

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**Методические указания для практических занятий
по дисциплине**

**СГ.02 «Иностранный язык в
профессиональной деятельности»
для обучающихся по специальности
21.02.19 «Землеустройство»**

Направленность: Землеустройство и кадастры

программа подготовки специалистов среднего звена

на базе основного общего образования

год набора: 2026

Автор: Радионова Т.Ю.



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 43D659E81F59110FB2CEBF5795FF2768
Владелец: Зубов Владимир Владимирович
Действителен: с 20.08.2025 до 13.11.2026

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	3
Перечень тем практических занятий	4
Задания для практических занятий по каждой теме	5
Другая форма контроля	9
Зачет	9
Зачет с оценкой	9
Критерии оценивания	10
Список рекомендованной литературы	11
Перечень интернет-ресурсов	13

Пояснительная записка

Методические указания для практических занятий разработаны на основании рабочей программы учебной дисциплины СГ.02 «Иностранный язык в профессиональной деятельности» для обучающихся по специальности 21.02.19 Землеустройство. Дисциплина «Иностранный язык в профессиональной деятельности» является дисциплиной социально-экономического цикла. Методические указания по выполнению практических заданий предназначены для организации работы на практических занятиях по учебной дисциплине «Иностранный язык в профессиональной деятельности».

Перечень тем практических занятий

№	Тема, раздел	Кол-во часов практич. занятий	Наименование оценочного средства
1.	<u>Часть А: Бытовая сфера общения:</u> Семья. Взаимоотношения в семье, семейные традиции. Жилищные условия. Устройство городской квартиры/загородного дома.). <u>Часть Б: Грамматика:</u> Основные глаголы «быть», «иметь». Порядок слов в утвердительном, вопросительном, отрицательном предложении.	6	опрос
2.	<u>Часть А: Социально-культурная сфера:</u> Мой факультет городского хозяйства, УГГУ (история, факультеты, здания, учебный год) <u>Часть Б: Грамматика:</u> степени сравнения прилагательных и наречий.	8	доклад
	Подготовка к другой форме контроля	2	Др. форма контроля
3.	<u>Часть А: Учебно-познавательная сфера:</u> Образование в России и в стране изучаемого языка <u>Часть Б: Грамматика:</u> Времена в активном залоге Англ.яз.: Простые времена (SimpleTenses) Нем.яз.: Настоящее время (Präsens), простое прошедшее время (Präteritum), Фр.яз.: Настоящее время Présentdel'Indicatif , сложное прошедшее время (Passé composé)	18	опрос
4.	<u>Часть А: Учебно-познавательная сфера:</u> Екатеринбург - столица Урала. Мой родной город. <u>Часть Б: Грамматика:</u> Времена в активном залоге. Англ.яз.: Продолженные времена (ContinuousTenses). Нем.яз.: сложное прошедшее время (Perfekt, Plusquamperfekt) Фр.яз.: незаконченное прошедшее время: Imparfait. Простое прошедшее время (Passé simple).	16	доклад
	Подготовка к зачету	2	зачет
5.	<u>Часть А: Учебно-познавательная сфера:</u> Страны изучаемого языка и их столицы <u>Часть Б: Грамматика:</u> Времена в активном залоге. Англ.яз.: Завершенные времена (PerfectTenses) Нем.яз.: Будущее время (Futurum I, II). Фр.яз.: простое будущее время (Futur simple), непосредственное будущее и прошлое время (Futur et Passé Immédiats)	6	опрос
6.	<u>Часть А: Социально-культурная сфера:</u> Путешествие на поезде, самолете. Покупка ж/д и авиабилетов. Таможня. <u>Часть Б: Грамматика:</u> Англ, нем, фр: повторение всех времен в активном залоге	8	практико-ориентированное задание
	Подготовка к другой форме контроля	2	Др. форма контроля
7.	<u>Часть А: Социально-культурная сфера:</u> Отель. Бронирование номера. Гостиничный сервис. <u>Часть Б: Грамматика:</u> Англ, нем, фр: модальные глаголы	16	практико-ориентированное задание
8.	<u>Часть А: Социально-культурная сфера:</u> Покупки. Товары. Магазины <u>Часть Б: Грамматика:</u> Англ, нем, фр: система времен в страдательном залоге	18	практико-ориентированное задание
	Подготовка к зачету	2	зачет

9.	<u>Часть А: Социально-культурная сфера:</u> Использование иностранного языка в профессиональной сфере деятельности; Чтение, перевод и анализ специальных текстов. <u>Часть Б: Грамматика:</u> Повторение и сравнение активного и пассивного залога в специальных текстах	6	практико-ориентированное задание
10.	<u>Часть А: Профессиональная сфера:</u> Избранное направление профессиональной деятельности. Грамматика: <u>Англ., нем., фр.яз.</u> Условные предложения.	24	опрос
	Подготовка к зачету с оценкой	2	Зачет с оценкой
	ИТОГО	136	

Задания для практических занятий по каждой теме

Тема 1:

Часть А: Бытовая сфера общения:

Семья. Взаимоотношения в семье, семейные традиции. Жилищные условия. Устройство городской квартиры/загородного дома.).

Часть Б: Грамматика: Основные глаголы «быть», «иметь».

Порядок слов в утвердительном, вопросительном, отрицательном предложении.

Форма проведения: опрос

Необходимо осветить следующие вопросы: количество человек в семье, их возраст, профессия, хобби, семейные традиции, уик-энды, какой вы видите вашу будущую семью, в какой квартире вы живете, какие современные удобства у вас есть в квартире, обстановка в квартире, квартира вашей мечты; спряжение глаголов «быть» и «иметь».
порядок слов в утвердительном, вопросительном, отрицательном предложении.

Тема 2:

Часть А: Социально-культурная сфера:

Мой факультет городского хозяйства, УГГУ (история, факультеты, здания, учебный год)

Часть Б: Грамматика: степени сравнения прилагательных и наречий.

Форма проведения: доклад (на иностранном языке).

Темы докладов:

1. История Уральского государственного горного университета.
2. Факультеты УГГУ.
3. Учебный год в УГГУ.
4. Факультет среднего профессионального образования.
5. Студенческая жизнь в УГГУ.
6. Известные выпускники УГГУ.
7. Интересные факты о УГГУ.
8. Уральский государственный горный университет: прошлое и будущее.

Порядок выполнения самостоятельной работы:

1. Выберите тему.
2. Осуществите поиск информации с использованием интернет-ресурсов, библиотечных ресурсов, краеведческих материалов, словарей.

3. Обработайте ее.
4. Воспроизведите на английском языке.
5. Подготовьте грамотный, логически законченный рассказ.
6. Подберите иллюстрационный материал к проектам. При подборе иллюстраций используйте метод виртуальной экскурсии.
7. Прорепетируйте свое выступление.

Структура доклада.

1. Вступление: должно содержать название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.
2. Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами.
3. Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы, которых всегда ждут слушатели.

Тема 3:

Часть А: Учебно-познавательная сфера:

Образование в России и в стране изучаемого языка

Часть Б: Грамматика: Времена в активном залоге

Англ.яз.: Простые времена (Simple Tenses)

Нем.яз.: Настоящее время (Präsens), простое прошедшее время (Präteritum),

Фр.яз.: Настоящее время Présent de l'Indicatif, сложное прошедшее время (Passé composé)

Форма проведения: опрос

Необходимо осветить следующие вопросы: образование в России, известные вузы в России, что вы знаете о УГГУ, обязательные предметы в школах и в вузах, ступени образования в России, образование в стране изучаемого языка, лучшие вузы в стране изучаемого языка, ступени образования в стране изучаемого языка, с какого и до какого возраста образование обязательно и бесплатно в России и в стране изучаемого языка, правила поступления в вузы России и страны изучаемого языка, каких известных людей, вложивших большой вклад в образование вы знаете.

Тема 4:

Часть А: Учебно-познавательная сфера:

Екатеринбург - столица Урала. Мой родной город.

Часть Б: Грамматика: Времена в активном залоге.

Англ.яз.: Продолженные времена (Continuous Tenses).

Нем.яз.: сложное прошедшее время (Perfekt, Plusquamperfekt)

Фр.яз.: незаконченное прошедшее время: Imparfait. Простое прошедшее время (Passé simple).

Форма проведения: доклад (на иностранном языке).

Темы докладов:

1. История Екатеринбурга
2. Мой родной город
3. Достопримечательности Екатеринбурга

4. Известные люди Екатеринбурга
5. Промышленный Екатеринбург
6. Музеи Екатеринбурга
7. Урал
8. Тайны Екатеринбурга

Порядок выполнения самостоятельной работы:

1. Выберите тему.
2. Осуществите поиск информации с использованием интернет-ресурсов, библиотечных ресурсов, краеведческих материалов, словарей.
3. Обработайте ее.
4. Воспроизведите на английском языке.
5. Подготовьте грамотный, логически законченный рассказ.
6. Подберите иллюстрационный материал к проектам. При подборе иллюстраций используйте метод виртуальной экскурсии.
7. Прорепетируйте свое выступление.

Структура доклада.

1. Вступление: должно содержать название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.
2. Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами.
3. Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы, которых всегда ждут слушатели.

Тема 5:

Часть А: Учебно-познавательная сфера:

Страны изучаемого языка и их столицы

Часть Б: Грамматика: Времена в активном залоге.

Англ.яз.: Завершенные времена (Perfect Tenses)

Нем.яз.: Будущее время (Futurum I, II).

Фр.яз.: простое будущее время (Futur simple), непосредственное будущее и прошлое время (Futur et Passé Immédiats)

Форма проведения: опрос

Необходимо осветить следующие вопросы: географическое положение страны изучаемого языка, соседние страны, климат, политическая система, экономика, крупные города, столица и ее достопримечательности; завершенные времена (Perfect Tenses) в английском языке, будущее время (Futurum I, II) в немецком языке, простое будущее время (Futur simple), непосредственное будущее и прошлое время (Futur et Passé Immédiats) во французском языке.

Тема 6:

Часть А: Социально-культурная сфера:

Путешествие на поезде, самолете. Покупка ж/д и авиабилетов. Таможня.

Часть Б: Грамматика:

Англ, нем, фр: повторение всех времен в активном залоге.

Форма проведения: практико-ориентированное задание

Знать лексику по теме «Путешествие. Таможня», времена в активном залоге и уметь употреблять их в речи.

Примерные задания по теме: восстановить логический порядок в лексическом упражнении, вставить в предложения пропущенные слова из списка, перевести предложения на иностранный язык, составить диалоги «Покупка ж/д, авиа билета», «Прохождение таможни», в грамматических упражнениях раскрыть скобки и поставить глагол в правильной временной форме.

Тема 7:

Часть А: Социально-культурная сфера: Отель. Бронирование номера. Гостиничный сервис.

Часть Б: Грамматика:

Англ, нем, фр: модальные глаголы

Форма проведения: практико-ориентированное задание

Знать лексику по теме «Отель», модальные глаголы и уметь употреблять их в речи.

Примерные задания по теме: заполнить карточку гостя в отеле, восстановить логический порядок в диалоге, составить диалог «Заказ номера в отеле», перевести предложения, используя модальные глаголы.

Тема 8:

Часть А: Социально-культурная сфера:

Покупки. Товары. Магазины

Часть Б: Грамматика:

Англ, нем, фр: система времен в страдательном залоге

Форма проведения: практико-ориентированное задание

Знать лексику по теме «Магазины», систему времен в страдательном залоге и уметь употреблять их в речи.

Примерные задания по теме: соотнести магазины с товарами, которые они продают, вставить в предложения пропущенные слова из списка, составить диалог между продавцом и покупателем в магазине, переделать предложения из активного залога в пассивный.

Тема: 9

Часть А: Использование иностранного языка в профессиональной сфере деятельности;

Чтение, перевод и анализ специальных текстов.

Часть Б: Грамматика:

Повторение и сравнение активного и пассивного залога в специальных текстах

Форма проведения: практико-ориентированное задание

Знать лексику по теме профессиональной сфере деятельности, отработать навыки чтения и перевода профильного текста, умение применять лексику в служебной коммуникации; повторить согласование времён и косвенную речь; повторить активный/пассивный залог и уметь трансформировать конструкции в профессиональном контексте.

Примерные задания по теме: прочитать и перевести текст, ответить на вопросы, перевести слова без словаря, найти предложения в пассивном залоге.

Тема 10:

Часть А: Профессиональная сфера:

Избранное направление профессиональной деятельности. Землеустройство. Грамматика: Англ., нем., фр.яз. Условные предложения.

Форма проведения: опрос

Необходимо осветить следующие вопросы: на каком факультете вы учитесь, какие специализированные предметы вы изучаете, ваша будущая специальность, почему вы выбрали эту специальность, плюсы и минусы вашей будущей профессии, роль иностранного языка в будущей профессии, знания, опыт и навыки, которые понадобятся в вашей будущей профессии, важные качества, необходимые для достижения профессионального успеха, правила употребления времен в условных предложениях, что такое землеустройство. оценка земли.

Другая форма контроля

Другая форма контроля включает в себя грамматический тест (количество заданий –20).

При выполнении предложенных тестовых заданий, следует внимательно прочитать каждый из поставленных вопросов и предлагаемые варианты ответа. В качестве ответа надлежит выбрать один индекс, соответствующий правильному ответу. Тестовые задания составлены таким образом, что в каждом из них правильным является лишь один из предложенных вариантов ответа. Рекомендуемое время на выполнение тестовых заданий – 15 минут.

Зачет

Зачет включает в себя лексико-грамматический тест (количество заданий –20).

При выполнении предложенных тестовых заданий, следует внимательно прочитать каждый из поставленных вопросов и предлагаемые варианты ответа. В качестве ответа надлежит выбрать один индекс, соответствующий правильному ответу. Тестовые задания составлены таким образом, что в каждом из них правильным является лишь один из предложенных вариантов ответа. Рекомендуемое время на выполнение тестовых заданий – 15 минут.

Зачет с оценкой

Зачет с оценкой включает в себя:

- 1) письменное выполнение заданий на точное понимание содержания прочитанного текста на иностранном языке с использованием словаря (количество вопросов в работе – 2);
- 2) лексико-грамматический тест (количество заданий – 20)

При подготовке к зачету следует повторить лексический и грамматический материал с 1 по 5 семестр. Ответы на письменные задания должны быть точными, соответствующими содержанию текста, грамматически, лексически и синтаксически правильно оформленными. Ответ, представляющий бессвязный набор слов рассматривается как неверный. Наличие в ответах любой грубой ошибки является основанием для снижения оценки. Оценка за письменный зачет может быть снижена за небрежное оформление

работы (недопустимые сокращения, зачеркивания, неразборчивый почерк). Рекомендуемое время, отводимое для чтения текста и выполнения письменных заданий к нему – 60 минут.

Прежде чем приступить к выполнению тестовых заданий обучающийся должен внимательно ознакомиться со всеми предложенными вопросами. Далее, в соответствии с инструкцией к тестовым заданиям, студент должен ответить на поставленные вопросы: выбрать один или несколько ответов из предложенного списка, установить соответствие элементов двух списков, расположить элементы списка в определенной последовательности, самостоятельно сформулировать ответ и т.д. Рекомендуемое время на выполнение тестовых заданий – 30 минут.

Критерии оценивания

Опрос

Критерии оценивания по темам № 1, 3, 5:

правильность ответа на вопросы - 2 балла

всесторонность и глубина ответа (полнота) - 2 балла

лексически верное оформление ответа - 2 балла

грамматически верное оформление ответа - 2 балла

логически верное оформление ответа - 2 балла

Максимальное количество - 10 баллов

Критерии оценивания по теме № 10:

правильность ответа на вопросы - 5 баллов

всесторонность и глубина ответа (полнота) - 5 баллов

лексически верное оформление ответа - 5 баллов

грамматически верное оформление ответа - 5 баллов

логически верное оформление ответа - 5 баллов

Максимальное количество - 25 баллов

Практико-ориентированные задания

Критерии оценивания:

логичность изложения материала - 3 балла

решение коммуникативной задачи - 2 балла

соответствие словарного запаса поставленной коммуникативной задаче - 3 балла

использование разнообразных грамматических конструкций в соответствии с поставленной задачей - 2 балла

Максимальное количество - 10 баллов

Доклад

Критерии оценивания доклада:

Содержание и соответствие теме, структура работы, лексико-грамматическое оформление, орфография и пунктуация, выступление, представление работы, лексико-грамматическое оформление речи, фонетическое оформление речи, ответы на вопросы.

Доклад полностью соответствует предъявляемым требованиям – 9-10 баллов.

Доклад в основном соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 7-8 баллов.

Доклад частично соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 4-6 баллов.

Доклад не соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 0-3 балла.

Максимальное количество - 10 баллов

Другая форма контроля

Критерии оценивания: правильность ответа – 0,5 балла.
Максимальное количество - 10 баллов

Зачет

Критерии оценивания: правильность ответа - 2 балла.
Максимальное количество баллов - 40

Зачет с оценкой

Критерии оценивания:

5 баллов за каждый верный ответ на вопрос к тексту

1,5 балла за каждое верно выполненное тестовое задание.

Максимальное количество баллов - 40

При реализации дисциплины «Иностранный язык» используется балльно-рейтинговая система оценки учебной деятельности в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценки учебной деятельности (учебном рейтинге) обучающихся в ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» (СМК ОД.Пл.04-06.222-2021).

Распределение баллов в рамках текущего рейтинга и рейтинга промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Иностранный язык в профессиональной деятельности» представлены в комплекте оценочных средств.

Полученные значения учебного рейтинга обучающихся в баллах переводятся в оценки, выставляемые по следующей шкале:

Количество баллов	Отметка за зачет с оценкой
80-100	Отлично
65-79	Хорошо
50-64	Удовлетворительно
0-49	Неудовлетворительно

Список литературы

Основная литература Английский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Кондюрина И. М. Английский язык. Базовый курс : [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / Кондюрина И. М. - Саратов, Москва : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2023. - 137 с. - URL: https://profspo.ru/books/129715	Эл. ресурс
2	Кириллова И. К. Грамматика английского языка: сборник упражнений : [Электронный ресурс] : учебно-практическое пособие / Кириллова И. К. - Москва : МИСИ-МГСУ, Ай Пи Ар Медиа, ЭБС АСВ, 2024. - 147 с. - URL: https://www.iprbookshop.ru/140468.html	Эл. ресурс
3	Черных И.Г. Английский язык : учебное пособие по английскому языку по развитию устной речи для студентов факультета городского хозяйства всех специальностей - Екатеринбург : УГТУ, 2020. - 104 с.	36

Немецкий язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Лисачева Л. В. Deutsch für Elektriker : [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / Лисачева Л. В. - Саратов : Профобразование, 2020. - 221 с. - URL: https://profspo.ru/books/91833 .	Эл. ресурс

2	Шидловская И. А. Deutsch im Rechtswissenschaftsbereich : [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / Шидловская И. А. - Саратов : Профобразование, 2020. - 107 с. - URL: https://profspo.ru/books/9183	Эл. ресурс

Французский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Бородулина Н. Ю. Французский язык для технических специальностей : [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / Бородулина Н. Ю. - Саратов, Москва : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2021. - 79 с. - URL: https://profspo.ru/books/110570	Эл. ресурс
2	Аврамов, Г. Г. Практическая грамматика французского языка. Ч.1. Морфология : [Электронный ресурс] : учебное пособие / Аврамов Г. Г. - Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2023. - 156 с. - URL: https://www.iprbookshop.ru/133475.html	Эл. ресурс

Дополнительная литература

Английский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Радовель В. А. Английский язык для технических вузов : учебное пособие / В. А. Радовель. - 2-е изд. - Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2022. - 296 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 295.	24
2	Шикова Э.В. Практическая грамматика английского языка : учебно-методическое пособие для студентов I-II курсов факультета среднего профессионального образования : в 2 частях / Э. В. Шикова ; Министерство науки и высшего образования РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ. - URL: http://lib.ursmu.ru:8087/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108	Эл. ресурс

Немецкий язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Примаков, С. С. Научно-техническая информация и перевод (немецкий язык) : [Электронный ресурс] : учебное пособие / Примаков С. С. - Барнаул : Алтайский государственный педагогический университет, 2021. - 120 с. - URL: https://www.iprbookshop.ru/108872.html . - ISBN 978-5-88210-985-0	Эл. ресурс
2	Сабанина Е. А. Немецкий язык для технических специальностей : [Электронный ресурс] : учебное пособие / Сабанина Е. А. - Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2024. - 163 с. - URL: https://www.iprbookshop.ru/135619.html .	Эл. ресурс

Французский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Фёдорова, Т. А. Французский язык для технических специальностей : [Электронный ресурс] : учебное пособие / Фёдорова Т. А. - Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. - 68 с. - URL: https://www.iprbookshop.ru/111783.html	Эл. ресурс
2	Котерева Н.Н. Практический курс французского языка : учебник и практикум, уровни В1, В2 / Н. Н. Котерева. - [Изд. перераб., доп.]. - Москва : Книжный дом "Университет", 2020. - 314 с. -	3

Перечень интернет-ресурсов

Ресурсы сети Интернет:

Английский язык

1. Грамматика английского языка. Английская грамматика. www.native-english.ru/grammar
2. Английский язык.ru – Пособия по английскому языку. <http://english.language.ru/posob/index.html>

3. Статьи, справочники по лингвистике, переводу, изучению языков. Грамматика, топики (темы), тесты по английскому. www.linguistic.ru
4. Онлайн-словарь www.lingvo.ru
5. Онлайн-словарь www.multitran.ru
6. Онлайн курсы www.study.ru, www.edufind.com,

Немецкий язык

1. Немецкий журнал <http://www.focus.de>
2. Интерактивная грамматика немецкого языка <http://www.grammade.ru>
3. Электронный словарь <http://www.langenscheidt.de>
4. Онлайн курсы, тесты <http://www.test.de>, <http://www.oeko-test.de>

Французский язык

1. Обучающий портал www.le-francais.ru
2. Обучающий портал <http://www.studyFrench.ru>
3. спряжение французских глаголов - les-verbess.com.
4. онлайн-словарь www.multitran.ru.
5. Грамматика. <https://french-online.ru/francuzskaja-grammatika/>

Информационные справочные системы:

Английский язык

1. Мультимедийная энциклопедия- www.britannika.com
2. Cambridge Dictionary - <https://dictionary.cambridge.org/>

Немецкий язык

1. Электронная энциклопедия <http://www.brockhaus.de>
2. Электронная энциклопедия <http://de.wikipedia.org/wiki>

Французский язык

1. Толковый словарь французского языка Larousse - <https://www.larousse.fr/>
2. Толковый словарь французского языка Le Robert- <https://dictionnaire.lerobert.com/>

Базы данных:

E-library: электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>
ЭБС «Издательство Лань» <http://e.lanbook.com>

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**Методические указания для практических занятий
по дисциплине БД.03 «ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК»
для обучающихся по специальности**

21.02.19 «Землеустройство»

Направленность: Землеустройство и кадастры

программа подготовки специалистов среднего звена

на базе основного общего образования

год набора: 2026

Автор: Радионова Т.Ю.

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	3
Перечень тем практических занятий	4
Содержание практических занятий	4
Критерии оценивания	9
Список рекомендованной литературы	9
Перечень интернет- ресурсов	11

Пояснительная записка

Методические указания для практических занятий разработаны на основании рабочей программы учебной дисциплины БД.03 «Иностранный язык» для обучающихся по специальности 21.02.19 «Землеустройство». Учебная дисциплина «Иностранный язык» относится к предметной области «Иностранный язык» (базовый уровень) и общеобразовательному циклу программы подготовки специалистов среднего звена. Практические занятия проводятся в объеме 80 часов согласно учебной программе. Методические указания по выполнению практических заданий предназначены для организации работы на практических занятиях по учебной дисциплине «Иностранный язык».

Перечень тем практических занятий

№	Тема, раздел	Кол-во часов практич. занятий	Наименование оценочного средства
1.	<u>Часть А: Бытовая сфера общения:</u> Приветствие, прощание, знакомство. Я и моя семья. <u>Часть Б: Грамматика:</u> Имя существительное. Образование множественного числа. Артикли. Глагол «быть»	6	опрос
2.	<u>Часть А: Бытовая сфера общения:</u> Распорядок дня. Мой рабочий день. Мой свободный день. Мой досуг, хобби. <u>Часть Б: Грамматика:</u> Личные, притяжательные, указательные местоимения.	6	Практико-ориентированное задание
3.	<u>Часть А: Бытовая сфера общения:</u> Мой дом/квартира, жилищные условия. <u>Часть Б: Грамматика:</u> Оборот “there+to be” (англ), “il y a” (фр.), “es gibt” (нем)	34	Практико-ориентированное задание
4.	<u>Часть А: Социально-культурная сфера:</u> Тема 4. Спорт. Здоровый образ жизни. Олимпийские игры. <u>Часть Б: Грамматика:</u> Глагол «иметь». Количественные, порядковые числительные. Время. Дни недели, месяцы.	34	Индивидуальный проект
	Всего:	80	

Содержание практических занятий

Тема 1:

Часть А: Бытовая сфера общения:

Приветствие, прощание, знакомство. Я и моя семья.

Часть Б: Грамматика:

Имя существительное. Образование множественного числа. Артикли. Глагол «быть»

Форма проведения занятия – опрос.

Вопросы для проведения опроса

Английский язык

1. How do you greet someone in the morning?
2. Is your family big? How many people are there in your family?
3. Do you have a father, how old is he, and where does he work?
4. Does your mother work or does she clean for your family (is she a housewife)?
5. Do you have brothers and sisters?
6. Do you have grandparents? Do they work or are they retired?
7. Какой артикль можно использовать с существительными во множественном числе?
8. Какие формы глагола “to be” в present simple?
9. Как образовать форму множественного числа существительного?
10. В чем разница между: “are”, “am”, “is”?

Немецкий язык

1. Wie begrüßen Sie jemanden am Morgen?
2. Was sagen Sie, wenn Sie am Abend jemanden treffen?
3. Wie würden Sie eine allgemeine Begrüßung durchführen?
4. Was antworten Sie, wenn jemand sich von Ihnen verabschiedet?
5. Wie nennt man Ihren Vater auf Deutsch?

6. Wie bezeichnen Sie Ihre Mutter in der deutschen Sprache?
7. Wie nennt man die Eltern im Deutschen?
8. Какие основные способы образования множественного числа в немецком языке?
9. Какой артикль можно использовать с существительными во множественном числе?
10. Какие формы sein «быть» в настоящем времени?

Французский язык

1. Quelles sont les phrases utilisées pour les salutations et les adieux?
2. Est - ce que votre famille est nombreuse? Combien êtes-vous dans votre famille?
3. Avez-vous des frères et des sœurs?
4. Avez-vous des grands-parents? Travaillent-ils où sont-ils en retraite?
5. Vous habitez dans une maison ou dans un immeuble moderne?
6. Quel appartement avez-vous? De combien de pièces se compose-t-il?
7. Quel confort existe-t-il dans votre logement?
8. Назовите определенные артикли во французском языке
9. Какие существительные не имеют формы единственного числа во французском языке
10. Какие формы «être» в настоящем времени?

Тема 2:

Часть А: Бытовая сфера общения:

Распорядок дня. Мой рабочий день. Мой свободный день. Мой досуг, хобби.

Часть Б: Грамматика:

Личные, притяжательные, указательные

Форма проведения: практико-ориентированное задание

Основные задания:

1. Выполните перевод предложений.
2. Прочитайте небольшие тексты и догадайтесь, о каких видах хобби в них говорится.
3. Составьте собственный диалог по образцу.
4. Переведите слова и словосочетания. Составьте свой рассказ об учебном дне, используя данные словосочетания.
5. Ответьте на вопросы, используя пройденную лексику.

Типовые задания

Английский язык

Задание 1. Поставьте следующие предложения в логическом порядке

1. I wake up, make my bed and brush my teeth.
2. My working day usually starts at 7:00 a.m.
3. At 7:30 a.m., I have breakfast.
4. I leave home at 8:15 a.m. and commute to work by metro.
5. I prefer something light: toast with avocado and a cup of black coffee.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

- Вариант ответа

Задание 2. Выберите правильный ответ.

1. My brother and ____ go to school together.
a) I b) me c) my
2. Can you help ____ with this exercise?
a) she b) me c) my

3. She likes apples, but ____ don't like bananas.
 a) I b) me c) he
4. The teacher gave the books to ____.
 a) they b) them c) their
5. ____ am going to the park this afternoon.
 a) He b) I c) Me

Немецкий язык

Задание 1. Установите соответствие.

1. die Schwester	a) дядя
2. der Onkel	b) сестра
3. die Eltern	c) родители
	d) мама

Запишите выбранные буквы под соответствующими цифрами:

1	2	3

Французский язык

Задание 1. Поставьте следующие предложения в логическом порядке

1. Je me couche vers 22 h 30.
2. Je prends mon petit-déjeuner à 7 h 15.
3. Je me lève à 6 h 45.
4. Je dîne vers 19 h 00.
5. Je rentre à la maison à 17 h 30 après les cours.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

Задание 2. Выберите правильный ответ.

1. Je ____ très content aujourd'hui.
 a) es b) suis c) sont
2. Tu ____ un excellent ami !
 a) est b) sommes c) es
3. Il ____ professeur de français.
 a) suis b) êtes c) est
4. Nous ____ en vacances depuis une semaine.
 a) sont b) sommes c) êtes
5. Vous ____ très talentueux !
 a) êtes b) est c) suis

Задание 2. Поставьте предложения так, чтобы получился связный рассказ о типичном дне:

1. Danach frühstücke ich mit Kaffee und Brot.
2. Zuerst mache ich mein Bett und gehe dann ins Badezimmer.
3. Um 6:30 Uhr stehe ich auf.
4. In der Dusche wasche ich mich gründlich und putze danach die Zähne.

Тема 3:

Часть А: Бытовая сфера общения:

Мой дом/квартира, жилищные условия.

Часть Б: Грамматика:

Оборот “there+to be” (англ), “ilya” (фр.), “es gibt” (нем)

Форма проведения: практико-ориентированное задание

Основные задания:

1. Составьте диалог согласно образцу.
2. Опишите свою квартиру / дом, используя пройденную лексику:
3. Найдите на сайте Wikipedia информацию о системе «умный дом». Опишите данную систему на иностранном языке.
4. Расставьте абзацы в правильной последовательности, чтобы получился рассказ.
5. Составьте предложения, расположив слова в нужном порядке.

Типовые задания

Английский язык

Задание 1

Расположите слова в правильном порядке, чтобы составить предложение:

1. new / are / There / two / lamps / .
2. in / are / this/ happy / We / room / always / .
3. a / got / window / We / big / have / .
4. on the / there / a / cat / chair / is / white / .
5. got / haven't / view / a / We / beautiful / .
6. comfortable / is / a / chair / the / in / There / corner / .

Задание 2

Установите соответствие:

1. We have a shower	a. in the bedroom
2. We cook	b. in the kitchen
3. We sleep	c. in the living room / lounge
4. We relax and watch TV	d. in the spare room
5. You put up guests	e. in the bathroom
	f. in the corridor

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

1	2	3	4	5

Немецкий язык

Задание 1

В правом столбце найдите русские эквиваленты словосочетаний.

1. Das Wohnzimmer	a. столовая
2. Das Esszimmer	b. гостиная
3. Das Schlafzimmer	c. кухня
4. Das Badezimmer	d. спальня
	e. ванная

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

Задание 2

Выберите правильную форму глагола sein (быть)

1. Ich ... sehr müde heute.
a) bist b) bin c) sind

2. ... du bereit für die Prüfung?
 a) Ist b) Seid c) Bist
 3. Das Buch ... auf dem Tisch.
 a) ist b) seid c) bin
 4. Wir ...aus Deutschland.
 a) seid b) sind c) ist
 5. ... Sie Herr Müller?
 a) Bist b) Ist c) Sind

Французский язык

Задание 2 (Блок 1 – ОК-9)

Установите соответствие:

1. Nous prenons une douche ...	a. dans la chambre à coucher
2. Nous préparons nos repas ...	b. dans la cuisine
3. Nous dormons ...	c. dans le salon
4. Nous nous reposons et regardons la télé ...	d. dans la chambre d'amis
5. Nous accueillons les invités ...	e. dans la salle de bains
	f. dans le couloir

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

1	2	3	4	5

Задание 2

Поставьте предложения с оборотом "il y a" в отрицательной форме.

- Il y a des chaises dans cette salle.
- Il y a des disques dans ce magasin.
- Il y a des magasins sur cette place.
- Il y a des revues sur cette table.
- Il y a une école ici.

Тема 4:

Часть А: Социально-культурная сфера:

Спорт. Здоровый образ жизни. Олимпийские игры.

Часть Б: Грамматика:

Глагол «иметь». Количественные, порядковые числительные. Время. Дни недели, месяцы.

Форма проведения: индивидуальный проект (на иностранном языке).

Темы индивидуальных проектов:

- Здоровый образ жизни.
- Летние виды спорта.
- Зимние виды спорта.
- Экстремальные виды спорта.
- Знаменитые российские и зарубежные спортсмены.
- Спорт в России.
- Спорт в Великобритании.
- Спорт в США.
- История хоккея на льду.
- История футбола.
- Художественная и спортивная гимнастика.

12. Фигурное катание.
13. История Олимпийских игр.
14. Параолимпийские игры.
15. Волонтеры – это лицо Олимпийских и параолимпийских игр.
16. Киберспорт.
17. Боевые искусства.
18. Проблемы допинга в спорте.
19. Мировые спортивные компании.
20. Необычные виды спорта.

Индивидуальный проект выполняется в соответствии с Методическими указаниями по выполнению индивидуального проекта для студентов СПО.

Критерии оценивания

Система оценивания по оценочным средствам текущего контроля

Оценочное средство	Балловая стоимость
Опрос	0-10 баллов
Практико-ориентированное задание (2 шт.)	0-10 баллов
Другая форма контроля (самостоятельная работа)	0-10 баллов
Индивидуальный проект	0-20 баллов
Итого	60 баллов

Опрос оценивается простым суммированием баллов:

Критерии оценки ответа на вопрос	Количество баллов
правильность ответа	0-4
всесторонность и глубина ответа (полнота)	0-3
лексически верное оформление ответа	0-1
грамматически верное оформление ответа	0-1
владение профессиональной лексикой	0-1
Итого	0-10

Практико-ориентированные задания оцениваются следующим образом:

Критерии оценки практико-ориентированных заданий	Количество баллов
Логичность изложения материала	0-4
Решение коммуникативной задачи	0-2
Соответствие словарного запаса поставленной коммуникативной задаче	0-2
Использование верных грамматических конструкций	0-2
Итого	0-10

Список литературы

Основная литература

Английский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.

1	Английский язык. 10 класс = Spotlight. 10 : учебник для общеобразовательных организаций : базовый уровень / О. В. Афанасьева [и др.]. - 8-е изд. - Москва : Просвещение : Express Publishing, 2023. - 248 с.. https://profspo.ru/fpu-books/701353	Эл. ресурс
2	Английский язык. 11 класс = Spotlight. 11 : учебник для общеобразовательных организаций : базовый уровень / О. В. Афанасьева [и др.]. - 8-е изд. - Москва : Просвещение : Express Publishing, 2023. - 248 с.. https://profspo.ru/fpu-books/701354	Эл. ресурс
3	Голицынский, Ю. Б. Грамматика английского языка : сборник упражнений для средней школы / Ю. Б. Голицынский. – 1-е изд. – Санкт-Петербург : КАРО, 2020. – 192 с. Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROFOбразование : [сайт]. — URL: https://profspo.ru/books/98000	Эл. ресурс

Немецкий язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Радченко, О. А. Немецкий язык: 10 класс: базовый и углублённый уровни : учебник / О. А. Радченко, М. А. Лытаева, О. В. Гутброт. — 6-е изд. — Москва : Просвещение, 2024. — 256 с. Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROFOбразование: URL: https://profspo.ru/books/149069	Эл. ресурс
2	Бим, И. Л. Немецкий язык: 11 класс: базовый уровень : учебник / И. Л. Бим, М. А. Лытаева. — 2-е изд. — Москва : Просвещение, 2024. — 192 с. Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROFOбразование : URL: https://profspo.ru/books/143887	Эл. ресурс
3	Лисачева, Л. В. Deutsch für Elektriker : учебное пособие для СПО / Л. В. Лисачева, Г. С. Стренадюк, С. В. Хазова. – Саратов : Профобразование, 2020. — 221 с. – Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROFOбразование. – URL: https://profspo.ru/books/91833	Эл. ресурс
4	Шидловская, И. А. Deutsch im Rechtswissenschaftsbereich : учебное пособие для СПО / И. А. Шидловская. — Саратов : Профобразование, 2020. – 107 с. Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROFOбразование URL: https://profspo.ru/books/91834	Эл. ресурс

Французский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Кулигина А. С., Щепилова А. В. Французский язык. 10 класс. Базовый уровень: [Электронный ресурс] : учебник СПО / Кулигина А. С., Щепилова А. В. - Москва : Просвещение, 2023. - 240 с. - URL: https://profspo.ru/fpu-books/701372	Эл. ресурс
2	Кулигина А. С., Щепилова А. В. Французский язык. 11 класс. Базовый уровень. Электронная форма учебника. учебник СПО / Кулигина А. С., Щепилова А. В. - Москва : Просвещение, 2023. - 240 с. https://profspo.ru/fpu-books/701379	Эл. ресурс
3	Агаркова, О. А. Практический курс французского языка : учебное пособие для СПО / О. А. Агаркова. – Саратов : Профобразование, 2020. – 106 с. Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROFOбразование.– URL: https://profspo.ru/books/92145 -	Эл. ресурс
4	Иванченко, А. И. Грамматика французского языка: тесты и контрольные работы : для учащихся 10-11 классов школ с углубленным изучением французского языка / А. И. Иванченко. – Санкт-Петербург : КАРО, 2023. – 272 с. – ISBN 978-5-89815-981-8. – Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROFOбразование . – URL: https://profspo.ru/books/134396	Эл. ресурс

Дополнительная литература

Английский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Гацкевич, М. А. Грамматика английского языка для школьников. Кн.VI : сборник упражнений / М. А. Гацкевич. — Санкт-Петербург : КАРО, 2022. — 192 с. — ISBN 978-5-9925-0275-6. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой	Эл. ресурс

	образовательной среды СПО PROОбразование : [сайт]. — URL: https://profspo.ru/books/131928	
2	Гацкевич, М. А. Грамматика английского языка для школьников. Кн. VI : сборник упражнений / М. А. Гацкевич. – Санкт-Петербург : КАРО, 2022. – 192 с. Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROОбразование : [сайт]. — URL: https://profspo.ru/books/131928	Эл. ресурс

Немецкий язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Нарустранг, Е. В. Практическая грамматика немецкого языка = Praktische Grammatik der deutschen Sprache : учебник / Е. В. Нарустранг. — Санкт-Петербург : Антология, 2021. — 304 с. — ISBN 978-5-907097-27-8. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROОбразование : [сайт]. — URL: https://profspo.ru/books/104145	Эл. ресурс
2	Мерекина, И. В. Немецкий язык для технических специальностей : учебное пособие для СПО / И. В. Мерекина. – Саратов : Профобразование, 2024. – 114 с. – Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROОбразование. – URL: https://profspo.ru/books/139039	Эл. ресурс

Французский язык

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Шарапова Т. Н. Французский язык = Le français: учебное пособие / Шарапова Т. Н. - Омск : Омский государственный технический университет, 2020. – 112 с. – Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROОбразование URL: https://www.iprbookshop.ru/115457.html .	Эл. ресурс
2	Бородулина, Н. Ю. Французский язык для технических специальностей : учебное пособие для СПО / Н. Ю. Бородулина, И. Е. Ильина, М. Н. Макеева. – 2-е изд. – Саратов, Москва : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2026. – 83 с. – Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROОбразование. – URL: https://profspo.ru/books/154247	Эл. ресурс

Перечень интернет- ресурсов

ЭБС «Издательство Лань» <http://e.lanbook.com>

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>

Английский язык

1. Грамматика английского языка. Английская грамматика. www.native-english.ru/grammar
2. Английский язык.ru – Пособия по английскому языку. <http://english.language.ru/posob/index.html>
3. Статьи, справочники по лингвистике, переводу, изучению языков. Грамматика, топики (темы), тесты по английскому. www.linguistic.ru
4. Мультимедийная энциклопедия www.britannika.com
3. Онлайн-словарь www.lingvo.ru
4. Онлайн-словарь www.multitran.ru
5. Онлайн курсы www.study.ru, www.edufind.com

Немецкий язык

1. Электронная энциклопедия <http://www.brockhaus.de>
2. Электронная энциклопедия <http://de.wikipedia.org/wiki>
3. Немецкий журнал <http://www.focus.de>
4. Интерактивная грамматика немецкого языка <http://www.grammade.ru>
5. Электронный словарь <http://www.langenscheidt.de>

6. Онлайн курсы, тесты <http://www.test.de>, <http://www.oeko-test.de>

Французский язык

1. Обучающий портал www.le-francais.ru
2. Обучающий портал <http://www.studyFrench.ru>
3. les-verbess.com — спряжение французских глаголов.
4. www.multitrans.ru (онлайн-словарь).

