличить гипс от ангидрита. Но разницу между ними в удельном весе возможно обнаружить сравнительным взвешиванием на руке обломков одинакового размера (гипс – 2,4 г/см³, ангидрит – 2,9 г/см³).

Под структурой осадочных обломочных горных пород понимают размер и форму частиц, слагающих породу.

По величине обломков среди осадочных пород выделяют следующие группы:

- 1) грубообломочные (псефитовые), размер частиц более 2 мм;
- 2) песчаные (псаммитовые), размер частиц от 2 до 0,1 мм;
- 3) пылеватые (алевритовые), с частицами от 0,1 до 0,01 мм;
- 4) глинистые (пелитовые), с частицами менее 0,01 мм.

По форме обломков:

- 1) угловатые (неокатанные);
- 2) округло-угловатые (полуокатанные);
- 3) округло-полированные (окатанные).

По величине зерен среди песчаных пород выделяют:

- 1) грубозернистые (более 1 мм);
- 2) крупнозернистые (1–0,5 мм);
- 3) среднезернистые (0,5–0,25 мм);
- 4) мелкозернистые (0,25–0,1 мм).

Для пород химического и органогенного происхождения структуры различают по размерам кристаллов или зерен и по составу организмов, слагающих породу:

1) равно- и разнотельную в зависимости от соотношения зерен по размеру;

2) оолитовую, в которой зерна имеют форму округлых стяжений различного размера;

3) брекчевидную, при которой порода состоит из крепко спаянных между собой остроугольных обломков;

4) биоморфная – органогенная порода сложена хорошо сохранившимися организмами;

5) детритусовая – порода представлена обломками скелетов организмов.

По характеру взаимного расположения частиц в осадочных породах выделяются следующие текстуры:

1. Беспорядочная, при которой составляющий породу материал расположен без какого-либо порядка и как бы перемешан. Характерна для морены, грубообломочного конгломерата, гравелита.

2. Слоистая, слагающий осадочную породу материал изменяется по минеральному составу, по величине зерен, по окраске породы.

Иногда некоторые особенности строения осадочных пород хорошо выделяются не в отдельных маленьких кусках, а в целых пластах или толщах этих пород. Такие текстуры называются макротекстурами. К ним относятся:

1. Слоистость.

Различают:

-прямую, или параллельную, указывающую на то, что накопление осадков происходило в спокойной обстановке и состав отложенного материала одинаков на значительной площади;

-косую, или перекрестно-волнистую, характеризующую отложение осадков в обстановке воздушных или водных течений.

2. Ископаемая рябь.

Различают:

- ветровую рябь, характеризующуюся уплощенностью и несимметричностью своих гребешков;

-рябь течений, похожую на ветровую рябь, но большей амплитуды;

- волновую рябь, отличающуюся симметричностью и острыми вершинами гребешков.

Правильное описание ряби помогает выяснить условия образования породы.

3. Трещины усыхания, наблюдаются на поверхности глинистых пород.

4. Отпечатки сохраняются на поверхности песка или ила. Это могут быть следы выпавшего в прошлое геологическое время дождя или града в виде округлых углублений, окруженных приподнятым крутым краем, следы ползающих животных и др.

Важными текстурными признаками в осадочных горных породах являются относительное количество зерен и цемента, а также расположение зерен в цементе. Цемент – это масса тонкозернистого или аморфного материала, скрепляющая отдельные более крупные зерна. Различают цемент, образовавшийся одновременно с отложением осадка, и цемент, возникший после образования породы в результате осаждения солей из циркулирующих через нее растворов. По составу цемент может быть: алевроитовый, глинистый, известковый, железистый, кремневый, песчаный и др. Многие породы получают название согласно составу цемента (например, песчаник железистый). Характер цемента влияет на прочность и твердость осадочных пород.

Известковый цемент в органогенных породах также указывает на теплую воду и тропический и субтропический климат. Определяется по реакции с 10%-ным раствором соляной кислоты.

Кремнистый цемент указывает на глубоководную зону моря, низкую температуру воды и холодный климат умеренных широт.

Одним из основных внешних признаков в осадочных горных породах является пористость, которая имеет также важное прикладное значение в гидрогеологии, инженерной и нефтяной геологии.

По степени пористости выделяют следующие породы:

- 1) плотные, в которых пористость не заметна на глаз;
- 2) мелкопористые, в которых можно различить мелкие частые поры;
- 3) крупнопористые, величина пор колеблется от 0,5 до 2,5 мм;
- 4) кавернозные, крупные поры представляют собой сложные пустоты – каверны, образовавшиеся на месте выщелачивания отдельных участков породы.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятия «осадочная порода».
2. Перечислите особенности образования осадочных горных пород.
3. Назовите структурно-текстурные признаки осадочных пород.
4. Глины и их физические свойства.
5. Осадочные горные породы органического и химического происхождения.
6. На чем основан принцип классификации осадочных горных пород?
7. Охарактеризуйте минеральный состав осадочных горных пород.

Лабораторная работа 13. Изучение метаморфических горных пород.

Цель работы: получить навык визуального (макроскопического) метода диагностики метаморфических горных пород по структурно-текстурным особенностям внутреннего строения.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Изучение минералогического состава, структур и текстур основных метаморфических горных пород.

1) Выявить основные текстурные признаки и различия метаморфических горных пород рабочей коллекции.

2) На основании текстурных признаков выделить основные типы метаморфизма.

3) Охарактеризовать минеральный состав метаморфических горных пород.

Исходными данными для выполнения задания является таблица 14, где указаны породообразующие минералы, структуры и текстуры наиболее распространенных метаморфических пород.

Таблица 14 – Характеристика метаморфических горных пород

Название породы	Главные породообразующие минералы	Структура	Текстура
Гнейс	кварц, полевой шпат	гранобластовая и порфиобластовая (средне- и крупнозернистая)	полосчатая иногда сочетающаяся со сланцеватой
Кварцит	кварц	гранобластовая (мелко- и среднезернистая)	массивная, реже полосчатая, иногда сланцеватая
Мрамор	кальцит или доломит	гранобластовая (мелко-, средне- и крупнозернистая)	массивная, реже полосчатая, иногда пятнистая
Амфиболит	роговая обманка, плагиоклаз	гранобластовая (средне- и крупнозернистая)	массивная, реже сланцеватая, иногда полосчатая
Кристаллический сланец	слюда, хлорит, тальк, актинолит	лепидобластовая (мелко- и среднезернистая)	сланцеватая, реже плейчатая, иногда линейная
Глинистый сланец	кварц, слюда, хлорит, глинистые минералы	тонкозернистая, мелкозернистая	сланцеватая (тонкосланцеватая с матовой поверхностью)

Метаморфизм происходит под воздействием высокой температуры и давления, а также вследствие привноса и выноса вещества высокотемпературными растворами и газами. Большую роль также играет исходный минеральный состав горных пород. Метаморфические горные породы классифицируют соот-

ветственно типам метаморфизма. По преобладанию тех или иных факторов в ходе преобразования выделяется несколько типов метаморфизма:

1. Региональный метаморфизм вызывается высоким неравномерным давлением и температурой и захватывает большие пространства. Процесс сопровождается перекристаллизацией и новым минералообразованием в условиях расплющивания и пластического течения пород, что приводит к появлению наиболее характерному для метаморфических образований ориентированному (параллельному) расположению минеральных зерен.

2. Динамометаморфизм возникает под воздействием давления в условиях невысоких температур и заключается в интенсивном дроблении минеральных зерен без существенной их перекристаллизации.

3. Контактный метаморфизм наблюдается вдоль границ магматических тел и имеет местное (локальное) значение в преобразовании вмещающих пород, изменении их структуры, текстуры и состава. Вызывается действием высокой температуры, паров и растворов.

4. Пневматолитовый и гидротермальный метаморфизм развивается при интенсивном привносе в породу новых веществ горячими водными растворами и газами, поднимающимися из магматического очага. При этом происходит изменение минерального и химического состава пород.

5. Метасоматоз – возникает при очень интенсивном привносе новых веществ и развитии замещения первичных минералов химически активными веществами.

Особое значение для определения метаморфических горных пород имеют текстурные особенности. Породы регионального метаморфизма обычно имеют сланцеватую текстуру. Локально-метаморфические горные породы характеризуются массивной текстурой.

Метаморфические породы состоят лишь из минералов устойчивых в условиях высоких температур и давления (кварц, полевой шпат, мусковит, биотит, роговая обманка, авгит, магнетит, гематит, кальцит). Также в метаморфических горных породах распространены минералы, характерные только для них: серицит, хлорит, серпентин, гранат, графит и др.