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**Методические указания по выполнению
индивидуального проекта
по дисциплине БД.03 «ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК»**

Специальность

21.02.19 Землеустройство

Направленность: Землеустройство и кадастры

программа подготовки специалистов среднего звена

на базе основного общего образования

год набора: 2026

Автор: Радионова Т.Ю.

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

1. Оформление индивидуального проекта	3
2. Приложение 1. Образец титульного листа	4
3. Приложение 2. Образец Содержания исследовательской работы....	4
4. Приложение 3. Структура введения	4
5. Приложение 4. Правила оформления «Списка литературы»	5
6. Критерии оценивания	5
7. Темы индивидуальных проектов	6

ОФОРМЛЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОЕКТА

1. Индивидуальный проект оформляется в указанной ниже последовательности:

а) титульный лист (см. Приложение 1):

- полное наименование образовательной организации;
- наименование работы (индивидуальный проект);
- наименование темы проекта;
- сведения об авторе(ах) и руководителе(ях) проекта (должности, ученые степени, ученые звания, фамилии и инициалы);
- дату выполнения проекта.

б) содержание (см. Приложение 2): введение, наименование всех разделов, подразделов, заключение, список использованных источников и наименование приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы.

в) введение (см. Приложение 3): актуальность и новизну темы проекта, определение проблемы и направлений ее разрешения.

г) основная часть: данные, отражающие сущность, методику и основные результаты выполненного проекта.

д) заключение: краткие выводы по результатам выполнения проекта или отдельных его этапов; оценку полноты решений поставленных задач; разработку рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию результатов проекта.

е) список литературы (см. Приложение 4): сведения об источниках, использованных при выполнении проекта. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1.

ж) приложения (если они необходимы) помещаются на отдельных листах после списка литературы, в котором содержатся иллюстративные, поясняющие материалы, вопросы анкет, тесты, графики, таблицы, диаграммы, рисунки, фотографии и т.п.

В правом верхнем углу страницы пишется – «Приложение 1» и его название.

При наличии приложений обязательны ссылки на них в тексте исследовательской работы, например: (см. Приложение 1). Номер приложения должен соответствовать порядку ссылки на него в тексте.

2. Объём исследовательской работы - от **10 до 20 печатных страниц формата А4 (с учётом приложений).**

3. Работа выполняется:

- на листах стандарта А 4
- шрифтом **Times New Roman**
- размером шрифта **12**
- интервалом между строк – **1,5**
- Размер полей:
 - верхнее – 2см**
 - нижнее – 2 см**
 - левое – 3см**
 - правое – 1,5 см**
- выравнивание текста **по ширине**
 - нумерация страниц **внизу по центру**
 - титульный лист считается **первым, но не нумеруется**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ

по общеобразовательной дисциплине _____

ТЕМА « _____ »

Выполнил(а) студент (ка)
_____ группы

Фамилия, имя

Дата сдачи _____

Руководитель: _____

Подпись _____

Екатеринбург
2026 год

Приложение 2

Образец Содержания исследовательской работы
Содержание

1. Введение	3
2. Изобретения, изменившие мир	5
2.1. Самые известные изобретения	5
2.2. Классификация изобретений	7
2.3. Результаты анкетирования студентов нашего техникума об изобретениях (если проводилось)	15
3. Заключение	18
4. Список литературы и интернет источников	19
5. Приложения	20

Приложение 3

Структура введения

Структура введения должна содержать:

- **Актуальность проекта** - это важность или необходимость изучения данной темы и проведения исследования в процессе общего познания и его практического применения.
- **Объект исследования** - это то какой-либо неживой предмет или живое существо, процесс или явление действительности (т.е. что рассматривается)
- **Предмет исследования** — это проблема, отдельные стороны объекта, его свойства и особенности, которые будут исследованы в работе (т.е. что изучается).
- **Цель проекта** - это желаемый конечный результат, который планирует достичь студент в итоге своей работы (одно-два предложения).
- **Задачи исследования** - это все последовательные этапы теоретической и экспериментальной работы с начало до конца (т.е. «Что мне сделать, чтобы достичь цели исследования?»)

- **Методы исследования** - это способы достижения цели исследовательской работы: наблюдение, анкетирование, опрос, тестирование, сравнение, анализ и синтез.
- **Теоретическая и практическая значимость проекта** - это раскрыть нужность и важность работы, описание того, как и где могут применяться полученные результаты.

Приложение 4

Список литературы

Список литературы или **Список использованной литературы** исследовательского проекта помещается на отдельном листе **после Заключения**.

Список литературы в работе располагается в алфавитном порядке и нумеруются арабскими цифрами без точки.

Сведения об источниках должны включать: фамилию, инициалы автора в именительном падеже, название источника, место издания полностью в именительном падеже, издательство, год издания, количество страниц.

Для статей указываются инициалы автора, название статьи, название журнала, год издания, номер страницы.

Официальные документы ставятся в начале списка литературы в определенном порядке: Конституции; Кодексы; Законы; Указы Президента; Постановление Правительства; другие нормативные акты (письма, приказы и т. д.).

Литература на иностранных языках ставится в конце списка после литературы на русском языке.

Критерии оценивания индивидуального проекта:

<i>Критерии оценивания индивидуального проекта</i>	<i>Количество баллов</i>
Нормоконтроль:	
- оформление титульного листа, оглавления, заглавий и текста;	
- оформление библиографии	
- использование зарубежной литературы	
- оформление приложений, применение иллюстративного материала	
- оформление ссылок, сносок и выносок	
- грамматика, пунктуация и шрифтовое оформление работы	
- соблюдение графика подготовки и сроков сдачи законченной работы.	
Содержание:	
- актуальность темы	
- соответствие работы выбранной теме	
- выбор цели и постановка задач	
- структура работы, сбалансированность разделов	
- качество источниковой базы, применение новейшей литературы	
- наличие элементов научной новизны, практическая ценность работы	
- правильность деления объёма материала по разделам	
- правильность выполненных расчетов	
Защита:	
- раскрытие содержания работы	
- структура и качество доклада	
- оперирование профессиональной терминологией;	
- качество использования средств мультимедиа в докладе;	
- ответы на вопросы по теме работы.	
Итого	

Максимальное количество баллов – 20.

Полученные за индивидуальный проект баллы переводятся в оценку по следующей шкале:

- «отлично» - 18 – 20 баллов;
- «хорошо» - 15 – 17 баллов;
- «удовлетворительно» - 10 – 14 баллов;
- «неудовлетворительно» - 0 – 9 балла.

Индивидуальный проект выполняется в соответствии с Методическими указаниями по выполнению индивидуального проекта для студентов СПО.

Темы индивидуальных проектов:

Английский язык

1. Healthy lifestyle.
2. The history of the Olympic Games.
3. eSports.
4. The problems of doping in sports.
5. Global sport companies.

Французский язык

1. Mode de vie sain.
2. Sportifs russes célèbres.
3. Sports en Russie.
4. Histoire des jeux Olympiques.
5. Fédérations sportives internationales.

Немецкий язык

1. Sport in unserem Leben
2. Sport in Deutschland
3. Die Olympischen Spiele
4. Welche Sportarten sind in Russland populär?
Welche Sportarten haben die Teenager besonders gern?

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

БД.06 ХИМИЯ

Специальность

21.02.19 Землеустройство

Направленность: Землеустройство и кадастры

программа подготовки специалистов среднего звена

на базе основного общего образования

год набора: 2026

Екатеринбург

ВВЕДЕНИЕ

Горные инженеры, геологи и геофизики сталкиваются с самыми разнообразными явлениями природы, химическими по своей сущности: быстрой выветриваемостью, окисляемостью, различной смачиваемостью горных пород, с особенностями воздушной среды под землей, с обводненностью горных выработок, агрессивностью рудничных вод. Поэтому им требуются более глубокие знания по химии, чем любому другому специалисту. Инженеры горнодобывающей отрасли способны справиться с современными задачами горно-металлургической и горно-химической промышленности только зная весь путь от разведки полезного ископаемого до его переработки. Физико-химическая некомпетентность горных инженеров и геологов является причиной недостатков в развитии горной науки, техники и технологии, бедственного экологического положения горных предприятий.

Роль химии в подготовке инженеров непрерывно возрастает в связи с необходимостью решения задач по снижению уровня потерь полезных компонентов и увеличению комплексности использования руд, рациональному применению вскрышных пород, очистке и использованию шахтных вод и сточных вод обогатительных фабрик, защите от коррозии бурового и горнодобывающего оборудования, заблаговременной дегазации угольных месторождений, применению физико-химических методов упрочнения грунтов, геотехнологическим методам добычи полезных ископаемых.

В горном деле широко применяются химические материалы: химические растворы при бурении и тампонаже скважин, взрывчатые вещества при отбойке угля, руды и породы, химические добавки, препятствующие распылению угля и налипанию льда на конвейерную ленту, материалы для покрытия из пены, предохраняющей от промерзания участка разработки, компоненты для отвердевания закладочных смесей, огнетушащие составы, синтетические смолы для укрепления горных пород, реагенты для флотации и обогащения руд и большой ассортимент таких обычных химикатов как горючие и смазочные материалы, цемент, стекло, керамика, гидро-, термо- и электроизоляционные материалы, лаки, краски, пластмассы, резина.

Еще благодаря усилиям Д.И. Менделеева, химию, как одну из фундаментальных дисциплин, стали преподавать во всех высших школах России. Химия вместе с физикой и математикой составляет основу профессиональной подготовки специалистов высокой квалификации.

Будущие специалисты должны получить такой комплекс знаний по химии, который составит базу для успешного освоения последующих дисциплин и правильного использования материалов, применяемых в технике.

Теоретические разделы химии, такие как строение электронных оболочек атомов, основные виды химических связей, химическая кинетика и равновесие, окислительно-восстановительные потенциалы, водородный показатель, произведение растворимости, свойства комплексных соединений, позволяет правильно ориентироваться в вопросах, связанных непосредственно со свойствами и превращениями минералов и горных пород.

Горные породы и руды состоят из минералов. К минералам относят природные химические соединения. Неорганические минералы подразделяются на минеральные типы, названия которым присваиваются согласно классификации неорганических веществ и их номенклатуре. По химическому составу минералы подразделяют на:

- а) простые вещества (металлы, неметаллы),
- б) карбиды, нитриды, фосфиды, сульфиды, арсениды, селениды, оксиды, гидроксиды, галогениды и др.,
- в) соли кислородсодержащих кислот (силикаты, фосфаты, арсенаты, ванадаты, бораты, карбонаты, сульфаты, нитраты, вольфраматы, молибдаты, хроматы, иодаты и др.).

Основа химической номенклатуры - русские названия химических элементов, приведенные в периодической системе Д.И. Менделеева, которые не всегда совпадают с латинскими названиями, например, гидrogenium - водород, oxygenium - кислород.

К неметаллам относят:

He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, F, Cl, Br, J, At, O, S, Se, Te, N, P, As, C, Si, B, H, остальные элементы - металлы.

Названия простых веществ состоят из одного слова - наименования химического элемента с числовой приставкой, например: O₃ - трикислород, P₄ - тетрафосфор, S₈ - октасера.

Используют также числовые приставки:

1 - моно	7 - гепта
2 - ди	8 - окта
3 - три	9 - нона
4 - тетра	10 - дека
5 - пента	11 - ундека
6 - гекса	12 - додека

В химических формулах сложных веществ на первом месте (слева) всегда записывают формульные обозначения электроположительных составляющих, а за ними указывают формульные обозначения электроотрицательных составляющих. Например, PCl₃.

Названия сложных веществ составляются по их химическим формулам справа налево. Они складываются из двух слов - названий электроотрицательных составляющих (условных или реальных катионов) в

именительном падеже и электроположительных составляющих (условных или реальных катионов) в родительном падеже, например: PCl_3 - трихлорид фосфора, CO - монооксид углерода.

Названия одноэлементных анионов оканчивается на -ид, а названия многоэлементных анионов - на -ат.

Для построения названий сложных веществ используются корни (иногда усеченные) русских названий элементов, например, бериллий - бериллат, молибден - молибдат, фосфор - фосфид и фосфат. Традиционно применяются корни латинских названий для элементов: серебро, мышьяк, золото, углерод, медь, железо, ртуть, марганец, азот, никель, свинец, сера, сурьма, кремний, олово:

Ag - аргентат	N - нитрид, нитрат
As - арсид, арсенат	Ni - николат
Au - аурат	Pb - плюмбат
C - карбид, карбонат	S - сульфид, сульфат
Cu - купрат	Sb - стибид (антимонид), стибат
Fe - феррат	Si - силицид, силикат
Hg - меркурат	Sn - станнат
Mn - манганат	

В названиях сложных веществ употребляются как числовые приставки, так и степени окисления катиона (обычно металлического) при точно известном заряде аниона, например, P_4O_{10} - декаоксид тетрафосфора, V_2O_5 - оксид ванадия (V), $\text{Bi}(\text{OH})_3$ - гидроксид висмута (III).

Названия кислот и кислотных остатков приводятся в учебном пособии[1]. Названия кислотных остатков используют построении названий солей. Соли - продукты реакций нейтрализации. Соли, содержащие кислотные остатки с незамещенными атомами водорода, - к и с л ы е соли. Соли, содержащие гидроксид-ионы, называют о с н о в н ы м и солями.

$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ - дигидрофосфат кальция

KHSO_4 - гидросульфат калия

$\text{FeOH}(\text{NO}_3)_2$ - гидроксонитрат железа (III)

$(\text{CaOH})_2\text{SO}_4$ - гидроксосульфат кобальта (II)

$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ - дигидроксид-карбонат димеди

Если соли содержат два разных катиона, то их называют

д в о й н ы м и.

$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ - сульфат алюминия-калия

$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ - карбонат магния-кальция

ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Прежде чем приступить к работе по данной теме, следует изучить ее по описанию, уяснить цель задания и план его выполнения.

Не загромождайте рабочее место портфелями, свертками, сумками, перчатками и т.п. Для них отведены специальные этажерки. На рабочем столе должны находиться только необходимые приборы и лабораторный журнал.

Работайте тщательно, аккуратно, без лишней торопливости, соблюдайте в лаборатории тишину.

Внимательно наблюдайте за ходом опыта, отмечая и записывая каждую его особенность.

Категорически запрещается в лаборатории принимать пищу, пробовать химические вещества на вкус.

Без указания преподавателя не проводите никаких дополнительных опытов.

После окончания работы вымойте использованную посуду, выключите воду, электрические приборы и приведите в порядок рабочее место.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ХИМИЧЕСКИМИ РЕАКТИВАМИ

Для выполнения работ в лаборатории имеется определенный набор химических реактивов, часть которых размещается на лабораторных столах (водные растворы солей), а остальные - концентрированные и разбавленные кислоты и щелочи, сухие соли, дурно пахнущие вещества - в вытяжных шкафах.

При использовании реактивов следует соблюдать следующие правила:

1. Не разрешается уносить реактивы из вытяжного шкафа на рабочее место.
2. Сухие реактивы набирают чистым шпателем или ложечкой.
3. Для проведения опыта в пробирке брать сухое вещество в количестве, закрывающем дно пробирки, а раствора - не более $1/6$ ее объема.
4. Избыток реактива нельзя высыпать (выливать) обратно в те склянки, из которых они были взяты.
5. Не следует путать пробирки от разных склянок. Крышки и пробки кладут на стол поверхностью, не соприкасающейся с реактивом.
6. При нагревании растворов в пробирке держать ее таким образом, чтобы отверстие пробирки было направлено в сторону от работающего и его соседей по рабочему месту.
7. При разбавлении концентрированных кислот вливать кислоту в воду, а не наоборот.
8. Остатки растворов, содержащих кусочки металлов, собирают в специальные склянки, находящиеся в вытяжных шкафах.

ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

При порезах стеклом удаляют осколки из раны, смазывают края раны раствором йода и перевязывают бинтом.

При ожоге горячей жидкостью или горячим предметом обожженное место обрабатывают раствором перманганата калия, накладывают мазь от ожога.

При ожогах кислотами сразу промывают обожженное место большим количеством воды, а затем 3%-ным раствором гидрокарбоната натрия.

При ожогах едкими щелочами хорошо и обильно промыть обожженное место проточной водой, затем разбавленным раствором уксусной кислоты и опять водой.

При попадании кислоты или щелочи в глаза немедленно промыть глаза в течение трех минут большим количеством воды, а затем раствором гидрокарбоната натрия или борной кислоты.

ОФОРМЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ЖУРНАЛА

Каждый студент должен иметь лабораторный журнал - отдельную тетрадь для записей.

В лабораторном журнале студент выполняет отчеты по лабораторным работам, домашние задания, решает задачи, отвечает на контрольные вопросы.

Все наблюдения и выводы по экспериментальной работе студент заносит в лабораторный журнал непосредственно после выполнения опыта.

Отчеты по выполненным лабораторным работам должны содержать:

- 1) название лабораторной работы,
- 2) названия всех проделанных опытов,
- 3) после названия опыта записывается уравнение проделанной реакции, в котором указываются осадки ($\downarrow$) и их окраска, газы ($\uparrow$), изменения окраски растворов,
- 4) задания, указанные в методическом руководстве,
- 5) выводы по каждому опыту и общий вывод по работе.

1. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ОКСИДОВ И ГИДРОКСИДОВ

Цель работы - изучение изменения кислотно-основных свойств гидроксидов в периодах и группах периодической системы Д.И. Менделеева.

Периодическая система Д.И. Менделеева - естественная система химических элементов, созданная на основе периодического закона.

Положение элемента в периодической системе определяет физико-химические свойства соответствующих им простых веществ и химических соединений.

Периодичность свойств химических соединений удобно проследить на примере оксидов и гидроксидов. Оксиды и гидроксиды относятся к основным породообразующим минералам, они широко распространены и составляют 17% от массы земной коры.

В табл.1.1. приведены наиболее часто встречающиеся реакции взаимодействия оксидов и гидроксидов с водой.

Кислотно-основные свойства соединений можно объяснить на основе электростатических представлений. Ослабление основных и усиление кислотных свойств гидроксидов связано с изменением поляризующего действия элемента, образующего гидроксид, на группу OH^- . Поляризующее действие катиона сильно зависит от его строения и может быть охарактеризовано следующими закономерностями:

1) Поляризующее действие иона очень быстро возрастает с увеличением его заряда;

Таблица 1.1

Кислотно-основные реакции оксидов и гидроксидов

Тип оксида (гидроксида)	Типичная реакция
Сильно - кислый	$\text{SO}_3(\text{г}) + \text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-}(\text{р}) + 2\text{H}^+(\text{р})$
Слабо - кислый	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-(\text{р}) + \text{H}^+(\text{р})$
Амфотерный	$\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{к}) \rightleftharpoons \begin{cases} \xrightarrow{+} \text{Zn}^{2+}(\text{р}) + 2\text{OH}^- \\ \xrightarrow[-]{\text{OH}^-(\text{р})} [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}(\text{р}) \end{cases}$
Слабо - основной	$\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{к}) \rightleftharpoons \text{FeOH}^+(\text{р}) + \text{OH}^-(\text{р})$
Сильно - основной	$\text{Li}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Li}^+(\text{р}) + 2\text{OH}^-(\text{р})$

2) большое значение имеет строение внешней электронной оболочки, по этому признаку катионы разделяются на ионы с незаконченным внешним слоем, переходным от 8-электронного и 18-электронному (Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+}) и ионы с 18-электронным внешним слоем (Zn^{2+} , Ag^+);

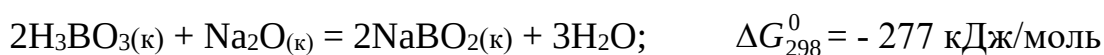
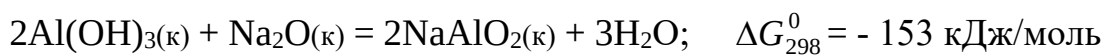
3) при сходном строении внешней электронной оболочки и равном заряде поляризующее действие иона возрастает по мере уменьшения его радиуса.

Итак, ослабление основных и усиление кислотных свойств гидроокисей связано с увеличением поляризующего действия катиона, т.е. с убыванием его радиуса и возрастанием положительной степени окисления, а также с увеличением числа внешних электронов. Например, если катион имеет малый заряд сравнительно большой радиус, его электростатическое притяжение к группе OH^- невелико и OH^- выступает в гидроксиде как единое целое. Поэтому типичными основаниями являются гидроксиды элементов, находящихся в главных подгруппах I и II групп периодической системы (KOH , NaOH), а также NH_4OH .

По мере увеличения поляризующего действия катиона возрастает ковалентность связей элемент-кислород и усиливается ионный характер связей $\text{O} - \text{H}$. Основные свойства гидроксидов ослабляются и появляются кислотные свойства. Из элементов II группы бериллий и цинк дают амфотерные гидроксиды, в (III) группе амфотерны гидроксиды алюминия, галлия, индия. Амфотерность характерна для большинства элементов четвертой группы периодической системы.

Когда катион имеет большой положительный заряд и малый радиус (что типично для неметаллов), усиление его поляризующего действия приводит к тому, что водород становится подвижным и преобладает диссоциация по кислотному типу. Среди элементов третьей группы гидроксид бора - типичная кислота. В четвертой группе кислотами являются гидроксиды углерода и кремния, однако, эти кислоты еще очень слабые. Гидроксиды многих элементов с максимальной степенью окисления пятой, шестой, седьмой групп - сильные кислоты.

Способность веществ к взаимодействию определяется изменением изобарно-изотермического потенциала (ΔG) химической реакции. Чем меньше алгебраическая величина энергии Гиббса химического процесса, тем больше вероятность ее протекания в данном направлении.



Увеличение отрицательного значения ΔG_{298}^0 свидетельствует об усилении кислотных свойств гидроксида бора H_3BO_3 .

1.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Гидроксиды магния и кальция

Поместите в пробирку небольшое количество оксида магния или кальция и прибавьте 5 мл воды. Взболтайте содержимое пробирки и испытайте реакцию среды 1-2 каплями фенолфталеина. Составьте уравнение реакции взаимодействия оксида с водой. Сделайте вывод о характере гидроксида.

ОПЫТ 2. Получение и свойства гидроксида алюминия

В пробирку налейте 2 мл раствора соли алюминия и прибавьте примерно такой же объем раствора гидроксида аммония. Содержимое пробирки распределите в две пробирки. В одну из пробирок при взбалтывании прилейте по каплям разбавленный раствор серной кислоты до полного растворения осадка. Во вторую пробирку прилейте разбавленный раствор гидроксида натрия также до полного растворения осадка. Составить уравнение реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида алюминия.

ОПЫТ 3. Двуокись углерода

Налейте в пробирку несколько мл воды и прибавьте 1-2 капли индикатора. Пропустите из аппарата Киппа в воду двуокись углерода до изменения окраски индикатора. Составьте уравнение реакции. Сделайте вывод о характере гидроксида.

ОПЫТ 4. Гидроксид кремния

В пробирку поместите раствор силиката натрия и пропустите через него углекислый газ из аппарата Киппа, при этом наблюдайте образование осадка гидроксида кремния. Напишите уравнение реакции. Сделайте вывод о кислотно-основном характере гидроксида кремния.

ОПЫТ 5. Оксид фосфора (V)

В пробирку поместите немного фосфорного ангидрида и добавьте несколько мл воды. Наблюдайте растворение, встряхивая пробирку. Испытайте реакцию среды индикаторами. Составьте уравнение реакции. Сделайте вывод о характере гидроксида.

ОПЫТ 6. Гидроксиды олова (II) и свинца (II)

а) Налейте в пробирку 2 мл раствора хлорида олова. Добавьте по каплям разбавленный раствор щелочи до образования осадка. Содержимое пробирки разделите на две части. Подействовать на одну концентрированным раствором

щелочи, а на другую - соляной кислотой. Составьте уравнения реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида олова.

б) Такой же опыт проделать с раствором соли азотнокислого свинца. На полученный гидроксид свинца подействовать азотной кислотой и щелочью. Почему для растворения гидроокиси свинца нельзя воспользоваться соляной или серной кислотами? Составьте уравнения реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида свинца.

1.2. Контрольные вопросы и задания

1. Сравнив результаты опытов, сделайте вывод, как изменяется характер гидроксидов элементов: Mg, Al, Si, P в третьем периоде слева

направо. Чем объясняется это изменение характера гидроксидов? Как оно связано с изменением металлических свойств элементов?

2. По результатам опытов сделайте вывод об изменении кислотно-основных свойств гидроксидов элементов: C, Si, Sn, Pb в главных под-группах сверху вниз. Как увязать такое изменение характера гидроксидов с возрастанием порядкового номера элемента и изменением металлических свойств элементов?

3. Запишите кислородные соединения марганца со степенями окисления II, IV, VI, VII и покажите, как с увеличением степени окисления изменяется характер оксидов и соответствующих им гидроксидов.

4. Укажите, какая из сравниваемых двух кислот H_2SO_3 или H_2SO_4 является более сильной и как объяснить такое явление.

5. Какой из галогенов имеет наибольшее сродство к натрию, если энергия Гиббса для галогенидов натрия имеет следующую величину

(кДж/моль):

$$\Delta G_{298}^0 \text{NaJ} = -237.2,$$

$$\Delta G_{298}^0 \text{NaBr} = -347.7,$$

$$\Delta G_{298}^0 \text{NaCl} = -384.0,$$

$$\Delta G_{298}^0 \text{NaF} = -541.0.$$

$$6. \text{MgO}_{(к)} + \text{CO}_{2(г)} = \text{MgCO}_{3(к)}; \quad \Delta G_{298}^0 = -65.1 \text{ кДж/моль}$$

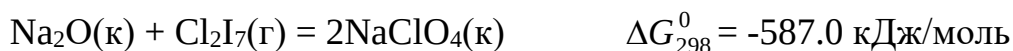
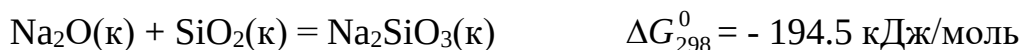
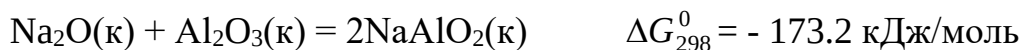
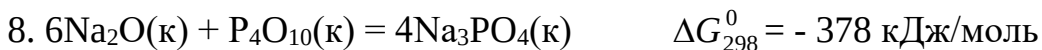
$$\text{BaO}_{(к)} + \text{CO}_{2(г)} = \text{BaCO}_{3(к)}; \quad \Delta G_{298}^0 = -217.4 \text{ кДж/моль}$$

$$\text{CaO}_{(к)} + \text{CO}_{2(г)} = \text{CaCO}_{3(к)}; \quad \Delta G_{298}^0 = -131.9 \text{ кДж/моль}$$

$$\text{SrO}_{(к)} + \text{CO}_{2(г)} = \text{SrCO}_{3(к)}; \quad \Delta G_{298}^0 = -183.6 \text{ кДж/моль}.$$

Как изменяются кислотно-основные свойства оксидов (расположите их в ряд) и как это согласуется со значением ΔG_{298}^0 образования рассматриваемых карбонатов из оксидов?

7. Как изменяется сила кислот в ряду $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{SeO}_4 - \text{H}_2\text{TeO}_4$?



Как изменяются кислотно-основные свойства оксидов (расположите их в ряд) и как это согласуется со значениями ΔG_{298}^0 образования рассматриваемых солей из оксидов?

9. Укажите, какое из рассматриваемых двух соединений является более сильным основанием: а) гидроксид натрия или гидроксид цезия; б) гидроксид бария или гидроксид кальция? Объясните это изменение характера гидроксидов, исходя из расположения элементов в таблице Д.И. Менделеева.

2. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

Ц е л ь р а б о т ы - изучение скорости химической реакции и ее зависимости от концентрации и температуры.

Раздел химии, изучающей скорость химических реакций, называется химической кинетикой.

Скорость химической реакции - это изменение концентрации реагирующих веществ в единицу времени. Зависимость скорости химической реакции выражается законом действующих масс: при постоянной температуре скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ, взятых в степенях, равных стехиометрическим коэффициентам в уравнении реакции.

Для реакции $a\text{A} + b\text{B} = c\text{C} + d\text{D}$ скорость выразится уравнением:

$$v = k \cdot [\text{A}]^a \cdot [\text{B}]^b \quad (\text{для гомогенной системы}),$$

где v - скорость реакции;

$[\text{A}]$, $[\text{B}]$ - молярные концентрации реагирующих веществ;

k - константа скорости реакции

(при $[\text{A}] = [\text{B}] = 1 \text{ моль/л}$, k численно равна v).

Для реакции $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{NO}_2(\text{г})$ выражение скорости имеет следующий вид:

$$v = k \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2].$$

Гомогенная система состоит из одной фазы - между реагентами нет поверхности раздела. Гетерогенная система состоит из двух и более фаз. Реакция в гетерогенной системе осуществляется на поверхности раздела фаз. Скорость гетерогенной реакции не зависит от площади поверхности раздела фаз, так же как скорость гомогенной реакции не зависит от объема системы.

Концентрация твердого вещества принимается за единицу.

Зависимость скорости химической реакции от температуры описывается экспериментально найденным уравнением Вант-Гоффа:

$$v_{t_2} = v_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}},$$

где v_{t_1}, v_{t_2} - скорость реакции при температурах соответственно t_1 и t_2 ;

γ - температурный коэффициент скорости реакции,
равный обычно 2-4.

Эта зависимость может быть выражена в виде следующего правила: при увеличении температуры на каждые 10° скорость химической реакции увеличивается в 2-4 раза.

Зависимость скорости реакции от температуры более точно может быть выражена уравнением Аррениуса:

$$k = c \cdot e^{-\frac{E_{\text{акт}}}{RT}},$$

где k - константа скорости реакции;

c - постоянная;

$E_{\text{акт}}$ - энергия активации;

R - универсальная газовая постоянная (8.31 Дж/моль · К);

T - абсолютная температура.

Из уравнения Аррениуса следует, что скорость реакции с повышением температуры увеличивается по закону экспоненты, однако интенсивность теплоотвода в конкретных условиях реакции может возрасти только линейно. В этом случае возможен скачкообразный переход от стационарного режима к нестационарному, быстрое ускорение - самовоспламенение, или цепной взрыв. По такому механизму происходят взрывы метана и угольной

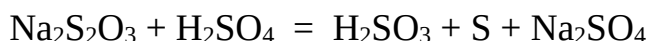
пыли в шахтах. Например, при повышении концентрации метана на несколько процентов достигается нижний предел взрываемости метана в воздухе, в тысячи раз ускоряется реакция окисления метана кислородом воздуха $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + Q$. Концентрационные пределы взрываемости метана в воздухе от 5 до 15% по объему.

Одним из направлений в решении проблемы предупреждения взрывов метана и угольной пыли в шахтах, опасных по газу и пыли, является применение способов взрывозащиты, основанных на использовании распыленной воды или специальных химических соединений, которые играют роль отрицательных катализаторов (ингибиторов), теплопоглотителей в реакциях окисления углеводородов. Такие вещества носят общее название флегматизаторов горения. Этим свойством обладают гидрокарбонаты натрия и калия, гидрофосфаты аммония, бура и др.

2.1. Экспериментальная часть.

ОПЫТ 1. Зависимость скорости химической реакции от концентрации реагирующих веществ.

Соли тиосерной кислоты устойчивы в твердом состоянии и в растворе. Тиосерная кислота неустойчива и при получении распадается самопроизвольно по реакции



с образованием сернистой кислоты и свободной серы.

Постановка опыта основывается на следующем: в результате реакции между серной кислотой и тиосульфатом натрия образуется сера, выделяющаяся в виде белой мути. Время от начала реакции до момента появления мути зависит от скорости этой реакции.

В три пробирки налить по 6 мл раствора серной кислоты.

В первую пробирку влить 6 мл раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, быстро перемешать ее содержимое и одновременно включить секундомер. Отсчитать время (τ) до начала появления белой мути - коллоидной серы.

Во вторую пробирку влить смесь 4 мл раствора тиосульфата натрия и 2 мл воды. Наблюдать, через сколько секунд растворы сделаются мутными.

Результаты наблюдений записать по следующей форме, выразив значения скоростей реакций в условных единицах (десятичных дробях!) в виде $v = 1/\tau$,

где τ - время в секундах.

Относительная концентрация раствора тиосульфата натрия записана в условных единицах $C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = v_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} / V_{\text{раствора}}$, где $V_{\text{раствора}}$ - общий объем раствора 12 мл. Тогда для первого случая $C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$ 50%, для второго - 33% и третьего - 17%, что соответствует значениям 3а, 2в, а.

№ опы-та	Объем в мл			Относит. концентр. $C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$	Время до появления мути, τ	$v = \frac{1}{\tau}$
	раствора H_2SO_4	раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	H_2O			
1	6	6	0	3а		
2	6	4	2	2а		
3	6	2	4	а		

Результаты измерений необходимо представить в виде графика. На ось абсцисс наносят значения относительных концентраций в виде трех точек, отстоящих от начала координат на а, 2а, 3а, где а - произвольно выбранный отрезок. Из каждой точки восстанавливается перпендикуляр, длина которого соответствует значениям скоростей реакции в условных единицах. Далее следует обдумать, каким образом, пользуясь верхними концами этих перпендикуляров, провести линию, характеризующую зависимость скорости реакции от концентрации. Подсказкой будет служить математическое выражение для скорости изучаемой реакции, которое нужно записать согласно закону действия масс.

Сделать вывод о зависимости скорости реакции от концентрации реагирующих веществ.

ОПЫТ 2. Зависимость скорости реакции от температуры опыта

Налить в одну пробирку 5 мл раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, а другую - 5 мл раствора H_2SO_4 . Обе пробирки поместить в стакан с водопроводной водой. Спустя 5-7 минут измерить температуру воды и слить вместе содержимое обеих пробирок. Измерить время появления помутнения.

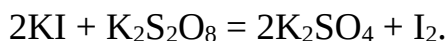
В две другие пробирки налить по 5 мл тех же растворов. Поместить пробирки в стакан с водой, нагретой на 10° выше, чем в предыдущем опыте. Через 5-7 минут слить содержимое пробирок. Измерить время до появления мути.

Повторить опыт, повысив температуру еще на 10° .

Результаты наблюдений выразить в виде графика, откладывая по оси абсцисс температуру опыта, по оси ординат - относительную скорость реакции. Сделать вывод о зависимости скорости реакции от температуры.

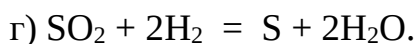
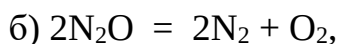
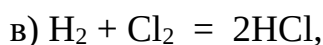
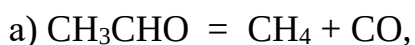
2.2. Контрольные вопросы и задания.

1. Реакция в водном растворе выражается уравнением:



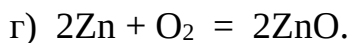
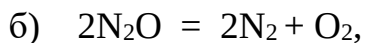
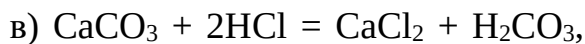
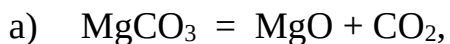
Как изменится скорость этой реакции при разбавлении реагирующей смеси в 2 раза?

2. Записать математические выражения для скорости следующих газовых реакций



Предсказать изменение скорости этих реакций при увеличении концентрации каждого из реагирующих веществ в 2 раза.

3. Записать выражения для скорости реакций



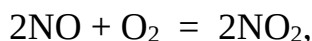
Как изменится скорость вышеуказанных реакций, если:

а) увеличить концентрацию исходных веществ в 2 раза;

б) увеличить давление в 2 раза.

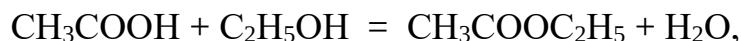
4. Срок хранения флотационного реагента, поступившего на обогательную фабрику, согласно техническим условиям составляет при температуре 20°C 2 месяца. Воспользовавшись правилом Вант-Гоффа, рассчитать срок годности этого флотореагента, если на складе фабрики под-держивается 0°C, а температурный коэффициент скорости разложения равен 2.

5. Во сколько раз изменится скорость реакции



если концентрация оксида азота уменьшится в 2 раза, а концентрация кислорода увеличивается в 2 раза?

6. Реакция протекает по уравнению



концентрацию CH_3COOH увеличили от 0.3 до 0.45 моль/л, а концентрацию $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ увеличили от 0.4 до 0.8 моль/л. Во сколько раз возросла скорость прямой реакции?

7. Кальцинированная сода (безводная Na_2CO_3) используется в виде раствора в качестве регулятора щелочности флотационного процесса. При температуре 55°C сода растворяется в 6 раз быстрее, чем при 15° . Рассчитать температурный коэффициент скорости растворения соды.

8. Для приготовления раствора силиката натрия требуемой плотности, используемого в качестве подавителя пустой породы, твердые прозрачные куски силикат-глыбы Na_2SiO_3 загружают в воду: нагревают до 95° и ведут перемешивание в течение четырех часов. Какой срок потребуется для получения раствора необходимой концентрации, если поддерживать температуру 90° ($\gamma = 2$)?

3. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

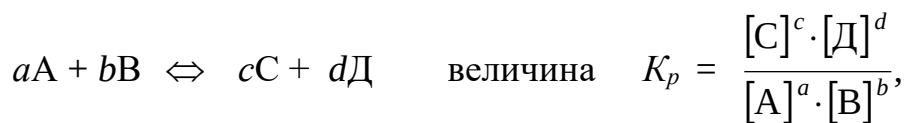
Ц е л ь р а б о т ы - Изучение влияния концентрации на сдвиг химического равновесия.

Многие реакции идут не до исчезновения исходных веществ, а до состояния, не изменяющегося во времени, когда в реакционной смеси можно обнаружить как исходные вещества, так и продукты реакции. Такое состояние системы называется химическим равновесием.

С термодинамической точки зрения состояние равновесия характеризуется тем, что система достигает минимального значения энергии Гиббса (при заданных температуре, давлении и общем составе).

С кинетической точки зрения при равновесии скорости процессов образования продуктов реакции из исходных веществ и исходных веществ из продуктов выравниваются. Скорость достижения равновесия в зависимости от природы процесса, условий, а также наличия подходящих катализаторов может варьировать от малых долей секунды до веков и тысячелетий.

Если равновесие достигнуто, то для реакции



называемая константой равновесия, принимает определенное значение.

Константа равновесия зависит от температуры, но не зависит от конкретных количеств реагентов и порядка их взаимодействия.