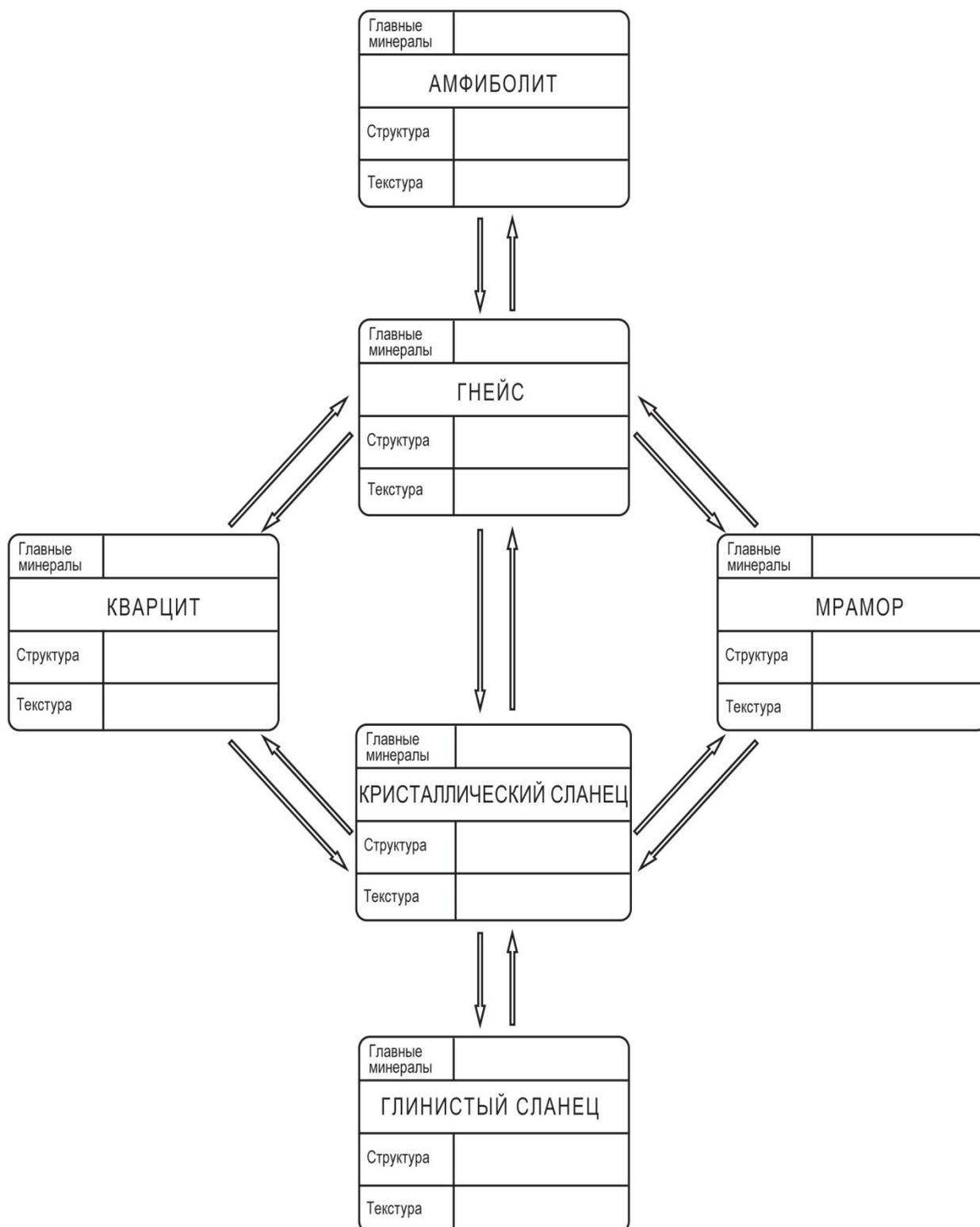


Рисунок 11 – Схема макроскопического определения метаморфических горных пород (по А.Г. Кузнецову и др., 2011)

Используя данные таблицы 14, заполните схему (Рисунок 11). Проведите анализ схемы и выясните отличительные особенности каждой пары метаморфических пород, соединённых стрелками. В отмеченном стрелками направле-

нии письменно укажите уменьшение или увеличение содержания тех или иных пороодообразующих минералов, изменение структуры и текстуры.

Задание 2. Определение-диагностика метаморфических горных пород.

Используя данные таблицы 14 и рисунка 11, произвести определение образцов метаморфических горных пород (по заданию преподавателя).

Описание метаморфических пород следует производить по следующей схеме:

1. Название
2. Структура
3. Текстура
4. Минеральный состав
5. Происхождение
6. Применение
7. Месторождения
8. Диагностика

Изучение метаморфических горных пород имеет большое практическое значение, т.к. с этими породами связано огромное количество важнейших полезных ископаемых. Крупнейшие месторождения железа связаны с регионально-метаморфизованными породами (КМА, Криворожское и др.). Крупные месторождения полиметаллов, редких металлов связаны с зонами контактово-пневматолитового метаморфизма. Особенно многочисленные месторождения связаны с гидротермальным метаморфизмом (полиметаллы, золото).

Многие метаморфические горные породы сами по себе являются ценными полезными ископаемыми и используются как строительный и декоративный камень.

Указания к выполнению лабораторной работы:

Метаморфические горные породы образуются в результате преобразования ранее существовавших осадочных и магматических пород под воздействием эндогенных процессов.

Преобразования протекают в твердом состоянии и выражаются в изменении минерального, иногда химического состава, структуры и текстуры горных пород.

Главными факторами метаморфизма горных пород является:

- 1) высокая температура;
- 2) большое всестороннее давление (определяется глубиной погружения);
- 3) давление, ориентированное в одном направлении или одностороннее (связанное с тектоническими движениями и деформациями горных пород), называемое стрессом;
- 4) высокотемпературные газовые и жидкие растворы, выделяющиеся из внедряющейся магмы и поступающие с больших глубин из мантии.

Процессы метаморфизма могут проявляться на огромных площадях – региональный метаморфизм – и на контакте пород с интрузивными магматическими телами – контактовый метаморфизм.

Наиболее широко распространенным является региональный метаморфизм, который охватывает огромные площади горных пород на определенных глубинах и связан с общими физико-химическими условиями данных глубин. Вызывается высоким неравномерным односторонним давлением, температурой и воздействием жидких и газовых флюидов. Региональный метаморфизм обычно приурочен к складчатым областям различного возраста. Наиболее глубоко метаморфизованные породы развиты в пределах древних щитов – Балтийского, Украинского, Алданского, Анабарского. Мощные толщи пород регионального метаморфизма залегают также на различной глубине в основании (фундаменте) древних платформ – Восточно-Европейской и Сибирской.

В зависимости от сочетания различных факторов, влияющих на процесс метаморфизма: различной величины геотермического градиента, тектонических движений – могут создаваться термодинамические условия, вызывающие интенсивные процессы метаморфизма. В соответствии с этим метаморфические породы классифицируют по метаморфическим фациям.

Под метаморфической фацией понимаются породы, сформированные в определенных термодинамических условиях.

В настоящее время принята следующая система фаций регионального метаморфизма:

1. Цеолитовая фация – характеризуется минимальными температурами (100–200°) и давлением (1 000–4 000 атм.) Характерны новообразования цеолитов, альбита, адуляров и др.;

2. Зеленосланцевая фация (100–350°, 2 500–6 000 атм). Типоморфные минералы – альбит, хлорит, тальк, серпентин. Характерные породы – хлоритовые и тальковые сланцы, филлиты;

3. Альмандин-амфиболитовая фация (300–700°, 3 000–7 000 атм). Типичные минералы – роговая обманка, мусковит, дистен, альмандин (гранат). Характерные породы – амфиболиты;

4. Гранулитовая фация (более 600°, 3 500–10 000 атм). Включает метаморфические породы, сложенные в основном безводными минералами. Типичные минералы – гранаты, дистен, силлиманит. Характерные породы – гранулиты;

5. Эклогитовая фация. Условия образования эклогитов неясны. Предполагается, что эклогитовая фация образуется в наиболее высокотемпературной области высоких давлений. Типичные минералы – гранат, пироксен и рутил, породы – эклогиты.

В зависимости от состава и структуры исходных пород при региональном метаморфизме возникают определенные и характерные виды метаморфических пород, которые по мере возрастания температуры и давления претерпевают закономерные преобразования.

Особенно значительные изменения испытывают глинистые породы. Еще в процессе диагенеза глины уплотняются, обезвоживаются и превращаются в аргиллиты, отличающиеся от глин полной неразмокаемостью. В начальной стадии метаморфизма в условиях низких температур и тектонического давления аргиллиты претерпевают рассланцевание и превращаются в аргиллитовые сланцы. Сланцы обычно сохраняют окраску исходных глин. При возрастании кристаллических частиц порода твердеет и превращается в кровельные сланцы. Дальнейшее повышение температуры и усиление метаморфизма приводит к полной перекристаллизации глинистого вещества с образованием филлитов. Внешне они сходны с глинистыми сланцами, отличаются от них шелковистым блеском. При дальнейшем повышении температуры и давления филлиты переходят в кристаллические сланцы. На самой высшей стадии метаморфизма они преобразуются в гнейсы.

Кварцевые песчаники с кремнистым цементом при метаморфизме преобразуются в кварциты. Кварцевые песчаники с глинистым цементом преобразуются в слюдяно-кварцитовые сланцы. Известняки при метаморфизме преобразуются в мраморы. Кремнистые породы – опоки, яшмы преобразуются в мелкозернистые кварциты, отличающиеся крайне равномерной слаборазличимой зернистостью. В результате метаморфизма кислых и средних магматических пород (гранитов и диоритов) образуются гнейсы и слюдяные сланцы. Габбро и базальты на низшей стадии метаморфизма преобразуются в зеленые сланцы, на следующей стадии метаморфизма переходящие в амфиболиты. На высшей стадии метаморфизма амфиболиты переходят в гранатовые амфиболиты и эклогиты, состоящие из граната и пироксена. Ультраосновные породы преобразуются в змеевики (серпентиниты) и тальковые сланцы.

Контактовый метаморфизм проявляется на контакте двух пород, обычно осадочной и изверженной. Контактовый метаморфизм проявляется по обе стороны от контакта – на внешней и на внутренней стороне. Ширина зоны контактового метаморфизма различна: от нескольких миллиметров и сантиметров, до сотни метров и километров. Вблизи контакта магмы и вмещающей породы образуется пояс, сложенный метаморфическими породами. Чем сильнее воздействие магмы, тем больше ширина пояса.

При внедрении магмы действуют все факторы метаморфизма. Контактовый метаморфизм может происходить без существенного привноса новых веществ из магмы и с привносом их в контактовую зону. При контактовом метаморфизме практически без привноса веществ происходит только обжиг в контактовой зоне, частичная ассимиляция и его перекристаллизация. Так образуются контактовые роговики. Наиболее сильно явления контактового метаморфизма проявляется при внедрении интрузии в карбонатные породы. Гранитная (алюмосиликатная) магма и карбонатная порода реагируют между собой, в результате чего образуется комплекс новых минералов, характерный исключительно для контактовой зоны этих пород.

Таковыми минералами являются волластонит $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ и гроссуляр $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$. Кальций в них заимствуется из карбонатной породы, а глинозем

и кремнезем – из алюмосиликатной магмы. Реакция между алюмосиликатной и карбонатной породами происходят особенно интенсивно, когда в приконтактовую зону попадают постмагматические растворы, которые могут привносить с собой в боковые породы железо, марганец, вольфрам, молибден, свинец, цинк, кремнекислоту, щелочь и др. При посредстве этих растворов происходит диффузионный обмен различными компонентами между контактирующими средами. Реакционный обмен компонентами и присутствие новых веществ, привнесенных растворами, приводит к образованию в контактовой зоне своеобразных пород – скарнов. Скарны – это метасоматические породы, образовавшиеся в контакте гранитоидных интрузий с карбонатными породами при обязательном участии послемагматических растворов. Характерными минералами скарнов являются пироксены (диопсид, геденбергит), гранаты (гроссуляр, андрадит) и другие более сложные силикаты, содержащие кальций, из рудных минералов – шеелит, молибденит, магнетит, халькопирит, галенит и сфалерит.

В ходе преобразования горных пород выделяют следующие типы метаморфизма:

1. Динамометаморфизм (дислокационный), или катакластический (греч. «катаклазо» – разрушаю) – происходит в верхних зонах земной коры. под воздействием сильного одностороннего давления (стресса) в условиях невысоких температур и заключается в интенсивном дроблении минеральных зерен без существенной их перекристаллизации. Связан с тектоническими движениями, вызывающими разрывы в земной коре и перемещение по ним отдельных блоков. Локализуется вдоль разрывных тектонических нарушений.

В зависимости от величины и соотношений температуры и давления в зонах разрывных тектонических нарушений выделяют следующие характерные горные породы:

-Тектонические брекчии, почти не измененные по составу горные породы, состоящие из различных по величине остроугольных обломков, сцементированных мелкодробленой массой.

-Катаклазиты, соответствуют начальной стадии динамометаморфического изменения горных пород. В них наблюдается сильное дробление всех хрупких минералов, изогнутость и смятие более пластичных минералов (слюды, хлориты), но при этом сохраняются черты исходной горной породы. В таких случаях применяются такие названия, как катаклазированный гранит и др.

-Милониты образуются при более интенсивном одностороннем давлении. Состоят из тонкораздробленного материала наподобие муки (отсюда термин «милонит»).

2. Термометаморфизм – возникает при воздействии высоких температур. При разогревании породы происходит перекристаллизация вещества. При термометаморфизме активное участие принимает вода, которая, превращаясь в пар и вступая в реакции, способствует образованию новых минералов. Термальный метаморфизм очень четко проявляется на контактах с интрузиями, температура которых часто превышает 1 000° С. Остывание интрузий идет очень медленно, поэтому происходит значительный прогрев вмещающих пород.

3. Гидротермальный и пневматолитовый метаморфизм осуществляется при интенсивном привносе горячими водными растворами и газовыми потоками в породу новых веществ, поднимающихся из остывающего магматического очага. В результате происходит изменение не только минерального, но и химического состава пород.

При очень интенсивном привносе новых веществ и развитии замещения первичных минералов химически активными веществами возникает особый вид метаморфизма – метасоматоз. Например, кремнекислые растворы, поступающие из магмы, могут заместить карбонат кальция в известняковой породе и тогда известняк сначала становится кремнистым, а затем может превратиться в кварцит. Метасоматические тела имеют часто трубчатую или неправильную форму. Залегают большей частью среди карбонатных пород. Большое значение при метасоматозе имеет вода, которая облегчает процесс переноса веществ и, растворяя и выщелачивая неустойчивые компоненты вмещающей породы, способствует образованию полостей, в которых отлагаются вновь приносимые элементы. Такие полости иногда могут быть очень малы, до размера пор между отдельными минералами.

Главные отличия метаморфических пород от осадочных и магматических заключаются в их минеральном составе и структурно-текстурных признаках.

Метаморфические породы состоят из минералов устойчивых в условиях высоких температур и давлений. К ним относится большинство минералов магматических пород: кварц, плагиоклазы, полевые шпаты, мусковит, биотит, роговая обманка, пироксен (авгит), магнетит, гематит, а также типичный минерал осадочных горных пород – кальцит. Кроме этого, в метаморфических горных породах распространены минералы, характерные только для них – серицит, хлорит, тальк, серпентин, гранат, графит.

При региональном метаморфизме в результате перекристаллизации при одностороннем давлении образуются минералы, которые в других условиях не возникают. Типичными минералами регионального метаморфизма являются слюды, гранаты, дистен, андалузит и др. Они являются породообразующими для широко распространенных метаморфических горных пород – кристаллических сланцев и гнейсов.

В процессе регионального метаморфизма могут возникать крупные месторождения железных руд в виде железистых кварцитов (например, Кривой Рог, Курская магнитная аномалия). С региональным метаморфизмом связано образование т.н. сухих трещин или жил альпийского типа, которые являются источником горного хрусталя (пьезокварца), лунного камня (адуляра) и других минералов.

Метаморфические породы имеют обычно кристаллическую структуру, которая отличается от кристаллической структуры магматических пород, как по происхождению, так и по облику. Особенно характерна:

- 1) листоватая;
- 2) чешуйчатая;
- 3) игольчатая;

4) таблитчатая форма зерен.

Реже метаморфические породы имеют зернисто-кристаллическую структуру. Различают слабометаморфизованные скрытокристаллические породы и переходные разновидности, содержащие участки первичных пород некристаллического строения. Остаточные структуры первичных пород называются реликтовыми.

Текстурные особенности относятся к важнейшим отличительным признакам метаморфических пород.

По взаимному расположению и типам минеральных зерен выделяются следующие текстуры:

1) сланцеватая – с параллельным расположением чешуйчатых или таблитчатых минералов;

2) гнейсовая – с параллельным расположением таблитчатых минералов, при малом содержании чешуйчатых частиц;

3) полосчатая – с чередованием полос разной толщины различного минерального состава;

4) волокнистая – характерна для пород, сложенных волокнистыми и игольчатыми минералами, вытянутыми примерно в одном направлении;

5) очковая – с рассеянными в породе более крупными овальными зернами или агрегатами, обычно выделяющимися по цвету (очковый гнейс);

6) плейчатая – характеризуется присутствием в породе очень мелких складок;

7) массивная – характеризуется прочным сложением породы при плотном, связном соединении минеральных зерен (кварцит).

Контрольные вопросы:

1. Какие признаки являются наиважнейшими при определении метаморфических горных пород?

2. Назовите основные факторы и типы метаморфизма с ними связанные.

3. Основные структуры метаморфических горных пород.

4. Основные текстуры метаморфических горных пород.

5. В чем заключаются особенности минерального состава метаморфических горных пород?

6. В чем заключается практическое значение метаморфизма?

Лабораторная работа 14. Определение вида горной породы.

Цель работы: получить навык определения вида горной породы по комплексу внешних признаков.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Определите принадлежность выданных образцов горных пород к определённому типу, группе и виду.

Задание 2. Обоснуйте определение убедительными соображениями, ссылками на минералогический состав, структуру, текстуру, цвет, вес и прочие особенности. Для определения пород рекомендуется пользоваться схемой-определителем (Рисунок 12), определителем горных пород (Таблица 12).

3. Все результаты определения записать в соответствующей форме: таблиц 15, 16, 17.