Изменение равновесных концентраций при внешнем воздействии называется **с м е щ е н и е м х и м и ч е с к о г о р а в н о в е с и я**.

Основным законом, управляющим смещением равновесия, служит принцип Ле-Шателье: «Если на систему, находящуюся в равновесии, оказывается внешнее воздействие, то равновесие смещается в сторону, указываемую

воздействием, до тех пор, пока нарастающее в системе противодействие не станет равно оказанному воздействию».

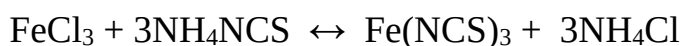
Внешним воздействием, смещающим равновесие, может быть изменение температуры, давления, концентрации одного или нескольких веществ, участвующих в реакции. «Смещение равновесия в сторону, указанную воздействием» означает, что при повышении давления преимущество получает процесс, ведущий к уменьшению объема, т.е. к тому же результату, что и само воздействие. Нагревание ведет к увеличению роли эндотермического процесса, т.е. процесса, увеличивающего запас энергии в системе (эндотермические реакции идут с поглощением тепла, а экзотермические - с его выделением).

Увеличение концентрации одного из веществ приводит к смещению равновесия в сторону расходования этого вещества.

3.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Влияние концентрации веществ на смещение химического равновесия.

Реакция между хлоридом железа и тиоцианатом аммония протекает по уравнению:



Красная окраска образовавшегося раствора обусловлена содержанием в нем тиоцианата (роданида) железа. По изменению интенсивности этой окраски можно судить о направлении смещения равновесия при изменении концентрации какого-либо реагирующего вещества.

В одной пробирке приготовить смесь (по 4 мл) разбавленных растворов FeCl_3 и NH_4NCS . Полученный окрашенный раствор разлить поровну в 4 пробирки.

В первую пробирку добавить 2 капли насыщенного раствора FeCl_3 . Во вторую пробирку добавить несколько кристалликов NH_4NCS (или KNCS). В третью пробирку всыпать немного твердой соли NH_4Cl (или KCl). Четвертую пробирку оставить для сравнения.

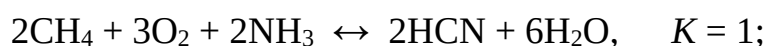
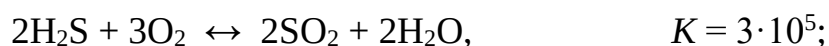
Записать уравнение химической реакции и выражение для константы равновесия. Сделать выводы о влиянии концентрации веществ на смещение химического равновесия с использованием принципа Ле-Шателье.

Форма записи

Что добавлено	Изменение интенсивности окраски	Смещение равновесия
1. FeCl ₃	более интенсивная	вправо
2. NH ₄ NCS		
3. NH ₄ Cl		

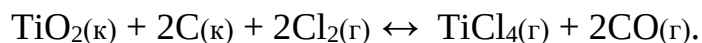
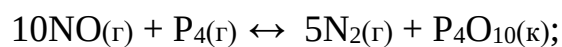
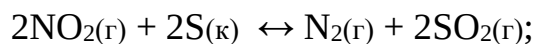
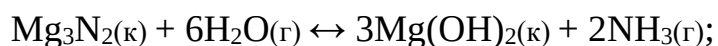
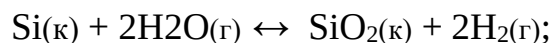
3.2. Контрольные вопросы и задания

1. К гомогенных химических системах при постоянных давлении и температуре установилось состояние равновесия:



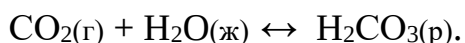
По данным значениям констант равновесия укажите, реагенты или продукты будут преобладать в равновесной смеси веществ. На основании закона действующих масс составьте выражения для констант равновесия.

2. В гетерогенных химических системах установилось состояние равновесия:

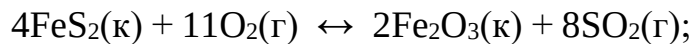


На основании закона действующих масс составьте выражения для констант равновесия.

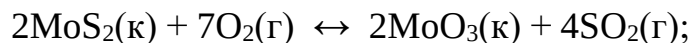
3. За последние 100 лет количество углекислого газа, поступающее за счет сжигания ископаемого топлива, возросло в 50 раз, а парциальное давление CO₂ в атмосфере за это же время увеличилось в 1.2 раза. Объясните это соотношение, допустив, что CO₂ поглощается океаном:



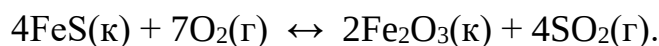
4. Рассчитать равновесный выход диоксида серы в реакциях окислительного обжига сульфидных минералов - пирита, молебденита, пирротина, если в состоянии равновесия количество SO_2 равно 0.4 моль, а начальный объем O_2 составлял 33.6 л (н.у.):



пирит



молибденит



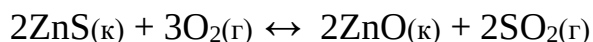
пирротин

5. Равновесный процесс, протекающий в подземных пещерах при образовании сталактитов и сталагмитов, можно описать уравнением



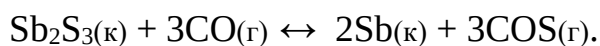
Напишите выражение для константы равновесия этого процесса. Укажите, в какую сторону сдвигается равновесие а) при улетучивании CO_2 , б) испарении воды, в) увлажнении атмосферы в пещерах.

6. Состояние равновесия реакции окисления сфалерита



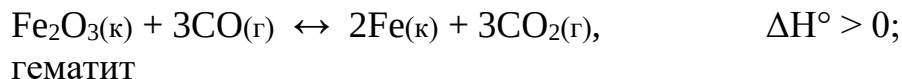
установилось при равновесной концентрации диоксида серы, равной 0.25 моль/л. Рассчитать исходную концентрацию кислорода.

7. В герметически закрытом сосуде объемом 0.25 л проводят реакцию восстановления антимонита

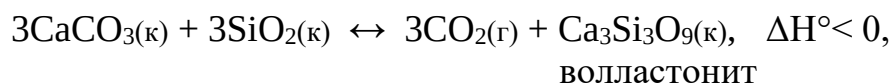


Равновесная концентрация каждого газообразного вещества равна 0.3 моль/л. Для смещения равновесия добавляют 0.1 моль CO . Определить новые равновесные концентрации CO и COS .

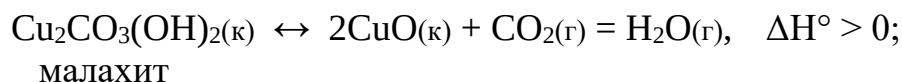
8. Определить, влево или вправо сместится положение равновесия реакций



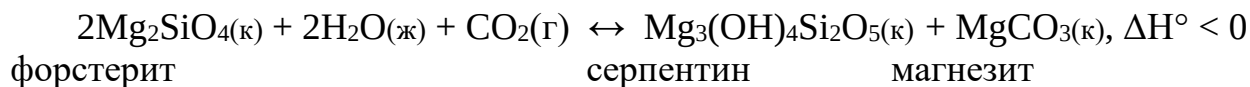
гематит



волластонит



малахит



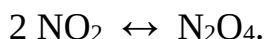
форстерит

серпентин

магнезит

при следующих воздействиях: а) введение избытка диоксида углерода, б) нагревание, в) увеличение давления.

9. На некоторых предприятиях систематически из труб в атмосферу выбрасываются оксиды азота, что можно наблюдать как газ красно-желтого цвета (лисий хвост). Объяснить причину различной интенсивности окраски этого газа в зависимости от времени года (лето, зима), если известно, что NO_2 - бурый газ при -11°C превращается в димер N_2O_4 - бесцветные кристаллы, а при обычных условиях существует смесь NO_2 и N_2O_4



Укажите знак при ΔH в этом уравнении.

4. ИОННЫЕ РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Ц е л ь р а б о т ы - Изучение смещения ионного равновесия в водных растворах.

Э л е к т р о л и т а м и называют вещества, диссоциирующие в растворах (или расплавах) на и о н ы и способные проводить электрический ток. Распад вещества на ионы называется электролитической диссоциацией. Перенос тока в растворах (и расплавах) электролитов осуществляется положительными и отрицательными ионами, которые называются катионами и анионами. К электролитам относятся соли, кислоты и основания.

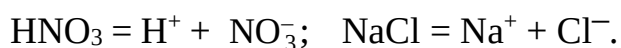
Для количественной характеристики электролитической диссоциации используется степень диссоциации α - доля моля электролита, существующая в растворе в виде ионов:

$$\alpha = C/C_0,$$

где C - концентрация молекул, распавшихся на ионы, моль/л;

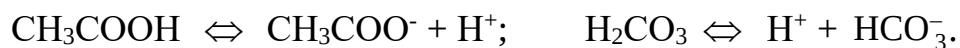
C_0 - исходная концентрация раствора, моль/л.

По величине степени диссоциации все электролиты делятся на сильные и слабые. К сильным относятся те электролиты, α - степень диссоциации которых равна единице, т.е. $C = C_0$. Распад на ионы сильных электролитов протекает необратимо. В растворе сильного электролита не может быть недиссоциированных молекул.



К сильным электролитам относятся практически все соли, гидроксиды щелочных и щелочно-земельных металлов и некоторые кислоты (например, HCl , HNO_3 , H_2SO_4 , HBr , HI , HClO_4)

Степень диссоциации слабых электролитов меньше единицы ($C < C_0$). Их ионизация протекает обратимо:



Константу равновесия электролитической диссоциации слабого электролита называют константой диссоциации. Например, при 298 К

$$K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{C_{\text{CH}_3\text{COO}^-} \cdot C_{\text{H}^+}}{C_{\text{CH}_3\text{COOH}}} = 1.8 \cdot 10^{-5}.$$

$$K_{\text{H}_2\text{CO}_3} = \frac{C_{\text{H}^+} \cdot C_{\text{HCO}_3^-}}{C_{\text{H}_2\text{CO}_3}} = 4.4 \cdot 10^{-7}.$$

Из величин констант видно, что угольная кислота по первой ступени электролит более слабый, чем уксусная кислота.

Степень и константа ионизации слабого электролита связаны зависимостью (закон Оствальда):

$$K = \frac{\alpha^2 \cdot C_0}{1 - \alpha}.$$

Если степень ионизации электролита значительно меньше единицы, то уравнение можно записать $K = \alpha^2 \cdot C_0$, откуда следует, что α возрастает с разведением раствора.

В чистой воде кроме молекул H_2O содержатся протоны и гидроксид-ионы, при этом

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л (25}^\circ \text{C)}.$$

Содержание протонов и гидроксид-ионов выражают также через водородный показатель $\text{pH} = \lg [\text{H}^+]$. При $\text{pH} = 7$ среду водного раствора называют нейтральной, при $\text{pH} < 7$ - кислотной и при $\text{pH} > 7$ - щелочной.

Каковы пределы значений pH в природе? Рудничные воды выветривающихся колчеданных месторождений, содержащие свободную серную кислоту, имеют pH около 2, а воды окисляющихся месторождений само-родной серы в песчаниках - еще ниже. Воды кратерных озер имеют pH 1-3, торфяных болот около 4, буроугольных месторождений около 5, pH дождевой воды примерно 5.5. Обычные грунтовые воды имеют pH 6.5 - 8.5, морская вода (в зависимости от времени года, ее температуры, количества растворенной в ней углекислоты, органических кислот, привнесенных реками) колеблется от 8.2 до 8.5. В содовых озерах pH достигает 9-10.

4.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Сравнение относительной силы кислот

В одну пробирку наливают 1-2 мл 2М раствора уксусной кислоты, в другую - столько же раствора соляной кислоты той же концентрации. В обе пробирки добавляют небольшое количество мелко измельченного известняка. Взбалтывая пробирки с содержимым, наблюдать, одинаково ли быстро растворяется CaCO_3 во взятых кислотах.



Интенсивность выделения CO_2 при этой реакции служит относительным индикатором концентрации водородных ионов. Рассчитайте, во сколько раз концентрация протонов в растворе HCl больше, чем в растворе CH_3COOH , если $K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1.8 \cdot 10^{-5}$.

Напишите уравнения диссоциации обеих кислот.

ОПЫТ 2. Влияние концентрации одноименных ионов на ионизацию слабой кислоты.

К 1-2 мл 2М раствора уксусной кислоты в двух пробирках прибавьте 2 капли метилоранжа. Отметьте окраску индикатора. Добавьте при перемешивании в одну пробирку несколько кристалликов ацетата аммония до изменения цвета раствора. Как изменился pH раствора? Объясните изменение pH, применяя правило Ле Шателье и используя выражение константы диссоциации CH_3COOH

ОПЫТ 3. Влияние концентрации одноименных ионов на ионизацию слабого основания.

В две пробирки наливают по 1-2 мл 2М раствора гидроксида аммония и по 2 капли фенолфталеина. В одну из пробирок добавляют при перемешивании несколько кристалликов ацетата аммония до изменения цвета раствора. Объясните причину наблюдаемого изменения окраски на основании уравнения диссоциации NH_4OH , принципа Ле Шателье и константы диссоциации NH_4OH .

ОПЫТ 4. Определение характера диссоциации гидроксидов

В три пробирки наливают по 2-3 мл растворов: в 1-ю - силиката натрия, во 2-ю - сульфата никеля, в 3-ю - сульфата цинка. До начала выпадения осадков гидроксидов добавляют по каплям в 1-ю - раствор серной кислоты, а во 2-ю - раствор гидроксида натрия.

Содержимое каждой пробирки взбалтывают и разливают каждый осадок гидроксидов на две пробирки. В одну пробирку добавляют разбавленной кислоты, а в другую концентрированной щелочи. На основании наблюдений за

растворением осадков кремниевой кислоты, гидроксида никеля и гидроксида цинка в кислоте и щелочи сделайте вывод о кислотно-основном характере электролитической диссоциации этих гидроксидов.

Напишите уравнения диссоциации гидроксидов.

4.2. Контрольные вопросы и задания

1. Присутствие каких ионов можно ожидать в водном растворе сернистой кислоты H_2SO_3 ? Запишите выражения для констант диссоциаций этой кислоты.

2. Почему константа электролитической диссоциации служит более удобной характеристикой, чем степень диссоциации?

3. Объясните, почему соли являются сильными электролитами. На примере NaHCO_3 укажите характер химических связей, по которым электролитическая диссоциация протекает в водном растворе: а) практически полностью; б) частично; в) отсутствует.

4. Укажите, корректно ли сопоставлять такие свойства, как растворимость вещества и способность его к электролитической диссоциации.

5. В практике флотации используются процессы с низкими и высокими значениями pH флотационной пульпы. Можно ли приготовить растворы с pH 0, -1, -2, 14, 15, 16?

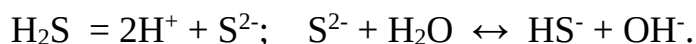
6. Вычислите концентрацию ионов водорода в 1М (9.45 %-ном) растворе серной кислоты, pH которого - 0.005. Объясните полученный результат.

7. В Первоуральске выпал кислотный дождь, водородный показатель которого равен 2.5. Во сколько раз превышена концентрация иона водорода, если обычная дождевая вода имеет pH = 5.5?

8. Шахтные воды Кизеловского бассейна содержат 0.01 г/л ионов водорода. Рассчитайте водородный показатель этих вод, концентрацию OH^- ионов. Укажите, кислотный или щелочной характер имеют эти воды.

9. Во сколько раз уменьшится концентрация ионов водорода, если к 1 литру раствора уксусной кислоты с концентрацией 0.005 моль/л прибавить 0.05 моль ацетата натрия, считая, что концентрация недиссоциированных молекул уксусной кислоты, как и объем раствора остаются практически постоянными? $K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1.8 \cdot 10^{-5}$.

10. Для оценки pH раствора сероводорода студент записал следующие уравнения:

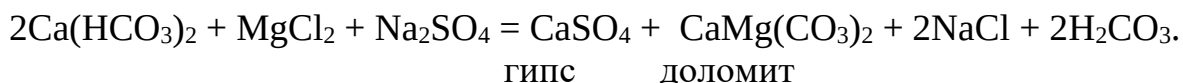


Таким образом, студент сделал вывод, что среда щелочная. Найдите ошибки в его рассуждениях.

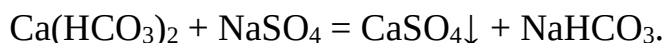
5. РЕАКЦИИ ИОННОГО ОБМЕНА

Ц е л ь р а б о т ы - выявление закономерностей протекания реакций ионного обмена в растворах электролитов.

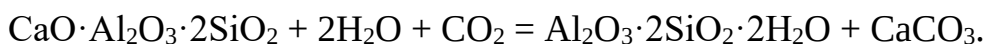
Минералы и горные породы в условиях земной поверхности стремятся перейти в более устойчивые соединения. Известняки медленно растворяются в водах, содержащих уголекислоту, образуя гидрокарбонат кальция. Грунтовые воды, содержащие $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, реагируют с сульфатно-хлоридно-магниевыми (морскими) водами. При этом осаждаются гипс и доломит:



Так озера морского типа превращаются в озера континентального типа. Сульфатно-натриевые воды - результат выщелачивания горных пород, могут образовывать содовые озера.



Изверженные горные породы выветриваются, в полевых шпатах содержание алюминия увеличивается от ранних пород к поздним. При этом из них выносятся катионы щелочноземельных металлов. Например, из анорита образуется каолинит



В результате воздействия растворов, содержащих в повышенных концентрациях ионы Mg^{2+} и SO_4^{2-} , происходит доломитизация известняков



Если химическая реакция протекает, то она отличается следующими признаками:

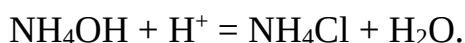
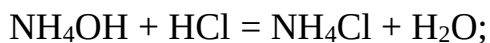
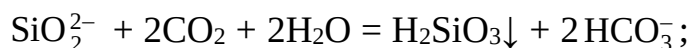
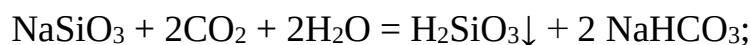
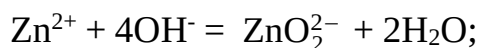
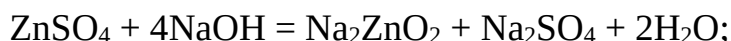
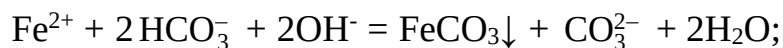
происходит образование осадка, или растворение осадка, или изменяется цвет осадка или раствора, или появляются пузырьки газа.

Сущность ионных реакций обмена сводится к соединению ионов в молекулы новых веществ. Равновесия ионных реакций в растворах смещаются в сторону образования слабых электролитов (слабых кислот, слабых оснований, воды) и сильных электролитов (осадков, летучих веществ).

Все кислые соли в воде растворяются, основные соли, как правило, нерастворимы.

В ионных уравнениях сильные, хорошо растворимые электролиты записываются в форме ионов, а слабые электролиты, газы и осадки - в виде молекул.

Рассмотрим следующие примеры реакций. Запишем их сначала в молекулярной форме, а затем в виде кратких ионных уравнений.



5.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Образование осадков

а) В две пробирки наливают по 2 мл раствора хлорида бария и добавляют в одну пробирку сульфата натрия, а в другую - нитрата калия. Написать молекулярное и ионное уравнения и сделать вывод, в каком случае соль реагирует с другой солью;

б) В две пробирки наливают по 2 мл раствора сульфата меди. В одну пробирку добавляют 1 мл очень разбавленный (1%-ный) раствор гидроксида натрия, а в другую - столько же разбавленного раствора той же щелочи. Написать молекулярные и ионные уравнения, указав окраску образующихся осадков и учитывая, что в первом случае образуется основной сульфат меди $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$. Сделайте вывод об условиях образования основной соли и гидроксида. Осадки сохранить для выполнения опыта 2б;

в) В две пробирки наливают по 2 мл раствора хлорида кобальта. В одну пробирку добавляют разбавленного раствора щелочи до образования синего осадка основной соли. Во вторую пробирку приливают еще столько же щелочи и нагревают с целью получения гидроксида кобальта розового цвета. Содержимое пробирок оставляют для проведения опыта 2в. Написать молекулярное и ионные уравнения, указав цвет осадков.

ОПЫТ 2. Растворение осадков.

а) Наливают в пробирку известковую воду $\text{Ca}(\text{OH})_2$, через этот раствор пропускают углекислый газ из аппарата Киппа. Наблюдают образование белого осадка средней соли, продолжают пропускать пузырьки CO_2 до растворения белого осадка и получения бесцветного прозрачного раствора кислой соли $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Написать молекулярные и ионные уравнения образования карбоната кальция и растворения его. Сделать вывод об условии получения кислой соли.

б) В обе пробирки опыта 1б добавляют серной кислоты до растворения осадков. Написать молекулярные и ионные уравнения реакции растворения. Объяснить причину сдвига ионного равновесия;

в) Берут пробирки с осадками опыта 1в. В пробирку с синим осадком добавляют хлороводородной кислоты, в пробирку с розовым осадком - разбавленной щелочи. Напишите молекулярные и ионные уравнения. Наблюдать растворение одного из осадков. Дать объяснения наблюдениям.

О П Ы Т 3. Образование газообразного вещества

Все сульфиты, растворимые и нерастворимые в воде, разлагаются минеральными кислотами с выделением диоксида серы, который определяют как запах горящей серы.

К раствору сульфита натрия приливают разбавленной серной кислоты. Обнаруживают запах SO_2 , стараясь запомнить его. Это позволит впредь распознавать диоксид серы органолептически.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции.

О П Ы Т 4. Образование слабых электролитов

а) Наливают в пробирку 1-2 мл раствора ацетата натрия и добавляют разбавленной серной кислоты. Определяют по запаху образующуюся уксусную кислоту;

б) Наливают в пробирку 1-2 мл раствора хлорида аммония и добавляют разбавленной щелочи. Определяют по запаху выделяющийся аммиак;

в) Наливают в пробирку 3 мл раствора сульфата хрома (III) и приливают к нему по каплям раствор разбавленной щелочи до появления серо-зеленого осадка гидроксида хрома.

Содержимое пробирки разделяют на две части. К одной части приливают раствор серной кислоты, к другой - раствор щелочи. Сравнить цвет полученных растворов. Сделать вывод о характере гидроксида хрома.

Для опытов а), б), в) написать молекулярные и ионные уравнения реакций, объяснить причины сдвига ионных равновесий.

Сделать вывод, в каком направлении протекают реакции ионного обмена в растворах электролитов.

5.2. Контрольные вопросы и задания

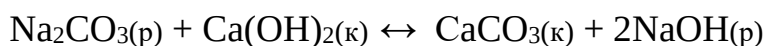
1. Составить в молекулярном виде уравнения реакций растворения следующих малорастворимых минералов:

- а) стронцианит SrCO_3 переводят в водный раствор насыщением CO_2 суспензии минерала в воде;
- б) сассолин $\text{B}(\text{OH})_3$ обрабатывают избытком раствора едкого натра;
- в) гиббсит $\text{Al}(\text{OH})_3$ хорошо растворяется известковом молоке;
- г) азурит $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$ обрабатывают хлороводородной кислотой;
- д) гетит Fe_2O_3 хорошо растворяется в серной кислоте;
- е) гемиморфит $\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot \text{Zn}_3\text{Si}_2\text{O}_7$ нагревают в растворе гидроксида натрия;
- ж) брусит $\text{Mg}(\text{OH})_2$ разлагается раствором серной кислоты;
- з) борнит $\text{FeS} \cdot \text{CuS} \cdot 2\text{Cu}_2\text{S}$ обрабатывают соляной кислотой.

2. При смешении водных растворов одного из следующих веществ: NaOH , KOH , CsOH концентрацией 1 моль/л с одинаковыми объемами 1М раствором HCl , HBr , HNO_3 , HClO_4 выделяется примерно одно и то же количество теплоты, составляющее 55-59 кДж/моль. О чем это свидетельствует? Напишите уравнения реакции в ионном виде.

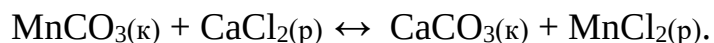
3. При смешении 1М водных растворов одной из следующих кислот: азотной, уксусной, бензойной с одинаковыми объемами 1М растворов KOH обнаруживаются различные тепловые эффекты. Объясните, приведя уравнения реакций в молекулярно-ионном виде.

4. Укажите причины, по которым реакция



обратима, составьте выражение для константы равновесия. Почему в этом процессе образуется только разбавленный раствор гидроксида натрия, а получение концентрированного раствора невозможно?

5. Для переработки карбонатных марганцевых руд предложен способ, основанный на выщелачивании их раствором хлорида кальция:



Можно ли регенерировать раствор хлорида кальция и вывести одновременно марганец в осадок добавлением к продуктам выщелачивания суспензии $\text{Ca}(\text{OH})_2$? Напишите уравнение реакции.

6. Растворение соли слабой кислоты в растворах кислот должно проходить тем быстрее, чем больше концентрация ионов водорода. Однако кальцит CaCO_3 растворяется в растворе уксусной кислоты быстрее, чем в растворе серной. Почему?

7. В 250 мл раствора содержится 1 г NaOH . Вычислите молярную концентрацию и pH этого раствора.

8. Кислые растворы имеют кислый вкус, щелочные - вкус мыла. Сливаются равные объемы растворов хлороводородной кислоты и гидроксид натрия одинаковой концентрации. Какой вкус полученного раствора?

9. Гашеную известь $\text{Ca}(\text{OH})_2$ используют при флотации для создания щелочной среды (pH 12 и более), отделения пирита от сфалерита и сульфидов меди. Как изменяется pH растворов извести при хранении их в открытых емкостях? Напишите уравнение реакции.

6. ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

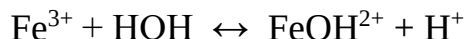
Ц е л ь р а б о т ы - Изучение свойств водных растворов, связанных с реакцией гидролиза солей.

Природные воды часто не бывают нейтральными, а имеют либо кислую, либо щелочную среду вследствие гидролиза. При химическом выветривании известняков образуются щелочные растворы, а пиритсодержащих - кислые. Изменение нейтральной реакции среды водного раствора - признак гидролиза соли, обменной химической реакции, протекающей с участием воды. Однако не все соли вступают в реакцию гидролиза. Если растворить в воде хлорид калия KCl , нейтральная реакция среды (pH = 7), характерная для чистой воды, не изменится. Соли, образованные сильным основанием и сильной кислотой (NaCl , LiNO_3 , CsBr и т.п.), в реакцию гидролиза не вступают.

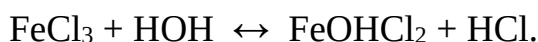
С водой взаимодействуют: 1) соли, образованные слабыми основаниями и сильными кислотами (NH_4Cl , CuSO_4 , $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ и т.п.); 2) соли, образованные слабыми кислотами и сильными основаниями (Na_2S , KCN , BaCO_3 и т.п.); 3) соли, образованные слабыми основаниями и слабыми

кислотами ($\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ и т.п.).

Из рассмотренных примеров следует, что в реакцию с водой вступают катионы слабых оснований и анионы слабых кислот. Если эти ионы многозарядны (Fe^{3+} , Cu^{2+} , CO_3^{2-} , SiO_3^{2-} и т.п.), их взаимодействие с водой обычно идет до образования основного или кислого иона (первая ступень гидролиза). Например, соль FeCl_3 , образованная слабым основанием с сильной кислотой, подвергается гидролизу по катиону:



Или в молекулярной форме:

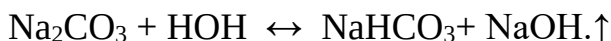


В результате гидролиза соли FeCl_3 появляется избыток катионов H^+ и раствор приобретает кислую реакцию, $\text{pH} < 7$.

Гидролизу по аниону подвергаются соли, образованные сильным основанием и слабой кислотой. В качестве примера запишем уравнение гидролиза соли Na_2CO_3 в ионном виде:

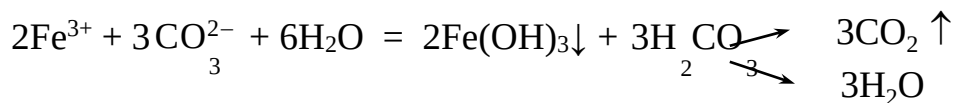
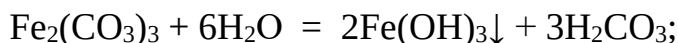


И в молекулярной форме:

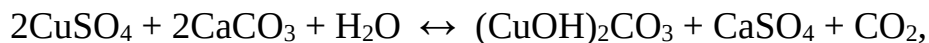


Избыток анионов OH^- придает раствору щелочную реакцию, $\text{pH} > 7$.

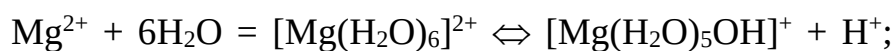
Если же соль образована слабым малорастворимым основанием и слабой летучей кислотой, то происходит полный необратимый гидролиз. В таблице растворимости такие соли обозначены прочерком, означающим, что эти соли в водных растворах не существуют. Например, гидролиз карбоната железа (III):



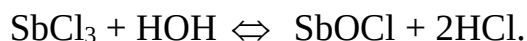
т.е. карбонат железа (III) может существовать только в виде сухой соли, а в растворе он подвергается полному гидролизу, образуя труднорастворимый гидроксид железа (III) и слабую летучую угольную кислоту. В подобных случаях в осадок выпадает наименее растворимый из возможных продуктов гидролиза. Так, растворимость $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ меньше, чем $\text{Cu}(\text{OH})_2$, поэтому в зоне окисления минералов меди в известняках встречается малахит



В водном растворе положительные ионы металлов гидратированы. Многие из них связывают воду так прочно, что их можно рассматривать как комплексные ионы. Гидролиз солей, образованных слабыми основаниями и сильными кислотами, происходит за счет молекул воды, входящих в комплексный ион. При этом катион металла выталкивает за пределы внутренней сферы одноименно заряженный ион водорода из молекулы воды, среда становится кислой. Например, при гидролизе хлорида магния координационное число Mg^{2+} равно шести



Ионы Bi^{3+} , Sb^{3+} , Ti^{4+} , V^{4+} обладают настолько сильным поляризующим действием, что выталкивает из молекулы воды оба иона водорода, вследствие чего образуются ионы BiO^+ висмутит, SbO^+ антимонид, TiO^{2+} титанил, VO^{2+} ванадил.



6.1. Экспериментальная часть

О П Ы Т 1. Образование основной соли при гидролизе

В три пробирки наливают по 3-4 капли нейтрального раствора лак-муса и добавляют по 2 мл растворов: в одну пробирку - дистиллированной воды, в другую - сульфата натрия, в третью - сульфата алюминия. Сравнивают окраску индикатора в воде и растворах солей. Сделать вывод о возможности гидролиза.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза: отразить отсутствие гидролиза в пробирке с раствором Na_2SO_4 .

О П Ы Т 2. Образование кислой соли при гидролизе

В две пробирки наливают по 3-4 капли нейтрального раствора фенолфталеина и добавляют по 2 мл растворов: хлорида натрия и карбоната натрия. Сравнивают окраску индикатора в воде и растворах солей.

Сделать вывод о возможности гидролиза.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза: отразить отсутствие гидролиза в пробирке с раствором $NaCl$.

О П Ы Т 3. Смещение равновесия гидролиза

Налить в пробирку 1-2 мл раствора нитрата висмута $Bi(NO_3)_3$ и разбавить его водой в 3-5 раз. Наблюдать образование осадка, т.е. помутнение раствора.

Составить молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза, зная, что труднорастворимым продуктом является соль BiONO_3 .

В пробирку с осадком BiONO_3 прибавить несколько капель концентрированной азотной кислоты. Наблюдать растворение осадка. Объяснить наблюдаемое, исходя из уравнения гидролиза.

О П Ы Т 4. Влияние нагревания на гидролиз ацетата натрия

К 3-4 мл раствора уксуснокислого натрия CH_3COONa прибавить 1-2 капли фенолфталеина и нагреть до кипения. Обратит внимание на появление розовой окраски, исчезающей при охлаждении раствора.

Написать ионное и молекулярное уравнение реакции гидролиза уксуснокислого натрия. Объясните различие окраски при нагревании и охлаждении раствора.

О П Ы Т 5. Полный гидролиз (совместный гидролиз)

К 1-2 мл раствора сернокислого алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ прилить такой же объем раствора карбоната натрия Na_2CO_3 . Наблюдать выделение углекислого газа и образование осадка гидроксида алюминия. Написать молекулярное и ионное уравнение совместного гидролиза взятых солей.

6.2. Контрольные вопросы и задания

1. На некоторых обогатительных фабриках иногда барабаны (емкости) из-под цианида натрия обезвреживают 10%-ным раствором железного купороса FeSO_4 . Напишите уравнения реакции, ведущих к образованию в этих условиях циановодородной кислоты, и покажите тем самым, что такой способ растворения цианидов абсолютно недопустим. При подкислении до $\text{pH} \leq 9$ работать с растворами цианида натрия опасно; безопасно при $\text{pH} > 10$.

2. Раствор основания и раствор кислоты смешивают в эквивалентных соотношениях. Для каких из перечисленных пар раствор будет иметь нейтральную реакцию:

- а) $\text{NH}_4\text{OH} + \text{HCl}$, б) $\text{NH}_4\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH}$, в) $\text{NaOH} + \text{HCl}$,
г) $\text{NaOH} + \text{CH}_3\text{COOH}$?

3. Сточные воды обогатительных фабрик, содержащие гидрокарбонат кальция, очищают от коллоидных примесей (удалить которые отстаиванием и фильтрованием невозможно) добавлением к ним сульфата алюминия. Образующийся хлопьевидный $\text{Al}(\text{OH})_3$ обволакивает коллоидные частицы

примесей и вызывает их осаждение. Объясните образование $\text{Al}(\text{OH})_3$ и напишите уравнение реакции.

4. Определить, возможна ли реакция окисления сфалерита кислородом воздуха в стандартных условиях, если



ΔG_{298}^0 , кДж/моль	-201	-237	-2564

Сделайте вывод о кислотности рудничных вод, содержащих в качестве продукта выветривания сульфат цинка, записав уравнение реакции гидролиза в молекулярном и ионном виде.

5. При окислении пирита, преобладающего в колчеданных рудах, кислородом, растворенным в воде, выделяется сульфат железа (III). Поступая с нисходящим током растворов в нижние горизонты, он реагирует с породой. Сделайте вывод о составе породы, если наблюдается совместное образование гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и лимонита $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Напишите уравнение реакции взаимодействия сульфата железа (III) и породы.

6. Объясните, приведя молекулярно-ионное уравнение, почему при нагревании раствора NaHCO_3 реакция среды из слабощелочной переходит в сильнощелочную.

7. В водном растворе хлорида цинка при нагревании происходит растворение кусочка металлического цинка. Напишите уравнения реакции, объясняя причину выделения водорода.

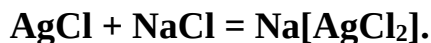
8. В жесткой воде ионы железа обычно присутствуют в виде гидрокарбоната железа (II). При хранении такой воды в открытых сосудах, железо окисляется кислородом воздуха, вода мутнеет из-за выпадения в осадок $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Напишите уравнение реакции, в результате которой образуется гидроксид железа (III).

РАБОТА 1. Комплексные соединения

Цель работы - познакомиться с методами получения комплексных соединений и их свойствами.

Широко распространены среди минералов комплексные соединения. Комплексные соединения содержат катионный, анионный или нейтральный комплекс, состоящий из центрального атома или иона и связанных с ним молекул или ионов лигандов. Центральный атом - комплексообразователь - обычно представляет собой акцептор, а лиганды - доноры электронов, и при образовании комплекса между ними возникает донорно-акцепторная, или координационная связь. Комплексообразователь и лиганды образуют

внутреннюю сферу комплексного соединения, которая в растворах сохраняет индивидуальность, хотя может иметь место и диссоциация. За счет устойчивости внутренней сферы можно перевести в водный раствор малорастворимые минералы. Например, кераргирит **AgCl**, плохо растворимый в воде, растворяется под действием насыщенного раствора хлорида натрия



Шарпит **UO₂CO₃H₂O** переходит в насыщенный раствор соды, образуя **Na₄[UO₂(CO₃)₃]**.

Нантоцит растворяется при обработке концентрированным раствором гидроксида аммония:

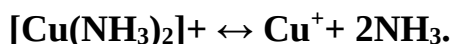


Устойчивые комплексные соединения **K₃[Fe(CH)₆]**, **Na₂[Zn(OH)₄]**, **K₄[Fe(CH)₆]** и др. служат в качестве подавителей флотации при обогащении руд. Образование комплексных соединений происходит при умягчении воды, при защите металлов от коррозии и многих других процессах, использующихся в горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности.

В водных растворах комплексные соединения полностью распадаются на ионы внутренней и внешней сферы



Комплексные ионы диссоциируют только частично, ведут себя как слабые электролиты



Константа равновесия этого процесса называется константой нестойкости (**K_н**):

$$K_{\text{н}} = \frac{C_{\text{Cu}^+} \cdot C_{\text{NH}_3}^2}{C_{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+}}.$$

Чем устойчивее комплексный ион в растворе, тем меньше величина константы нестойкости.

Опыт 1. Диссоциация сульфата железа - аммония

Налить в три пробирки по 2-3 мл раствора соли **NH₄Fe(SO₄)₂**. В первую пробирку добавить несколько капель раствора тиоцианата калия **KSCN**. О наличии, какого иона в растворе свидетельствует появление характерной красной окраски?

Во вторую пробирку добавьте несколько капель 30% -ного раствора щелочи. Слегка нагреть. Какой ион образует бурый осадок, а какой обус-

ловливает появление запаха аммиака? В третью пробирку добавить 1 мл хлорида бария. Какая соль выпадет в осадок?

На три вышеприведенных вопроса ответить, записав четыре уравнения реакций в ионном виде.

Составить уравнение диссоциации исследуемой соли и сделать вывод, какой солью, двойной или комплексной, она является.

Опыт 2. Диссоциация гексацианоферрата (III) калия

Составить уравнение диссоциации гексацианоферрата (III) калия. Налить в две пробирки по 1 мл раствора этой соли. В одну из них добавить несколько капель щелочи, в другую - тиоцианата калия. Записать в ионном виде отсутствие взаимодействия комплексного иона со щелочью в первой пробирке и с тиоцианатом - во второй.

Почему в растворе не обнаружено иона железа (III)? Сделайте вывод, какой солью, двойной или комплексной, является исследуемое вещество. Написать математическое выражение для константы нестойкости комплексного иона.

Опыт 3. Получение сульфата тетраамминмеди (II)

Налить в пробирку 1-2 мл раствора сульфата меди и по каплям добавлять раствор аммиака до выпадения осадка основной соли меди $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$. Написать уравнение реакции образования этой соли в молекулярном и ионном виде.

Прилить избыток 5-6 мл гидроксида аммония. Наблюдать растворение $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$ и образование фиолетового раствора, содержащего комплексный ион тетраамминмеди (II) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.

Написать уравнение реакции образования комплексных солей $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ и $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ в молекулярном и ионном виде.

Опыт 4. Получение тетраиодомеркурата (II) калия

Налить в пробирку 3-4 капли раствора нитрата ртути (II) и добавить по каплям раствор иодида калия до появления ярко-красного осадка иодида ртути.

Дальнейшее прибавление иодида калия вызывает растворение осадка и образование бесцветного раствора комплексной соли $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$

Написать уравнения образования и растворения осадка в молекулярном и ионном виде.

Опыт 5. Получение соединения, содержащего в молекуле комплексный катион и комплексный анион

В пробирку внести 2-3 мл раствора гексацианоферрата (II) калия и 3-4 мл раствора сульфата никеля. К полученному осадку гексацианоферрата (II) никеля добавить раствор гидроксида аммония до полного растворения осадка.