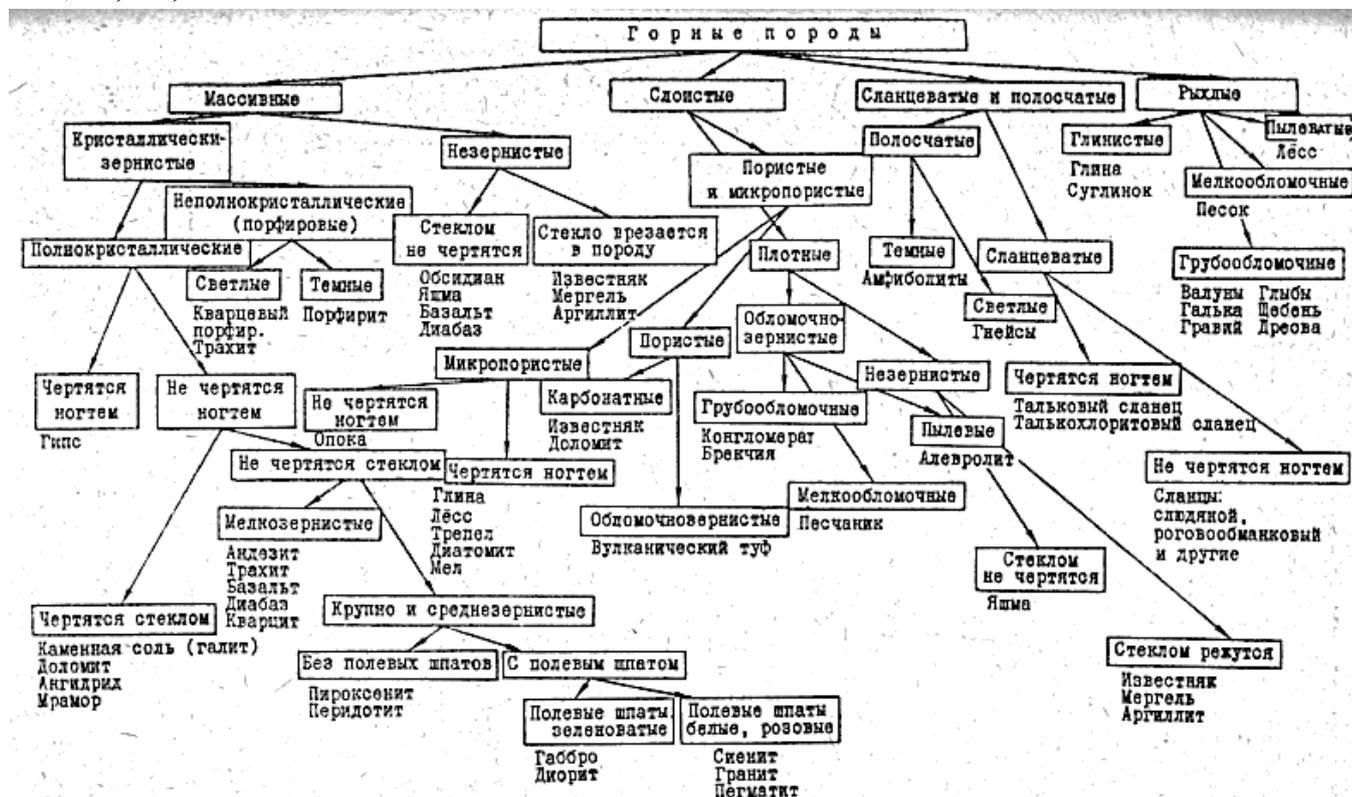


Рисунок 12 – Схема для определения горных пород разного происхождения по внешним признакам (по В.Н. Шарай и др., 1971)

Таблица 15 – Магматические породы

№ образца	Структура	Текстура (слоение)	Подтип	Окраска	Группа по кислотности	Породообразующие минералы	Содержание минерала, %	Название породы

Таблица 16 – Осадочные породы

№ образца	Структура	Окраска	Взаимодействие с HCl	Текстура	Особые черты	Класс	Название породы

Таблица 17 – Метаморфические породы

№ образца	Структура	Текстура	Окраска	Породообразующие минералы	Особые черты	Название породы

Указания к выполнению лабораторной работы:

При определении горных пород необходимо всегда помнить, что породы магматического, метаморфического и осадочного происхождения имеют свои

характерные внешние признаки, позволяющие отличать их друг от друга. Это касается тех случаев, когда в образце на глаз все особенности породы хорошо различимы.

В более сложных случаях для определения вида породы необходимо детальное изучение с помощью микроскопа или других видов анализа.

Наиболее характерными чертами магматических пород являются следующие:

1. Силикатный состав, то есть наличие в числе главных породообразующих минералов таких, как полевые шпаты, цветные минералы (слюда, роговая обманка, авгит, оливин), кварц.

2. Структура кристаллическая, неполнокристаллическая или стекловатая.

3. Текстура массивная или пористая.

Большинство осадочных пород – рыхлые или землистые образования с небольшой твердостью или плотные породы с малой твердостью. Для многих характерна реакция с HCl, что несвойственно породам магматического происхождения с характерным силикатным составом.

Для большинства осадочных пород характерно слоистое сложение.

Труднее опознавать цементированные обломочные породы, такие, например, как песчаники. Их можно спутать с кварцитами. С помощью лупы в таком случае можно рассмотреть в образце песчаника его зернистое строение и цементирующее зерна минеральное вещество. В кварците зерна кварца слиты с кварцевым цементом в одну сплошную массу.

Для метаморфических пород очень часто характерно сланцеватое сложение и значительная прочность. Большинство их, как и магматические, силикатного состава. К карбонатным породам относятся только мраморы. Они реагируют с HCl. Таким же характером взаимодействия с HCl характеризуются известняки – породы осадочного происхождения. Мраморы, однако, имеют явно кристаллическое строение, хорошо различаемое даже невооруженным глазом, что отличает их от известняков.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите характерные признаки магматических горных пород?
2. Перечислите характерные признаки осадочных горных пород?
3. Перечислите характерные признаки метаморфических горных пород?

Лабораторная работа 15. Построение геолого-геоморфологического профиля через долину реки.

Цель работы: освоение методики составления и оформления геолого-геоморфологических профилей по геологическим картам (на примере крупномасштабных).

Задания к лабораторной работе:

Работа выполняется по материалам учебно-методического пособия С.И. Болысова, В.И. Кружалина, 2009 [13]. При выполнении лабораторной работы используются учебные топографические и геологические (четвертичных отложений) карты (Приложения VII–X), описания буровых скважин (Приложения I–II) и общие указания, представленные в учебно-методическом пособии С.И. Болысов, В.И. Кружалин «Практикум по курсу «Геоморфология с основами геологии (Геоморфология)», МГУ, 2009, 144 с. (см. библиографический список рекомендуемой литературы).

Задание 1. Освоить содержание геологической карты (общей геологической карты или карты четвертичных отложений).

Задание 2. Построить гипсометрический профиль по топографической карте (с учетом данных об абсолютных отметках устьев скважин, расположенных на линии профиля).

Задание 3. Нанести на профиль данные бурения на основе соответствующих описаний.

Задание 4. Провести на профиле границы между слоями и воссоздать целостную картину геологического строения в верхних толщах земной коры.

Задание 5. Оформить геолого-геоморфологический профиль в соответствии с общепринятыми правилами.

Указания к выполнению лабораторной работы:

1. При знакомстве с топографической картой необходимо помнить, что любая карта ориентирована по сторонам света.

На первом этапе выполнения работы необходимо изучить характер расположения горизонталей. Широко расположенные горизонталы соответствуют ровным участкам на местности. Узко расположенные горизонталы говорят о наклонной поверхности. Чем меньше расстояние между ними, тем больший наклон имеет поверхность. Чередование участков широко и узко расположенных горизонталей говорит о ступенчатом характере рельефа.

Высота сечения горизонталей является величиной постоянной и приводится в подписях к карте. Например: «Сплошные горизонталы проведены через 5 м». Информация о высотных значениях горизонталей содержится в цифровом виде в виде подписей на горизонталях. Минимальные значения высот фиксируются у реки. По удалению от реки к водоразделам значения абсолютных высот горизонталей увеличиваются.

2. Гипсометрический профиль строится по одной из линий, нанесенных на топографическую и геологическую карты (линия профиля указывается преподавателем). На первом этапе профиль вычерчивается простым карандашом на листе миллиметровой бумаги, размер которого следует подобрать в соответствии с длиной и предполагаемой высотой профиля в принятых для его состав-

ления масштабах и с объемом легенды, помещаемой в дальнейшем под профилем.

Работа над гипсометрическим профилем начинается с выбора горизонтального и вертикального масштабов. Горизонтальный масштаб обычно выбирается тот же, что и масштаб карты. В этом случае длина листа миллиметровки должна быть немного больше длины линии профиля. Затем выбирают масштаб вертикальный. Он обычно превышает горизонтальный (для равнинных территорий – в 5–10 раз, в нашем случае – в 10), т. е. $M_{\text{верт.}} 1:1\ 000$. На листе миллиметровки (вверху) необходимо оставить место для заголовка (3–4 см). Ниже вычерчивается собственно профиль.

3. Работа ведется на основе имеющихся описаний буровых скважин и геологической карты. Необходимо перенести на гипсометрическую линию профиля положение всех пробуренных на нем скважин. Устья скважин должны быть показаны жирными точками или небольшими треугольниками («острием» вниз), над которыми подписывают их порядковые номера (например, «Скв. 3»).

При перенесении абсолютных отметок устьев скважин нужно проверить и уточнить произведенную ранее рисовку гипсометрического профиля: в некоторых случаях высотное положение устья скважины может не совпасть с соответствующей (по плановому положению) точкой на нарисованной линии земной поверхности. В таких случаях нарисованную ранее линию нужно поправить, привести ее в соответствие с данными об абсолютных отметках устьев. После этого производится нанесение собственно линий пробуренных скважин. Длина линии скважин отражает их глубину. От устья скважины вертикально вниз вычерчивается линия скважины до забоя (глубочайшей точки скважины) в выбранном вертикальном масштабе (в 1 см – 10 м).

Далее так же наносятся границы пробуренных пластов: либо по мощностям слоев от верхнего к нижнему по колонке 4, либо по абсолютным отметкам подошв в колонке 5. Границы пластов отмечают горизонтальными черточками длиной по 4–6 мм (по 2–3 мм в стороны от линии скважины).

Пространство между границами пластов (т. е. мощность слоя) заполняют литологическими обозначениями, соответствующими описанию горных пород, приведенными в колонке 3. Далее необходимо указать генетико-возрастные индексы, указанные в колонке 2. Они представляют собой результаты геологической интерпретации пробуренных слоев.

Далее, на профиль наносится информация с карты четвертичных отложений о пространственном положении и границах слоев на земной поверхности.

4. После нанесения имеющегося фактического материала по скважинам необходимо провести границы слоев между скважинами.

Проведение стратиграфических границ (границ между слоями) определяется, в первую очередь, двумя принципами – законом Стено о порядке напла-

ствования («золотое правило стратиграфии») и «триединой» задачей разделения слоев по трем признакам.

В соответствии с законом Стено, в вертикальном разрезе каждый нижележащий слой – древнее вышележащих.

Что касается триединой задачи разделения слоев, при проведении границ между ними необходимо исходить из следующих оснований. Первое: все слои должны быть разделены между собой по возрасту, при этом между ними проводится граница не только в том случае, если они были сформированы в разные периоды, но и в разные эпохи, в разные их интервалы (при накоплении разных горизонтов) и т. д. Второе: все слои должны быть разделены по генезису (происхождению), который отражен в левой части индекса (колонка 2), даже если накапливались они в одно и то же время. Третье: все слои должны быть разделены по литологическому составу, даже если они одновозрастные и генетически единые.

5. К оформлению профиля следует приступать после утверждения преподавателем чернового («карандашного») варианта профиля. При окончательном оформлении профиля пласты горных пород закрашиваются (цветными карандашами или акварельными красками) соответствующими цветами в зависимости от их возраста и генезиса; штриховыми обозначениями отражают литологический состав отложений (вместе с включениями органических остатков). Пример оформления профиля представлен на рисунке 13.

ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ
через долину реки по линии I-I
 Масштабы: горизонтальный 1:10 000
 вертикальный 1:1 000



Рисунок 13 – Пример оформления геолого-геоморфологического профиля (по С.И. Болысов, В.И. Кружалин, 2009) [13]

Контрольные вопросы:

1. Научное и прикладное значение геолого-геоморфологических профилей (в частности, профилей речных долин).
2. Отличительные особенности залегания морских и континентальных отложений в пределах плиты древней платформы.
3. Причины выклинивания слоев на профиле.
4. Условия залегания и механизмы образования русловой, пойменной и старичной фаций аллювия.
5. Генезис, возраст и литологический состав горных пород и способы их отображения на геолого-геоморфологических профилях.

6. Основные принципы построения геолого-геоморфологических профилей по буровым скважинам и геологической карте («золотое правило стратиграфии»; разделение и объединение слоев по разным признакам).

7. Принципы оформления геолого-геоморфологических профилей и легенд к ним.

Лабораторная работа 16. Описание истории формирования рельефа.

Цель работы: освоить принципы анализа геолого-геоморфологических профилей с использованием топографической и геологической карт и на этой основе – реконструкции истории развития рельефа территории.

Задания к лабораторной работе

Работа выполняется по материалам учебно-методического пособия С.И. Большов, В.И. Кружалин «Практикум по курсу «Геоморфология с основами геологии (Геоморфология)», МГУ, 2009, 144 с. (см. библиографический список рекомендуемой литературы) [13].

Задание 1. Выделение главных этапов истории развития рельефа на основе данных геолого-геоморфологического профиля.

Задание 2. Интерпретировать информацию о составе горных пород и содержащихся в них органических остатках, о характере границ пластов и особенностях их залегания для разных отрезков геологической истории, описать условия формирования и характер горных пород и соответствующего рельефа на разных этапах.

Задание 3. Анализ погребенного (по профилю) и поверхностного (по картам и профилю) рельефа, приблизительная оценка амплитуд высот для различных этапов развития рельефа.

Задание 4. Составление истории развития рельефа территории в хронологической последовательности.

Указания к выполнению лабораторной работы:

В первую очередь, нужно выделить основные этапы в истории развития рельефа изучаемой территории, рассматривая составленный геолого-геоморфологический профиль совместно с картами – топографической и геологической (четвертичных отложений). Так, по морфологическим особенностям (внешнему облику) и по геологическому строению весьма четко различаются два комплекса рельефа – междуречный и долинный комплексы. Исходя из генезиса отложений, слагающих междуречья, рельеф этого комплекса создан ледниковыми и водно-ледниковыми процессами. Долинный комплекс – результат флювиальной деятельности (о чем свидетельствует и наличие аллювия в пределах аккумулятивных форм). Внимательное рассмотрение профиля позволяет уточнить, что ледниковые и водно-ледниковые процессы, создавшие облик междуречий, действовали не всегда, а только в четвертичное время (на изучаемой территории).

мой территории – до среднего плейстоцена включительно). Но рельеф развивался и в дочетвертичное время. Так, за счет эпейрогенических движений неоднократно сменяли друг друга морской и континентальный режимы осадконакопления и рельефообразования.

Исходя из анализа рельефа (с учетом геологического строения), уверенно можно выделить три основных этапа в развитии рельефа.

1. Дочетвертичный (смена морских и континентальных режимов), в течение которого рельеф территории приобрел равнинный характер.

2. Ледниковый (ранне-среднечетвертичный) – смена ледниковых и межледниковых эпох, во время которого был создан ледниковый и водноледниковый рельеф междуречий.

3. Послеледниковый (с конца среднего плейстоцена до настоящего времени), когда в результате деятельности целого комплекса рельефообразующих процессов сформировался современный облик рельефа, в первую очередь – речные долины и овражно-балочная сеть; более или менее активно действовали склоновые процессы, а также образовались мезо- и микроформы иного генезиса.

Детальный анализ профиля следует начинать с изучения самых древних отложений, показанных на профиле. Затем следует переходить к исследованию более молодых осадков, анализируя и описывая развитие рельефа в хронологической последовательности, отраженной в геохронологической таблице и схеме стратиграфии четвертичных отложений.

Описывая каждый отрезок геологического времени, надо ответить на главные вопросы:

1. Каковы были условия формирования рельефа и отложения осадков на изучаемой территории в данный период (в первую очередь – морские или континентальные)?

2. Если на территории в определенное время было море, то какова была его глубина, какие осадки отлагались в его пределах, было ли оно теплым или холодным и как далеко от этого района находилась береговая линия?

3. Если была суша, то какой она имела рельеф (горный или равнинный, сильно или слабо расчлененный, флювиальный или ледниковый, и т. п.), какие процессы рельефообразования на ней происходили (тектонические поднятия или опускания, преобладала ли денудация или аккумуляция, господствовала ли деятельность рек, ледников или склоновые процессы и т. д.)?

Для различных отрезков геологического времени с возможной степенью подробности (в зависимости от имеющейся информации) должны быть показаны:

- условия формирования рельефа (факторы рельефообразования);
- основные рельефообразующие процессы;

- формы и комплексы рельефа, сформировавшиеся в это время;
- общий характер рельефа в конце этого времени;
- в каком направлении развивался рельеф за охарактеризованный отрезок времени (сглаживался или расчленялся; увеличивались или уменьшались контрасты высот на территории);
- необходимо приводить величины амплитуды высот (хотя бы приближительные) для территории;
- желательно также отмечать, какие формы рельефа наследуют свое положение в течение длительного геологического времени, а какие испытали перестройки (в частности, плановые) в тот или иной момент истории.

В заключительной части описания истории развития рельефа (последнего этапа) приводится характеристика современных рельефообразующих процессов, имевших место в голоцене (современная эпоха четвертичного периода) и продолжающих формировать рельеф в настоящее время. Следует указать направление смещения рек, места проявления обвальных, осыпных и оползневых процессов, участки накопления аллювиальных, склоновых, эоловых и др. отложений, места усиленного проявления плоскостного (делювиального) смыва, овражной эрозии, деятельности человека и т. п.

Контрольные вопросы:

1. Научное и прикладное значение анализа истории формирования и развития рельефа.
2. Общие принципы выделения основных этапов в развитии рельефа и описания истории его формирования.
3. Признаки наличия морских и континентальных этапов в истории формирования рельефа земной поверхности.
4. Признаки рельефообразования в ледниковые и межледниковые эпохи на геолого-геоморфологических профилях.
5. Признаки тектонических поднятий и опусканий в ходе истории формирования рельефа земной поверхности.
6. Приемы определения времени и места заложения речных долин и важнейших этапов их формирования; определение возраста элементов речных долин.
7. Что повлияло на интенсивное накопление аллювия в долинах рек во время валдайского оледенения и углубление речных долин после исчезновения валдайского ледника?
8. Значение изучения геологического строения надпойменных террас и пойм. Значение понятия «нормальная мощность аллювия».
9. Прогноз дальнейшего развития рельефа.

Лабораторная работа 17. Геология и минеральные ресурсы Калининградской области.

Цель работы: систематизация знаний, полученных в процессе обучения (на лекциях, практических занятиях, самостоятельной работы с литературой, коллекциями). Подготовка к зачету, полевой учебной практике.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1.

1. Заполните строки и столбцы в таблице 18. Работа должна быть выполнена самостоятельно.

Указания к выполнению лабораторной работы:

Используя литературу по геологическому строению и природным ресурсам Калининградской области (выдает преподаватель), изучить особенности геологического строения региона и минерально-сырьевую базу. Сделать вывод об обеспеченности Калининградской области минеральными ресурсами.

Таблица 18 – Геология и минеральные ресурсы Калининградской области

Эон	Эра	Период (система)	Эпоха (отдел)	Время, млн. лет	Этапы тектонического развития	Литологический состав	Полезные ископаемые		
Фанерозойский РН	Кайнозойская KZ	Четвертичный Q	Голоцен	0.01					
			Плейстоцен	1.8					
		Неогеновый N	Плиоцен						
			Миоцен	23					
		Палеогеновый E	Олигоцен						
			Эоцен						
			Палеоцен	65					
		Мезозойская MZ	Меловой K	Поздняя					
				Ранняя	145				
	Юрский J		Поздняя						
			Средняя						
			Ранняя	200					
	Триасовый T		Поздняя						
			Средняя						
			Ранняя	251					
	Палеозойская PZ		Пермский P	Лопингий					
		Гваделупий							
		Цисуралий		299					
		Каменноугольный C	Пенсильваний						
			Миссисипий	359					
		Девонский D	Поздняя						
Средняя									
Ранняя			416						
Силурийский S		Пржидол							
		Лудлов							
		Венлок							
		Лландовери	444						

		Ордовикский О	Поздняя				
			Средняя				
			Ранняя	488			
		Кембрийский ε	Поздняя				
			Средняя				
			Ранняя	542			
Эон	Эра	Восточно-Европейская платформа		Вре- мя млрд . лет			
Протерозой- ский PR	Неопротерозой- ская	Поздний про- терозой	Венд	1.0			
	Мезопротеро- зойская		Рифей	1.6			
	Палеопротеро- зойская	Ранний протерозой		2.5			
Архейский AR	Неоархейская	Поздний архей		2.8			
	Мезоархейская			3.2			
	Палеоархейская	Ранний архей		3.6			
	Эоархейская			4.0			

Контрольные вопросы:

1. Геологическое строение Калининградской области?
2. Как возникли отложения бурых углей на территории Калининградской области?
3. Дайте характеристику месторождения янтаря на территории Калининградской области.
4. Где на территории Калининградского региона отмечены месторождения нефти?