Наблюдать образование бледно-лиловых кристаллов соли $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6] [\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Написать в ионном виде уравнения реакций образования осадка и растворения осадка.

Опыт 6. Растворение осадков за счет процесса комплексообразования

Процессы комплексообразования вызывают уменьшение равновесной концентрации ионов в насыщенном растворе малорастворимого соединения. Это смещает равновесие в системе раствор - осадок и вызывает растворение осадка.

а) Налить в пробирку 1 мл концентрированного раствора хлорида кальция, добавить 2 мл раствора сульфата натрия. Наблюдать выпадение осадка при встряхивании. Написать уравнение реакции в ионном виде.

Полученный осадок сульфата кальция растворить в насыщенном растворе сульфата аммония. Написать уравнение реакции растворения CaSO_4 (в молекулярной и ионной форме) в результате образования комплексной соли $(\text{NH}_4)_2[\text{Ca}(\text{SO}_4)_2]$.

б) Налить в пробирку 3-4 капли раствора соли цинка и добавить по каплям разбавленный раствор NaOH до выпадения осадка $\text{Zn}(\text{OH})_2$ и последующего растворения его с образованием $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$. Написать уравнения реакций в молекулярном виде.

Опыт 7. Комплексные соединения в реакциях обмена

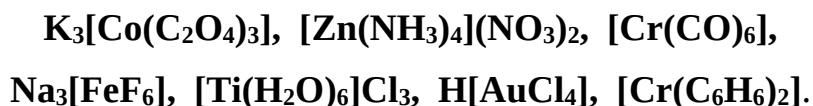
а) Налить в пробирку 1-2 мл раствора гексацианоферрата (II) калия $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и добавить несколько капель раствора Fe^{3+} . Наблюдать образование осадка берлинской лазури $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$.

б) Налить в пробирку 1-2 мл раствора гексацианоферрата (III) калия $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и добавить несколько капель раствора, содержащего ион цинка. Отметить окраску осадка $\text{Zn}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$.

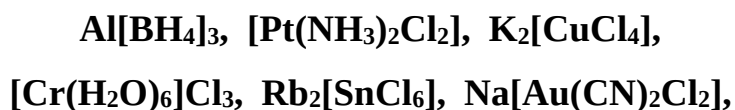
Написать молекулярные и ионные уравнения реакции. Сделать вывод об устойчивости комплексных ионов в реакциях обмена.

Контрольные вопросы и задания

1. Укажите внутреннюю и внешнюю сферы, комплексообразователь и лиганды в следующих комплексных соединениях:



2. Определите степень окисления и координационное число комплексообразователя в следующих комплексных соединениях:





3. Объясните, какое основание является более сильным и почему: $\text{Ni}(\text{OH})_2$ или $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$? Какая кислота сильнее HCN или $\text{H}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$?
4. Степень гидролиза какой соли больше и почему: KCN или $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$?
5. Объясните уменьшение растворимости PbCl_2 в воде при добавлении разбавленной HCl и увеличение растворимости этого осадка при добавлении концентрированной HCl .
6. Сколько молей AgCl осаждается при добавлении нитрата серебра к раствору $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ в расчете на моль имеющегося кобальта?

РАБОТА 2. Определение молярной массы эквивалента

Цель работы - усвоить одно из важнейших химических понятий - понятие об эквиваленте - и научиться определять молярную массу эквивалента вещества.

Молярная масса - отношение массы вещества к количеству вещества:

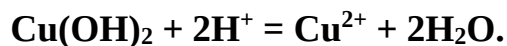
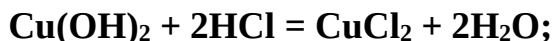
$$M = \frac{m}{\nu} \quad (1)$$

где M - молярная масса вещества; m - масса вещества; ν - количество вещества.

Например, $M(\text{O}) = 16 \text{ г/моль}$; $M(\text{O}_2) = 32 \text{ г/моль}$.

Эквивалент (Э) - это частица вещества, которая может замещать, присоединять, высвобождать или каким-либо другим образом эквивалентна одному иону водорода в ионообменных реакциях или одному электрону в окислительно-восстановительных реакциях.

Для определения состава эквивалента вещества необходимо исходить из конкретной реакции. Например:

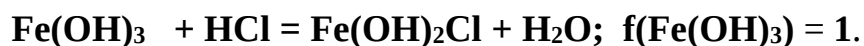
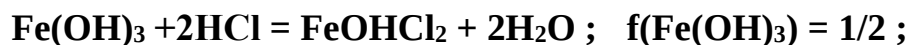


В данной реакции один ион водорода эквивалентен $1/2$ моль $\text{Cu}(\text{OH})_2$, поэтому эквивалент $\text{Cu}(\text{OH})_2$ равен половине его молекулы.

Фактор эквивалентности (f) - число, обозначающее, какая доля от реальной частицы эквивалентна одному иону водорода или одному электрону. Например, в рассмотренном случае фактор эквивалентности: $f(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 1/2$.

Для оснований фактор эквивалентности определяется количеством гидроксильных ионов (OH^-), которые могут быть замещены либо замещаются в конкретной реакции на кислотные остатки.

Например, $f(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 1/3$, но в конкретных реакциях может проявляться неполная кислотность основания и необходимо определять конкретный фактор эквивалентности:



Для кислот фактор эквивалентности определяется количеством ионов водорода, которые могут быть замещены либо замещаются в конкретной реакции на катионы металла.

Например, $f(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1/2$, так как в молекуле серной кислоты два иона водорода могут быть замещены на катион металла, но в реакции



фактор эквивалентности серной кислоты равен 1.

Фактор эквивалентности кислотного оксида равен фактору эквивалентности соответствующей ему кислоты. Так, фактор эквивалентности оксида углерода (IV) (CO_2) равен $1/2$, так как ему соответствует угольная кислота (H_2CO_3).

Но в конкретной реакции фактор эквивалентности определяется количеством эквивалентов реагирующего с оксидом вещества. Так в реакции:



Фактор эквивалентности соли и основного оксида определяется произведением степени окисления металла на количестве атомов металла в молекуле. Например:

$$f(\text{Al}_2\text{O}_3) = 1/(2 \cdot 3) = 1/6; \quad f(\text{FeCl}_3) = 1/(1 \cdot 3) = 1/3.$$

Зная фактор эквивалентности и молярную массу вещества, можно рассчитать молярную массу эквивалента ($\mathcal{E}$) данного вещества, которую часто для краткости называют эквивалентом

$$\mathcal{E} = f \cdot M, \quad (2)$$

Понятие эквивалента является одним из важнейших в химии, так как позволяет проводить количественные расчеты при взаимодействии веществ, пользуясь законом эквивалентов: "Все вещества реагируют в строго эквивалентных соотношениях". Иными словами, если в химическую реакцию вступило эквивалентов одного вещества, то количество эквивалентов любого другого вещества вступившего с ним в реакцию, будет тоже. Так, 0.1 моль эквивалентов серной кислоты реагирует с 0.1 моль эквивалентов хлорида бария,

или 0.1 моль эквивалентов нитрата свинца, или 0.1 моль эквивалентов гидроксида натрия, или 0.1 моль эквивалентов гидроксида меди и т. д.

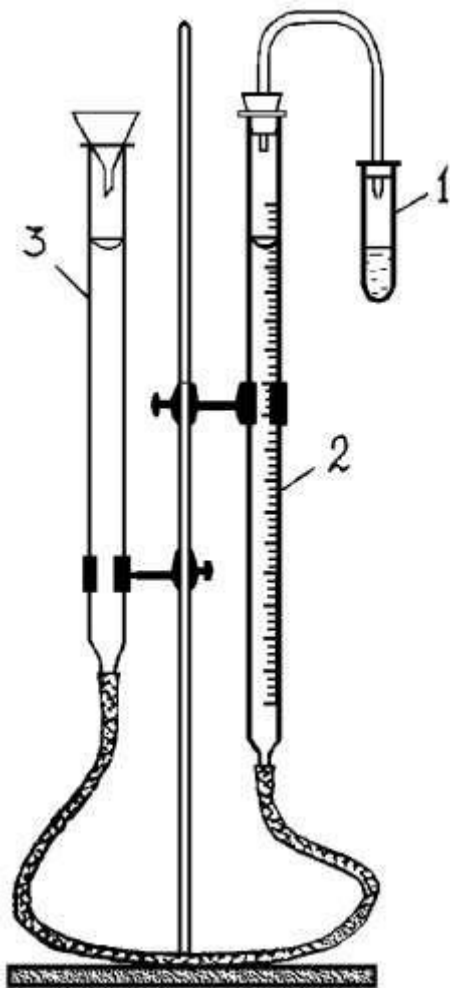
Количество эквивалентов вещества может быть рассчитано по формуле:

$$v_{(\text{эквивалентов})} = \frac{m_{(\text{в-ва})}}{\Xi_{(\text{в-ва})}} \quad (3)$$

Так как количества эквивалентов веществ, вступающих в реакцию, одинаково, то одной из формул, выражающих закон эквивалентов, может быть следующая:

$$\frac{m_{(\text{в-ва } 1)}}{\Xi_{(\text{в-ва } 1)}} = \frac{m_{(\text{в-ва } 2)}}{\Xi_{(\text{в-ва } 2)}} \quad (4)$$

Пользуясь этой формулой, можно практически определить молярную массу эквивалента вещества. Используемый метод основан на способности исследуемого вещества реагировать с кислотой: выделением газа (водорода или диоксида углерода). Работа проводится на приборе, изображенном на рисунке.



Прибор состоит из пробирки (1), бюретки (2) на 100 мл, заполненной водой или раствором хлорида натрия, стеклянной трубки и воронки (3), выполняющих роль уравнильного сосуда.

Пробирка соединена с бюреткой стеклянной трубкой, на концах надеты резиновые пробки, герметично закрывающие пробирку и бюретку. Нижний конец бюретки соединен с уравнильным сосудом резиновой "трубкой длиной 40-50 мм. Перед работой испытайте герметичность прибора. Для этого поднимите воронку на 15-20 см, закрепите ее в этом положении и наблюдайте в течение 1-3 минут за постоянством уровня жидкости в бюретке. Если уровень остается постоянным, то прибор герметичен.

Опыт 1. Определение эквивалента металла

Получите у лаборанта исследуемый металл. В пробирку налейте 5-6 мл 10 % -ного раствора соляной кислоты. Навеску металла заверните в небольшую полоску фильтровальной бумаги, верхнюю часть бумажки полученного фунтика смочите водой и приложите к внутренней части пробирки так, чтобы после того, как пробирка будет закрыта пробкой, этот фунтик на 1-3 см был ниже края пробирки и не касался кислоты. Убедитесь, что прибор вновь герметичен. Установите бюретку и воронку так, чтобы положение воды в них было точно на одном уровне, но не выше нулевой отметки. Отметьте и запишите положение мениска в бюретке (при этом глаз должен находиться на уровне мениска). Наклоняя пробирку, добейтесь того, чтобы кусочки металла упали на дно пробирки. Наблюдайте выделение водорода и вытеснение воды в уравнительный сосуд. Когда весь металл растворится, дайте пробирке остыть, приведите положение воды в бюретке и воронке к одному уровню и точно отметьте положение мениска в бюретке. Разность двух отсчетов - до и после реакции металла с кислотой - дает объем водорода (**V**), выделившегося при данных условиях (**T** и **P**).

Форма записи результатов опыта

Навеска металла	<i>m</i>, г
Объем выделившегося водорода при данных условиях	<i>V</i>, мл
Температура опыта	<i>T</i>, К
Барометрическое давление	<i>P</i>, Па
Давление насыщенного водяного пара при температуре опыта	<i>h</i>, Па

Обработка результатов опыта

Пользуясь уравнением Менделеева-Клапейрона, рассчитайте массы выделившегося водорода:

$$m_{H_2} = \frac{P_{H_2} \cdot V_{H_2} \cdot M_{H_2}}{T \cdot R}, \text{ г},$$

где M_{H_2} - молярная масса водорода, 2 г/моль; T - температура опыта, К; R - газовая постоянная - 8.31 Дж/моль К; V_{H_2} - объем выделившегося водорода, мл; P_{H_2} - парциальное давление водорода, Па, рассчитанное по формуле: $P_{H_2} = P - h$, где P - атмосферное давление, Па; h - давление насыщенного водяного пара при данной температуре, Па (см. таблицу 1)

Таблица 1

$t, ^\circ\text{C}$	$h, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$	$h, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$	$h, \text{Па}$
11	1306	16	1813	21	2490
12	1400	17	1933	22	2640
13	1493	18	2066	23	2813
14	1600	19	2200	24	2986
15	1706	20	2333	25	3173

По закону эквивалентов определите молярную массу эквивалента металла:

$$\mathcal{E}_{Me} = \frac{m_{Me}}{m_{H_2}} \cdot \mathcal{E}_{H_2}, \text{ г/моль (ЭКВ)};$$

$$\mathcal{E}_{\text{H}_2} = f_{\text{H}_2} \cdot M_{\text{H}_2} = 1/2 \cdot 2 \text{ г/моль} = 1 \text{ г/моль}.$$

Узнайте у преподавателя степень окисления растворенного вами металла, определите, какой это металл, и по таблице Д.И. Менделеева рассчитайте точную молярную массу эквивалента данного металла ($\mathcal{E}_{\text{точн.}}$).

Определите относительную погрешность опыта:

$$\Delta = \frac{\mathcal{E}_{\text{Ме}} - \mathcal{E}_{\text{точн.}}}{\mathcal{E}_{\text{Ме}}} \cdot 100\%.$$

Контрольные вопросы и задания.

1. Почему при определении молярной массы соли в бюретку заливают не воду, а раствор поваренной соли?
2. Почему при определении объема выделившегося газа необходимо выравнивать уровни жидкости в бюретке и сообщающейся с ней трубке?
3. Какой оксид реагировал с 16 г кислорода, если в реакцию вступило 64 грамма оксида, образованного элементом со степенью окисления 44, фактор эквивалентности оксида равен 1/2 ?
4. Определите эквивалент металла, 56 г которого прореагировали с раствором, содержащим 109.5 г соляной кислоты.
5. Зависит ли эквивалент химического элемента от степени окисления элемента или является постоянной величиной?

РАБОТА 3. Окислительно-восстановительные реакции

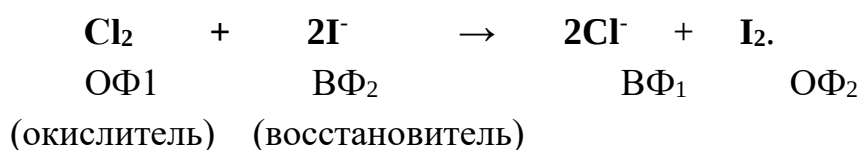
Цель работы - изучить окислительно-восстановительные свойства химических соединений, составить уравнения окислительно-восстановительных реакций, определить направление окислительно-восстановительных процессов по электродным потенциалам.

Окислительно-восстановительные процессы широко распространены в природе, они протекают в атмосфере и в магматических расплавах. Руды и минералы земной поверхности окисляются при воздействии O_2 , CO_2 и влаги, выветриваются, образуя гидроксиды, карбонаты, сульфаты. Например, пирит разлагается во влажном воздухе



с выделением серной кислоты. Растворы серной кислоты опускаются вниз, выделяя из сульфидов сероводород, который ниже уровня грунтовых вод в отсутствие кислорода восстанавливает серебро, мышьяк, висмут, медь.

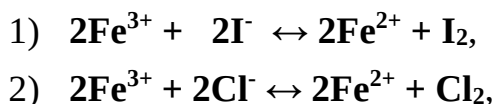
Окислительно-восстановительные реакции сопровождаются перераспределением электронной плотности. Если частица отдает электроны, то степень окисления элемента повышается и он переходит в окисленную формы (ОФ), если принимает, то элемент переходит в восстановленную форму (ВФ). Обе формы составляют сопряженную окислительно-восстановительную пару. В каждой реакции участвуют две сопряженные пары:



Окислительно-восстановительная способность атомов и ионов характеризуется величиной их окислительно-восстановительного (электродного) потенциала, φ^0 ОФ/ВФ - стандартный электродный потенциал.

Располагая значениями электродных потенциалов, можно определить возможность и направление окислительно-восстановительных реакций, зная правило: сопряженная пара с более положительной величиной электродного потенциала выступает в качестве окислителя, а с отрицательной - в качестве восстановителя.

Пример. В каком направлении могут самопроизвольно протекать реакции:



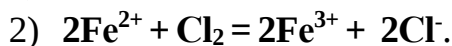
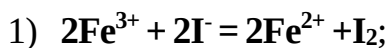
если известны величины стандартных потенциалов следующих пар:

ОФ/ВФ	$\text{I}_2/2\text{I}^-$	$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$	$\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$
$\varphi^0, \text{В}$	0.54	0.77	1.36

Решение. Увеличение активности ОФ наблюдается с ростом алгебраической величины.

I_2 , как ОФ с наименьшим значением, не может окислять ионы Fe^{3+} и Cl^- . Ионы Fe^{3+} могут окислять иодид-ионы, не способны окислять ионы Cl^- . Cl_2 является ОФ пары с наибольшим значением φ^0 и служит окислителем

для ионов Fe^{2+} . Поэтому первая реакция протекает в прямом направлении, а вторая - в обратном:



Опыт 1. Окислительные свойства нитрита натрия

В пробирку налейте 1 мл раствора иодида калия и столько же разбавленной серной кислоты, а затем - на кончике шпателя добавьте сухой соли нитрита натрия.

Отметьте выделение бесцветного газа NO , его побурение под действием кислорода воздуха, а также окраску образовавшегося раствора при выделении йода.

Напишите уравнение реакции на основе электронного баланса

$$\varphi^0 \text{I}_2/2\text{I}^- = 0.54 \text{ В};$$

$$\varphi^0 \text{NO}_2^-/\text{NO} = 0.99 \text{ В},$$

сравнивая эти потенциалы, решите, какая из двух пар будет играть роль восстановителя. Может ли в результате реакции образоваться диоксид азота?

Опыт 2. Восстановительные свойства нитрита натрия

Налейте в пробирку 1 мл раствора перманганата калия и добавьте на кончике шпателя сухой соли нитрита натрия до изменения окраски раствора. Составьте уравнение реакции, имея в виду, что перманганат-ион в нейтральной среде восстанавливается до диоксида марганца (IV), нитрит-ион окисляется до нитрат-иона, а среда становится щелочной (образуется KOH)

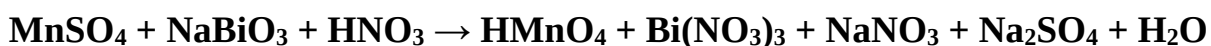
$$\varphi^0 \text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2 = +0.62 \text{ В};$$

$$\varphi^0 \text{NO}_3^-/\text{NO}_2^- = -0.01 \text{ В},$$

сравнивая эти потенциалы, решить, какая из двух пар будет играть роль окислителя.

Опыт 3. Образование окрашенных перманганат-ионов

Ионы Mn окисляются висмутатом натрия в азотнокислой среде с образованием перманганат-ионов:



К 1-2 каплям сульфата марганца добавляют 4-5 капель раствора азотной кислоты и на кончике шпателя висмутата натрия.

Реакция протекает без нагревания. Как объяснить появление малиновой окраски?

$$\varphi^0 \text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+} = 1.51 \text{ В}; \quad \varphi^0 \text{NaBiO}_3/\text{Bi}^{3+} = 1.8 \text{ В},$$

укажите окислитель и восстановитель.

Рассчитайте коэффициенты для проведенной реакции на основе электронного баланса.

Опыт 4. Окислительные свойства сульфита натрия

Налейте в пробирку 4-5 капель разбавленной серной кислоты, добавьте 2-3 капли раствора Na_2S и Na_2SO_3 на кончике шпателя. Наблюдать выделение серы в виде белой мути



Рассчитайте коэффициенты для этой реакции на основе электронного баланса

$$\varphi^0 \text{SO}_3^{2-}/\text{S} = 0.45 \text{ В}; \quad \varphi^0 \text{S}/\text{S}^{2-} = -0.48 \text{ В},$$

укажите окислитель и восстановитель.

Опыт 5. Окислительные свойства перманганата калия в различных средах

В три пробирки налить по 1 мл раствора перманганата калия.

В первую пробирку добавляют 1 мл разбавленной серной кислоты.

Во вторую пробирку наливают 1 мл воды.

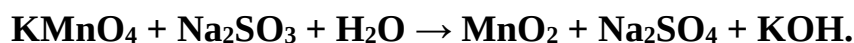
В третью пробирку помешают 1 мл щелочи.

Затем в каждую пробирку засыпают по половине стеклянной ложечки сухой соли сульфита натрия.

В первой пробирке образуется ион Mn^{2+}



Во второй пробирке получается диоксид марганца (IV)



В третьей пробирке восстановление протекает до MnO_4^{2-}



Подберите коэффициенты для уравнений методом электронного баланса

$$\begin{array}{ll} \varphi^0 \text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+} = 1.51 \text{ В}; & \varphi^0 \text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2 = 0.62 \text{ В}, \\ \varphi^0 \text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2 = 0.56 \text{ В}; & \varphi^0 \text{SO}_4^{2-}/\text{SO}_3^{2-} = 0.22 \text{ В}. \end{array}$$

Установить, в какой среде перманганат калия является наиболее сильным окислителем.

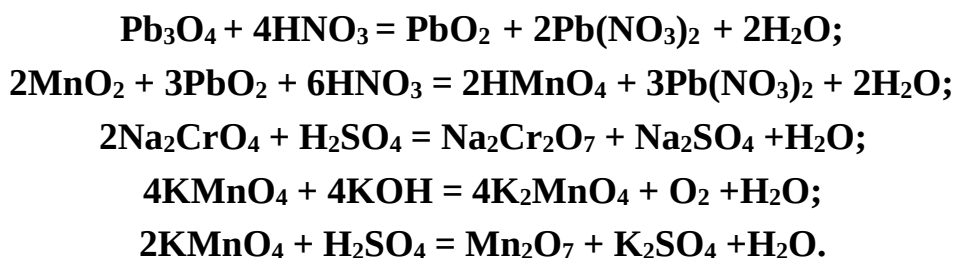
Опыт 6. Окислительные свойства дихромата калия.

Налейте в пробирку 1-2 мл раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, столько же разбавленной серной кислоты и добавьте несколько кристаллов сульфата железа до изменения окраски раствора. Напишите уравнение реакции, учитывая, что Fe^{2+} окисляется до Fe^{3+} , дихромат-ион восстанавливается до Cr^{3+}

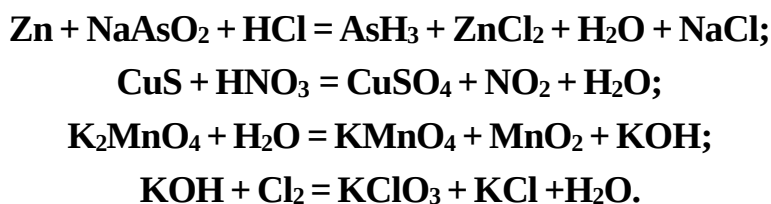
$$\varphi^0 \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/2\text{Cr}^{3+} = 1.33 \text{ В}; \quad \varphi^0 \text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 0.77 \text{ В}.$$

Контрольные вопросы и задания

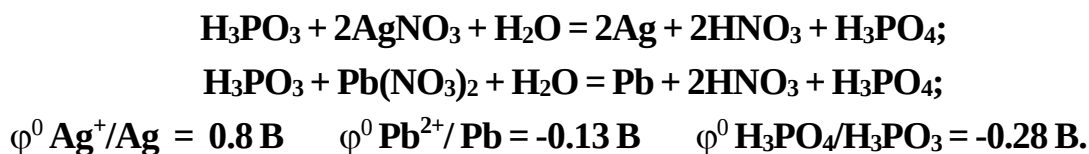
1. Какие из реакций являются окислительно-восстановительными, укажите для них окислитель, восстановитель и среду



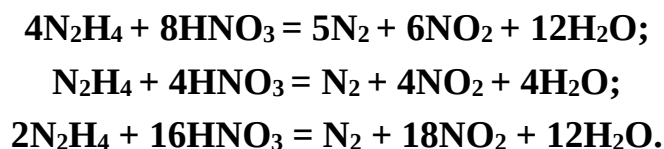
2. Рассчитайте коэффициенты для реакций



3. Какие из приведенных реакций могут протекать самопроизвольно?



4. Укажите, какое из уравнений соответствует реальному протеканию химической реакции?



Работа 1. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Цель работы - изучение электрохимических процессов, протекающих при работе гальванических элементов, расчет значений ЭДС гальванических элементов и величин энергии Гиббса по значениям электродных потенциалов.

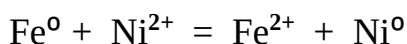
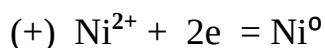
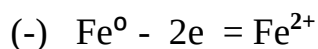
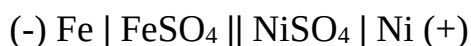
Химические источники электрической энергии имеют широкое распространение, т.к. для многих современных машин, аппаратов и транспорта требуются автономные источники электрической энергии. Любое горное предприятие используют химические источники тока. Простейший пример химического источника тока - гальванический элемент.

В гальванических элементах протекают процессы превращения химической энергии окислительно-восстановительных реакций в электрическую.

Электрохимическая схема гальванического элемента.



Отрицательным полюсом (анодом) этого гальванического элемента является железо, поскольку его электродный потенциал меньше потенциала никеля.



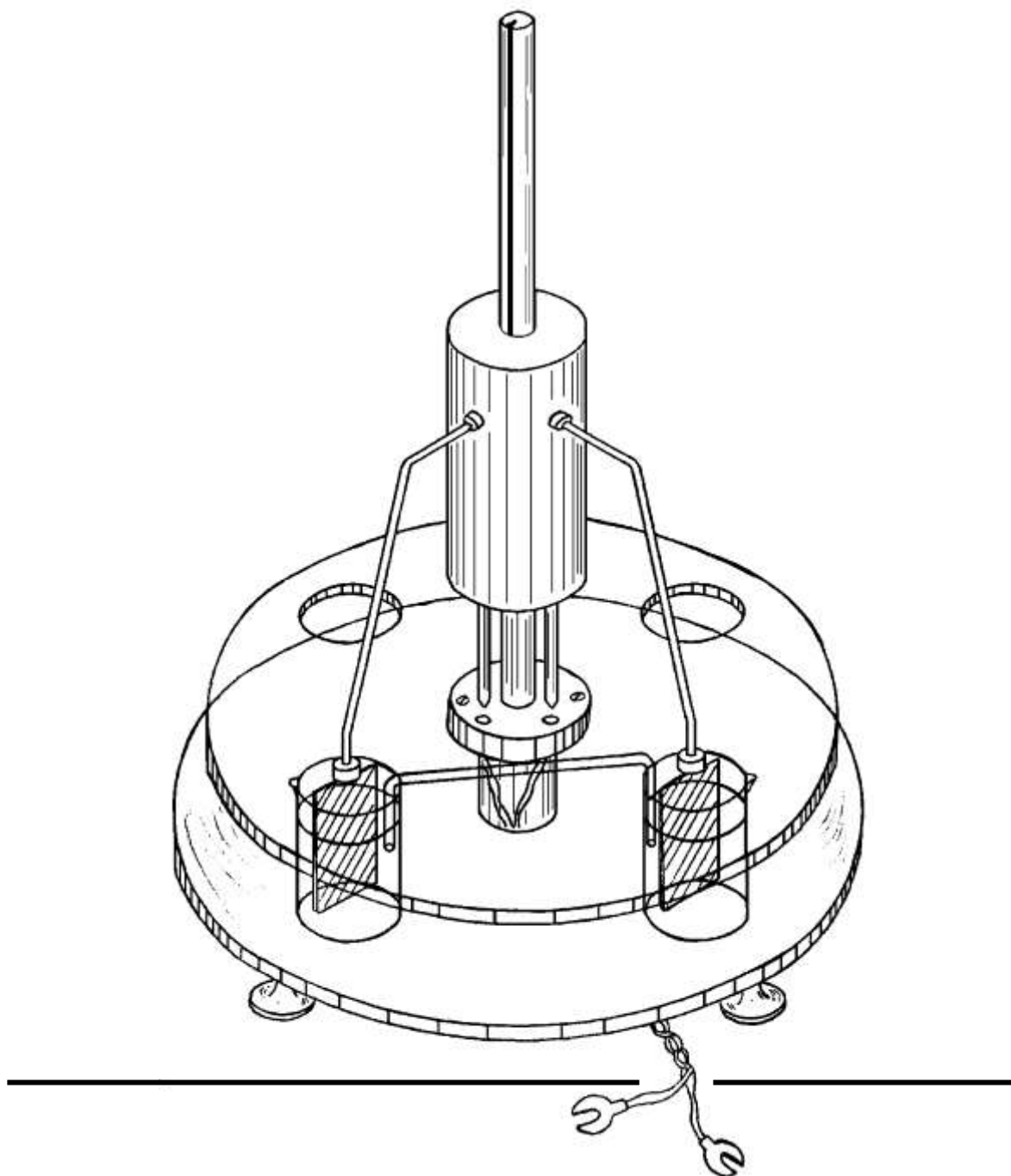
Электродвижущая сила(ЭДС) гальванического элемента определяется по равенности электродных потенциалов: $\text{ЭДС} = \varphi_{(+)} - \varphi_{(-)}$, соответствующих процессам, протекающим на положительном и отрицательном полю-

сах гальванического элемента. Пользуясь таблицей стандартных электродных потенциалов, можно определить ЭДС этого гальванического элемента:

$$E = \varphi_{\text{ок}}^0 - \varphi_{\text{вос}}^0 = \varphi_{\text{Ni}^{2+} / \text{Ni}}^0 - \varphi_{\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}}^0 = -0.25 - (-0.44) = 0.19 \text{ В}$$

Изменение энергии Гиббса ΔG_{298}^0 связано с ЭДС гальванического элемента соотношением $\Delta G_{298}^0 = -nFE$, где n - число электронов, принима-

Общий вид установки для измерения электродвижущей
силы гальванического элемента в рабочем состоянии



ющих участие в реакции; F - постоянная Фарадея (96500 Кл/моль);
 E - ЭДС гальванического элемента.

Опыт 1. Медно - цинковый гальванический элемент.

В два химических стаканчика налейте равные объемы растворов сульфата цинка ($C_M = 1 \text{ моль/л}$) и сульфата меди ($C_M = 1 \text{ моль/л}$). Опустите пластинки цинка и меди в растворы собственных солей. Растворы соедините электролитическим ключом - жидкостным мостиком, заполненным на-

сыщенным раствором хлорида калия. Провода внешней цепи присоедините к гальванометру.

1. Напишите: электрохимическую схему полученного гальванического элемента; процессы, протекающие на отрицательном и положительном полюсах гальванического элемента; суммарную окислительно-восстановительную реакцию в ионной и молекулярной формах.

2. Укажите направление перехода электронов во внешней цепи.

3. По значениям электродных потенциалов рассчитайте ЭДС гальванического элемента.

4. Запишите показание гальванометра в вольтах (В) и сравните его с расчетным значением ЭДС.

Последующие опыты 2, 3 и 4 оформить по той же схеме (пункты 1-4).

Опыт 2. Медно-свинцовый гальванический элемент

Опустите в растворы собственных солей пластинки из меди и свинца. Концентрации растворов задаются преподавателем. Соедините растворы электролитическим ключом. Присоедините провода внешней цепи к гальванометру. Наблюдайте отклонение стрелки гальванометра, указывающее на возникновение электрического тока.

Опыт 3. Медно-кадмиевый гальванический элемент.

В один стаканчик налейте раствор сульфата кадмия ($C_M = 1$ моль/л), а в другой налейте раствор сульфата меди ($C_M = 1$ моль/л). Погрузите в эти растворы соответственно пластинки из кадмия и меди, соедините электролитическим ключом. Провода внешней цепи присоедините к гальванометру.

Опыт 4. Свинцово-цинковый гальванический элемент.

Налейте в два химических стаканчика равные объемы растворов солей свинца (II) и цинка, их концентрации задаются преподавателем. Опустите в них соответственно пластинки свинца и цинка. С помощью электролитического ключа соедините растворы солей. Подключите во внешнюю цепь гальванометр.

Контрольные вопросы и задания.

1. Объясните, почему показания гальванометра отличаются от расчетного значения ЭДС?

2. Каким образом можно добиться возрастания ЭДС в гальванических элементах?

3. Какие изменения концентрации растворов солей на электроде - окислителе и электроде - восстановителе приводят к увеличению и уменьшению ЭДС?

4. Халькопирит ($\varphi = 0.42$ В) растворяется в природных водах чрезвычайно медленно. Почему при контакте с пиритом ($\varphi = 0.7$ В) этот процесс ускоряется?

5. Рассчитайте значение ЭДС и энергии Гиббса медно-цинкового гальванического элемента, если концентрация раствора сульфата цинка равна 0.5 моль/л, а концентрация сульфата меди равна - 2 моль/л.

6. Приведите примеры двух гальванических элементов, в одном из которых железо будет отрицательным полюсом (анодом), а в другом будет положительным полюсом (катодом).

Работа 2. ЭЛЕКТРОЛИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ СОЛЕЙ.

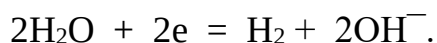
Цель работы - изучение электрохимических процессов, протекающих при электролизе водных растворов солей с инертным и растворимым анодами, запись процессов, происходящих на катоде и аноде.

Практически нет ни одной отрасли техники, где бы не применялся электролиз. При выполнении строительных работ проводят электрохимическую обработку глинистых грунтов, при обогащении полезных ископаемых прибегают к электрохимическому кондиционированию флотационной пульпы. В том случае, когда другие методы не обеспечивают необходимой степени очистки воды, используют электрохимическую обработку производственных сточных вод пропусканием через электрокоагуляторы с электродами из железа или алюминия.

При электролизе рассматриваются процессы на электродах: катоде, заряженном отрицательно, и аноде, заряженном положительно. Внешний источник тока выполняет роль своеобразного электронного насоса, который “нагнетает” электроны на катод и “откачивает” электроны с анода. Когда потенциалы электродов достигают определенных значений, на них становится возможным заряд ионов или молекул из раствора - начинается электролиз.

Катодные процессы: На катоде в первую очередь протекает тот процесс восстановления, потенциал которого более положителен. При электролизе водных растворов на катоде выделяются все металлы, потенциалы которых положительнее, чем -1.0 В .

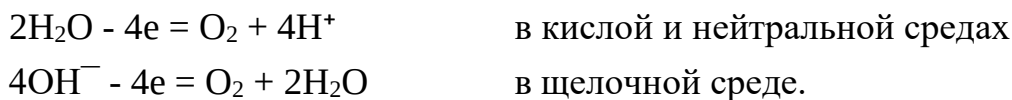
Если в растворе находятся лишь ионы металлов, более активных чем марганец, потенциалы которых отрицательнее, чем -1.0 В , на катоде выделяется водород из воды по реакции:



Анодные процессы: на нерастворимых анодах из Pt, Ti, C происходит процесс окисления того восстановителя, потенциал которого более отрицателен. Практически: если в растворе имеются анионы I^- , Br^- , Cl^- , не содержащие кислород, то они окисляются с выделением I_2 , Br_2 , Cl_2 , соответственно.



Если же в растворе имеются лишь ионы F^- , или анионы, содержащие кислород, потенциал которых больше 2.0 В , то на аноде выделяется кислород из воды по реакции:



В зависимости от окисляемости материала анода различают процессы с растворимым и нерастворимым (инертным) анодом. Растворимые аноды (большинство металлов) в ходе электролиза окисляются, посылая свои ионы в раствор. Например: $\text{Cu} - 2\text{e} = \text{Cu}^{2+}$, $\text{Ni} - 2\text{e} = \text{Ni}^{2+}$. Инертные электроды при электролизе окислению не подвергаются. К числу наиболее распространенных инертных анодов относятся электроды из платины, графита, титана.

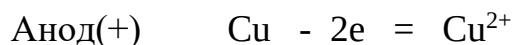
Примеры электролиза водных растворов солей

1. Электролиз водного раствора SnCl_2 , анод Pt



2. Электролиз водного раствора CuSO_4 , анод Cu





Опыт 1. Электролиз водного раствора сульфата натрия с графитовым анодом

Получите электролизер, заполненный раствором сульфата натрия, с графитовыми электродами и пропустите постоянный электрический ток напряжением 12 В. Через 1-2 минуты сравните интенсивность выделения пузырьков газа на электродах, определите расположение катода и анода.

В околокатодное пространство налейте несколько капель фенолфталина, а в околоанодное - лакмуса. Окраска индикаторов должна измениться. Объясните наблюдаемое явление, составив электронно - ионные схемы процессов, протекающих на катоде и аноде, и указывая стандартные значения окислительно - восстановительных потенциалов.

Опыт 2. Электролиз водного раствора иодида калия с графитовым анодом

Получите электролизер, заполненный раствором иодида калия с графитовыми электродами, присоедините электроды к сети постоянного тока. Через 1-2 минуты наблюдайте изменение окраски раствора.

Запишите результаты опыта, составив электронно-ионные схемы процессов, протекающих на катоде и аноде с указанием величин стандартных окислительно-восстановительных потенциалов. Объясните, почему и у какого электрода появилась окраска, почему на катоде не выделяется металлический калий.

Опыт 3. Электролиз водных растворов сульфатов кадмия, меди, никеля, цинка, нитрата свинца.

Получите электролизеры, заполненные водными растворами солей, присоедините графитовые электроды к сети постоянного тока. Пропускайте электрический ток в течение получаса, пока на одном из электродов не появится налет металла.

Поменяйте полюса на электродах, т.е. произведите переполюсовку электродов поворотом вилки относительно розетки. Снова пропускайте электрический ток.

Составьте электронно-ионные схемы катодного и анодного процессов с указанием величин стандартных электродных потенциалов, протека-

ющих при электролизе всех солей: а) с графитовым анодом; б) с соответствующим металлическим анодом.

Контрольные вопросы и задания

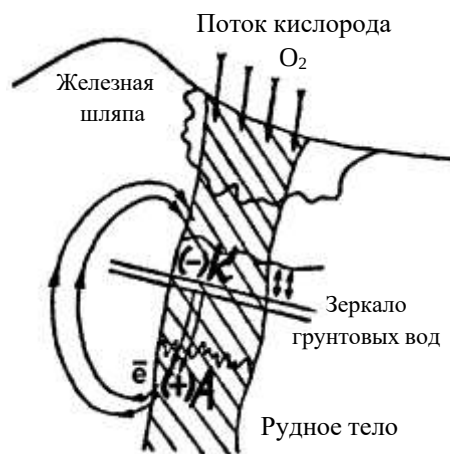
1. Если на электродах могут протекать несколько электрохимических процессов, то какой из них реализуется и что является критерием, определяющим его преимущество?

2. В какой последовательности должны разряжаться на катоде ионы Ag^+ , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Bi^{3+} , Sn^{2+} , если в растворе они содержатся в одинаковой концентрации? Чем эта последовательность определяется?

3. Составьте электронно-ионные схемы катодного и анодного процессов, происходящих на медных электродах при электролизе водного раствора нитрата калия.

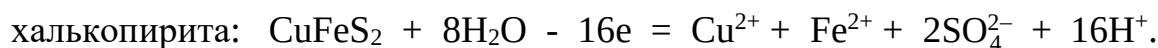
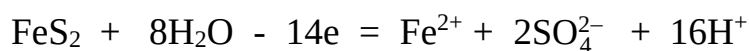
4. При электролизе водного раствора соли значение pH в приэлектродном пространстве одного из электродов возросло. Раствор какой соли подвергся электролизу: а) CdSO_4 ; б) CuCl_2 ; в) KBr ?