Лабораторная работа 18. Береговая зона как геосистема.

Цель работы: изучить геологическое строение, литологию и дифференциацию береговой зоны Калининградской области.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Используя картографические материалы определить длину береговой зоны Калининградской области.

Задание 2. Анализируя геоморфологические карты, определить типы берегов (абразионные, аккумулятивные) Калининградской области.

Задание 3. Дать характеристику антропогенного использования прибрежной зоны Калининградского региона.

Указания к выполнению лабораторной работы:

Геоморфология морских берегов представляет собой раздел общей геоморфологии. Объект её изучения – рельеф, его происхождение и динамика, история формирования береговой зоны морей и океанов. Прибрежные полосы

суши, окаймляющие океаны, моря и крупные озёра, могут быть выделены как особый тип природной среды.

Морские берега развиваются в условиях тесного контакта твёрдой и жидкой оболочек Земли, атмосферы и биосферы, что определяет комплексность подхода к их изучению. Сложность эта ещё более возрастает, если учесть, что морские берега подвергаются всё более усиливающемуся воздействию человека, всё более интенсивному хозяйственному освоению.

Линию пересечения уровня моря с поверхностью суши называют береговой линией.

Под термином «побережье» следует понимать зону морфологически отчётливо выраженных следов взаимодействия моря и суши, выработанных как при современном стоянии уровня моря, так и при уровнях более высоких или более низких в прошлом. Побережье – узкая зона с подвижными границами, в пределах которой взаимодействуют рельефообразующие процессы суши и моря.

В строении побережья могут быть выделены три части:

- взморье – внешняя, открытая к морю часть, всегда находящаяся под водой;

- внутренняя – подвергающаяся периодическому затоплению;

- берег – представляет сушу. Берег – это полоса земной поверхности, прилегающая к береговой линии со стороны суши и, если не учитывать, прилив или нагон, ограниченная с этой стороны некоторой линией, отмечающей максимальное распространение потока воды, образующегося при разрушении морских волн, прибойного потока.

Во внешней части побережья происходит размыв поверхности и формирование абразионной площадки. Материал выносится к берегу и к морю. Ниже абразионной площадки формируется подводная аккумулятивная терраса. Во внутренней части побережья образуются волноприбойные террасы: передняя – формируется под действием приливов и отливов и объединена с абразионной площадкой пологим склоном изменчивой крутизны; задняя, или пляж – заливается только во время штормов. В пределах берега выделяется его склон, примыкающий к пляжу.

Зону современного взаимодействия суши и моря О. К. Леонтьев предлагает называть береговой зоной (Рисунок 14).

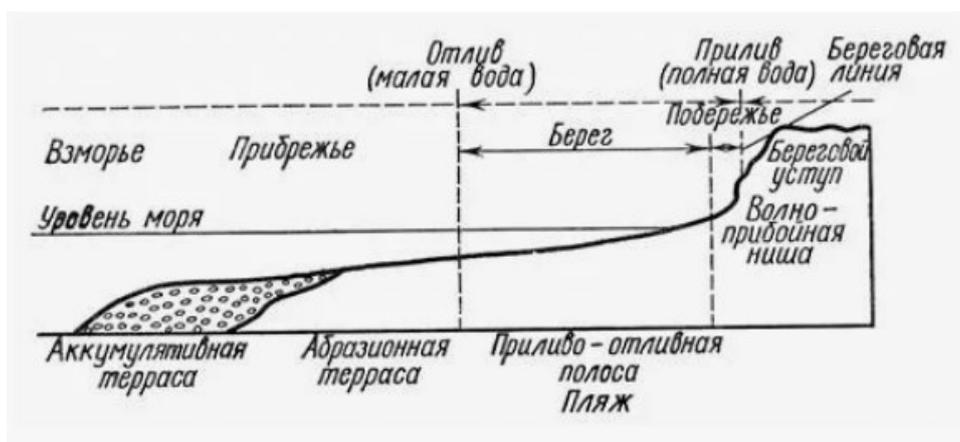


Рисунок 14 – Профиль береговой зоны (по В.П. Зенковичу)

В береговую зону входят подводный береговой склон и зона действия прибойного потока (берег). Скопление рыхлых наносов в последней зоне называют пляжем. Пляж в сторону моря переходит в полого падающий подводный береговой склон, который покрыт поверх абразионной поверхности коренных пород тонким плащом рыхлых наносов, которые могут перемещаться волновыми движениями.

В сторону моря подводный береговой склон переходит в аккумулятивную подводную террасу, оканчивающуюся крутым склоном.

Разделение береговой зоны на основные элементы показано на рис. 15.

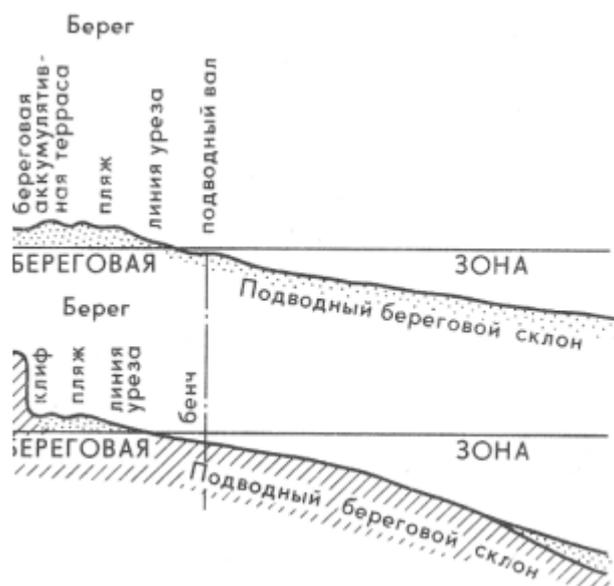


Рисунок 15 – Разделение береговой зоны на основные элементы берега (верхний рисунок – аккумулятивный, нижний – абразионный) (по Каплину П.А. и др., 1991)

Ведущая роль в структуре комплекса действующих на прибрежную полосу суши сил принадлежит различным движением водным масс, важнейшими их

которых являются ветровое волнение и производные от него гидрологические явления: зыбь, прибойный поток, волновые течения. Кроме того, большое значение имеют такие гидродинамические факторы, как приливно-отливные и стонно-нагонные явления, включающие в себя как кратковременные изменения уровня моря или океана, так и связанные с ними течения, стоковые течения, цунами, 12 рассеивание энергии постоянных течений на мелководьях, стоковые течения рек, стоячие волны.

Прибрежная зона Калининградской области расположена на южном и юго-восточном побережье Балтийского моря. Протяжённость береговой линии составляет более 140 км.

Половина морского побережья области (около 71 км) приходится на выступ Самбийского полуострова, другая половина – на примыкающие к нему косы: Куршскую и Вислинскую (75 км). Благодаря выступающему положению в море и господству западных штормов, наиболее активно разрушается именно эта выступающая часть Самбийского полуострова. Образующийся при этом песчаный и галечно-гравийный материал питает Куршскую и Вислинскую косы.

Берега Калининградской области по морфогенетической классификации современных берегов Балтийского моря, разработанной В.К. Гуделисом, относятся к берегам, формирующимся преимущественно волновыми процессами, к берегам выравненным. Берега Самбийского полуострова относятся к типу абразионных, подтипу коренных пород (обрывистому). Берега кос относятся к типу аккумулятивных, лагунному подтипу. В целом, побережье Калининградской области по преобладанию размыва-аккумуляции наносов можно подразделить на аккумулятивные (косы), абразионно-аккумулятивные (часть западного побережья Самбийского полуострова), абразионные (северное побережье Самбийского полуострова).

На морском побережье Калининградской области располагаются курорты федерального значения (Светлогорск — Отрадное и Зеленоградск) и особо охраняемые природные территории, в том числе национальный парк «Куршская коса».

Прибрежная зона освоена и используется в целях рекреации неравномерно. На её территории выделяются четыре основных центра развития туризма и рекреации, каждый из которых сформировался на базе одного города (или посёлка городского типа) и прилегающих к нему сельских поселений: район Янтарного, Светлогорский муниципальный район, район Пионерского, Зеленоградский район.

Контрольные вопросы:

1. Что такое береговая зона?
2. Какое строение имеет аккумулятивный берег?
3. Какое строение имеет абразионный берег?
4. Какие типы берегов распространены в Калининградской области?

Лабораторная работа 19. Мониторинг и управление природопользованием береговой зоны.

Цель работы: изучить способы мониторинга геоэкологического состояния прибрежной зоны на примере Калининградской области.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Используя доступные материалы аэрофотосъемки прибрежной зоны Калининградской области проанализировать динамику намыва и/или размыва берега, описать пространственно-временную изменчивость береговой зоны.

Задание 2. Дать характеристику стабильных и размываемых участков береговой зоны за период 30-50 лет.

Указания к выполнению лабораторной работы:

Фрагментарные наблюдения за динамикой берегов велись в Восточной Пруссии еще с XIX в. и давали представление о скоростях размыва отдельных участков в основном Самбийского полуострова.

Мониторинг берегов всей Калининградской области был поставлен Атлантическим отделением Института океанологии РАН и ведется с 2002 г. Большой вклад в его организацию и становление внес В. Л. Болдырев.

Методика наземного мониторинга включает комплекс количественных и качественных методов сбора данных (геодезический, литологический, фотографический, визуальных описаний, куда входит фиксация прибрежных процессов и особенностей морфологии берега в момент наблюдений), позволяющий получить разностороннюю, взаимодополняющую информацию о состоянии данного участка берега на момент наблюдения.