5. Рудное тело, содержащее сульфидные минералы в количестве, достаточном для того, чтобы обеспечить электропроводность, можно рассматривать как нерастворимый электрод в поле Земли. В грунтовых водах, окружающих рудное тело, концентрация электролитов изменяется с глубиной. Верхний конец проводника играет роль катода, а нижний - анода. Катионы подъемных вод перемещаются к катоду, а ионы - к аноду, как показано на приведенной схеме.

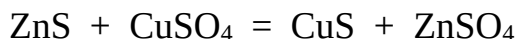


На *а н о д е* происходит окисление, минералы теряют электроны и переходят в раствор.

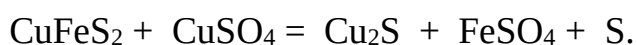
Например, растворение пирита характеризуется уравнением:



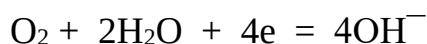
Образующиеся ионы меди (II) вступают в обменные реакции создают так называемую зону вторичного обогащения. Сфалерит замещается ковेलлином:



халькопирит обогащается медью за счет образования халькозина:



На *к а т о д е* происходит восстановление. Из нескольких возможных катодных процессов протекает тот, потенциал которого более положителен. Катодные процессы в верхней части рудного тела заключается в потреблении электронов, высвободившихся на аноде и переместившихся на катод. Здесь могли бы восстанавливаться катионы, но в первую очередь реагирует атмосферный кислород, приток которого осуществляется непрерывно, а потенциал намного положительнее, чем у прочих участников геохимического процесса.



а) используя уравнение ионно-электронного баланса, составьте суммарную реакцию растворения пирита в молекулярном виде;

б) какова среда (значение водородного показателя) рудничных вод каменноугольных шахт, если уголь содержит примеси сульфидов?

в) составьте уравнение электронного баланса для приведенной выше реакции взаимодействия халькопирита и сульфата меди с образованием халькозина.

Работа 3. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ

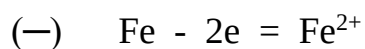
Цель работы - изучение электрохимических процессов, протекающих при работе коррозионных гальванопар.

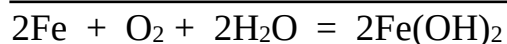
Десятки миллионов тонн металла ежегодно теряются вследствие коррозии. Горное дело является одним из наиболее металлоемких производств. Вполне возможно сократить потери от коррозии за счет лучшего понимания горными инженерами важнейших физико - химических закономерностей коррозии. Чаще всего разрушение металлов вызывается электрохимической коррозией, которая является результатом эксплуатации металлического оборудования при повышенном содержании коррозионно-активных веществ в шахтах, на карьерах и в горных породах.

Электрохимическая коррозия происходит в средах, проводящих электрический ток, сопровождается направленным движением электронов и ионов. Электролиты могут содержаться даже в тонком невидимом слое влаги, адсорбированной из воздуха поверхностью металла. Реальная поверхность твердых металлов неоднородна. Различные примеси в металле, его структурная неоднородность, механическая деформация металла, различие концентраций коррозионных агентов в растворах, контактирующих с металлом - все это приводит к тому, что на одних участках поверхности corroзирующего металла идет процесс окисления металла (анодный процесс), а на других - процесс восстановления окислителя (катодный процесс).

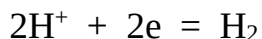
Схема электрохимической коррозии становится таким образом аналогичной схеме работы короткозамкнутого гальванического элемента, в котором протекает анодное окисление металла и катодное восстановление окислителя. В литературе по коррозии окислитель обычно обозначают специальным термином *деполяризатор*. Самыми распространенными деполяризаторами в процессах электрохимической коррозии являются растворенный кислород и ионы водорода. Соответственно различают процессы с кислородной и водородной деполяризацией.

С кислородной деполяризацией corroзируют металлы, находящиеся во влажной атмосфере, в воде, нейтральных растворах солей, во влажном грунте. Это самый распространенный тип коррозионных процессов.

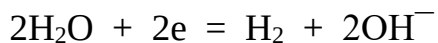




В процессах коррозии с *водородной деполяризацией* окисление металла происходит под действием ионов водорода:



в кислой среде;



в щелочной и нейтральной средах.

Коррозия с водородной деполяризацией преобладает в следующих условиях: для большинства металлов в растворах кислот, для очень активных металлов в нейтральных растворах (например, коррозия магния в воде и растворах хлорида натрия), для амфотерных металлов (например, олово, цинк, алюминий) в растворах щелочей.

Коррозию значительно замедляет поляризация. Концентрационная поляризация - накопление ионов металла на аноде и недостаточно быстрое связывание электронов, поступающих на катод, вследствие уменьшения концентрации окислителя в растворе. Газовая поляризация - слой адсорбированного водорода на поверхности катода, затрудняющий дальнейшее восстановление, если окислителями были ионы водорода.

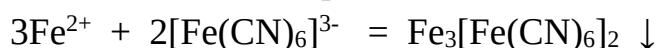
Во многих случаях металл предохраняет от коррозии образующаяся на его поверхности стойкая нерастворимая оксидная пленка. Однако, некоторые анионы, например, хлориды, разрушают такие пленки за счет связывания катионов металлов прочные комплексные ионы, растворимые в воде, которые легко удаляются с поверхности металла тем самым усиливая коррозию.

Коррозию замедляют введением в жидкую фазу ингибиторов. Ингибиторы образуют с металлом нерастворимые соединения-соли или прочно связанные поверхностные соединения и таким образом предохраняют поверхность от дальнейшего окисления. Ингибиторы как бы наносят на поверхность металла слой масляной краски толщиной в одну молекулу.

Опыт 1. Коррозия оцинкованного и луженого железа в кислой среде

В две пробирки наливают по 2-3 мл разбавленной серной кислоты. Затем кусочек пластинки из оцинкованного железа помещают в первую пробирку, а во вторую - кусочек пластинки из луженого железа (покрытого оловом). В обе пробирки доливают по 1 мл раствора гексацианоферрата (III) калия, с помощью которого можно обнаружить Fe^{2+} , которые образу-

ются при коррозии железа. Ион Fe^{2+} с этим реактивом дает характерное синее окрашивание в соответствии с реакцией:



Через несколько минут наблюдать растворение железа в кислоте, замечая синее окрашивание на срезах одной из пластинок.

Результаты опыта занести в таблицу:

	Оцинкованное железо	Луженое железо
Коррозионная гальванопара		
Процессы (-)		
на полюсах (+)		
Суммарная реакция		
Синеет через минуту		

В строке "коррозионная гальванопара" запишите электрохимическую схему гальванического элемента.

Сделайте вывод, какой металл растворяется при коррозии оцинкованного и луженого железа и может ли быть использован цинк в качестве протектора для защиты стального оборудования.

Слейте кислоту в стакан для слива кислот осторожно, не теряя кусочков железа. Налить воды в пробирки и промыть 2 раза кусочки металла от кислоты, не доставая их из пробирок.

Опыт 2. Коррозия оцинкованного и луженого железа в нейтральной среде.

В две пробирки с кусочками металла из опыта 1 наливают по 2-3 мл раствора хлорида натрия и добавляют в каждую по 1 мл раствора гексацианоферрата (III) калия.

Через несколько минут замечают синее окрашивание на боковых срезах одной из пластинок.

Результаты опыта запишите в такую же таблицу, как и в первом опыте.

Сделайте вывод, какой металл растворяется при коррозии.

Опыт 3. Растворение химически чистого цинка и цинка, частично покрытого медью, в серной кислоте

В пробирку помещают гранулу химически чистого цинка и 2-3 мл разбавленной серной кислоты. Начавшееся растворение цинка через некоторое время замедляется или прекращается совсем.

В другую пробирку наливают 2-3 мл раствора сульфата меди и опускают такую же гранулу цинка. Через 4-5 минут осторожно сливают раствор и промывают омедненный цинк 2-3 раза водой. Воду сливают, добавляют 2-3 мл разбавленной серной кислоты и наблюдают выделение газообразного водорода.

Результаты опыта запишите в виде ответов на следующие вопросы:

1. Объясните, почему замедляется растворение химически чистого цинка в серной кислоте?
2. Составьте электрохимическую схему коррозионной гальванопары, образованной цинком и металлической медью, выделившейся на его поверхности.
3. Запишите процессы, происходящие у полюсов этой коррозионной гальванопары.
4. Сделайте вывод, почему происходит ускорение растворения цинка в контакте с медью.

Опыт 4. Действие ингибитора коррозии

В две пробирки налить 2-3 мл разбавленной серной кислоты, в одну из них добавляют 1 мл раствора уротропина. В две пробирки поместить по несколько кусочков железных стружек. Объясните разницу в действии на металлы обычной ингибированной кислоты.

Опыт 5. Действие стимулятора коррозии

В две пробирки поместить по кусочку алюминиевой **пластинки** и добавить по 1-2 мл водного раствора сульфата меди. В одну из пробирок всыпать микрошпатель (щепотку) сухого хлорида натрия. Следить, как влияет добавка его на коррозию алюминия.

Контрольные вопросы и задания.

1. Какое покрытие металла называют анодным и какое катодным? Назовите металлы, которые можно использовать для анодного и катодного покрытия железа во влажном воздухе и в сильноокислой среде.
2. Железное изделие покрыли свинцом. Какое это покрытие: анодное или катодное? Почему? Составьте уравнение анодного и катодного процессов коррозии этого изделия при нарушении цельности покрытия во влажном воздухе и в растворе соляной кислоты. Какие продукты коррозии образуются в первом и во втором случаях?
3. Почему некоторые достаточно активные металлы, например, алюминий, не корродируют на воздухе? Назовите другие металлы с аналогичными свойствами.
4. Одинаково ли отношение к коррозии технического и химически чистого металла? чем вызывается коррозия конструкционной стали?
5. Какое железо корродирует быстрее: находящиеся в контакте с оловом или медью? Мотивируйте ваш выбор.
6. Величины электродных потенциалов металлов уменьшается при повышении pH среды. Объясните, почему при изменении нейтральной среды на щелочную коррозионная устойчивость железа, меди, магния и ряда других металлов увеличивается, а алюминия, хрома, цинка, олова уменьшается

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

БД.06 ХИМИЯ

Специальность

21.02.19 Землеустройство

Направленность: Землеустройство и кадастры

программа подготовки специалистов среднего звена

на базе основного общего образования

год набора: 2026

Екатеринбург

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для студентов высших технических учебных заведений изучение химии составляет часть учебной программы по избранной специальности. Причем такими специальностями в горном университете являются практически все, имеющие отношение к поиску, разведке, добыче и обогащению полезных ископаемых.

Дело в том, что химия, также как математика, физика является фундаментальной наукой. Практически в любой отрасли горного дела приходится сталкиваться с технологическими свойствами различных веществ, например, с их твердостью, прочностью, активностью при взаимодействии с другими веществами или устойчивостью к внешним условиям. В отечественной и зарубежной практике ведения горных работ все более широкое применение находит высокопроизводительная разработка месторождений полезных ископаемых, обеспечивающая полное извлечение и охрану недр с меньшими затратами на добычу минерального сырья и снижение отрицательного влияния на окружающую природную среду. Поэтому химия, как наука, имеет важное значение в образовательном процессе студентов специальности «Горные машины и оборудование», будущая профессиональная деятельность которых связана с решением вопросов технологии и техники экологически безопасной разработки месторождений в условиях высокопроизводительной механизированной добычи полезных ископаемых.

Успешный поиск и разведка месторождений полезных ископаемых, оценка пригодности водного бассейна к практическому использованию, идентификация вещества, определение возраста горных пород, проектирование и создание высокотехнологичного горного оборудования тесно связаны с химической наукой. Уровень компетентности горного инженера будет несомненно выше, если он освоит в вузе и сумеет использовать в своей производственной деятельности базовые знания в области химии.

Глава 1

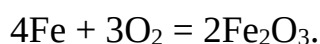
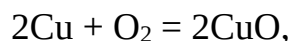
КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

1.1. ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ И МИНЕРАЛЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Вещества, окружающие нас в природе и представленные в земной коре, принято делить на простые и сложные. Простые вещества состоят из атомов одного химического элемента, сложные – из атомов различных элементов.

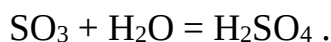
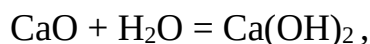
Традиционно простые вещества по физическим и химическим свойствам подразделяют на две группы: металлы и неметаллы. Для металлов обычно характерны металлический блеск, ковкость, тягучесть – свойства, как правило, отсутствующие у неметаллов. Однако основным критерием принадлежности простого вещества к той или иной группе является химический характер соединений, образующихся в результате взаимодействия этого вещества с кислородом и водой.

Среди сложных веществ, состоящих из атомов различных элементов, выделяют химические соединения неорганического и органического происхождения. В свою очередь, например, неорганические соединения могут классифицироваться по составу или по свойствам (функциональным признакам). Так, по составу возможно деление на бинарные, состоящие из атомов двух элементов, и многоэлементные соединения. К бинарным соединениям относятся оксиды, образующиеся при взаимодействии атомов химического элемента с кислородом:



Важную группу сложных по составу соединений образуют гидроксиды. Гидроксиды можно рассматривать как соединения оксидов с водой. При этом

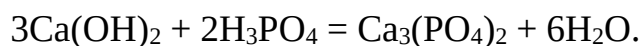
оксиды металлов обычно образуют основания, а оксиды неметаллов – кислоты:



В состав молекулы основания входят ион металла и соответствующее его заряду число групп OH^- . Многие основания мало растворимы в воде. Хорошо растворимые основания, такие как NaOH , KOH , называют щелочами.

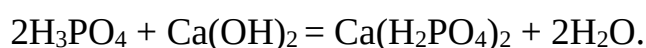
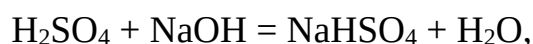
Молекулы кислот содержат один или несколько ионов водорода и кислотный остаток.

Между собой кислоты и основания реагируют с образованием солей, например:



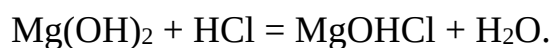
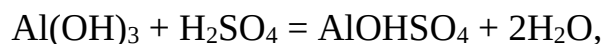
Соль, молекула которой содержит основной остаток без ионов OH^- (ион металла) и кислотный остаток без ионов H^+ является средней. С учетом зарядов остатков составляют формулу соли, помня, что молекула любого вещества электрически нейтральна. Так, основной остаток Ca^{2+} образует с кислотным остатком PO_4^{3-} среднюю соль $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

В тех случаях, когда для нейтрализации кислоты взято недостаточно основания, часть ионов водорода кислоты остается незамещенной на ионы металла. Образующиеся при этом соли, содержащие незамещенные ионы водорода исходной кислоты, называют кислыми. Например, кислые соли NaHSO_4 и $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ могут быть получены следующим образом:



В противоположном случае, при недостатке кислоты, образуются основные соли, содержащие гидроксильные группы исходного основания, не

замещенные на кислотные остатки. Например:

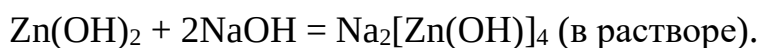
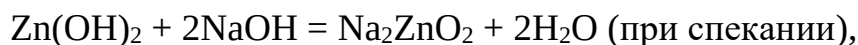
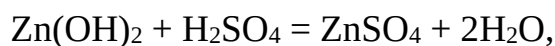


Очевидно, что основные соли образуются основаниями, в состав молекулы которых входит несколько групп OH^- . Соответственно, образование кислых солей возможно для тех кислот, в молекуле которых более одного иона водорода.

Кроме средних, кислых и основных известны двойные соли, примерами которых могут служить $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ и $\text{Ca}_5(\text{F,Cl})(\text{PO}_4)_3$. Как видно из приведенных формул, двойная соль содержит одновременно либо разные металлы при одном и том же кислотном остатке, либо разные кислотные остатки при одном и том же ионе металла.

Помимо основных и кислотных оксидов с соответствующими им гидроксидами известны амфотерные оксиды и гидроксиды, способные проявлять как кислотные, так и основные свойства.

Амфотерные гидроксиды, например, $\text{Zn}(\text{OH})_2$, $\text{Sn}(\text{OH})_2$, $\text{Pb}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Sb}(\text{OH})_3$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$, образуют соли при взаимодействии как с кислотами, так и с основаниями. При взаимодействии с кислотами амфотерные гидроксиды проявляют свойства оснований, а при взаимодействии с основаниями - свойства кислот:



Большинство рассмотренных выше типов неорганических соединений встречается в земной коре в виде минералов. Агрегаты из различных минералов представляют собой горные породы. Известно, что в земной коре со-

держится около 3000 минералов. В таблице 1.1 приведены наиболее распространенные из них.

Таблица 1.1

Распространенные минералы земной коры

Название минерала	Химическая формула	Название минерала	Химическая формула
Кальцит	CaCO_3	Гематит	Fe_2O_3
Халькопирит	CuFeS_2	Малахит	$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$
Киноварь	HgS	Пирит	FeS_2
Корунд	Al_2O_3	Перовскит	CaTiO_3
Флюорит	CaF_2	Кварц	SiO_2
Галенит	PbS	Тальк	$\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)_2(\text{OH})_2$
Гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Бирюза	$\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Галит	NaCl	Вульфенит	PbMoO_4
Доломит	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	Апатит	$\text{Ca}_5(\text{F,Cl})(\text{PO}_4)_3$

Каждый минерал обладает определенным химическим составом, исходя из которого он может быть отнесен к конкретному классу химических соединений. Так, состав минерала галенита PbS отвечает средней соли, доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ и апатита $\text{Ca}_5(\text{F,Cl})(\text{PO}_4)_3$ - двойной соли, а состав малахита $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ – основной соли. Есть минералы, являющиеся по своему составу гидроксидами: сассолин H_3BO_3 - кислотный гидроксид, брусит $\text{Mg}(\text{OH})_2$ - основной гидроксид. Любой минерал характеризуется вполне определенными химическими свойствами, соответствующими свойствам того класса соединений, к которому он может быть отнесен. Поэтому, например, ориентируясь в химических свойствах солей, как класса соединений, можно охарактеризовать типичные химические свойства всех тех минералов, состав которых выражается формулой соли.

1.2. НОМЕНКЛАТУРА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Номенклатура неорганических соединений – важная часть знаний в области химии. Название химического соединения может отражать его состав, т.е. эмпирическую формулу. Такое название относят к систематическим. В настоящее время общепринятой является систематическая номенклатура Международного союза теоретической и прикладной химии (ИЮПАК). Кроме систематических на практике применяются устоявшиеся традиционные или тривиальные (условные) названия.

Рассмотрим примеры систематической номенклатуры различных соединений, сопровождая их традиционными названиями.

Оксиды. В номенклатуре ИЮПАК оксидам придают характерный суффикс «ид». Для отражения стехиометрии возможны два варианта: либо указывать степень окисления римскими цифрами, либо использовать префиксы, образованные от греческих числительных. Например:

NO – оксид азота (II) (монооксид азота); NO₂ – оксид азота (IV) (диоксид азота); N₂O₅ – оксид азота (V) (пентаоксид диазота);

Fe₃O₄ – оксид железа (III) (тетраоксид трижелеза);

CO – оксид углерода (II) (монооксид углерода); CO₂ – оксид углерода (IV) (диоксид углерода).

Термин «смешанные оксиды» не рекомендуется, следует использовать название «двойные оксиды». Названия двойных оксидов можно образовать следующим образом: Cr₂CuO₄ – оксид меди (II) – дихрома (III) или тетраоксид меди – дихрома.

Основания. Названия основных гидроксидов образуются из слова «гидроксид» и названия элемента в родительном падеже. После названия элемента, способного проявлять в химических соединениях различную степень окисления, в скобках римскими цифрами указывается ее значение. Например:

LiOH – гидроксид лития, Ba(OH)₂ – гидроксид бария, Fe(OH)₂ – гид-

роксид железа (II), $\text{Fe}(\text{OH})_3$ - гидроксид железа (III), $\text{Mn}(\text{OH})_4$ – гидроксид марганца (IV).

Кислоты. Названия кислот, не содержащих в своем составе кислород, образуют как для соединений водорода, придавая анионам суффикс «ид»: HCl – хлорид водорода, H_2S – сульфид водорода, HCN – цианид водорода, HN_3 – азид водорода. Наряду с систематическими названиями в современной номенклатуре сохраняются и традиционные названия. Так, водные растворы галогенидов водорода называют: HF – фтороводородная кислота (плавиковая кислота), HCl – хлороводородная кислота (соляная кислота), HI – иодоводородная кислота.

Кислоты, образованные из многоатомных анионов, чаще всего являются кислородсодержащими кислотами. Для этих кислот обычно применяются традиционные несистематические названия. В табл. 1.2 приведены названия наиболее известных кислот и их солей.

Названия солей составляют из названия аниона кислоты в именительном падеже и названия катиона в родительном падеже (хлорид натрия, сульфат меди и т. п.). При этом название аниона производят от корня латинского наименования образующего кислоту элемента. Степень окисления иона металла указывают, если необходимо, римскими цифрами в скобках.

В случае бескислородных кислот название аниона имеет окончание «ид». Например, соли NaBr , FeS , KCN соответственно называются бромид натрия, сульфид железа (II), цианид калия.

Названия анионов кислородсодержащих кислот получают окончания и приставки в соответствии со степенью окисления образующего кислоту элемента. Высшей степени окисления («... ная» или «... овая» кислота) отвечает окончание «ат». Так, соли серной кислоты H_2SO_4 называются сульфатами, хромовой H_2CrO_4 - хроматами и т. д. Более низкой степени окисления («... истая» кислота) соответствует окончание «ит». Например, соли сернистой кислоты H_2SO_3 - сульфиты, азотистой HNO_2 - нитриты и т. д.

Таблица 1.2

Распространенные кислоты и их соли

Кислота		Названия соответствующих средних солей
формула	название	
HNO_3	Азотная	Нитраты
HNO_2	Азотистая	Нитриты
H_3BO_3	Борная	Бораты
H_2SiO_3	Кремниевая	Силикаты
HMnO_4	Марганцовая	Перманганаты
H_3PO_3	Фосфористая	Фосфиты
HPO_3	Метафосфорная	Метафосфаты
H_3PO_4	Ортофосфорная	Ортофосфаты (фосфаты)
$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	Пирофосфорная	Пирофосфаты
H_3AsO_3	Мышьяковистая	Арсениты
H_3AsO_4	Мышьяковая	Арсенаты
H_2SO_3	Сернистая	Сульфиты
H_2SO_4	Серная	Сульфаты
H_2CO_3	Угльная	Карбонаты
HF	Плавиковая	Фториды
HClO_4	Хлорная	Перхлораты
HClO_3	Хлорноватая	Хлораты
HClO	Хлорноватистая	Гипохлориты
HCl	Соляная	Хлориды
H_2CrO_4	Хромовая	Хроматы

В том случае, если существует кислота с еще более низкой степенью окисления кислотообразующего элемента («... оватистая» кислота), ее анион получает приставку «гипо» и окончание «ит». Так, соли хлорноватистой кислоты HClO называют гипохлоритами.

Соли некоторых кислот в соответствии с исторически сложившейся

традицией сохранили названия, отличающиеся от систематических. Например, соли марганцевой (HMnO_4), хлорной (HClO_4), йодной (HIO_4) кислот называют соответственно перманганатами, перхлоратами и периодатами. В связи с этим соли марганцевистой (H_2MnO_4), хлорноватой (HClO_3) и йодноватой (HIO_3) кислот носят названия манганатов, хлоратов и йодатов.

Названия кислых солей образуют так же, как и средних, но при этом добавляют приставку «гидро», указывающую на наличие незамещенных атомов водорода, число которых обозначают греческими числительными (ди, три и т. д.). Например, $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$ - гидрокарбонат бария, NaH_2PO_4 дигидро-ортофосфат натрия, KHS - гидросульфид калия.

Названия основных солей тоже образуют подобно названиям средних солей, но при этом добавляют приставку «гидроксо», указывающую на наличие незамещенных гидроксогрупп. Так, FeOHCl - хлорид гидроксожелеза (II), $(\text{NiOH})_2\text{SO}_4$ сульфат гидроксоникеля (II), $\text{Al}(\text{OH})_2\text{NO}_3$ - нитрат ди-гидроксоалюминия.

1.3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Напишите химические формулы следующих соединений:

а) хлорид железа (III), фосфат натрия, хлорид бария, хромат калия, сульфат железа (II), гидроксид калия, хлорид стронция, серная кислота, нитрат кобальта (II), гидроксид бария, бромид марганца (II), сульфид аммония;

б) нитрат свинца (II), сероводород, сульфат натрия, нитрат серебра, хлорид титана (IV), нитрат серебра, хлорид висмута (III), сульфид натрия, сульфат никеля (II), нитрит свинца, хлорид натрия, хлорид алюминия, сульфат серебра, фосфат цезия, сульфат алюминия, нитрат железа (II), фосфат кальция;

в) соляная кислота, сульфид сурьмы (III), силицид магния, серная кислота, фосфид кальция, азотная кислота, карбид кальция, нитрид магния, арсенид цинка, карбид алюминия, фосфорная кислота, гидросульфат натрия,

сернистая кислота, гидрокарбонат кальция, бромистоводородная кислота, цианид натрия, оксалат калия;

г) хлорид аммония, гидроксид лития, диоксид углерода, сульфид рубидия, ортофосфат натрия, сульфат меди, нитрат алюминия, нитрат цинка, хлорид магния, сульфид хрома (III), оксалат железа (II).

2. Назовите следующие химические соединения:

а) NaClO_3 , K_3PO_4 , TiBr_3 , $\text{Ba}(\text{HSO}_3)_2$, $\text{Zn}(\text{CN})_2$, CaO , NaBr , $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, MnO_2 , H_2SO_4 , Na_2S , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, KCO_4 , $\text{Sb}_2(\text{SO}_4)_3$, MgI_2 , NaNO_2 , NH_4OH ;

б) H_2S , MnS , HNO_3 , $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$, NO , Cu_2O , NO_2 , $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$, PbO_2 , HMnO_4 , H_2SeO_3 , SnCl_2 , Na_2WO_4 , SnCl_4 , Na_2CrO_4 , ClO_2 , Hg_2SO_4 , AsH_3 , Na_2SO_3 .

Глава 2

НАПРАВЛЕННОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

2.1. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ В ХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Горение угля – пример одной из многих реакций, протекающих с выделением энергии. Согласно закону сохранения, энергия не исчезает бесследно и не возникает из ничего. Поэтому тепловая энергия, выделяемая при горении, поступает в окружающую среду. Такие химические реакции, сопровождающиеся выделением теплоты в окружающую среду, называются **экзотермическими**. Противоположные им в этом отношении процессы, протекающие с поглощением теплоты, являются **эндотермическими**.

Многие химические реакции, в частности реакции, протекающие на поверхности земной коры, идут при практически постоянном атмосферном давлении. Для химических реакций, происходящих при постоянном давлении, пользуются специальной термодинамической функцией, называемой "**энтальпия**" (обозначается латинской буквой H). Дело в том, что **изменение энтальпии (ΔH) в ходе процесса, протекающего при постоянном давлении, равно количеству тепловой энергии, выделяемой или поглощаемой системой в ходе этого процесса**.

Рассмотрим такой пример. Один моль каменного угля при 20 °С и атмосферном давлении имеет определенное значение энтальпии. Если удвоить количество угля, взяв 2 моля, энтальпия также удвоится. Энтальпия является экстенсивным свойством системы, то есть свойством, зависящим от количества вещества. Поэтому можно говорить об энтальпии, приходящейся на один моль вещества.

Заметим, что энтальпия зависит от физического состояния вещества. Например, энтальпия угля при 50 °С отличается от его энтальпии при 20 °С.

Если же оговорить конкретные условия, энтальпия оказывается вполне определенной величиной. При этом нет необходимости указывать, каким образом вещество приведено к данным условиям, имеет значение лишь конкретное рассматриваемое состояние.

Свойства системы, зависящие только от конкретных условий состояния, но не зависящие от пути достижения этого состояния, называются **функциями состояния**. Энтальпия и является такой функцией, также как, например, механическая потенциальная энергия. Потенциальная энергия тела, поднятого над поверхностью земли, является функцией состояния, зависящей от высоты подъема. Величина потенциальной энергии не зависит от того, по какому пути (траектории) поднимали тело до занимаемого конечного положения. Изменение потенциальной энергии зависит только от начального и конечного положения тела.

При протекании химической реакции энтальпии продуктов отличаются от энтальпий исходных реагентов. Изменение энтальпии в произвольной реакции ($\Delta H_{\text{реакции}}$) представляет собой разность между суммарной энтальпией продуктов и суммарной энтальпией исходных реагентов:

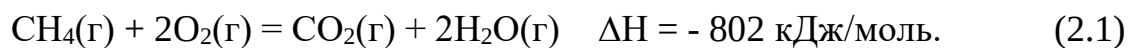
$$\Delta H_{\text{реакции}} = \sum H_{\text{продукты реакции}} - \sum H_{\text{исходные реагенты}}.$$

Если суммарная энтальпия продуктов меньше, чем суммарная энтальпия исходных реагентов, величина ΔH отрицательна ($\Delta H < 0$). При отрицательном изменении энтальпии переход от исходных веществ к продуктам сопровождается выделением теплоты, то есть реакция является экзотермической. В том случае, когда $\Delta H > 0$, реакция является эндотермической (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Энергетическая схема теплового эффекта химической реакции

Изменение энтальпии в ходе процесса проявляется выделением тепла, световым излучением или другими способами. Так, экспериментально установлено, что сгорание 1 моля метана при постоянном давлении сопровождается выделением 802 кДж тепловой энергии. Это может быть записано следующим образом:



Отрицательное значение ΔH указывает на то, что процесс является экзотермическим. Отметим, что изменение энтальпии прямой реакции равно по величине, но противоположно по знаку изменению энтальпии обратной реакции.

ΔH реакции зависит от состояния исходных веществ и продуктов их взаимодействия. Так, если в реакции горения метана (уравнение 2.1) вода была бы жидким, а не газообразным продуктом, то изменение энтальпии составило бы - 890 кДж/моль вместо - 802 кДж/моль. В случае конденсации во внешнюю среду передается большее количество теплоты, потому что при конденсации 2 молей воды из пара в жидкое состояние дополнительно выделяется еще $2 \cdot 44 = 88$ кДж:

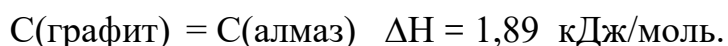


Следовательно, в уравнениях химических реакций для учета изменений энергии необходимо указывать состояния исходных реагентов и продуктов реакции. Обычно предполагается, что исходные реагенты и продукты находятся при одинаковой температуре, как правило, равной 25 °С.

Значения ΔH реакций образования (теплот образования) различных веществ приводятся в специальных справочных таблицах. Причем соответствующие величины указываются для **стандартных условий** ($T = 298 \text{ К}$, $P = 1 \text{ атм.}$). Дело в том, что абсолютное значение энтальпии определить невозможно, опытным путем определяется только изменение этой величины (ΔH). Поэтому для удобства соответствующие величины приводятся к одной шкале, началом отсчета в которой и служит стандартное состояние.

Стандартная теплота образования простых веществ считается равной нулю. При этом простые вещества рассматриваются в том агрегатном состоянии и в той модификации, в какой они устойчивы при стандартных условиях. Так, нулевой является стандартная теплота образования простых веществ -

кислорода O_2 , железа Fe , водорода H_2 и т.д. Однако стандартное изменение энтальпии реакции образования озона O_3 не равно нулю, потому что для его образования из устойчивых в стандартном состоянии молекул кислорода O_2 требуются энергетические затраты. По этой же причине не равно нулю и стандартное изменение энтальпии реакции образования алмаза из графита:



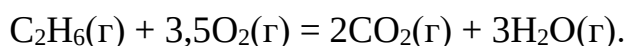
В случае химических соединений стандартной теплотой образования называют тепловой эффект химической реакции образования одного моля соединения из простых веществ.

Например, стандартная теплота образования кальцита $CaCO_3$ в кристаллическом состоянии представляет собой тепловой эффект следующей реакции (в стандартных условиях):



По справочным данным о стандартной теплоте образования веществ можно вычислять стандартные изменения энтальпии практически любых реакций. Для этого необходимо просуммировать теплоты образования всех продуктов реакции, умножив теплоту образования каждого вещества на соответствующий стехиометрический коэффициент в уравнении реакции, и затем вычесть из этой суммы аналогичную сумму теплот образования всех исходных реагентов.

Например, пользуясь справочными данными о теплоте образования, определим стандартное изменение энтальпии ΔH^0 для реакции горения этана:



Вещество	C ₂ H ₆ (г)	CO ₂ (г)	H ₂ O(г)
$\Delta H^0_{\text{обр.}}, \text{ кДж/моль}$	- 88,6	- 393,5	- 241,8

$$\Delta H^0_{\text{реакции}} = [2\Delta H^0_{\text{обр.}}(\text{CO}_2(\text{г})) + 3\Delta H^0_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O}(\text{г}))] - [\Delta H^0_{\text{обр.}}(\text{C}_2\text{H}_6(\text{г})) + 3,5\Delta H^0_{\text{обр.}}(\text{O}_2(\text{г}))] = [2(-393,5) + 3(-241,8)] - [-88,6 + 3,5 \cdot 0] = -1512,4 + 88,6 = -1423,8 \text{ кДж/моль.}$$

Добавим, что по известному тепловому эффекту реакции образования вещества в одном агрегатном состоянии, можно вычислить тепловой эффект реакции его образования в другом агрегатном состоянии, например:

$$\Delta H^\circ(\text{г}) = \Delta H^\circ(\text{к}) + \Delta H^\circ(\text{возг.}) = \Delta H^\circ(\text{ж}) + \Delta H^\circ(\text{исп.});$$

$$\Delta H^\circ(\text{ж}) = \Delta H^\circ(\text{т}) + \Delta H^\circ(\text{пл}); \Delta H^\circ(\text{возг.}) = \Delta H^\circ(\text{пл.}) + \Delta H^\circ(\text{исп.}),$$

где $\Delta H^\circ(\text{пл})$, $\Delta H^\circ(\text{возг.})$, $\Delta H^\circ(\text{исп.})$ - теплоты плавления, возгонки и испарения в расчете на один моль вещества.

2.2. САМОПРОИЗВОЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Таблица Менделеева содержит более ста химических элементов. В настоящее время 109 из них получили международное название. Большинство элементов встречается в земной коре в виде химических соединений – различных минералов. Количество известных минералов составляет только около трех тысяч. Это намного меньше, чем число теоретически возможных комбинаций атомов различных элементов в виде химических соединений. Подобное несоответствие объясняется тем, что не все химические элементы реагируют друг с другом или, то же самое, не все химические реакции протекают в реальных условиях.

Фундаментальный закон сохранения энергии свидетельствует, что при любых процессах энергия не возникает из ничего и не исчезает бесследно. Все известные виды энергии взаимно превращаются в строго эквивалентных количествах. Это означает, что в таких процессах, как дробление руды, плавление металла или в химической реакции, энергия не создается и не уничтожается, а только передается от одного тела к другому или превращается из одной формы в другую, в сумме оставаясь постоянной.

Однако закон сохранения энергии не отвечает на вопрос, почему процесс, связанный с превращением энергии из одного вида в другой, протекает именно в данном направлении? Реальные процессы протекают только в определенном направлении и, не изменив условий, нельзя реализовать обратное протекание процесса.

Например, такие процессы как переход теплоты от тела с более высокой температурой к контактирующему с ним менее нагретому телу, превращение работы в теплоту при трении, смешение газов и другие процессы протекают с конечной скоростью. С наступлением равновесия (например, при выравнивании температуры тел, обменивавшихся энергией в форме теплоты, при образовании однородной смеси газов и т. д.) процесс заканчивается.

Процессы, протекающие без воздействия внешних сил и приближающие систему к состоянию равновесия, называются **самопроизвольными**. Очевидно, что обратные по направлению процессы, удаляющие систему от равновесия, без внешнего побуждающего воздействия пойти не могут. Такие процессы являются **несамопроизвольными**. Природные явления свидетельствуют, что процессы, самопроизвольно протекающие в одном направлении, не являются самопроизвольными в обратном направлении.

Так, выпущенные из рук предметы падают на землю, нагретые тела остывают до температуры окружающей среды, сжатая пружина стремится принять исходную форму. Эти и многие другие явления, например, выветривание и изменение состава горных пород, характеризуются тем, что соответствующие системы самопроизвольно стремятся достичь состояния, в котором

они обладают минимумом энергии.

Тенденция к достижению минимума потенциальной энергии является одной из движущих сил, определяющих протекание химических реакций. Аналогично тому, как физическое тело обладает потенциальной энергией благодаря своему положению относительно поверхности земли, так и химические вещества обладают запасом потенциальной энергии, определяемым взаимным расположением ядер и электронов. При изменениях этого расположения в результате химической реакции может высвобождаться энергия. Например, самопроизвольный процесс горения природного газа сопровождается значительным экзотермическим эффектом, так как атомы углерода и водорода, образующие углеводороды, в результате реакции горения переходят в кислородные соединения (CO_2 и H_2O).

Добавим, что, тем не менее, известно достаточно большое количество процессов, являющихся самопроизвольными, но не относящихся к экзотермическим. Так, самопроизвольно происходит плавление льда при комнатной температуре, несмотря на то, что данный процесс является эндотермическим. К подобным самопроизвольным процессам относится и эндотермическое растворение многих солей (NaCl , $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$ и т. д.) в воде. Расширение идеального газа в вакуум также происходит самопроизвольно, причем в изотермических условиях протекания данного процесса энергия системы не меняется.

Приведенные выше примеры процессов плавления льда, растворения солей и расширения идеального газа имеют общую причину самопроизвольного протекания. Эта причина не связана с характером изменения энтальпии системы в ходе процесса. Дело в том, что во всех трех рассмотренных случаях конечное состояние системы отличается большей хаотичностью или неупорядоченностью, чем исходное состояние. Например, молекулы воды, образующие лед, расположены в узлах кристаллической решетки. При плавлении происходит разрушение кристаллической структуры и молекулы получают возможность свободного перемещения относительно друг друга. Поэтому

распределение отдельных молекул в жидкой воде имеет большую неупорядоченность, чем в ее твердом состоянии. Аналогичная ситуация возникает при растворении солей или при расширении газа. Следовательно, уменьшение внутренней энергии системы не является единственным фактором, определяющим возможность самопроизвольного протекания процесса. Самопроизвольное протекание процесса также может быть связано с повышением неупорядоченности системы.

Для характеристики степени неупорядоченности системы используется термодинамическая функция, называемая **энтропией** (обозначается символом S). Чем выше хаотичность системы и меньше степень порядка в ней, тем больше значение ее энтропии. Как и энтальпия, энтропия является функцией состояния. Размерность энтропии [Дж/(моль·град)]. Изменение энтропии в ходе процесса зависит только от исходного и конечного состояний системы, но не зависит от пути, по которому система переходит из одного состояния в другое: $\Delta S = S_{\text{кон.}} - S_{\text{нач.}}$.

Энтропия относится к экстенсивным величинам. Ее значение зависит от количества вещества в системе. Энтропия подчиняется закону аддитивности, то есть энтропия равновесной системы равна сумме энтропий ее отдельных частей, а изменение энтропии всей системы равно сумме изменений энтропии ее частей. Изменение энтропии в сложном процессе равно сумме изменений энтропии в отдельных стадиях процесса (рис. 2.2).

2.3. ЭНТАЛЬПИЙНЫЙ И ЭНТРОПИЙНЫЙ ФАКТОРЫ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ. ЭНЕРГИЯ ГИББСА

Вернемся к обсуждению двух основных факторов, определяющих направление самопроизвольно протекающих реакций. Один из этих факторов - стремление к достижению минимума энергии системы. Мерой данного

стремления в химических процессах, реализуемых в условиях постоянного давления, является изменение энтальпии ΔH . Вторым фактором - стремление изолированной системы (нет обмена с внешней средой веществом и энергией) к достижению в ходе процесса наиболее вероятного неупорядоченного и хаотического состояния. При химическом взаимодействии данная тенденция проявляется в стремлении к распаду веществ на более простые, к образованию молекул меньшего размера и к равномерному их распределению по всему

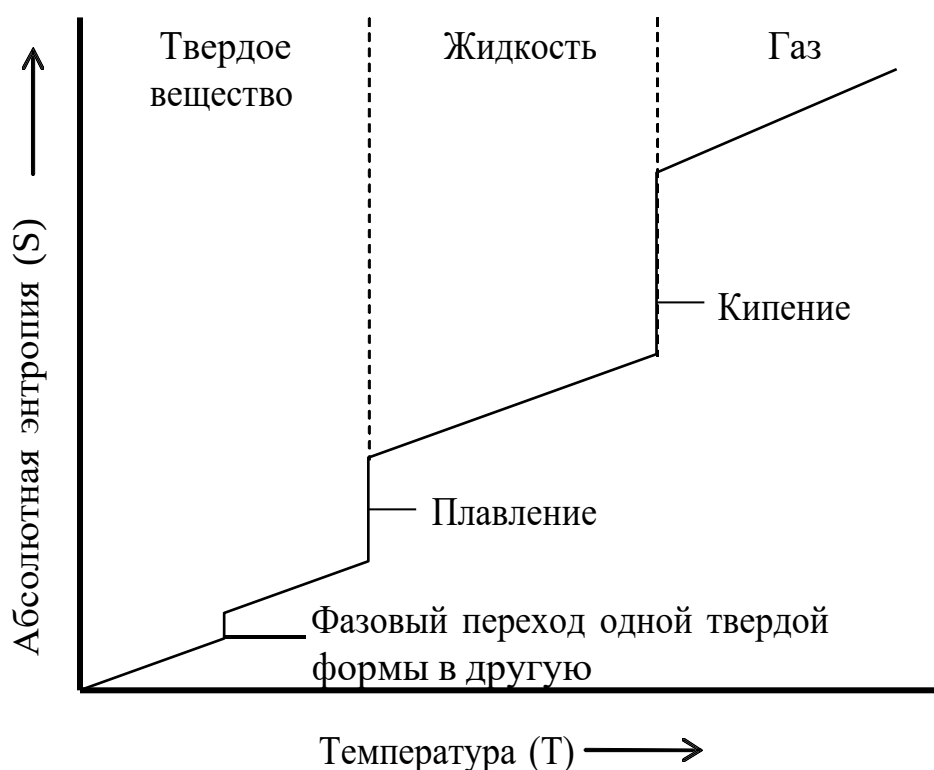


Рис. 2.2. Схема изменения энтропии при повышении температуры вещества

объему системы. Мерой этого стремления является изменение энтропии ΔS , которое происходит в результате таких процессов.

Многие природные процессы протекают в открытых системах, способных обмениваться с окружающей средой веществом и энергией. При протекании химических реакций в открытой системе энтропийному фактору,

действующему в направлении "распыления" частиц и рассеяния вещества, противостоит энтальпийный фактор. Последний действует в направлении агрегации частиц, перераспределения энергии химических связей и молекулярного взаимодействия для уменьшения общего запаса энергии системы.

Заключение о возможности самопроизвольного протекания химического процесса в определенном направлении можно получить, рассматривая разность между энтальпийным и энтропийным факторами в виде изменения новой функции ΔG :

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S.$$

Если величина ΔG имеет отрицательный знак ($\Delta G < 0$), то в этом случае соответствующий процесс принципиально осуществим и абсолютное значение разности $\Delta H - T\Delta S$ характеризует движущую силу этого процесса.

В том случае, когда величина ΔG положительна ($\Delta G > 0$), химическая реакция самопроизвольно протекать не может. Осуществимой будет обратная реакция, для которой ΔG имеет отрицательное значение.

Подобно тому, как электрический ток течет в направлении от более высокого электрического потенциала к более низкому, так и химическая реакция самопроизвольно протекает только в таком направлении, при котором величина G_1 в исходном состоянии системы больше, чем соответствующая величина G_2 в конечном состоянии, то есть $\Delta G < 0$.

Величину $G = H - TS$ называют **свободной энергией Гиббса** в честь физика Д. Гиббса, показавшего возможность нахождения критерия направленности самопроизвольных процессов в открытых системах.

Энергия Гиббса является таким же свойством вещества или системы в целом, как и энтальпия H , и энтропия S . Для химических реакций, протекающих при $P = \text{const}$ и $T = \text{const}$, изменение энергии Гиббса ΔG не зависит от пути, по которому протекает процесс, а полностью определяется составом и

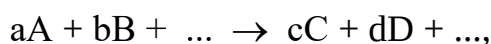
состоянием исходных веществ и продуктов реакции, т. е. энергия Гиббса является функцией состояния системы.

2.4. РАСЧЕТ ИЗМЕНЕНИЙ ЭНЕРГИИ ГИББСА В СТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЯХ

Для определения направления протекания реакции или для предсказания возможности ее протекания в стандартных условиях используют изменение стандартной энергии Гиббса ΔG° . Численное значение величины ΔG° реакции позволяет судить, будут ли в стандартных условиях исходные реагенты самопроизвольно реагировать с образованием продуктов (если $\Delta G^\circ < 0$) или нет (если $\Delta G^\circ > 0$).

Значения изменений стандартной энергии Гиббса реакций образования ($\Delta G^\circ_{\text{обр.}}$) определены для большого числа веществ и занесены в справочники. Причем точно так же, как и для стандартных теплот образования, изменения энергии Гиббса для реакций образования простых веществ в их стандартных состояниях полагают равными нулю. Этот выбор точки отсчета не влияет на величину разности энергий продуктов реакции и исходных веществ.

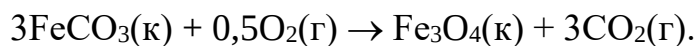
С помощью значений $\Delta G^\circ_{\text{обр.}}$ можно вычислять изменение стандартной энергии Гиббса для произвольного химического процесса. Так, если записать уравнение химической реакции в общем виде:



то изменение стандартной энергии Гиббса с учетом стехиометрических коэффициентов a, b, c, d будет определяться выражением:

$$\Delta G^\circ = [c\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(C) + d\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(D) + \dots] - [a\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(A) + b\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(B) + \dots].$$

В качестве примера, используя табличные данные, определим, может ли тонкодисперсный порошок сидерита в процессе длительного хранения на воздухе самопроизвольно переходить в магнетит:



сидерит

магнетит

Вещество	$\text{FeCO}_3(\text{к})$	$\text{O}_2(\text{г})$	$\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{к})$	$\text{CO}_2(\text{г})$
$\Delta G^\circ_{\text{обр.}}, \text{кДж/моль}$	-674,6	0,0	-1014,2	-394,4

Стандартное изменение энергии Гиббса для рассматриваемой реакции определяется выражением:

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ &= [\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(\text{Fe}_3\text{O}_4) + 3\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(\text{CO}_2)] - [3\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(\text{FeCO}_3) + \\ &\quad + 0,5\Delta G^\circ_{\text{обр.}}(\text{O}_2)] = \\ &= [-1014,2 + 3(-394,4)] - [3(-674,6) + 0,5(0,0)] = -173,6 \text{ кДж/моль}.\end{aligned}$$

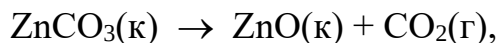
Поскольку расчетное значение ΔG° реакции отрицательно, сидерит в стандартных условиях ($T = 298 \text{ К}$, $P = 1 \text{ атм.}$) может самопроизвольно реагировать с кислородом, образуя магнетит. Однако полученное заключение ничего не говорит о скорости протекания реакции.

Если сделать упрощение и допустить, что ΔH° и ΔS° реакции не зависят от температуры, можно определить изменение стандартной энергии Гиббса при различных температурах:

$$\Delta G^\circ_T = \Delta H^\circ_T - T\Delta S^\circ_T.$$

Например, вычислим изменение стандартной энергии Гиббса реакции термического разложения минерала смитсонита (ZnCO_3) при температурах

400 К и 600 К:



Вещество	ZnCO ₃ (к)	ZnO(к)	CO ₂ (г)
ΔH°, кДж/моль	-810,7	-350,6	-393,5
S°, Дж/(моль·К)	92,4	43,6	213,7

$$\Delta G^{\circ}_T = [\Delta H^{\circ}(\text{ZnO}) + \Delta H^{\circ}(\text{CO}_2) - \Delta H^{\circ}(\text{ZnCO}_3)] - \\ - T[S^{\circ}(\text{ZnO}) + S^{\circ}(\text{CO}_2) - S^{\circ}(\text{ZnCO}_3)].$$

$$\Delta G^{\circ}_T = (-350,6 - 393,5 + 810,7) - T(43,6 + 213,7 - 92,4)10^{-3} = 66,6 - 0,165T.$$

$$\Delta G^{\circ}_{400} = 66,6 - 0,165 \cdot 400 = 0,6 \text{ кДж/моль}.$$

$$\Delta G^{\circ}_{600} = 66,6 - 0,165 \cdot 600 = -32,4 \text{ кДж/моль}.$$

При 400 К значение ΔG° положительно, разложение смитсонита на оксид металла и углекислый газ не происходит. При 600 К значение ΔG° отрицательно, следовательно, рассматриваемая реакция будет протекать самопроизвольно.

2.5. ПОДЗЕМНАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЯ – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Технология подземной газификации угля - перспективный способ разработки угольных месторождений. Данный способ применим для угольных пластов со сложными горно-геологическими условиями залегания, и позволяет совместить добычу, обогащение и переработку угля.

Все технологические операции по газификации угольного пласта осуществляют с земной поверхности, без применения подземного труда работающих. Суть технологии подземной газификации угля заключается в бурении с поверхности земли скважин до угольного пласта с последующей сбойкой. Затем инициируют управляемый очаг горения угольного пласта и создают условия для превращения угля в горючий газ, который поступает по скважинам на земную поверхность (рис. 2.3).

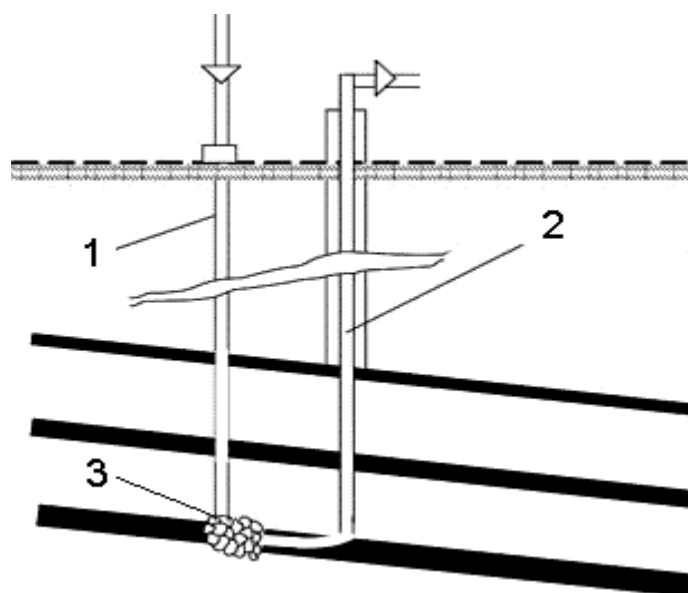


Рис. 2.3. Схема подземной газификации угля:
1 – скважина для воздушного или парокислородного дутья; 2- скважина для отвода продуктов газификации угля; 3 – очаг горения

Расчетный состав газа, производимого на предприятии подземной газификации угля, характеризуется следующими диапазонами изменения содержания отдельных компонентов газа:

а) при использовании воздушного дутья:
 CO_2 - 12,0-15,3 %; C_mH_n - 0,1-0,7 %; O_2 - 0,2 %; CO - 10,0-14,0 %;
 H_2 - 12,1-16,2 %; CH_4 - 2,0-4,0 %; N_2 - 55,0-60,0 %; H_2S - 0,01-0,06 %.

В случае применения для нагнетания в газифицируемый угольный пласт воздушного дутья получается низкокалорийный газ с теплотворной способ-

ностью порядка 4 МДж/м³. Данный горючий газ пригоден для применения в газотурбинных установках, котельных и ТЭЦ;

б) при использовании парокислородного дутья: CO - 35,0 %; H₂ - 50,0 %; CH₄ - 7,5 %; C_mH_n - 1,2 %; O₂ - 0,3 %; N₂ - 5,0 %. В случае применения в технологии газификации угля парокислородного дутья получается среднекалорийный газ с теплотворной способностью 10-13 МДж/м³.

Сегодня практически во всех крупных угледобывающих странах мира интерес к подземной газификации угля возрастает. Данная технология является весьма эффективной и ее реализация рассматривается как возможность получения недорогого газообразного топлива.

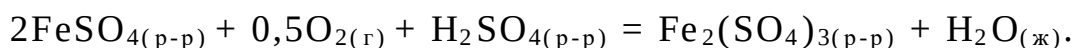
Для энергетики тех регионов, в которых имеются запасы каменного или бурого угля открываются новые возможности, связанные со строительством энергетических предприятий, работающих на собственном энергетическом сырье - газе подземной газификации угля.

2.6. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Сульфат железа (III) – химический растворитель сульфидных минералов – особенно активен в присутствии тионовых бактерий, ускоряющих и окисление, и растворение во много раз:



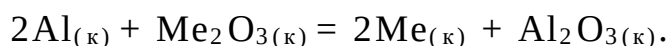
Тионовые бактерии не только непосредственно окисляют и растворяют сульфиды, но и окисляют продукт их разложения Fe²⁺, регенерируя сульфат железа (III), продолжаящий окисление и растворение:



Вычислите тепловой эффект суммарной реакции процесса окисления ковеллина (Cu S) в кислой среде, используя стандартные энтальпии образования веществ.

Соединение	H ₂ O _(ж)	CuSO _{4(р-р)}	CuS _(к)	H ₂ SO _{4(р-р)}
ΔH ⁰ ₂₉₈ , кДж/моль	-285,8	-843,9	-53,1	-841,2

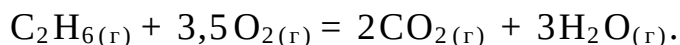
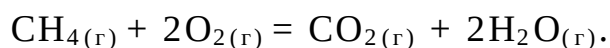
2. Для размораживания мерзлых грунтов, для вторичного дробления руды возможно применение термита – смеси алюминиевого порошка и оксида металла, способную к экзотермической реакции:



Какой оксид Cr₂O₃ или Fe₂O₃ является наиболее теплопроизводительным в смеси с алюминиевым порошком?

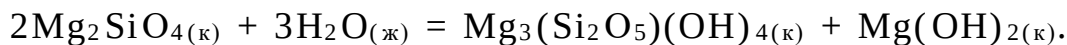
Соединение	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O _{3(к)}
ΔH ⁰ ₂₉₈ , кДж/моль	-1140	-822	-1676

3. В качестве компонента горючей смеси топлив можно использовать метан и этан. Определить, какой из двух этих газов в расчете на 1 г наиболее эффективен, если использовать кислород, запасенный вместе с топливом:



Соединение	CH _{4(г)}	C ₂ H _{6(г)}	CO _{2(г)}	H ₂ O _(г)
ΔH ⁰ ₂₉₈ , кДж/моль	-74,9	-88,6	-393,5	-241,8

4. Покажите расчетом, может ли в стандартных условиях протекать процесс серпентинизации форстерита:



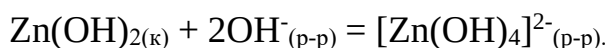
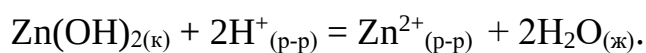
форстерит

серпентин

брусит

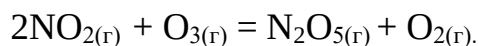
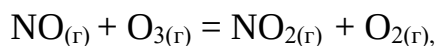
Соединение	$\text{Mg}_2\text{SiO}_{4(\text{к})}$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$	$\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_{4(\text{к})}$	$\text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{к})}$
ΔG^0_{298} , кДж/моль	-63,2	-237,2	-171,4	-735,7

5. Охарактеризуйте кислотно-основные свойства гидроксида цинка, вычислив изменение энергии Гиббса для реакций:



Соединение	$\text{Zn}(\text{OH})_{2(\text{к})}$	$\text{Zn}^{2+}_{(\text{р-р})}$	$\text{OH}^-_{(\text{р-р})}$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$	$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}_{(\text{р-р})}$
ΔG^0_{298} , кДж/моль	-556,0	-147,3	-157,4	-237,2	-905,4

6. Атмосферный озоновый слой на высоте 20 - 30 км играет большую роль в обеспечении условий жизни на земле. Озон задерживает вредное для жизни ультрафиолетовое излучение солнца. С другой стороны, он поглощает инфракрасное излучение земли, препятствуя ее охлаждению. Предполагают, что выделяющийся с выхлопными газами автотранспорта оксид азота реагирует с озоном:



Установите, разрушают ли оксиды азота озоновый слой в стандартных условиях.

Соединение	NO _(г)	O _{3(г)}	NO _{2(г)}	N ₂ O _{5(г)}
ΔG^0_{298} , кДж/моль	86,6	162,7	51,5	114,2

Может ли в стандартных условиях образовываться озон из O₂?

Глава 3

ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

Химия как наука связана с превращениями веществ, происходящими в результате различных химических реакций. Анализ стандартного изменения энергии Гиббса для той или иной предполагаемой реакции позволяет теоретически оценить возможность ее протекания. Однако кроме оценки принципиальной возможности протекания процесса важно знать, насколько быстро могут протекать реакции, а также понимать, какими факторами определяется их скорость. Так, для завершения реакций, происходящих при взрыве тротила или метана достаточно ничтожных долей секунды, многие же геохимические процессы, например, формирование или выветривание горных пород, реализуются за миллионы лет. Раздел химии, посвященный скорости химических реакций, называется химической кинетикой.

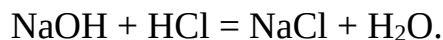
3.1. СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

Скорость какого - либо процесса, как правило, определяют по тем изменениям, которые происходят в ходе процесса за фиксированный промежуток времени. Так, скорость движения материальной точки характеризуют изменением ее координат (перемещением) за определенный промежуток времени, например, в таких единицах, как метры в секунду (м/с).

В ходе химической реакции меняется количество каждого из реагентов: исходные вещества расходуются, а продукты – накапливаются. Следовательно, протекание реакции сопровождается изменением концентраций как исходных веществ, так и продуктов взаимодействия. Поэтому скорость реакции может быть рассчитана через изменение концентрации какого – либо исходного вещества или продукта за определенное время в таких единицах, как моль/(л·с).

В качестве примера рассмотрим реакцию, происходящую при смешивании раствора щелочи NaOH с кислотой HCl. В результате данной реакции

образуются соль NaCl и вода:



Допустим, что начальная концентрация раствора NaOH составляет 0,1 моль/л и мы имеем возможность измерять концентрацию щелочи в различные моменты времени после смешивания с кислотой. По этим данным среднюю скорость реакции $\bar{V}$ определяют как изменение концентрации $\Delta C(\text{NaOH})$ за соответствующий промежуток времени Δt :

$$\bar{V} = - \Delta C(\text{NaOH}) / \Delta t.$$

Отрицательный знак в правой части уравнения для средней скорости реакции указывает, что концентрация NaOH уменьшается со временем. По мере протекания реакции реагенты расходуются, средняя скорость снижается; в некоторый момент времени реакция прекращается.

Изменение концентрации реагента, например, HCl в ходе реакции можно представить в графическом виде $C(\text{HCl}) = f(t)$ (рис. 3.1). Подобная графическая зависимость позволяет определить мгновенную скорость реакции, т. е. скорость в конкретный момент времени:

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{\Delta C}{\Delta t} \right] = \frac{dC}{dt}.$$

Исходя из графического смысла производной ($dC/dt = \text{tg}\alpha$), получается, что мгновенная скорость определяется угловым коэффициентом ($\text{tg}\alpha$) касательной к кривой $C = f(t)$ в точке, отвечающей интересующему моменту времени t' (см. рис. 3.1).

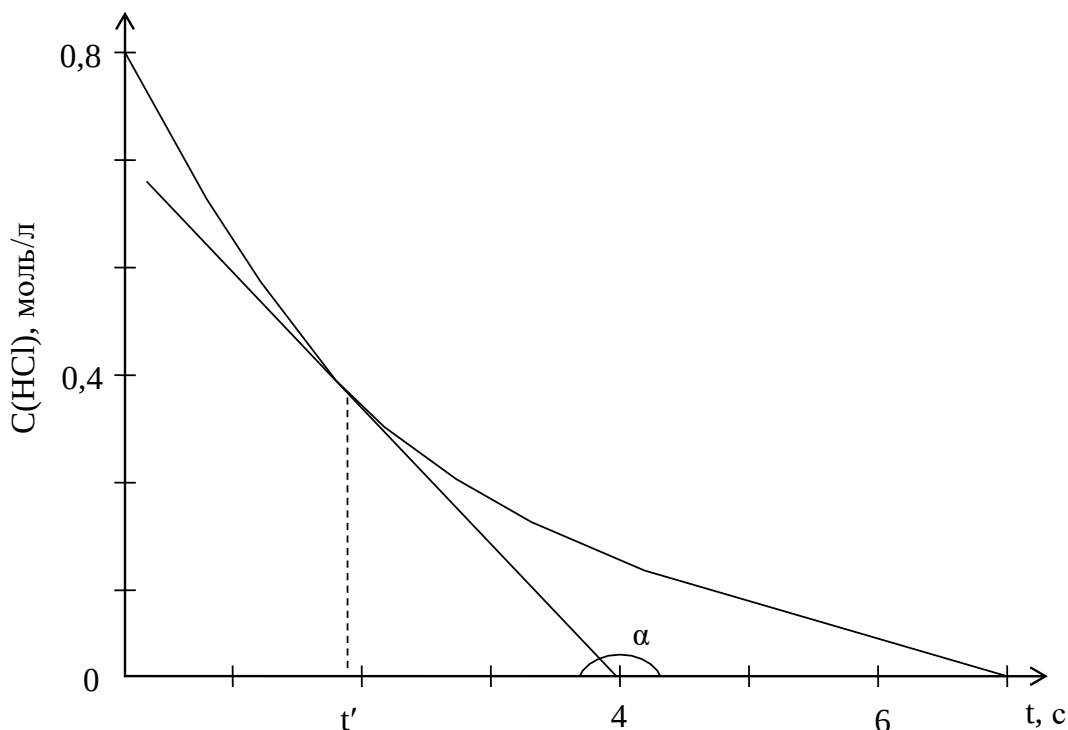


Рис. 3.1. Изменение концентрации раствора соляной кислоты в ходе реакции нейтрализации:

α – угол наклона касательной к кривой в момент времени t'

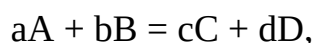
3.2. ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕАГЕНТОВ

Молекулы различных веществ взаимодействуют друг с другом при столкновениях. Чем чаще столкновения будут происходить, тем быстрее пойдет реакция. Для реакций типично уменьшение их скорости с течением времени, что объясняется уменьшением концентраций реагентов, и, соответственно, снижением частоты столкновений. Наглядным примером, поясняющим влияние концентрации реагента, может служить резко различная скорость горения веществ в чистом кислороде и в воздухе. Содержание кислорода в воздухе – около 20 %, что и определяет меньшую скорость процесса горения.

Общую формулировку влияния концентрации на скорость химических

реакций выражает основной закон химической кинетики — закон действия масс: **при постоянной температуре скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ. Причем концентрация каждого реагента берется в степени равной соответствующему стехиометрическому коэффициенту в уравнении реакции.**

В общем случае для скорости реакции, протекающей по уравнению



можно написать следующее выражение:

$$V = k \cdot C^a(A) \cdot C^b(B).$$

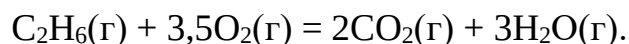
В этом выражении коэффициент пропорциональности k называют **константой скорости химической реакции**. Его значение не меняется при изменениях концентрации, но зависит от температуры.

Определим физический смысл константы k . Для этого рассмотрим случай, когда концентрации реагирующих веществ составляют 1 моль/л, т.е. $C(A) = C(B) = 1$ моль/л. Тогда $V = k \cdot 1 \cdot 1 = k$. Таким образом, численное значение константы соответствует скорости реакции при условии равенства концентрации каждого реагирующего вещества 1 моль/л. Поэтому константу k еще называют **удельной скоростью химической реакции**.

Скорость химической реакции во многом зависит от того, находятся ли реагирующие вещества в одной или разных фазах, т. е. осуществляются гомогенные или гетерогенные реакции.

Если реакционная система однородна и не включает в себе поверхностей раздела между частями системы, отличающимися по физико-химическим свойствам, то ее называют гомогенной. Систему, состоящую из отдельных частей (фаз), отличающихся по свойствам и имеющих поверхности раздела, называют гетерогенной.

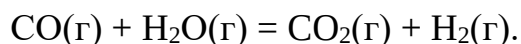
Например, горение этана соответствует протеканию реакции в гомогенной системе:



Скорость этого процесса по закону действия масс определяется выражением:

$$V = k \cdot C(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot C^{3,5}(\text{O}_2).$$

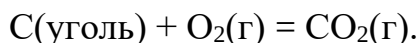
Гомогенной реакцией также является взаимодействие оксида углерода (II) с водяным паром при подземной газификации угля:



Скорость данной реакции зависит от концентрации оксида углерода (II) и паров воды:

$$V = k \cdot C(\text{CO}) \cdot C(\text{H}_2\text{O}).$$

В отличие от рассмотренных примеров гомогенных процессов, в случае гетерогенных реакций в уравнение закона действия масс входят концентрации только тех веществ, которые находятся в газовой фазе или в растворе. Концентрация твердого вещества (не растворенного в воде) представляет собой постоянную величину и поэтому входит в константу скорости. Например, при подземной обработке (газификации) угля в зоне окисления канала газификации происходит гетерогенная реакция:

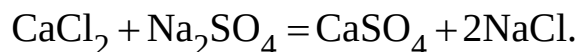


Закон действующих масс для этой реакции запишется так:

$$V = k' \cdot \text{const} \cdot C(\text{O}_2) = k \cdot C(\text{O}_2).$$

Рассмотрим решение типовой задачи.

Определить изменение скорости реакции после упаривания растворов исходных реагентов в три раза:



Решение.

При решении задач, связанных с изменением скорости реакции при варьировании концентрации реагентов, необходимо исходить из основного закона химической кинетики – закона действующих масс. Для реакции, рассматриваемой в данной задаче, в общем виде этот закон выражается следующим образом:

$$V = k \cdot C(\text{CaCl}_2) \cdot C(\text{Na}_2\text{SO}_4).$$

Исходя из закона действующих масс, запишем отношение скорости реакции до упаривания к скорости реакции после упаривания растворов реагентов:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{k \cdot C_1(\text{CaCl}_2) \cdot C_1(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{k \cdot C_2(\text{CaCl}_2) \cdot C_2(\text{Na}_2\text{SO}_4)}.$$

Примем во внимание, что после упаривания растворов исходных реагентов в три раза, их концентрация увеличивается также в три раза ($C_2 = 3C_1$):

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_1(\text{CaCl}_2) \cdot C_1(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{3C_1(\text{CaCl}_2) \cdot 3C_1(\text{Na}_2\text{SO}_4)} = \frac{1}{9}.$$

Получаем: $V_2 = 9V_1$.

Ответ: после упаривания растворов исходных реагентов в три раза скорость рассматриваемой реакции увеличится в 9 раз.

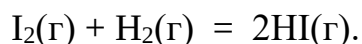
3.3. МОЛЕКУЛЯРНОСТЬ И ПОРЯДОК РЕАКЦИИ

На практике закон действующих масс выполняется только для одностадийных реакций, т. е. для реакций, в которых исходные вещества без каких - либо промежуточных превращений образуют продукты. При этом **молекулярностью реакции** называют число молекул, взаимодействие которых ведет к одностадийному образованию продуктов химической реакции. Молекулярность реакции может характеризоваться только целыми числами.

Если в элементарном акте реакции принимает участие одна молекула, превращающаяся в одну или несколько молекул других веществ, то такая реакция называется мономолекулярной. Примерами таких реакций могут служить термический распад карбоната кальция или хлорида аммония:

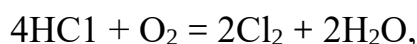


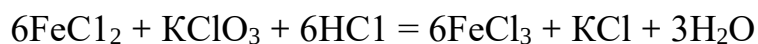
Одновременное участие в элементарном акте химической реакции двух молекул характерно для бимолекулярных реакций, примером которых может быть взаимодействие иода и водорода с образованием иодида водорода:



Реакции, элементарный акт которых сводится к столкновению трех молекул, называют тримолекулярными. Статистически подобное столкновение молекул мало вероятно. Тримолекулярные реакции крайне редки. Реакции же с молекулярностью выше трех в химической практике неизвестны.

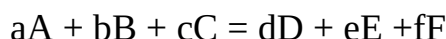
Поэтому представленные ниже химические реакции





нельзя назвать пяти- или тринадцатимолекулярными реакциями. Эти уравнения следует рассматривать лишь как записи суммарных процессов, каждый из которых в действительности может включать довольно длинную цепочку последовательно протекающих моно-, би- или тримолекулярных реакций. В этой цепочке взаимосвязанных превращений одни промежуточные реакции могут протекать быстро и не задерживать ход всего процесса, другие настолько медленны, что именно они будут ограничивать скорость протекания суммарного процесса.

В химической кинетике также пользуются понятием «**порядок реакции**» - это число, равное сумме показателей степеней при концентрациях реагирующих веществ в уравнении для скорости реакции. Если уравнение

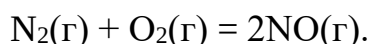


выражает действительный механизм реакции, а зависимость

$$V = k \cdot C^a(\text{A}) \cdot C^b(\text{B}) \cdot C^c(\text{C})$$

достаточно точно характеризует скорость этой реакции, то порядок реакции n можно представить как $n = a + b + c$. В этом случае значения величин, определяющих порядок и молекулярность реакции, численно совпадают. Для многостадийного взаимодействия уравнение химической реакции символизирует суммарный итог всех превращений и порядок реакции всегда ниже, чем кажущаяся молекулярность реакции.

Так, применим закон действия масс к реакции окисления азота до оксида азота (II):



Считая, что данное уравнение выражает действительный механизм процесса,

напишем выражение для скорости реакции:

$$V = k \cdot C(N_2) \cdot C(O_2).$$

Однако эксперимент показывает, что данная реакция не является реакцией второго порядка, т. к. ее скорость на самом деле пропорциональна концентрации кислорода в степени $\frac{1}{2}$:

$$V = k \cdot C(N_2) \cdot C^{1/2}(O_2).$$

Таким образом, порядок обсуждаемой реакции соответствует не 2, а только 1,5, т. е. в отличие от молекулярности порядок реакции не всегда бывает целочисленным.

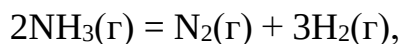
Приведем примеры реакций различного порядка:

а) реакция первого порядка: $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$,

б) реакция второго порядка: $CO + Cl_2 = COCl_2$,

г) реакция третьего порядка: $3HCNO = (HCNO)_3$.

Известны реакции дробного и нулевого порядка. Нулевой порядок означает, что скорость реакции при $T = \text{const}$ постоянна и не зависит от концентрации реагента. Например, реакция разложения аммиака NH_3 на водород H_2 и азот N_2 , протекающая на поверхности вольфрама, является реакцией нулевого порядка, т. е. скорость ее не зависит от концентрации аммиака:

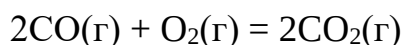


$$V = k \cdot C^0(NH_3) = k \cdot 1 = \text{const}.$$

3.4. ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА СКОРОСТЬ

РЕАКЦИИ

Из уравнения Менделеева - Клапейрона $p = CRT$ следует, что изменение давления каждого из компонентов газовой смеси должно оказывать на скорость реакции то же влияние, что и пропорциональное ему изменение концентрации этого компонента. Например, для реакции с участием газов



можно написать:

$$V = k \cdot p^2(\text{CO}) \cdot p(\text{O}_2),$$

где $p(\text{CO})$, $p(\text{O}_2)$ - парциальные давления CO и O_2 соответственно.

Скорость большинства химических реакций повышается с ростом температуры. Более того, возрастание скорости происходит нелинейно. Голландский ученый Вант - Гофф в 1884 г. на основании многочисленных наблюдений и экспериментов установил, что **при повышении температуры на каждые десять градусов скорость гомогенной химической реакции увеличивается в 2 – 4 раза.**

Это приближенное обобщение известно под названием правила Вант - Гоффа. Математически оно может быть выражено с помощью уравнения:

$$\frac{V_{t_2}}{V_{t_1}} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} = \gamma^{\Delta t / 10},$$

где V_{t_2} , V_{t_1} - скорость реакции при температуре t_2 и t_1 соответственно;

γ - температурный коэффициент ($\gamma = 2 \div 4$).

Правило Вант - Гоффа носит приближенный характер и служит лишь для ориентировочной оценки влияния температуры на скорость реакции.

Значение коэффициента γ часто выходит за указанные Вант - Гоффом пределы, а для конкретной реакции оно не остается неизменным в различных интервалах температуры.

3.5. ЭНЕРГИЯ АКТИВАЦИИ

Не всякое столкновение молекул реагирующих веществ приводит к химической реакции, т. е. к образованию продуктов реакции. Во взаимодействие вступает только небольшая часть всех молекул, обладающая некоторым повышенным запасом кинетической энергии. Эти молекулы, обладающие достаточно высокой кинетической энергией для того, чтобы их столкновение с другими молекулами привело к элементарному акту реакции, называют активными (реакционноспособными).

Разность между кинетической энергией, которой должны обладать молекулы, чтобы стать реакционноспособными, и средней кинетической энергией молекул определяет значение энергии активации E_a .

Энергию активации можно определить как ту минимальную дополнительную энергию, которую необходимо сообщить молекуле (двум или трем молекулам для реакций второго или третьего порядка) сверх среднего ее значения для того, чтобы стало возможным химическое взаимодействие. На пути к осуществлению любой химической реакции стоит энергетический барьер, для преодоления которого молекулы реагентов должны приобрести некоторое значение энергии, превосходящее среднюю энергию. Вот этот избыток энергии над ее средним значением, характерным для молекул реагентов в их данном состоянии теплового движения, и представляет собой энергию активации. Чаще всего в обычных условиях лишь небольшая доля от общего числа молекул реагирующих веществ имеет достаточную энергию для преодоления энергетического барьера, отделяющего исходные реагенты от продуктов взаимодействия.

Высокое значение энергии активации реакции означает, что на пути к ее осуществлению стоит высокий энергетический барьер. Преодолеть этот барьер может только небольшая доля от общего числа молекул, и если с помощью соответствующих мер не повысить эту долю, скорость реакции будет небольшой.

Аррениус предложил уравнение, связывающее константу скорости химической реакции с температурой:

$$k = Ae^{\frac{E_a}{RT}},$$

где k - константа скорости химической реакции, моль/(л·сек); A - предэкспоненциальный множитель, численно равный тому предельно большому значению константы k , которое она имела бы, если бы все без исключения молекулы были активными; e - основание натурального логарифма; E_a - энергия активации, Дж/моль; R - универсальная газовая постоянная, 8,314 Дж/(моль·К); T - абсолютная температура, К.

Логарифмируя уравнение Аррениуса и деля обе его части на коэффициент перехода от натуральных логарифмов к десятичным (2,303), получим:

$$\lg k = \lg A - \frac{E_a}{2,303RT}.$$

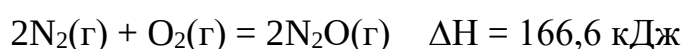
Обозначив $-\frac{E_a}{2,303R} = a$, $\lg A = b$, запишем видоизмененное уравнение Аррениуса, устанавливающее для каждой конкретной реакции линейную связь между логарифмом константы скорости реакции и обратной величиной абсолютной температуры:

$$\lg k = \frac{a}{T} + b.$$

Казалось бы, что высота энергетического активационного барьера E_a определяется энергией, затрачиваемой на разрыв химических связей в моле-

кулах исходных веществ, после чего становится возможным формирование новых химических связей и образование молекул продуктов реакции. Причем энергия, выделяющаяся в ходе создания новых химических связей, частично или полностью компенсирует энергию, затраченную на инициирование реакции. Однако при достоверности данного подхода энергии активации для подавляющего большинства реакций должны были бы быть значительно выше, чем это наблюдается на практике.

Так, представляется, что для начала реакции



необходимо затратить энергию не менее 1194,6 кДж, поскольку на разрыв связей в молекулах N_2 и O_2 должно быть затрачено соответственно $472,7 \cdot 2 = 945,4$ и 249,2 кДж. Экспериментально найденное значение энергии активации для этой реакции равно 411,4 кДж, т. е. почти в три раза меньше.

Очевидно, разрыв химических связей в молекулах исходных веществ и образование новых химических связей необходимо рассматривать не обособленно, а в их взаимном влиянии. Первой стадией практически любого химического процесса является образование промежуточного соединения - активированного (активного) комплекса.

Активированный комплекс представляет собой образование, в котором еще не исчезли первоначально существовавшие связи между атомами и еще не полностью сформировались новые химические связи. Однако электронные оболочки атомов во взаимодействующих молекулах уже деформированы в направлении образования новых химических связей, и исходные химические связи ослаблены. Образование такого промежуточного соединения требует меньших затрат энергии, чем разрыв связей в молекулах исходных веществ, ибо теперь этому разрыву содействует наметившееся наведение новых связей. При этом и энергетический эффект образования молекул ко-

нечного продукта путем распада активированного комплекса будет тоже меньше. Таким образом, образование активированного комплекса приводит к уменьшению высоты энергетического активационного барьера E_a .

Добавим, для того чтобы началась перестройка связей, сталкивающиеся молекулы должны иметь не только достаточную энергию, но и определенную взаимную ориентацию. От взаимной ориентации молекул в момент столкновения зависит, возможно или нет образование между атомами новых связей. Поэтому в действительности лишь некоторая часть столкновений, обладающих энергией, достаточной для протекания реакции, приводит к образованию продуктов.

3.6. ЯВЛЕНИЕ КАТАЛИЗА. ГОМОГЕННЫЙ И ГЕТЕРОГЕННЫЙ КАТАЛИЗ

Катализатор представляет собой вещество, которое изменяет скорость химической реакции, но само не расходуется в ходе этой реакции. Реакции с участием таких веществ называют каталитическими.

Известны катализаторы, как ускоряющие протекание реакции, так и замедляющие ее. Соответственно в первом случае катализатор является положительным, а во втором – отрицательным.

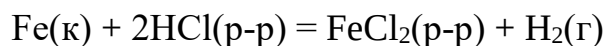
Так, при умеренном нагревании разложение хлората калия происходит спокойно. Это позволяет использовать соль $KClO_3$ в качестве аварийного источника кислорода для дыхания:



Добавка к хлорату калия диоксида марганца MnO_2 резко меняет скорость процесса, придавая ему взрывной характер.

Катализатором, замедляющим скорость реакции, например, взаимо-

действия металлического железа с раствором соляной кислоты

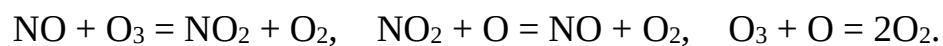


может служить органическое вещество анилин. Катализаторы, позволяющие уменьшить скорость коррозионного разрушения металлов в агрессивных средах, обычно называют ингибиторами коррозии.