Первым этапом постановки берегового мониторинга является создание сети реперов, к которым в дальнейшем привязываются все виды работ. Репера должны располагаться на характерных морфодинамических участках, а число их зависит от цели и задач мониторинга.

Такая сеть из 70 реперов на морском и лагунном берегах была создана под руководством В. Л. Болдырева.

Геодезические методы. Основным видом работ, дающим количественную информацию о величинах и направленности береговых процессов, является тригонометрическое нивелирование береговых поперечников.

Важным видом работ является литологическая съемка. На всех мониторинговых береговых поперечниках отбирается среднепляжевая проба с поверхности пляжа, начиная от уреза и до верхней части пляжа на границе с эоловой подушкой. Цель такого отбора — проследить наличие или отсутствие тенденции к изменению состава наносов по периметру берега.

Также используется метод фотомониторинга. На каждом стационарном профиле проводится фотографирование по специально разработанной схеме: с определенных морфологических элементов берега и под определенным ракурсом, что позволяет получить сравнительный визуальный ряд изменения морфологии берега и его элементов.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные способы мониторинга морфологической динамики прибрежной зоны.
2. Дайте характеристику сети мониторинга береговых процессов на территории Калининградской области.

Лабораторная работа 20. Геоэкологическая безопасность морских берегов.

Цель работы: изучить основные способы защиты береговой зоны от разрушения.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Изучить основные способы и конструкции берегозащитных сооружений.

Задание 2. Дать характеристику системы берегозащитных мероприятий на территории Калининградской области. Проанализировать эффективность берегозащитных мероприятий на побережье Калининградской области.

Указания к выполнению лабораторной работы:

Берегозащитные сооружения – это гидротехнические сооружения, которые используются для защиты морских, речных берегов и берегов водохранилищ от разрушения волнами и течениями.

Для защиты берегов используются сооружения двух типов:

-Сооружения пассивного типа. Принимают на себя ударную силу волн, тем самым снижая силу удара, приходящуюся на берег. К ним относятся волнозащитные и волноотбойные стенки, сооружения откосного типа и бермы.

-Сооружения активного типа. Буны, сооружения прерывистого типа, подводные волноломы.

Берегоукрепление – это комплекс работ, направленных на защиту береговой линии природных и искусственных водоёмов от деформации под воздей-

ствием естественных природных факторов: волн, ветра, течений, ледохода, осадков.

Некоторые способы берегоукрепления:

-Подпорные стенки. Изготавливаются из оцинкованной металлической сетки двойного кручения, которая разделяется на секции для повышения жёсткости конструкции. Сетка заполняется природным камнем, создавая монолитную конструкцию.

-Цементогрунт. Этот строительный материал устойчив к температурным перепадам и влагозащищён, а также прост в использовании. Его основу составляет прибрежный грунт и глина, к которым добавляется портландцемент для получения пластичной смеси.

-Шпунтованные ПВХ-сваи. Использование свай из поливинилхлорида — самый популярный и максимально дешёвый способ укрепить береговую линию и защитить её от эрозии и размывания.

-Деревянные сваи. Стандартно для укрепления берега сваями используют сибирскую лиственницу или дуб, которые не подвержены гниению и под действие воды становятся только крепче.

-Габионы. Так называют специальные сетки из оцинкованной проволоки двойного кручения, из которых формируют короба. В короба вручную укладывается природный материал: крупный камень или щебень.

-Биоматы и растения. Способ берегоукрепления при помощи биоинженерных технологий считается максимально естественным, но и наиболее трудоёмким и затратным. В его основе лежит укрепление берега биоматами: основой из льняных или кокосовых волокон. На основу высаживаются специально подобранные растения, укладываются природные материалы — камень, дерево.

-Железобетонные конструкции. Бетонные или железобетонные плиты чаще всего используют для масштабных работ по берегоукреплению.

Выбор способа берегоукрепления зависит от функций, которые оно будет выполнять, а также от рельефа берега, его гидрологического режима и геологического строения.

История берегозащиты на Калининградском побережье Балтийского моря насчитывает более 100 лет. Первые берегозащитные мероприятия начались именно с закрепления движущихся песков дюн и дефляционных равнин Куршской и Вислинской кос.

Начиная с конца XIX века строились искусственные берегозащитные сооружения – продорные (стенки, опояски, бермы) и поперечные (буны). На Калининградском побережье Балтийского моря было возведено 223 буны разной конструкции (деревянные, свайные однорядные, двух- и трехрядные с каменным заполнителем, а также металлические) и 16 стенок и опоясок. Общая протяженность этих сооружений составляет 31,5 км.

Наиболее распространенным берегозащитным сооружением на Калининградском побережье Балтийского моря являются буны, задачей которых является накопление пляжа. Анализ работы бун показал практически полную их неэффективность, основной причиной которой является все тот же дефицит песчаных наносов в береговой зоне северного побережья Калининградской области.

На Калининградском морском побережье были построены стенки, состоящие из сплошных монолитных блоков. Волноотбойные стенки и опояски прекратили абразию закрепленных участков берега и стабилизировали оползни, но вместе с тем активизировали размыв пляжей перед ними. В результате волноотбойного эффекта полностью исчезли пляжи у стенок, построенных на м. Таран, у пос. Лесное, в г. Зеленоградске.

В южной части Куршской косы (1-й, 2-й км), в пос. Лесном (11-й км косы) на участках размыва авантюны были построены волногасящие, проницаемые для воды конструкции, состоящие из ячеистых берм разных модификаций, в виде тетраподного ряда с отсыпкой камня в присклоновой пазухе или в виде волногасящих модулей – горизонтальных железобетонных балок с нанизанными на них утилизированными автопокрышками и т.п. Такие волногасящие конструкции вызывают накопление песка в самом сооружении и на пляже перед ними. В результате происходит восстановление пляжей шириной до 30-50 м и нарастание авантюны. Так, сильнейшим штормом 1983 г. в южной части Куршской косы была полностью размывта авантюна на участке протяженностью 800 м. Для ликвидации последствий стихии был построен комплекс волногасящих сооружений, который спустя 10 лет после постройки невозможно было обнаружить. В тыльной части пляжа над ними сформировалась мощная авантюна высотой 5,5 м и шириной до 30-40 м.

Негативное воздействие на береговую зону оказывают молы портов. Так, молы Балтийского канала в связи с их периодическим удлинением способствуют улавливанию части песчаного материала, перемещающегося вдоль берега в юго-западном направлении. В результате с южной подветренной стороны от молов отмечается размыв Вислинской косы на участке протяженностью в 3 км. Но в то же время с северной наветренной стороны молов отмечается увеличение ширины пляжа в г. Балтийске.

Наряду со строительством берегозащитных сооружений на Калининградском побережье проводились берегозащитные мероприятия: планировка берегового уступа с отводом грунтовых и поверхностных вод, посадка на нем деревьев и кустарников, что приводит к воссозданию естественных и более привлекательных ландшафтов. Такие мелиоративные работы проводились в западной части Зеленоградска, в Светлогорске, поселках Отрадное и Филино.

При всей насыщенности берегов Калининградской области берегозащитными сооружениями, которые занимают около 70% длины разрушаемых участков, существенного улучшения состояния побережья они вызвать не могли, поскольку не устранили основных причин размыва и огромного дефицита песка на подводном береговом склоне. Поэтому основой кардинальной системы берегозащиты Калининградской области является подача больших объемов песчаного материала в береговую зону северного побережья для восполнения и ликвидации в ней дефицита песка.

Защитное воздействие конусов сброса вскрышного материала из карьеров в районе пос. Янтарный и крупномасштабный строительный эксперимент в пос. Филино доказали, что наиболее эффективным способом защиты берега от абразии является создание искусственных пляжей.

В условиях умеренно-влажного климата Калининградской области, где половина протяженности морских берегов приходится на песчаные аккумулятивные берега, актуальной является биологическая их защита. Задачей этой защиты является закрепление и наращивание авандюны с помощью хворостяных и камышовых заборов, посев песчаных злаков и другой растительности, посадки горной сосны и ивняка.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные способы защиты прибрежной зоны от абразии.
2. Назовите особенности организации защиты берегов на территории Калининградской области.

Заключение

Лабораторные занятия дисциплине «Экологическое землеведение» (раздел «Абиотические компоненты в структуре экосистем») могут проходить в разных формах, но при любой его форме, обязательной для студента является самостоятельная работа с литературой, предшествующая занятию и последующая за ним. Предварительная самостоятельная работа важна для качественного выполнения лабораторных заданий, а также для полноценного усвоения знаний, умений и навыков.

При подготовке к лабораторным занятиям рекомендуется активно использовать ресурсы сети Интернет: можно пользоваться размещенными там электронными учебниками, хрестоматиями, справочниками и энциклопедиями, картами и атласами, иллюстрированными пособиями, периодическими изданиями. Необходимо использовать электронные атласы и карты, официальные сайты научных изданий и метеорологических организаций, например, Геологического института РАН, Института географии РАН, Русского географического общества, Геологического факультета МГУ и др.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Экологическое землеведение», предусмотренная учебной программой во втором семестре – зачет, который проводится по результатам текущей аттестации.