Важно, что **действие катализаторов отличается селективностью**, т.е. катализатор, изменяющий скорость какой - либо определенной реакции, обычно не влияет на скорость другой.

Катализатор, находящийся в реакционной системе в том же фазовом состоянии, что и основные участники химической реакции, называется **гомогенным катализатором**. Например, гомогенный катализатор реакции взаимодействия газообразных веществ должен сам находиться в газообразном состоянии.

Рассмотрим случай гомогенного катализа на примере разложения озона O_3 верхних слоев атмосферы под действием оксида азота NO . В этой реакции оксид азота (II) играет роль катализатора. Первоначально NO реагирует с O_3 , в результате чего образуются NO_2 и O_2 . Затем образующийся NO_2 реагирует с атомарным кислородом, присутствующим в стратосфере, и в результате снова получается NO и в качестве второго продукта – O_2 . Последовательность этих реакций и их окончательный результат описываются уравнениями:



В рассматриваемом примере NO играет роль катализатора реакции разложения O_3 , потому что он повышает скорость полной реакции, но сам в результате не подвергается окончательному химическому превращению, а лишь расходуется в одной стадии реакции и вновь образуется на следующей стадии.

Если исходить из уравнения Аррениуса для скорости химической реакции, константа скорости k определяется энергией активации E_a и параметром A . Влияние катализатора на скорость реакции может заключаться в том, что он изменяет или E_a , или A . Катализатор оказывает наиболее существенное влияние на энергию активации E_a . Как правило, положительный катализатор понижает энергию активации химической реакции (рис. 3.2).

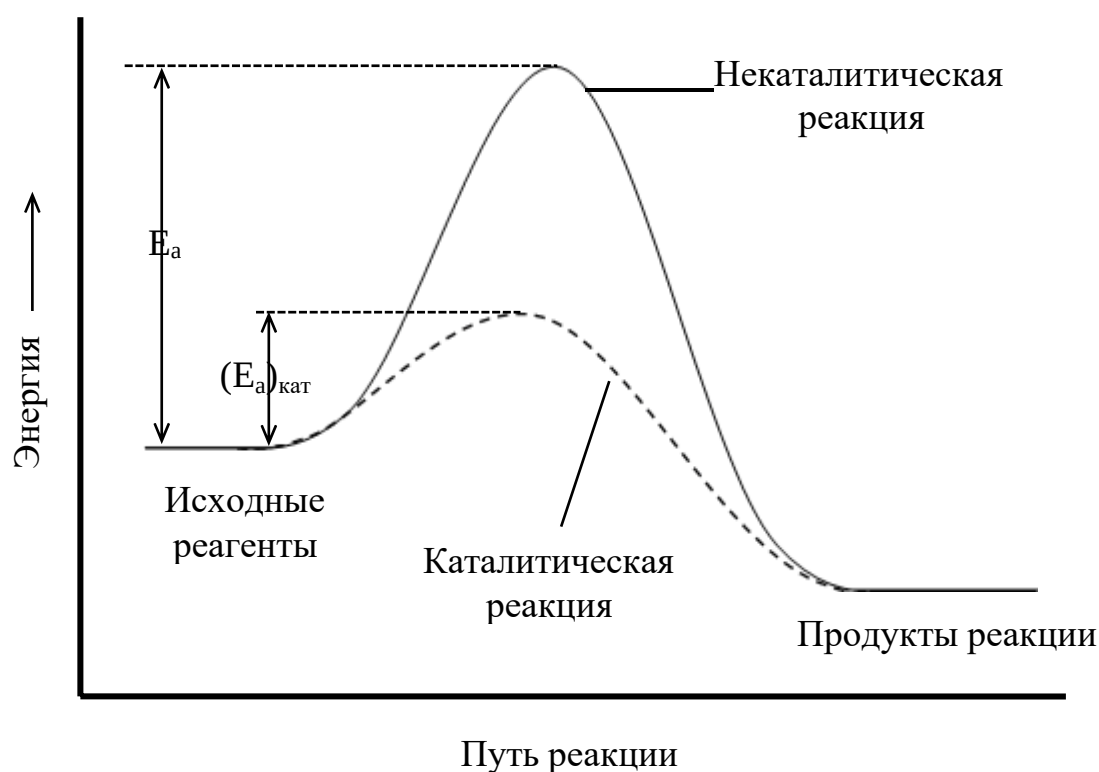
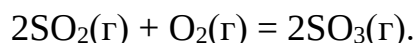


Рис. 3.2. Энергетическая диаграмма химической реакции с использованием катализатора. Действие катализатора заключается в снижении энергии активации реакции E_a

Гетерогенный катализатор находится в реакционной системе в ином по сравнению с реагирующими веществами фазовом состоянии. Например, реакция между молекулами в газовой фазе может катализироваться тонко измельченным оксидом какого - либо металла. В отсутствие катализатора реакция в газовой фазе протекает медленно. Однако при внесении катализа-

тора реакция на поверхности твердого вещества значительно ускоряется.

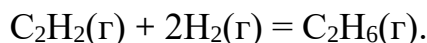
Многие промышленно важные реакции, протекающие в газовой фазе, катализируются поверхностью твердых веществ, например, реакция окисления SO_2 в SO_3 при производстве серной кислоты:



Реакции в растворах также могут катализироваться твердыми веществами. Гетерогенные катализаторы часто изготавливают из тонко измельченных металлов или оксидов металлов. Поскольку каталитические реакции протекают на поверхности, часто прибегают к специальным методам получения катализаторов с очень большой площадью поверхности.

Исходной стадией гетерогенного катализа обычно является адсорбция реагентов. Адсорбция – это связывание молекул с поверхностью вещества. Не все атомы или ионы поверхности обладают реакционной способностью, так как на поверхности могут быть адсорбированы различные примеси (загрязнения), которые занимают многие потенциально реакционноспособные центры и блокируют дальнейшую реакцию. Места поверхности, на которых могут адсорбироваться реагирующие молекулы, называются **активными центрами**. Число активных центров, приходящееся на единицу массы катализатора, зависит от природы катализатора, от способа его приготовления и обработки непосредственно перед использованием.

В качестве примера гетерогенного катализа рассмотрим реакцию гидрирования этилена с образованием этана:

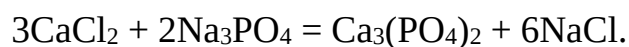


В отсутствие катализатора эта реакция практически не протекает. Однако в присутствии тонко измельченного металла, например, никеля, палладия или платины, реакция идет легко уже при комнатной температуре при

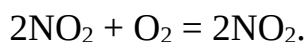
давлении водорода в несколько сотен атмосфер. Механизм этой реакции заключается в следующем. Сначала молекулы этилена и водорода адсорбируются на поверхности металла. Адсорбция водорода приводит к разрыву связи Н-Н и образованию двух связей М-Н, где М - активный центр на поверхности металла. Атомы водорода могут относительно свободно мигрировать по поверхности металла. При столкновении с адсорбированной молекулой этилена атомы водорода связываются с атомами углерода. Последние образуют по четыре химических связи, что уменьшает энергию взаимодействия с поверхностью металла. В результате образовавшаяся молекула этана отделяется от поверхности. Освободившийся активный центр снова адсорбирует следующую молекулу этилена, и весь цикл повторяется сначала.

3.7. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Как изменится скорость реакции при охлаждении с 70 °С до 20 °С, если температурный коэффициент γ равен 3?
2. Как изменится скорость реакции после упаривания в 2 раза исходных растворов хлорида кальция и фосфата натрия:



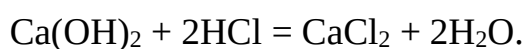
3. Чему равен температурный коэффициент скорости реакции, если при уменьшении температуры на 30 °С скорость реакции падает в 64 раза?
4. Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,5. Во сколько раз увеличится скорость, если температуру повысить на 40 °С?
5. Как изменится скорость реакции после повышения общего давления в системе в 2 раза:



6. Как изменится скорость химической реакции при понижении температуры со 170 °С до 120 °С при температурном коэффициенте скорости реакции равном 2?

7. Чему равен температурный коэффициент скорости реакции, если при понижении температуры на 40 °С скорость реакции падает в 16 раз?

8. Как изменится скорость реакции после разбавления растворов исходных реагентов в 4 раза:



9. Чему равен температурный коэффициент скорости реакции, если при повышении температуры на 40 °С скорость возрастает в 16 раз?

10. Температурный коэффициент скорости реакции 2,5. Во сколько раз изменится скорость при охлаждении от 45 до 15 °С?

ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Часто в ходе химических реакций исходные реагенты не полностью превращаются в продукты, несмотря на высокую скорость взаимодействия. Это обусловлено тем, что многие реакции в определенных условиях являются обратимыми. Для таких реакций наряду с химическим взаимодействием исходных веществ (прямая реакция) характерно протекание взаимодействия между продуктами (обратная реакция).

С началом реакции концентрации исходных веществ начинают уменьшаться, а концентрации продуктов - расти. Поэтому первоначально скорость прямой реакции также уменьшается, а скорость обратной реакции - растет. Затем, когда обе скорости сравниваются, наступает состояние химического равновесия. В этом состоянии система представляет собой смесь как исходных реагентов, так и продуктов реакции, причем концентрации всех компонентов перестают изменяться при сохранении неизменными внешних условий.

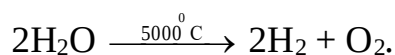
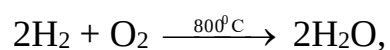
Аналогичное состояние достигается, например, в закрытом сосуде с жидкостью, когда в процессе испарения устанавливается равновесие между парами жидкости и самой жидкостью. В состоянии равновесия скорость перехода молекул жидкости в газовую фазу (испарение) становится равной скорости обратного перехода молекул из пара в жидкую фазу (конденсация).

Химическое равновесие является подвижным, так как при изменении внешних условий равновесие сдвигается в сторону протекания прямой или обратной реакции. Важно, что в состояние равновесия система может придти как со стороны исходных веществ, так и со стороны продуктов.

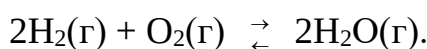
4.1. ГОМОГЕННОЕ ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Рассмотрим реакцию взаимодействия водорода с кислородом. Если смешать газообразные исходные реагенты, то заметные количества паров воды начинают очень медленно образовываться лишь примерно с 400 °С. Дальнейшее нагревание гомогенной смеси ускоряет процесс и выше 600 °С реакция протекает со взрывом.

При температурах выше 600 °С водород и кислород соединяются со взрывом, но при температурах около 5000 °С уже сама вода полностью распадается на водород и кислород:



При промежуточных температурах возможны обе реакции. Данная ситуация имеет место в температурном интервале от 2000 до 4000 °С, когда одновременно происходит образование молекул воды из водорода и кислорода и обратный распад молекул H_2O на водород и кислород. При этих условиях реакция взаимодействия водорода с кислородом становится обратимой, т. е. протекающей в противоположных направлениях:



Для скоростей этих взаимно противоположных реакций можно составить следующие выражения:

$$\vec{V} = \vec{k} \cdot C^2(\text{H}_2) \cdot C(\text{O}_2), \quad \overleftarrow{V} = \overleftarrow{k} \cdot C^2(\text{H}_2\text{O}).$$

Если $\vec{V} > \overleftarrow{V}$, то за единицу времени молекул воды будет образовываться

больше, чем распадаться; если $\vec{V} < \overleftarrow{V}$, то распадаться будет больше, чем образовываться. Наконец, если $\vec{V} = \overleftarrow{V}$, число распадающихся и образующихся за единицу времени молекул воды будет одинаково; система достигнет состояния равновесия.

Нагреем водяной пар до 2000 °С. В первый момент времени в соответствующей системе молекулы водорода и кислорода отсутствуют и $\vec{V} = 0$. Скорость же реакции разложения молекул воды $\overleftarrow{V}$ при достигнутой температуре является отличной от нуля. По мере разложения молекул воды скорость $\vec{V}$ станет нарастать, а скорость $\overleftarrow{V}$ - уменьшаться. В результате протекания двух противоположных по направлению реакций наступит такой момент, когда обе скорости станут равными по величине.

Если первоначально исходить не из водяного пара, а из водорода и кислорода, то результат будет тем же. И в первом и во втором случае при равенстве скоростей обеих реакций устанавливается **химическое равновесие**. Равновесие **характеризуется тем, что концентрации всех компонентов достигают постоянных значений и в реакционной системе в неизменном количестве присутствуют как исходные реагенты, так и продукты их взаимодействия**.

В состоянии равновесия видимых изменений в системе не происходит. Это обусловлено тем, что взаимно противоположные реакции протекают с одинаковыми скоростями. Причем к одним и тем же равновесным условиям можно подойти с двух различных направлений – либо со стороны исходных веществ, либо со стороны продуктов. Подобное химическое равновесие является **равновесием динамическим**: постоянно идет и образование молекул и их распад, но число образующихся за единицу времени молекул равно числу распадающихся.

Динамическое равновесие очень важно отличать от другого состояния, которое называют **метастабильным равновесием**. Например, можно поме-

стить в реакционный сосуд смесь O_2 , H_2 и H_2O , но не повышать температуру. Из-за низкой температуры химическая реакция развиваться не будет. Соответственно концентрации компонентов смеси не будут меняться со временем, что формально соответствует установлению равновесия, т. е. достижению равенства скоростей прямой и обратной реакций. Однако скорости реакций одинаковы, потому что равны нулю. Истинное (динамическое) состояние равновесия установится в системе лишь при повышении температуры, стимулирующей протекание как прямой, так и обратной реакции.

4.2. КОНСТАНТА ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

Пользуясь выражениями для скорости прямой и обратной реакции, можно получить количественную характеристику равновесного состояния системы. При равновесии $\vec{V} = \overleftarrow{V}$, следовательно:

$$\vec{k} \cdot C^2(H_2) \cdot C(O_2) = \overleftarrow{k} \cdot C^2(H_2O_{\text{пар}}).$$

Перенесем константы скоростей в одну сторону уравнения, а концентрации реагентов – в другую:

$$\frac{\vec{k}}{\overleftarrow{k}} = \frac{C^2(H_2O_{\text{пар}})}{C^2(H_2) \cdot C(O_2)}.$$

Частное от деления двух постоянных величин $\vec{k}$ и $\overleftarrow{k}$ есть также величина постоянная. Она называется константой равновесия и обозначается K_c . Таким образом:

$$K_c = \frac{C^2(H_2O_{\text{пар}})}{C^2(H_2) \cdot C(O_2)}.$$

Константа равновесия K_c представляет собой отношение произведения концентраций продуктов взаимодействия к произведению концентраций исходных веществ. При этом концентрация каждого вещества берется в степени, равной соответствующему стехиометрическому коэффициенту в уравнении реакции. Численное значение константы равновесия зависит от температуры, но не зависит от концентрации реагентов. Если происходит изменение концентрации одного из веществ, участвующих в реакции, это вызывает изменение концентраций всех остальных компонентов, причем таким образом, что K_c сохраняет свое значение.

Для реакций с участием газообразных веществ константа равновесия также может быть выражена через парциальные давления реагентов. В этом случае константу обозначают K_p . Например, для равновесной системы, содержащей пары воды можно записать:

$$K_p = \frac{p^2(\text{H}_2\text{O}_{\text{пар}})}{p^2(\text{H}_2) \cdot p(\text{O}_2)}.$$

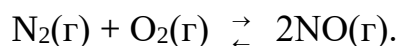
Воспользовавшись уравнением состояния идеального газа $p_i = n_iRT/V = C_iRT$, можно установить связь значений K_p и K_c :

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}. \quad (4.1)$$

Параметр Δn в уравнении (4.1) соответствует изменению числа молей газообразных веществ при переходе от исходных реагентов к продуктам взаимодействия.

K_p и K_c имеют различные значения, когда в химической реакции число молей исходных газообразных реагентов и число молей газообразных продуктов не совпадают, то есть $\Delta n \neq 0$. Когда эти числа совпадают, K_p и K_c будут равны, как, например, для следующей реакции, протекающей без изменения

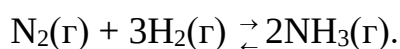
числа молей газообразных веществ:



По величине константы равновесия можно судить о степени протекания реакции. При большом значении K_c или K_p равновесие сильно сдвинуто вправо, т. е. большая часть исходных веществ превращается в продукты. При очень малых значениях константы равновесия прямая реакция протекает в незначительной степени, и равновесная смесь содержит преимущественно исходные реагенты. Также по константе равновесия можно предсказывать направление, в котором будет протекать реакция по мере приближения к равновесию, и вычислять концентрации компонентов в состоянии равновесия.

Например, рассмотрим смесь из 2,00 моль H_2 , 1,00 моль N_2 и 2,00 моль NH_3 , помещенную в сосуд объемом 1 л при температуре 472 К. Будет ли реакция между H_2 и N_2 давать дополнительное количество NH_3 , если при заданной температуре константа равновесия K_c составляет величину 0,105?

Подставим начальные концентрации H_2 , N_2 и NH_3 в выражение для константы равновесия реакции:



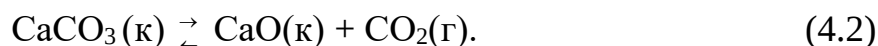
$$K_c = \frac{C^2(\text{NH}_3)}{C(\text{N}_2) \cdot C_3(\text{H}_2)} \quad K_c' = \frac{2,00^2}{1,00 \cdot 2,00^3} = 0,500.$$

По условию задачи известно, что при заданной температуре $K_c = 0,105$. Следовательно, для того чтобы система приблизилась к равновесию, отношение $\frac{C^2(\text{NH}_3)}{C(\text{N}_2) \cdot C_3(\text{H}_2)}$ должно уменьшиться с 0,500 до 0,105. Это произойдет при

уменьшении $C(\text{NH}_3)$ и увеличении $C(\text{N}_2)$ и $C(\text{H}_2)$. Следовательно, равновесие будет смещаться справа налево.

4.3. ГЕТЕРОГЕННОЕ ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Реакции с участием веществ, находящихся в различных фазовых состояниях называют гетерогенными. Примером такой реакции может служить термическое разложение кальцита в замкнутом объеме:

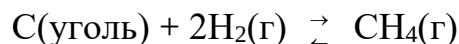


Общий вид константы равновесия справедлив и для гетерогенных реакций. Только в этом случае концентрации твердых веществ не входят в выражение константы равновесия. Дело в том, что парциальные давления (или концентрации) твердых веществ постоянны (условно можно принять их равными единице) и поэтому включаются в константу K_p . Например, для реакции (4.2):

$$K'_p = \frac{p(\text{CO}_2)p(\text{CaO})}{p(\text{CaCO}_3)} = \frac{p(\text{CO}_2)\text{const}_1}{\text{const}_2}; \quad \frac{K'_p}{\text{const}_{1,2}} = K_p = p(\text{CO}_2).$$

В качестве примера практического анализа состояния гетерогенного равновесия рассмотрим следующую задачу.

При 573 К для реакции



константа равновесия K_p составляет $1,53 \cdot 10^{-3}$. Определить, будет ли взрывоопасной метановоздушная смесь в замкнутом объеме (помещении) равном 50

м³, в котором при 573 К и атмосферном давлении контактировали уголь и молекулярный водород. Масса водорода составила 200 г.

Решение.

1. Для рассматриваемой гетерогенной реакции: $K_p = p(\text{CH}_4)/p^2(\text{H}_2)$.

2. Определим исходное количество водорода в системе: $n(\text{H}_2) = m(\text{H}_2)/M(\text{H}_2) = 200/2 = 100$ моль.

3. Определим состав равновесной смеси газов (H_2 и CH_4). Обозначим через x число молей образовавшегося метана. Так как на его образование (согласно стехиометрическим коэффициентам уравнения реакции) должно израсходоваться $2x$ моль водорода, то в равновесной смеси останется $(100 - 2x)$ моль H_2 . Запишем:

	C	$+$	2H_2	$\rightleftharpoons$	CH_4
исходная смесь			100 моль		0
равновесная смесь			$(100 - 2x)$ моль		x моль

Общее количество водорода и метана в равновесной смеси составляет суммарную величину: $\Sigma n = 100 - 2x + x = (100 - x)$ моль.

Для парциальных давлений компонентов получим следующие выражения (P - атмосферное давление):

$$p(\text{H}_2) = \frac{(100 - 2x)P}{100 - x}; \quad p(\text{CH}_4) = \frac{xP}{100 - x}.$$

Подставим эти выражения в уравнение для константы равновесия:

$$K_p = \frac{p(\text{CH}_4)}{p^2(\text{H}_2)} = \frac{x \cdot P(100 - x)^2}{P^2(100 - x)(100 - 2x)^2} = \frac{x(100 - x)}{P(100 - 2x)^2}.$$

После преобразований и подстановки численных значений величин получим:

$$K_p \cdot P(100 - 2x)^2 = x(100 - x); 1,53 \cdot 10^{-3} \cdot 1,013 \cdot 10^5 (100 - 2x)^2 = x(100 - x).$$

$$6,2x^2 - 620x + 15499 = 0. \quad x_1 = 50,4 \text{ моль}, \quad x_2 = 49,6 \text{ моль}.$$

Первый корень квадратного уравнения (x_1) - посторонний, так как из условия задачи следует: $100 - 2x \geq 0, \quad x \leq 50$.

4. Оценим взрывоопасность газовой смеси, образующейся при доступе воздуха к 49,6 моль CH_4 в объеме 50 м^3 . Учтем, что нижний предел взрываемости (в объемных процентах) при 293 К и атмосферном давлении для метана в смеси с воздухом составляет 5,0 %, а верхний - 14,9 %.

$$V(\text{CH}_4) = n(\text{CH}_4) \cdot V_m = 49,6 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ моль/л} = 1111 \text{ л}.$$

$$\varphi(\text{CH}_4) = V(\text{CH}_4)/50 \text{ м}^3 = 1111 \cdot 10^{-3}/50 = 0,022 = 2,2 \text{ \%}.$$

Полученный результат свидетельствует, что образующаяся газовоздушная смесь в указанном объеме (помещении) не будет взрывоопасной по метану. Не достигается нижний предел взрываемости (составляет 4 % по объему) и для водородовоздушной смеси, образуемой остатком водорода.

4.4. СМЕЩЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

В системе, находящейся в состоянии динамического равновесия, прямой и обратный процессы протекают с одинаковыми скоростями. Изменение условий, в которых находится система, может нарушить состояние равновесия. В результате равновесие будет смещаться до тех пор, пока не установится новое равновесие.

Для определения направления смещения равновесия может быть использован **принцип Ле Шателье - Брауна**:

если на систему, находящуюся в состоянии равновесия, оказывают внешнее воздействие (например, изменяют давление, концентрацию реагентов или температуру), то в системе будут развиваться процессы, смещающие равновесие в том направлении, которое ослабляет внешнее воздействие.

Так, повышение давления сдвигает равновесие в сторону уменьшения количества газообразных веществ. Добавление в равновесную систему какого-либо компонента реакции сдвигает равновесие в сторону уменьшения количества этого компонента. Повышение (понижение) температуры сдвигает равновесие в сторону протекания реакции, являющейся эндотермической (экзотермической). Знание условий для проведения химической реакции в нужном направлении часто важно в практическом значении. Поэтому рассмотрим влияние различных факторов на смещение химического равновесия более подробно.

Пусть в равновесную систему



вводится избыток водорода. Постоянство значения константы равновесия

$K_p = \frac{p^2(\text{H}_2\text{O})}{p^2(\text{H}_2)p(\text{O}_2)}$ может быть при этом сохранено только в том случае, если

соответственно уменьшится концентрация кислорода и увеличится концентрация водяного пара. Практически это означает, что, желая при данных внешних условиях полнее использовать кислород, следует увеличивать концентрацию водорода. С другой стороны, чтобы полнее использовать водород, нужно вводить в систему избыток кислорода.

Того же эффекта - более полного использования одного из реагирующих веществ - можно добиться и путем уменьшения концентрации другого участника реакции. Допустим, что система (4.3) заключена в реакционном

сосуде, непроницаемом для водяного пара и кислорода, но пропускающем водород. Тогда последний будет покидать систему, уменьшая тем самым знаменатель выражения для константы равновесия. В силу постоянства K_p , неизбежным результатом этого явится дальнейшее разложение водяного пара и накопление свободного кислорода.

Соединение водорода с кислородом сопровождается выделением тепла, а распад водяного пара - его поглощением. Поэтому, чем больше тепла сообщается системе извне, тем более это благоприятствует распаду водяного пара, т. е. эндотермической реакции. Наоборот, отвод тепла от системы путем ее охлаждения затрудняет распад водяного пара и тем самым благоприятствует более полному соединению водорода с кислородом, т. е. экзотермической реакции. Следовательно, при нагревании равновесной системы равновесие смещается в сторону эндотермической реакции, при охлаждении - в сторону экзотермической.

Для газообразной системы (4.3) имеем в левой части уравнения 3 моля газов, в правой - 2 моля. Применяя закон Авогадро, найдем, что если бы весь водяной пар разложился на водород и кислород, то система занимала бы объем $V = V_m \cdot n = 22,4 \cdot 3 = 67,2$ л, а если бы распада совсем не было - $V = V_m \cdot n = 22,4 \cdot 2 = 44,8$ л.

Изменение оказываемого на газообразную систему внешнего давления должно вызывать соответствующее изменение объема. При повышении давления он будет уменьшаться, при понижении - увеличиваться. Допустим, что оказываемое на систему внешнее давление повышается. Равновесие (4.3) при этом будет смещаться в сторону образования водяного пара, т. е. его относительная концентрация возрастет. Но по закону действия масс соответственно ускоряется идущее с увеличением объема разложение водяного пара на водород и кислород: $\overset{\leftarrow}{V} = kC^2(\text{H}_2\text{O})$. Новое состояние равновесия установится при такой концентрации водяного пара, когда создаваемое самой системой давление станет равно производимому на нее извне.

Таким образом, при увеличении внешнего давления на систему (4.3) равновесие сместится в сторону образования паров воды, при уменьшении - в сторону распада ее молекул. Следует обратить внимание, что речь идет об изменении общего, а не парциального давления газов. Внешнее воздействие на равновесную систему, заключающееся в изменении парциального давления какого - либо газообразного реагента идентично ситуации, когда меняется концентрация этого реагента. В общем случае, для реакций с участием газов повышение внешнего давления смещает равновесие в сторону меньшего числа молей газообразных веществ. Отсюда вытекает формулировка принципа смещения равновесий применительно к влиянию давления на равновесие обратимых газовых реакций: **при увеличении давления равновесие смещается в сторону образования меньшего числа молекул газообразных веществ, а при уменьшении давления - в сторону большего.**

В том случае, когда общее число молекул газообразных веществ в левой и правой частях уравнения реакции одинаково, изменение давления не влияет на положение химического равновесия.

Занимаемые твердыми и жидкими веществами объемы мало меняются в процессе изменения внешнего давления. Поэтому данный параметр почти не влияет на равновесия конденсированных систем. В смешанных случаях, когда одновременно имеются вещества в различных агрегатных состояниях, для учета влияния давления на равновесие практическое значение обычно имеет только число молекул газообразных веществ.

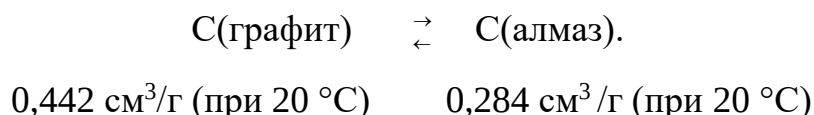
В качестве примера рассмотрим гетерогенную равновесную систему:



Подходя к подсчету количества частиц формально (2 моля - слева и 2 моля - справа), можно было бы сделать вывод, что давление не влияет на равновесие данной системы. Однако газами являются только CO_2 и CO . По-

этому повышение давления будет смещать рассматриваемое равновесие влево (в сторону меньшего числа молей газообразных веществ), а понижение давления - вправо (в сторону большего числа молей газов).

В соответствии с принципом Ле Шателье - Брауна происходят смещения всех фазовых равновесий. Так, если повышать давление в системе, то сдвиг равновесия будет происходить в сторону той фазы, которая имеет меньший удельный объем и большую плотность. Например, с увеличением давления сместится в сторону продукта следующее равновесие (под химическими формулами веществ указаны их удельные объемы при соответствующих температуре и давлении):



Изменение внешнего давления мало влияет на химическое равновесие фазового перехода, когда все участвующие в нем вещества находятся в конденсированном состоянии. Заметно влияют лишь давления порядка $1 \cdot 10^9$ Па. В соответствии с этим, существенно зависят от давления температуры кипения веществ и мало зависят температуры плавления.

Разбавление газообразных реагентов инертным газом приводит к смещению равновесия в том же направлении, что и уменьшение общего давления в системе.

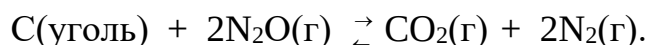
Повышение температуры ведет к смещению фазового равновесия в том направлении, которое характеризуется поглощением теплоты. Так, диссоциация одного моля паров воды на водород H_2 и кислород O_2 требует затрат 241,98 кДж (эндотермический процесс). При обычной температуре вода - вполне термически устойчивое соединение, но с ростом температуры происходит постепенный сдвиг вправо соответствующего равновесия (4.3).

Сдвиг равновесия приводит к тому, что степень разложения воды на

водород и кислород, составляющая, например, 0,03 % при 1273 К достигает 11,2 % при 2773 К.

4.5. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

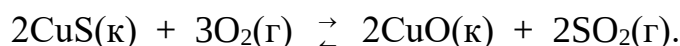
1. Напишите выражение для константы равновесия реакции:



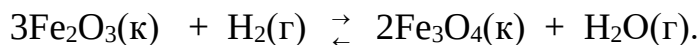
2. Напишите выражение для константы равновесия реакции:



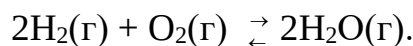
3. Рассчитайте исходную концентрацию O_2 , если равновесные концентрации составляют $\text{C}(\text{O}_2) = 0,1$ моль/л, $\text{C}(\text{SO}_2) = 0,15$ моль/л:



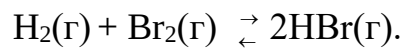
4. Рассчитайте исходную концентрацию водорода, если равновесные концентрации составляют $\text{C}(\text{H}_2) = 0,15$ моль/л, $\text{C}(\text{H}_2\text{O}) = 0,3$ моль/л:



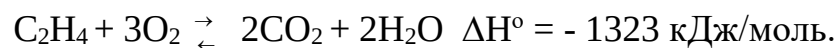
5. Как сдвинется равновесие, если объём системы уменьшится:



6. В какую сторону сдвинется равновесие при уменьшении объёма системы:



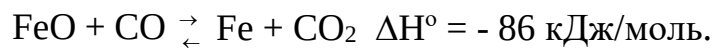
7. В каком направлении сдвинется равновесие при повышении температуры:



8. Как сдвинется равновесие в системе, если уменьшить температуру:



9. Как повлияет на равновесие падение температуры в системе:



Глава 5

ОБРАЗОВАНИЕ РАСТВОРОВ

5.1. РАСТВОРЫ

Среди различных веществ, окружающих нас в природе, лишь очень немногие не содержат примесей. Большинство природных и техногенных веществ содержат несколько компонентов и представляют собой смеси. Многие такие смеси являются гомогенными (однородными), т. е. составляющие их компоненты равномерно на молекулярном уровне распределены относительно друг друга. Подобные гомогенные системы переменного состава, образованные двумя и более веществами, называют **растворами**.

Примерами растворов служат природные водные системы, многие технические растворы, применяемые при обогащении полезных ископаемых, различные фракции перегонки нефти.

Если при образовании раствора равномерное распределение индивидуальных веществ приводит к образованию твердой однофазной системы, то такую систему называют твердым раствором. Твердые растворы составляют основу большинства применяемых в технике сплавов металлов. Эти растворы также распространены среди природных минералов.

Кроме жидких и твердых растворов существуют газовые растворы. Воздух, которым мы дышим, представляет собой гомогенную смесь газообразных веществ. В окружающем нас мире можно найти много примеров растворов. Так, воды Мирового океана представляют собой водный раствор большого числа различных веществ.

Природные водные растворы являются сложными физико - химическими системами, образующимися при взаимодействии воды с горными породами и минералами. К природным растворам относятся как поверхностные воды (воды рек, озер, морей, океанов), так и подземные воды (почвенные и грунтовые воды, межпластовые, жильные, карстовые воды и т. п.).

Среднее содержание солей в речных водах составляет около 0,01 % (по массе). Несмотря на относительно малое содержание растворенных солей, их

ежегодно выносятся реками в океан более двух миллиардов тонн. Содержание солей в морской воде несравненно больше, чем в речной. Для Мирового океана оно составляет в среднем 3,5 %. Среди солей океана значительно преобладают хлориды и сульфаты натрия и магния. Среднее содержание важнейших ионов океанской воды (в массовых процентах) представлено в таблице 5.1.

Основное количество ионов металлов накапливалось в морской воде в результате разрушения горных пород земной поверхности. Кроме отмеченных выше, океан содержит практически и все остальные известные химические элементы, но в еще меньших количествах.

Для характеристики составных частей растворов используют понятия «растворитель» и «растворенное вещество». Обычно растворителем называют компонент, сохраняющий свое фазовое состояние при образовании раствора.

Таблица 5.1

**Процентное содержание ионов, присутствующих в морской воде в
наибольшем количестве**

Ион	Cl^-	Na^+	SO_4^{2-}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	HCO_3^- , CO_3^{2-}
$\omega, \%$	1,9	1,1	0,27	0,13	0,041	0,040	0,011

Например, при образовании раствора из NaCl и H_2O растворителем является вода, т. к. именно она переходит в раствор, не меняя своего агрегатного состояния. Если все компоненты раствора до перемешивания находятся в одинаковой фазе, растворителем называют тот компонент, который содер-

жится в наибольшем количестве. Например, в окружающем нас газообразном по агрегатному состоянию растворе - атмосферном воздухе растворителем является азот. Остальные газы, присутствующие в атмосфере в меньшем количестве (кислород, углекислый газ, водород и т. д.), являются растворенными веществами. Количество растворенного компонента принято характеризовать концентрацией раствора.

5.2. СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ

Концентрация является одной из важных характеристик раствора. Для качественного описания концентрации используются такие понятия как разбавленный и концентрированный раствор. Растворы, содержащие очень много растворенного вещества, называют **концентрированными**, содержащие его немного - **разбавленными**. Концентрированный раствор может быть насыщенным и ненасыщенным.

Для водных растворов веществ при фиксированном значении температуры обычно существует предел насыщения. Например, сколько бы ни находился хлорид натрия в воде при 20 °С, больше 36 г NaCl в 100 г H₂O не растворится, избыточное количество соли останется в твердой фазе.

В насыщенном жидком растворе осадок твердого вещества существует в динамическом равновесии с тем же веществом, находящимся в растворенном состоянии: скорость отрыва частиц с поверхности кристаллов равна скорости их обратного оседания.

Раствор, в котором растворенного вещества меньше, чем в насыщенном растворе, называется ненасыщенным. При внесении в него новых количеств данного вещества, последнее растворяется и концентрация раствора возрастает. Раствор называется пересыщенным, если его концентрация больше, чем у насыщенного раствора. Пересыщенный раствор может образоваться, например, в результате осторожного охлаждения раствора, насыщенного при

более высокой температуре. Если внести в него частицу того вещества, которое в нем растворено, весь избыток последнего сразу выкристаллизовывается. Пересыщенные растворы в отличие от насыщенных - неустойчивые системы и способны существовать только в отсутствии контактирующей с ними твердой фазы растворенного вещества (затравки).

Следует принимать во внимание, что насыщенный раствор может содержать очень мало растворенного вещества, если оно плохо растворимо. Например, насыщенный раствор CaSO_4 при $18\text{ }^\circ\text{C}$ содержит в 100 г раствора всего 0,2 г соли, тогда как раствор, содержащий 25 г KNO_3 в 100 г воды при $20\text{ }^\circ\text{C}$, - ненасыщенный.

Для количественного выражения концентрации растворов на практике используют несколько способов. Рассмотрим наиболее распространенные из них.

1. $\omega(\text{X})$ - **массовая доля растворенного вещества**. Определяется отношением массы растворенного вещества X к общей массе раствора. Выражается в процентах или долях единицы:

$$\omega(\text{X}) = \frac{m(\text{X})}{m(\text{раствора})} 100 \text{ } \%$$

Например, $\omega(\text{NaCl}) = 2,5 \text{ } \%$ - массовая доля хлорида натрия в растворе составляет 2,5 %.

2. $\text{C}(\text{X})$ – **молярная концентрация** (концентрация количества растворенного вещества X). Определяется числом молей $\nu(\text{X})$ данного компонента, приходящимся на единицу объема раствора (1 л); размерность моль/л или второе возможное обозначение – М:

$$\text{C}(\text{X}) = \frac{\nu(\text{X})}{V} = \frac{m(\text{X})}{M(\text{X})V} \left[\frac{\text{моль}}{\text{л}} \right].$$

Например, $C(\text{HCl}) = 0,1$ моль/л или $C(\text{HCl}) = 0,1$ М - молярная концентрация раствора соляной кислоты составляет 0,1 моль/л.

3. $\chi(\text{X})$ – **молярная доля компонента X**. Определяется отношением числа молей этого компонента к сумме чисел молей всех компонентов раствора. Молярная доля может быть выражена как в долях единицы, так и в процентах:

$$\chi(\text{X}) = \frac{v(\text{X})}{\sum v_i}.$$

Молярные доли являются наиболее удобными характеристиками состава при теоретическом анализе свойств растворов, поскольку показывают, какую часть от общего числа молекул (атомов) в системе составляют молекулы (атомы) определенного компонента.

4. $b(\text{X})$ – **моляльная концентрация** раствора или моляльность. Определяется отношением количества растворенного вещества $v(\text{X})$ к массе растворителя $m(\text{Y})$; размерность моль/кг:

$$b(\text{X}) = \frac{v(\text{X})}{m(\text{Y})} \left[\frac{\text{моль}}{\text{кг}} \right].$$

Следует обратить внимание на различие между молярной концентрацией и моляльностью: при определении моляльности используется масса растворителя, при определении молярности – объем раствора.

5. $C_f(\text{Э}(\text{X}))$ или $C_n(\text{Э}(\text{X}))$ – **молярная концентрация эквивалента (эквивалентная концентрация)**. Определяется отношением числа молей эквивалента вещества $v_f(\text{X})$ к объему раствора; размерность моль (экв)/л или второе возможное обозначение – н.:

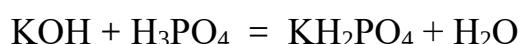
$$C_f(\mathcal{E}(X)) = \frac{v_f(X)}{V} = \frac{m(X)}{M(\mathcal{E}(X))} \quad \left[\frac{\text{моль}}{\text{л}} \right].$$

Например, молярная концентрация эквивалента соляной кислоты составляет 0,1 моль/л: $C_f(\text{HCl}) = 0,1$ моль/л или $C_f(\text{HCl}) = 0,1$ н.; молярная концентрация эквивалента фосфорной кислоты составляет 0,2 моль/л: $C_f(1/3 \text{H}_3\text{PO}_4) = 0,2$ моль/л или $C_f(1/3 \text{H}_3\text{PO}_4) = 0,2$ н.

Напомним, что эквивалент $\mathcal{E}(X)$ - это реальная либо условная частица (атом, молекула либо какая-то часть молекулы) вещества X , которая эквивалентна одному иону водорода в реакции ионного обмена или одному электрону в окислительно - восстановительной реакции.

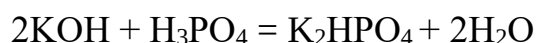
Необходимо особо подчеркнуть, что эквивалент для данного вещества не является неизменной величиной, а зависит от того, в какой конкретной реакции участвует это вещество.