Студенты, пропустившие занятие, могут быть аттестованы по данной теме только после выполнения соответствующей лабораторной работы и сдачи ее преподавателю.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Рекомендуемая литература:

1. Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов. М., Изд-во АН СССР, 1962.
2. Атлас океанов. Атлантический и Индийский океаны [Текст]: науч. изд. / ВМФ М-ва обороны СССР; отв. ред.: С. Г. Горшков и др., гл. ред.: В. И. Фалеев. – Москва: Гл. упр. навигации и океанографии М-ва обороны СССР, 1977. – 306 с.
3. Атлас океанов. Северный Ледовитый океан [Текст] / отв. ред. Горшков, С. Г. – Москва: Гл. упр. навигации и океанографии М-ва обороны СССР, 1980. – 188 с.
4. Атлас океанов. Тихий океан [Текст] / отв. ред. Горшков, С. Г. – Москва: Гл. упр. навигации и океанографии Мин-ва обороны СССР, 1974. – 322 с.
5. Барская В.Ф., Рычагов Г.И. Практические работы по общей геологии: Учебное пособие. – М.: Просвещение, 1970. – 158 с.
6. Береговые процессы: мониторинг и инновационные комплексные исследования: Учебное пособие / В.С. Исаев, А.В. Кошурников, Е.И. Игнатов, Е.С. Каширина, А.А. Новиков, А.И. Гуцин, О.И. Комаров, П.Ю. Пушкарев, М.Л. Владов, П.И. Котов, В.В. Вербовский, Р.М. Аманжуров, Е.И. Горшков // Под редакцией Е.И. Игнатова, В.С. Исаева. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2018. – 246 с.
7. Берникова Т.А. Гидрология с основами метеорологии и климатологии: Учебник. 2-е изд., перераб. и доп. / Т.А. Берникова. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 428 с.
8. Берникова Т.А., Цупикова Н.А. Гидрология: толковый тематический словарь-справочник / Т.А. Берникова, Н.А. Цупикова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. – 452 с.
9. Бирюков, Н.С. Методическое пособие по определению физико-механических свойств грунтов / Н.С. Бирюков, В.Д. Казарновский [и др.]. – М.: Недра, 1973.
10. Бобыкина В. П. К методике наземного мониторинга берегов // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. 2018. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-metodike-nazemnogo-monitoringa-beregov> (дата обращения: 29.10.2024).
11. Болдыев В.Л. и др. Основы берегозащиты Калининградского побережья Балтики / В.Л. Болдырев, Е.К. Гречишникова, О.Л. Рыбак, В.Г. Рыбка, Я.С. Шульгин // Baltica 7, Международный ежегодник по вопросам четвертич-

ной геологии и палеогеографии, динамике и морфологии бергов, геологии и неотектонике Балтийского моря.-Вильнюс: Вижайне, 1982, С. 187 – 194.

12. Болдырев В.Л., Рябкова О.И. Динамика береговых процессов на Калининградском побережье Балтийского моря // Известия Русского Географического Общества, - 2001, -Т. 133. –№ 5. - С. 41-48.

13. Большов, С.И. Кружалин, В.И. Практикум по курсу «Геоморфология с основами геологии (Геоморфология), МГУ, 2009, 144 с.

14. Бондарев В.П. Основы минералогии и кристаллографии с элементами петрографии: Учебник. / 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1986. 286 с.

15. Бондарев, В.П. Основы минералогии и кристаллографии: учебно с элементами пособие для педагогич. вузов / В.П. Бондарев. – М.: Высшая школа, 1978. 192 с.

16. Васильева, Н.Н. Минералогия и петрография: учебно-практическое пособие / Н.Н. Васильева. – Челябинск: Изд-во Юж.-Урал. гос. гуманитар.-пед. ун-та, 2017. – 233 с.

17. Географический атлас для учителей сред. шк. [Текст], 4-е изд. – Москва: Гл. упр. геодезии и картографии при Совете М-ов СССР, 1983. – 238 с.

18. Географический атлас Калининградской области / Гл. редактор Орленок В. В. – Калининград: Изд-во КГУ; ЦНИТ, 2002. – 276 с.

19. Географический атлас мира [Текст]: науч. изд. / ред.: Я. Турлайс. – Рига: Яня Сета; Москва: РОСМЭН, 2002. – 104 с.

20. Геологический словарь: т. 1: А–М / ред. коллегия. – М., 1973.

21. Геологический словарь: т. 2: Н–Я / ред. коллегия. – М., 1973.

22. Геология и полезные ископаемые Калининградского региона / В.А. Загородных, Т.А. Кунаева. – Калининград: «Балтгеолресурсы», ОАО «Янтарный сказ». – 2005. – 208 с.

23. Геология: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Н. В. Короновский, Н.А.Ясаманов. — 7-е изд., перераб. — М.: Издательский центр «Академия», 2011. — 448 с.

24. Гурский, Б.Н. Практикум по общей геологии / Б.Н. Гурский. – Минск: Высшая школа, 1978.

25. Ельцина Г.Н. Определитель минералов: Учебное пособие / Калинингр. ун-т. - Калининград, 1995. - 49 с.

26. Жуков, М.М. Основы геологии / М.М. Жуков. – М.: Недра, 1971.

27. Каденская, М.И. Руководство к практическим занятиям по минералогии и петрографии / М.И. Каденская. – М., 1976.

28. Калининградская область. Природные ресурсы / В.М. Литвин, П.Н. Ельцина, В.П. Дедков. - Калининград: Янтарный сказ, 1999, - 189 с.

29. Калининградская область: Очерки природы. / Сост. Д. Я. Беренбейм; Науч. ред. В. М. Литвин. - 2-е издание, дополненное и расширенное. - Калининград: Янтарный сказ, 1999. - 228 с.
30. Каплин П.А., Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г. Берега. М.: Мысль, 1991. 479 с.
31. Кузнецов А.Г., Блага Н.Н. Методические указания и задания к проведению лабораторных работ по геологии общей и исторической для студентов 1–2 курса дневной и заочной форм обучения образовательного уровня «бакалавр» направления подготовки 6.070104 – география отрасль знаний 0401 – естественные науки. Симферополь, 2011. 28 с.
32. Курс минералогии: учебное пособие / А. Г. Бетехтин. — М.: КДУ, 2007. — 721 с.
33. Леонтьев О.К. Морская геология (Основы геологии и геоморфологии дна Мирового океана): Учебник для географ. и океанолог. спец. ун-тов. – М.: Высшая школа, 1982. – 344 с.
34. Леонтьев О.К., Никифоров Л.Г., Сафьянов Г.А. Геоморфология морских берегов. – М.: изд-во МГУ, 1975. – 336 с.
35. Лукьянова Н. В., Богданов Ю. Б., Васильева О. В., Варгин Г. П. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Лист N-(34) – Калининград. Объяснительная записка. – СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2011. 226 с.
36. Малахов, А.А. Практикум по геологии / А.А. Малахов [и др.] – М.,1966.
37. Миловский, А.В. Минералогия / А.В. Миловский, О.В. Кононов. – М.: МГУ, 1982.
38. Миловский, А.В. Минералогия и петрографии / А.В. Миловский. – М.: Недра, 1968.
39. Минералы и горные породы СССР / ред. А.И. Гинзбург. – М., 1970.
40. Музафаров В. Г. Основы геологии. Учеб, пособие для учащихся по факультативному курсу. М., «Просвещение», 1972. 160 с.
41. Музафаров В.Г. Минералогия и петрография. М. Просвещение. 1964. 175 с.
42. Музафаров В.Г. Определитель минералов, горных пород и окаменелостей. М.; Недра, 1979. 327 с.
43. Мурашко, Л. И. Геология Беларуси: лабораторный практикум / Л. И. Мурашко. – Минск: БГУ, 2007. 46 с.
44. Общая геология: в 2 тт. / Под редакцией профессора Л. К. Соколовского. — М.: КДУ, 2006. Т. 1: Общая геология : учебник / Под редакцией профессора А. К. Соколовского. — 448 с.

45. Пособие к лабораторным занятиям по общей геологии: Учеб. пособие для вузов / В.Н. Павлинов, А.Е. Михайлов, Д.С. Кизевальтер и др. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1988. 149 с.
46. Практическое руководство по общей геологии: учебное пособие для студентов вузов / А.И. Гуцин, М.А. Романовская, А.Н. Стафеев, В.Г. Талицкий; под ред. Н.В. Короновского. – 2-е издание стер. – М.: «Академия», 2007. – 160 с.
47. Рябкова О.И. Природопользование и задачи берегозащиты на Калининградском морском побережье // Физическая география океана и океаническое природопользование на пороге 21-го века. – Калининград: Калинингр. ун-т, 2000, С. 49 – 63.
48. Структуры и текстуры магматических и метаморфических горных пород: учеб. пособие. – Томск: Издательский Дом ТГУ, 2018. – 136 с.
49. Трусова, И.Ф. Петрография магматических и метаморфических пород / И.Ф. Трусова, В.И. Чернов. – М.: Недра, 1982.
50. Хромов С.П. Метеорология и климатология : учебник. – 7-е изд. / С.П. Хромов, М.А. Петросянц. – Москва: Изд-во Моск. ун-та : Наука, 2006. – 582 с.
51. Шарай В.Н., Викарук Л.Н. Лабораторные работы по общей и инженерной геологии. Учебное пособие для строит. специальностей вузов. Мн.: «Вышэйш. Школа», 1971. 550 с.
52. Шуйский Ю.Д. Практические приложения в береговедении [монография] / Ю.Д. Шуйский, Одесса: Бондаренко М.А., 2022. 300 с.
53. Щукин И.С. Общая геоморфология: в 2 т. / И.С. Щукин. – М.: изд-во МГУ, 1960. - Т.3: – 615 с.
54. Ярков А.А., Шурховецкий А.В. Геология. Методическое пособие для студентов I курса направления «Экология и природопользование» / ВГИ (филиал) ВолГУ. – Волжский, 2007. - 18 с.

Локальный электронный методический материал

Цупикова Надежда Александровна, Цветкова Надежда Николаевна

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕВЕДЕНИЕ
(РАЗДЕЛ «АБИОТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ
В СТРУКТУРЕ ЭКОСИСТЕМ»)**

Локальное электронное издание

Уч.-изд. л. 9,3. Печ. л. 8,1.

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1