Поскольку для кислот и оснований эквивалент представляет собой частицу вещества, которая в данной реакции высвобождает один ион водорода или соединяется с ним (или каким-либо другим образом эквивалентна ему), то, например, в реакции:



эквивалент фосфорной кислоты равен молекуле H_3PO_4 ($\mathcal{E}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \text{H}_3\text{PO}_4$), поскольку в рассматриваемой реакции одна молекула кислоты высвобождает только один ион водорода.

В другой реакции:



эквивалент кислоты равен половине молекулы ($\mathcal{E}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{1}{2} \text{H}_3\text{PO}_4$), т. к. в рассматриваемой реакции одна молекула кислоты высвобождает два иона

водорода.

В случае реакции восстановления KMnO_4 в кислой среде

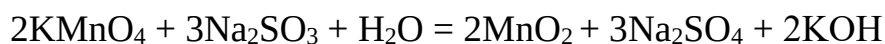


эквивалент KMnO_4 составляет $1/5$ часть молекулы, т. к. в данной реакции один перманганат – ион (одна молекула перманганата калия) присоединяет пять электронов:

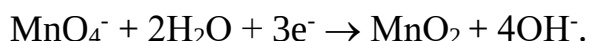


Следовательно, $\text{Э}(\text{KMnO}_4) = 1/5 \text{ KMnO}_4$.

Для реакции восстановления KMnO_4 в нейтральной среде



эквивалент KMnO_4 будет равен $1/3$ части молекулы, т. к. в данной реакции одна молекула перманганата калия присоединяет три электрона:



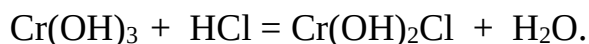
Следовательно, $\text{Э}(\text{KMnO}_4) = 1/3 \text{ KMnO}_4$.

Молярной массой эквивалента вещества X называют массу одного моля эквивалентов этого вещества.

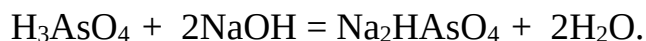
Например, если $\text{Э}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1/2 \text{ H}_3\text{PO}_4$, то $M(\text{Э}(\text{H}_3\text{PO}_4)) = 1/2 M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98/2 = 49 \text{ г/моль}$.

5.2.1. Задачи для самостоятельного решения

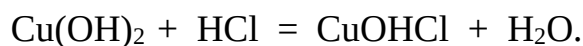
1. Вычислить молярную массу эквивалента основания, исходя из уравнения реакции:



2. Вычислить молярную массу эквивалента кислоты, исходя из уравнения реакции:



3. Вычислить молярную массу эквивалента основания, исходя из уравнения реакции:



4. Рассчитать массовую долю вещества в растворе, полученного при растворении 4 г этого вещества в 30 мл воды.

5. Сколько граммов вещества нужно растворить в 460 г воды, чтобы получить 20 %-ный раствор?

6. Сколько граммов соли и воды содержится в 700 г 11 %-ного раствора?

7. К 1 л 6 %-ного раствора фосфорной кислоты ($\rho = 1,031$ г/мл) прилили 1 л воды. Какова молярная концентрация полученного раствора?

8. Сколько граммов Na_2CO_3 содержится в 1 л 0,5 н. раствора?

9. Вычислить молярность 12 %-ного раствора KOH ($\rho = 1,1$ г/мл).

10. В 250 мл раствора KCNS содержится 30 г соли. Вычислить эквивалентную концентрацию раствора.

11. Вычислить молярную концентрацию 20 %-ного раствора сульфата железа (II) ($\rho = 1,21$ г/мл).

12. Сколько граммов AgNO_3 и воды надо взять для приготовления 200 мл 0,1 н. раствора?

13. Сколько граммов хлорида железа (III) содержится в 20 мл 0,15 н.

раствора?

14. По известной молярной концентрации выразить концентрацию водного раствора через массовую долю растворенного вещества, моляльность, молярную долю и эквивалентную концентрацию:

Номер задачи	Растворенное вещество	Концентрация $C(X)$, моль/л	Плотность раствора, г/мл	Температура T , К
1	AgNO_3	1,405	1,194	293
2	AlCl_3	1,185	1,129	291
3	BaCl_2	1,444	1,253	293
4	CaCl_2	1,190	1,101	293
5	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1,100	1,128	291
6	CdSO_4	1,034	1,198	291
7	FeCl_3	1,900	1,234	293

Ответы. 1. 20 %; 1,468 моль/1000 г; 0,026; 1,405 моль(экв)/л. 2. 14 %; 1,22 моль/1000 г; 0,022; 3,555 моль(экв)/л. 3. 24 %; 1,52 моль/1000 г; 0,027; 2,89 моль(экв)/л. 4. 12 %; 1,23 моль/1000 г; 0,022; 2,38 моль(экв)/л. 5. 16 %; 1,161 моль/1000 г; 0,021; 2,2 моль(экв)/л. 6. 18 %; 1,053 моль/1000 г; 0,019; 2,068 моль(экв)/л. 7. 25 %; 2,055 моль/1000 г; 0,036; 5,7 моль(экв)/л.

5.3. РАСТВОРИМОСТЬ ВЕЩЕСТВА И ЕЕ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

Растворимостью называют способность вещества растворяться в том или ином растворителе. Количественно растворимость характеризуется концентрацией насыщенного раствора при определенных температуре и давлении. Растворимость зависит от природы растворенного вещества и растворителя, температуры, внешнего давления. Растворимость твердых, жидких и

газообразных веществ в жидкостях во многом зависит от того, являются ли растворенное вещество и растворитель оба полярными или неполярными веществами (взаимная растворимость относительно велика), или одно из них полярно, а другое неполярно (взаимная растворимость незначительна).

Молекула называется **полярной** (дипольной), если в ней центры положительных и отрицательных зарядов не совпадают и находятся на некотором расстоянии r друг от друга. Мерой полярности молекулы служит **дипольный момент** μ - произведение абсолютной величины заряда e одного из полюсов диполя на расстояние r между центрами зарядов: $\mu = er$.

Жидкости, используемые в качестве растворителей, считают малополярными, если дипольный момент образующих их молекул менее $5 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. При отнесении растворителей к числу мало- или сильнополярных можно руководствоваться табличными величинами диэлектрической проницаемости для этих жидкостей. Низким значениям дипольного момента ($\mu < 5 \cdot 10^{-30}$ Кл·м), как правило, отвечают низкие значения диэлектрической проницаемости ($\epsilon < 10$); жидкости же, отличающиеся большой полярностью и высокими значениями дипольного момента молекул, характеризуются также и выраженными диэлектрическими свойствами ($\epsilon > 10$).

В табл. 5.2 приведены значения дипольных моментов молекул и диэлектрической проницаемости для наиболее часто применяемых растворителей.

Полярные растворители обычно смешиваются в любых пропорциях и могут также служить хорошими растворителями для других (твердых и газообразных) веществ полярного характера. Точно так же неполярные растворители, обнаруживая неограниченную растворимость друг в друге, могут служить хорошими растворителями для большинства веществ неполярного или малополярного характера. Поэтому задача подбора подходящего растворителя для того или иного вещества может быть упрощена, если известна его полярность.

Таблица 5.2

**Значения дипольного момента и диэлектрической проницаемости
для распространенных растворителей (T = 298 K)**

Растворитель	$\mu \cdot 10^{-30}$ Кл·м	ϵ
Ацетон CH_3COCH_3	9,8	20,7
Бензол C_6H_6	0	2,28
Вода H_2O	6,1	80,08
Метанол CH_3OH	5,6	32,63
Нитробензол $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	13,3	34,75
Сероуглерод CS_2	0	2,64
Тетрахлорид углерода CCl_4	0	2,24
Толуол $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	1,3	2,38
Хлороформ CHCl_3	3,8	4,72
Этанол $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	5,7	25,2

Растворимость различных веществ в одном и том же растворителе, например, в воде, может изменяться в значительных пределах. Принято считать легкорастворимым вещество, растворимость которого при комнатной температуре (293 K) превышает 10 г на 100 г растворителя. Если растворимость находится в пределах 0,01 – 1,00 г на 100 г растворителя, то вещество считают труднорастворимым. При растворимости менее 0,01 г на 100 г растворителя вещество считают практически нерастворимым.

Образование раствора двумя веществами, каждое из которых находится в конденсированном состоянии (твердом или жидком), обычно сопровождается сравнительно небольшими изменениями объема (чаще всего в сторону сокращения). При этом давление незначительно влияет на величину их

взаимной растворимости. Лишь при давлениях порядка 10^9 Па удастся отметить существенное изменение взаимной растворимости такого рода веществ, причем характер этого изменения можно предсказать, исходя из принципа Ле Шателье – Брауна.

Так, если при образовании раствора из двух твердых или жидких веществ А и В происходит сокращение объема, то увеличение давления оказывает положительное влияние на их взаимную растворимость. Если же при растворении имеет место увеличение объема системы, то давление оказывает отрицательное влияние на растворимость. Например, растворение нитрата аммония NH_4NO_3 в воде сопровождается увеличением объема и при давлениях порядка 10^9 Па растворимость этого вещества в воде уменьшается примерно вдвое в сравнении с растворимостью при атмосферном давлении. Если растворяемое вещество газ, а растворителем является жидкость (или твердое вещество), то образование раствора сопровождается значительным сокращением объема системы. В соответствии с этим растворимость газов в жидкостях заметно возрастает по мере увеличения давления.

Согласно устоявшимся представлениям, растворяемое вещество взаимодействует с молекулами растворителя. В результате в растворе образуются соединения, состоящие из растворенного вещества и растворителя. Такие соединения получили название сольватов (от латинского *solvere* – растворять), а если растворитель – вода, то гидратов. Состав сольватов в растворе непостоянен: он меняется с изменением концентрации и температуры раствора. Наряду с сольватами (гидратами) в растворе имеются и свободные молекулы растворителя. Поэтому состав раствора в отличие от химических соединений может меняться в широких пределах. Гидраты часто удается выделить, охлаждая или выпаривая раствор, например, получены гидраты $\text{SiSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Некоторые гидраты оказываются нестойкими, легко разлагаются при выпаривании раствора. Их существование в растворе удастся доказать лишь косвенными методами, например, исследуя спектры поглощения.

5.4. ОСМОС. ОСМОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ

Растворы различных веществ обладают способностью к диффузии. Это явление заключается в том, что сольватированные молекулы (ионы) растворенного вещества самопроизвольно перемещаются в среде растворителя из локальных областей большей концентрации в локальные области меньшей концентрации. В результате с течением времени концентрация раствора становится одинаковой во всем объеме жидкости. Самопроизвольное выравнивание концентрации происходит и тогда, когда два раствора различной концентрации (или раствор и растворитель) отделены друг от друга полупроницаемой перегородкой (мембраной). Такие перегородки легко пропускают через себя молекулы растворителя (например, воды), но задерживают частицы растворенного вещества. Этим свойством обладают пергамент, оболочки клеток и др. Выравнивание концентрации через полупроницаемую мембрану идет односторонне – путем поглощения растворителя из раствора с меньшей концентрацией в раствор с большей концентрацией. Процесс односторонней диффузии растворителя через полупроницаемую мембрану называется **осмосом**.

Механизм осмоса можно представить следующим образом. Так как концентрация молекул воды в разбавленном растворе больше, чем в концентрированном, а система стремится к равновесному состоянию, то из первого раствора во второй проникает через полупроницаемую мембрану больше молекул воды, чем уходит в обратном направлении. Давление, которое надо приложить к раствору, чтобы привести его в равновесие с чистым растворителем, отделенным от раствора полупроницаемой мембраной, называется осмотическим.

Немецкий ученый Пфеффер в 1887 году установил следующие **закономерности осмоса**:

1) осмотическое давление при постоянной температуре прямо пропорционально концентрации раствора:

2) осмотическое давление при постоянной концентрации пропорционально абсолютной температуре.

В том же 1887 году голландский ученый Вант - Гофф открыл закон:

осмотическое давление раствора равно тому давлению, которое производило бы растворенное вещество, если бы оно в виде газа занимало при той же температуре объем, равный объему раствора:

$$p = CRT, \quad (5.1)$$

где p - осмотическое давление раствора; C - молярная концентрация раствора; R - константа, численно равная универсальной газовой постоянной; T - абсолютная температура.

Закон Вант - Гоффа применим лишь к разбавленным растворам неэлектролитов, т. е. к тем системам, в которых можно пренебречь взаимодействием молекул растворенного вещества друг с другом и с молекулами растворителя. Растворы неэлектролитов высокой концентрации и электролитов любой концентрации обнаруживают значительные отклонения от этого закона.

Осмотическое давление проявляется лишь в том случае, если на пути к равномерному распределению растворенного вещества во всем объеме раствора встает полупроницаемая мембрана. При этом стремление растворенного вещества к диффузии в направлении меньших концентраций проявляется в виде одностороннего давления на полупроницаемую перегородку, поскольку давление по другую сторону этой перегородки, проистекающее от тех же самых тенденций, меньше. Таким образом, осмотическое давление не означает какое-то дополнительное механическое давление в растворителе, возникающее из-за наличия в нем растворенного вещества, а является лишь мерой стремления растворенного вещества к равномерному распределению во всем объеме растворителя, находящегося по обе стороны полупроницаемой мембраны.

Растворы, имеющие одинаковое осмотическое давление, называют **изотоническими**. Исходя из уравнения (5.1), можно было бы ожидать, что растворы самых разнообразных веществ, имеющие одну и ту же молярную концентрацию, должны быть изотоническими. В действительности из-за того, что одни вещества при растворении распадаются на ионы (более подробно о диссоциации – раздел 6) или же в результате ассоциации образуют более сложные агрегаты молекул, а другие при этом не претерпевают изменений, растворы равной молярной концентрации не всегда оказываются изотоническими.

Если учесть, что из n_0 молекул растворенного вещества образуется n_i дочерних частиц, то в уравнение (5.1) для расчета осмотического давления необходимо ввести дополнительный множитель i , называемый изотоническим коэффициентом Вант - Гоффа:

$$p_{\text{осм.}} = i \cdot C \cdot R \cdot T.$$

Коэффициент i равен отношению числа отдельных частиц (молекул, ионов, ассоциированных молекул) n_i к общему числу молекул растворенного вещества n_0 в объеме раствора: $i = n_i / n_0$. Он показывает, во сколько раз число частиц в растворе электролита больше, чем в растворе неэлектролита с такой же концентрацией.

Если из общего числа молекул растворенного вещества какая то часть α их первоначального количества распалась на ν дочерних частиц, а оставшаяся часть молекул $(1 - \alpha)$ остается в неизменном виде, то изотонический коэффициент будет равен:

$$i = \alpha \nu + (1 - \alpha) = \alpha(\nu - 1) + 1.$$

Для электролита, распадающегося на 2 иона ($\nu = 2$), например, для NaCl, $i = 1 + \alpha$; для CaCl_2 (распадается на три иона) $i = 1 + 2\alpha$ и т. д. Для ассоциата,

например, H_2F_2 ($v = 1/2$) $i = 1 - 1/2\alpha$. Во всех случаях α - это степень диссоциации или степень ассоциации растворенного вещества, выраженная в долях единицы.

5.4.1. Примеры решения задач

Задача 1. Давление паров воды при 293 К составляет 2332,82 Па, а давление пара раствора, содержащего нелетучее растворенное вещество – 2290,26 Па.

Определите осмотическое давление раствора при 313 К, если его плотность при этой температуре 1,01 г/см³, а молярная масса растворенного вещества равна 60 г/моль.

Решение.

1) Определим молярную долю растворенного вещества в растворе:

$$N_2 = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}^0 - p_{\text{H}_2\text{O}}}{p_{\text{H}_2\text{O}}^0} = \frac{2332,82 - 2290,26}{2332,82} = 0,0182.$$

2) Пересчитаем концентрацию, выраженную в молярных долях, на молярную концентрацию:

$$C_2 = \frac{1000\rho N_2}{N_2 M_2 + N_1 M_1} = \frac{1000 \cdot 1,01 \cdot 0,0182}{0,0182 \cdot 60 + 0,9818 \cdot 18,016} = 0,98 \text{ моль/л.}$$

3) Определим осмотическое давление:

$$p_{\text{осм.}} = CRT = 0,98 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 313 = 2,573 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Ответ: осмотическое давление раствора составляет $2,573 \cdot 10^6$ Па.

Задача 2. В каком растворе осмотическое давление будет максимальным,

если $C(\text{NaCl}) = C(\text{K}_2\text{SO}_4) = C(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,2$ моль/л?

Решение.

1) Осмотическое давление растворов электролитов (NaCl и K_2SO_4) будет выше, чем осмотическое давление раствора неэлектролита – глюкозы ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), так как:

$p_{\text{осм.}}(\text{NaCl}) = iCRT$; $p_{\text{осм.}}(\text{K}_2\text{SO}_4) = iCRT$; $p_{\text{осм.}}(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = CRT$, где $i > 1$.

2) Из двух растворов электролитов максимальное осмотическое давление будет в растворе с наибольшим изотоническим коэффициентом i .

Для сильных электролитов степень электролитической диссоциации α можно принять за 1, тогда: $i(\text{NaCl}) = 1 + 1(2-1) = 2$; $i(\text{K}_2\text{SO}_4) = 1 + 1(3-1) = 3$.

Ответ: наибольшим осмотическим давлением в ряду рассмотренных растворов обладает раствор сульфата калия.

5.4.2. Задачи для самостоятельного решения

1. При 290 К осмотическое давление раствора, содержащего 0,125 г органического вещества в 25 мл воды, равно $2,006 \cdot 10^5$ Па. Вычислить молярную массу растворенного вещества. Ответ: 60 г/моль.

2. Сколько граммов глицерина следует растворить в $0,001 \text{ м}^3$ воды, чтобы осмотическое давление полученного раствора при 290 К было $2,026 \cdot 10^5$ Па? Ответ: 7,73 г.

3. При температуре 300 К осмотическое давление раствора сахара составляет $1,064 \cdot 10^5$ Па. Определите осмотическое давление этого раствора при 273 К. Ответ: $9,682 \cdot 10^4$ Па.

4. При 298 К давление паров воды равно 23,76 мм рт. ст., а давление паров раствора глицерина - 23,68 мм рт. ст. Вычислите осмотическое давление этого раствора при 310 К. Плотность раствора составляет величину

1,0017 г/см³. Ответ: 4,585·10⁵ Па.

5.5. ДАВЛЕНИЕ ПАРА РАСТВОРИТЕЛЯ НАД РАСТВОРОМ. ЗАМЕРЗАНИЕ И КИПЕНИЕ РАСТВОРА

Жидкость, помещенная в замкнутый объем, испаряется и молекулы ее пара, ударяясь о стенки сосуда, создают определенное давление. Это давление растет с повышением температуры. Если в этой жидкости растворить нелетучее вещество (например, сахар), то при той же температуре давление пара над раствором будет ниже, чем над чистым растворителем. Это можно пояснить так. У раствора часть поверхности, с которой происходит испарение, занята молекулами растворенного вещества. Поэтому в единицу времени с этой поверхности испаряется меньше молекул растворителя, следовательно, падает и создаваемое ими давление.

Французский ученый **Рауль установил закон** (1887 г.):

в разбавленных растворах нелетучих неэлектролитов понижение давления пара пропорционально количеству вещества, растворенного в данном количестве растворителя:

$$\Delta p = p \frac{n}{N}, \quad (5.2)$$

где Δp – понижение давления пара над раствором; p – давление пара чистого растворителя; n – число молей растворенного вещества; N – число молей растворителя.

Из уравнения (5.2) следует, что понижение давления пара растворителя над раствором не зависит от природы растворенного вещества и определяется только его концентрацией: чем выше концентрация раствора, тем сильнее уменьшается давление пара над ним.

Жидкость кипит при той температуре, при которой давление насы-

щенного пара становится равным внешнему давлению. С другой стороны, температура замерзания – это та температура, при которой давление пара над жидкостью равно давлению пара над тем же веществом в твердом состоянии. Например, температура кипения воды при нормальном давлении равна $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, а замерзания – $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. При $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ давление пара льда и жидкой воды $4,6\text{ мм рт. ст.}$ (613 Н/м^2). Так как давление пара раствора ниже давления пара чистого растворителя, то раствор кипит при более высокой, а замерзает при более низкой температуре, чем чистый растворитель (рис. 5.1).

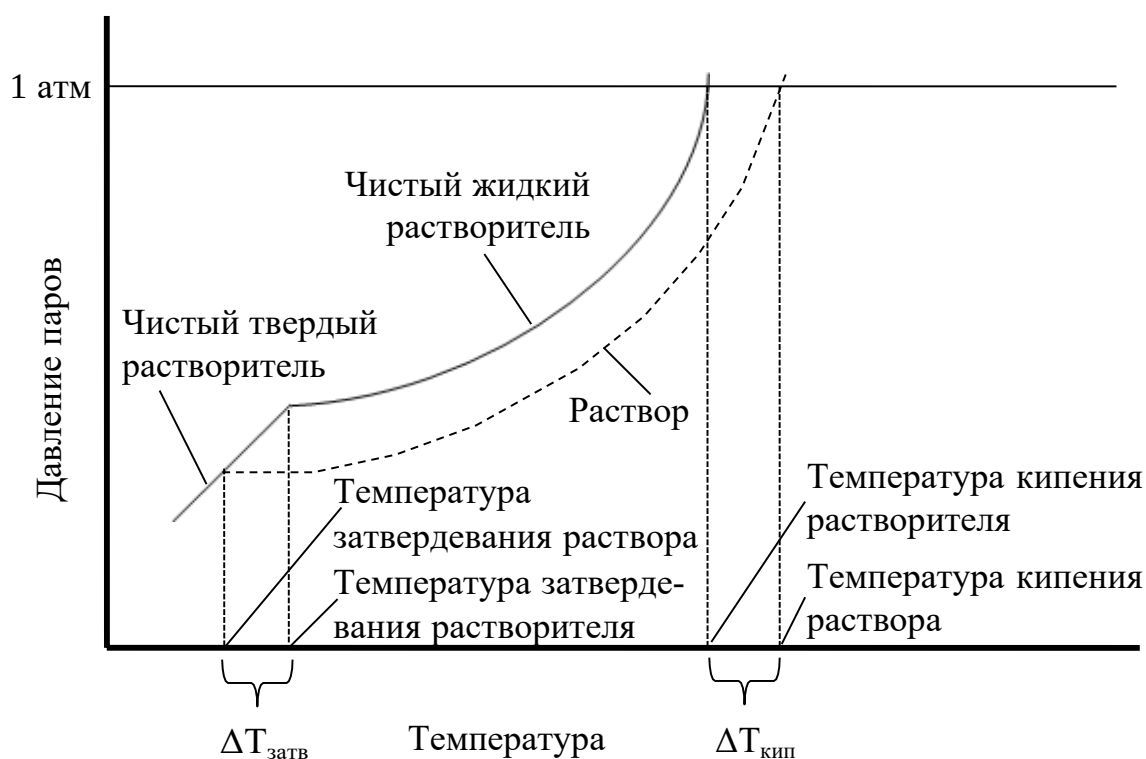


Рис. 5.1. Температурная зависимость парциального давления паров чистого растворителя и паров раствора нелетучего вещества при постоянном атмосферном давлении

Степень повышения температуры кипения и понижения температуры замерзания разбавленного раствора не зависит от природы растворенного вещества, а обусловлена только числом растворенных частиц в определенном количестве растворителя, что подчиняется закону Рауля: **понижение темпе-**

ратуры замерзания и повышение температуры кипения пропорциональны моляльной концентрации раствора:

$$\Delta T = K \cdot b,$$

где ΔT - понижение температуры замерзания или повышение температуры кипения раствора; K - коэффициент пропорциональности; b - моляльная концентрация.

Из формулы видно, что если для неэлектролита $b = 1$ моль/1000 г растворителя, то $K = \Delta T$.

В случае замерзания раствора коэффициент K называется **криоскопической константой**, в случае кипения - **эбуллиоскопической константой**. Эти величины постоянны для конкретного растворителя. Например, для воды $K_{\text{криоск.}} = 1,86$, $K_{\text{эбулл.}} = 0,52$.

5.5.1. Примеры решения задач

Задача 1. Определите моляльную концентрацию примесей в технической уксусной кислоте, если она замерзает при 289,4 К, а ее криоскопическая константа равна 3,9. Температура замерзания чистой уксусной кислоты составляет 289,7 К.

Решение.

1) Определим понижение температуры замерзания уксусной кислоты в присутствии примесей:

$$\Delta T_{\text{крист.}} = T_{\text{крист.}}^0 - T_{\text{крист.}} = 289,7 - 289,4 = 0,3 \text{ К.}$$

2) Рассчитаем содержание примесей в 1000 г технической уксусной кислоты:

$$m = \frac{\Delta T_{\text{крист.}}}{K_{\text{крист.}}} = \frac{0,3}{3,9} \approx 0,08 \text{ моль.}$$

Ответ: моляльная концентрация примесей в уксусной кислоте составляет величину 0,08 моль/кг.

Задача 2. При растворении 0,6 г вещества - неэлектролита в 25 г воды температура кипения раствора повышается на 0,204 К. При растворении 0,3 г этого же вещества в 20 г бензола температура кипения раствора повышается на 0,668 К. Определить эбуллиоскопическую постоянную бензола, если эбуллиоскопическая постоянная воды равна 0,512.

Решение.

1) Определим молярную массу растворенного в воде вещества:

$$M_2 = \frac{K_{\text{эбулл.}} \cdot m_2 \cdot 1000}{\Delta T_{\text{кип.}} \cdot m_1} = \frac{0,512 \cdot 0,6 \cdot 1000}{0,204 \cdot 25} = 60 \text{ г/моль.}$$

2) Рассчитаем эбуллиоскопическую постоянную бензола:

$$K_{\text{эбулл.}} = \frac{\Delta T_{\text{кип.}} \cdot M_2 \cdot m_1}{m_2 \cdot 1000} = \frac{0,668 \cdot 60 \cdot 20}{0,3 \cdot 1000} = 2,67.$$

Ответ: эбуллиоскопическая постоянная бензола равна 2,67.

Задача 3. Определить степень электролитической диссоциации хлорида натрия и хлорида кальция в 2,5 % - ных водных растворах. Температуры кристаллизации растворов составляют 271,61 К и 271,95 К соответственно. Криоскопическая постоянная для воды равна 1,85.

Решение.

1) Определим моляльные концентрации растворов:

$$m(\text{NaCl}) = \frac{\omega(\text{NaCl})1000}{M(\text{NaCl})\omega(\text{N}_2\text{O})} = \frac{2,5 \cdot 1000}{58,5 \cdot 97,5} = 0,438 \text{ моль/кг.}$$

$$m(\text{CaCl}_2) = \frac{\omega(\text{CaCl}_2)1000}{M(\text{CaCl}_2)\omega(\text{H}_2\text{O})} = \frac{2,5 \cdot 1000}{111 \cdot 97,5} = 0,231 \text{ моль/кг.}$$

2) Рассчитаем изотонические коэффициенты для этих растворов:

$$i = \frac{\Delta T_{\text{крист.}}}{K_{\text{криоск.}} \cdot m}; i(\text{NaCl}) = \frac{273,15 - 271,61}{1,85 \cdot 0,438} = 1,901; i(\text{CaCl}_2) = \frac{273,15 - 271,95}{1,85 \cdot 0,231} = 2,808.$$

3) Рассчитаем степень электролитической диссоциации веществ, принимая во внимание, что молекула NaCl диссоциирует на два иона ($\nu = 2$), а молекула CaCl_2 – на три ($\nu = 3$):

$$i = \alpha(\nu - 1) + 1; \quad \alpha(\text{NaCl}) = \frac{1,901 - 1}{2 - 1} = 0,901 \text{ (90,1\%)}; \quad \alpha(\text{CaCl}_2) = \frac{2,808 - 1}{3 - 1} = 0,904.$$

Ответ: $\alpha(\text{NaCl}) = 90,1 \%$, $\alpha(\text{CaCl}_2) = 90,4 \%$.

5.5.2. Задачи для самостоятельного решения

1. Температура кипения бензола равна $80,1^\circ\text{C}$. Его молярная теплота испарения составляет $30,77 \text{ кДж/моль}$. Определить температуру кипения раствора, содержащего $0,01$ молярную долю нелетучего вещества в бензоле. Ответ: $80,44^\circ\text{C}$.

2. Температура кипения сероуглерода $46,20^\circ\text{C}$. Его эбуллиоскопическая постоянная составляет $2,3$. В 50 г сероуглерода растворено $0,9373 \text{ г}$ бензойной кислоты. Полученный раствор имеет температуру кипения $46,39^\circ\text{C}$. Опре-

делить молярную массу бензойной кислоты в сероуглероде. Ответ: 226,9 г/моль.

3. Раствор, содержащий в 42 г бензола 0,5 г нелетучего растворенного вещества с молярной массой 182 г/моль, кипит при 80,27 °С. Температура кипения чистого бензола 80,1 °С. Определить молярную теплоту испарения бензола. Ответ: 31,19 кДж/моль.

4. Сколько граммов глицерина необходимо добавить к 1,0 кг воды, чтобы раствор не замерзал до минус 0,5 °С? Криоскопическая постоянная воды равна 1,86. Ответ: 24,75 г.

5. Раствор, содержащий 1,5 г KCl в 100 г воды, замерзает при - 0,684 °С. Определить изотонический коэффициент и давление паров воды над этим раствором при 25 °С. Давление паров чистой воды при 25 °С равно 23,76 мм рт. ст. Ответ: $i = 1,83$; $p(\text{H}_2\text{O}) = 23,60$ мм рт. ст.

6. Технический диметиламин замерзает на 0,10 градуса ниже температуры плавления (180,97 °С) чистого вещества. Вычислить молярный процент примесей, считая, что твердых растворов не образуется. Теплота плавления чистого диметиламина 5941,28 Дж/моль. Ответ: 0,22 мол. %.

7. Температура замерзания водного раствора сахара равна - 0,216 °С. Вычислить осмотическое давление раствора при этой температуре, если $K_{\text{зам}} = 1,86$, а плотность равна 1,01 г/см³. Ответ: $2,54 \cdot 10^5$ Па.

5.6. ЗАВИСИМОСТЬ РАСТВОРИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

Растворимость веществ в воде имеет особое значение в связи с той

большой ролью, которую вода играет в природе. Рассмотрим влияние, которое оказывают на растворимость температура и давление.

Растворимость газа в любом растворителе повышается при возрастании давления газа над поверхностью растворителя. В то же время растворимость, твердых и жидких веществ мало зависит от давления. Чтобы разобраться в причине влияния давления на растворимость газов, рассмотрим равновесие, устанавливающееся при их растворении.

Рассмотрим систему, представляющую собой цилиндр с поршнем. В цилиндре находится конденсированное жидкое вещество и его пары. С установлением равновесия скорость перехода молекул пара (газа) в жидкость и скорость перехода молекул из жидкости в газовую фазу уравниваются.

Допустим, что на поршень оказывают дополнительное давление и в результате происходит сжатие газа над раствором. Если объем газа над раствором уменьшится вдвое по сравнению с исходным объемом, давление газа должно возрасти приблизительно вдвое по сравнению с исходным давлением. Но это означает, что частота столкновений молекул газа с поверхностью раствора и, следовательно, скорость их перехода в раствор также возрастают в два раза. В результате растворимость газа должна увеличиваться до тех пор, пока вновь не установится равновесие, другими словами, до тех пор, пока скорость перехода молекул газа в раствор не уравнивается со скоростью перехода растворенных молекул из раствора в газовую фазу. Таким образом, растворимость газа должна возрастать пропорционально его давлению. Соотношение между давлением газа и его растворимостью выражается простым уравнением, которое носит название «**закон Генри**»:

$$C(X) = k \cdot p(X),$$

где $C(X)$ - концентрация газа в жидкой фазе; $p(X)$ - давление газа над раствором; k - коэффициент пропорциональности (постоянная Генри).

В качестве примера укажем, что растворимость чистого газообразного азота в воде при 25 °С и давлении $7,9 \cdot 10^4$ Па равна $5,3 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Если удвоить парциальное давление газа, то, согласно закону Генри, растворимость азота в воде также удвоится и составит $1,06 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

Закономерное уменьшение растворимости газов с повышением температуры имеет место в природе. Так, уменьшение растворимости O_2 в воде с повышением температуры - один из нежелательных эффектов, вызываемых «тепловым загрязнением» водоемов. Этот эффект имеет особенно серьезное значение для глубоких озер. Плотность теплой воды меньше плотности холодной воды, поэтому теплая вода остается на поверхности и не перемешивается с холодной. Это затрудняет растворение кислорода в глубоких слоях воды и, таким образом, отрицательно влияет на все формы жизни в воде.

Отметим, что растворимость большинства твердых веществ повышается с ростом температуры. Влияние температуры на растворимость зависит от изменения энтальпии, которым сопровождается процесс растворения. Если растворение веществ представляет собой эндотермический процесс, то растворимость этих веществ повышается с ростом температуры. Это можно понять, если воспользоваться принципом Ле Шателье - Брауна: если равновесие в системе нарушается в результате изменения температуры, положение равновесия системы смещается таким образом, чтобы противодействовать этому изменению.

Рассмотрим раствор, который находится в равновесии с не полностью растворившимся твердым веществом. Допустим, что процесс растворения протекает эндотермически, т. е. сопровождается поглощением теплоты из окружающей среды. В условиях равновесия справедливо следующее уравнение: растворенное вещество + растворитель + теплота $\leftrightarrow$ раствор.

Если в рассматриваемую систему поступает теплота, то, согласно принципу Ле Шателье - Брауна, равновесие сместится в таком направлении, чтобы уменьшить влияние поступления теплоты. Следовательно, оно сме-

стится в направлении, которое соответствует поглощению теплоты, т. е. вправо. Таким образом, повышение температуры системы, означающее поступление в нее теплоты, приводит к возрастанию растворимости. Если же растворение сопровождается выделением теплоты (экзотермический процесс), повышение температуры должно вызывать уменьшение растворимости.

5.7. ПРОИЗВЕДЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ТРУДНОРАСТВОРИМОГО ВЕЩЕСТВА

Рассмотрим гетерогенное химическое равновесие, возникающее в растворах при частичном растворении труднорастворимых веществ.

Для того чтобы между твердым веществом и его раствором установилось равновесие, раствор должен быть насыщенным и находиться в соприкосновении с не полностью растворившимся веществом. В качестве примера рассмотрим насыщенный раствор магнезита, находящийся в контакте с твердым MgCO_3 . Химическое уравнение этого равновесия имеет вид:



Следовательно, в насыщенном растворе труднорастворимого электролита протекают два взаимно противоположных процесса: растворение, т. е. переход ионов из осадка в раствор, и кристаллизация – переход ионов из раствора в осадок.

Выражение для константы равновесия при растворении MgCO_3 имеет вид:

$$K_c = \frac{C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-})}{C(\text{MgCO}_3)}. \quad (5.3)$$

Так как концентрация твердого вещества есть величина постоянная, можно домножить обе части выражения (5.3) на концентрацию MgCO_3 . Тогда получим:

$$K_c \cdot C(\text{MgCO}_3) = \text{const} = C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}). \quad (5.4)$$

Постоянная в полученном выражении (5.4) называется **произведением растворимости** и обозначается ПР:

$$\text{ПР}(\text{MgCO}_3) = C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}).$$

При диссоциации труднорастворимого вещества не на два, а на большее число ионов, последнее необходимо учитывать. В подобном случае произведение растворимости равно произведению молярных концентраций ионов, на которые диссоциирует вещество, каждая из которых возведена в степень, равную стехиометрическому коэффициенту при соответствующем ионе в уравнении равновесия.

Если произведение концентраций ионов в растворе труднорастворимого вещества достигает величины его произведения растворимости при данной температуре, то раствор становится насыщенным относительно этого электролита. Наоборот, если произведение концентраций ионов в растворе меньше произведения растворимости, раствор будет ненасыщенным и вещество перейдет в раствор. Понятно, что, если произведение концентраций ионов в растворе по какой-либо причине окажется больше произведения растворимости, раствор станет пересыщенным и из него выделится осадок.

Следовательно, в случае MgCO_3 имеем:

в ненасыщенном растворе $C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}) < \text{ПР}(\text{MgCO}_3)$,

в насыщенном растворе $C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}) = \text{ПР}(\text{MgCO}_3)$,

в пересыщенном растворе $C(\text{Mg}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}) > \text{ПР}(\text{MgCO}_3)$.

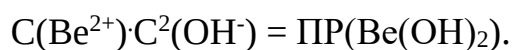
Поскольку произведение концентраций ионов в насыщенном растворе труднорастворимого вещества величина постоянная, то при увеличении концентрации одного из ионов концентрация другого иона должна уменьшаться за счет выпадения части вещества из раствора в осадок. Образование осадка будет продолжаться до тех пор, пока произведение концентраций ионов в растворе не станет равным произведению растворимости.

Рассмотрим вопрос о влиянии избытка реактива на количество осаждающихся ионов. С этой целью проанализируем ситуацию, когда к раствору CaCl_2 добавляют эквивалентное количество Na_2SO_4 . Часть ионов Ca^{2+} и SO_4^{2-} , соответствующая произведению растворимости $C(\text{Ca}^{2+}) \cdot C(\text{SO}_4^{2-}) = \text{PP}(\text{CaSO}_4)$ останется в растворе. Прибавим к раствору еще небольшое количество Na_2SO_4 . Концентрация SO_4^{2-} над осадком CaSO_4 увеличится, но так как произведение концентрации ионов должно оставаться постоянным, то часть ионов Ca^{2+} , соответствующая избытку SO_4^{2-} , из раствора вновь выпадет в осадок. Чем больше мы прибавим Na_2SO_4 , тем больше станет концентрация SO_4^{2-} в растворе и тем меньше в нем останется неосажденных ионов Ca^{2+} .

Таким образом, **дополнительное введение в раствор труднорастворимого вещества ионов, образующихся при его диссоциации, понижает растворимость труднорастворимого вещества, и, следовательно, повышает полноту его осаждения.**

Теперь рассмотрим другой важный вопрос: как повысить растворимость труднорастворимых соединений?

Допустим, требуется перевести в раствор осадок $\text{Be}(\text{OH})_2$. Напомним, что раствор, находящийся в соприкосновении с осадком, является насыщенным. В таком растворе:



Прибавим к раствору соляную кислоту. При диссоциации HCl образуются ионы H^+ . Эти ионы, взаимодействуя в растворе с ионами OH^- раство-

рившейся части $\text{Be}(\text{OH})_2$, будут связывать их в недиссоциированные молекулы H_2O . Поэтому произведение $C(\text{Be}^{2+}) \cdot C^2(\text{OH}^-)$ станет меньше $\text{ПР}(\text{Be}(\text{OH})_2)$, т. е. раствор окажется ненасыщенным относительно $\text{Be}(\text{OH})_2$. Согласно принципу Ле Шателье - Брауна, для восстановления нарушенного равновесия часть осадка $\text{Be}(\text{OH})_2$ перейдет в раствор. При этом произведение $C(\text{Be}^{2+}) \cdot C^2(\text{OH}^-)$ вновь станет равным $\text{ПР}(\text{Be}(\text{OH})_2)$. Если прибавление кислоты продолжать, то равновесие между осадком и ионами в растворе будет все время нарушаться, и все новые и новые порции осадка будут переходить в раствор. Это будет продолжаться до тех пор, пока весь осадок не растворится.

Таким образом, **чтобы растворить осадок, нужно уменьшить концентрацию хотя бы одного из ионов, образующихся при диссоциации труднорастворимого вещества.** Этого можно достичь, связывая один из ионов, на которые диссоциирует труднорастворимое вещество, либо в слабодиссоциирующее соединение, либо в еще менее растворимое или в газообразное вещество.

С величиной произведения растворимости связано решение многих практических задач, касающихся образования или растворения осадков. По величине произведения растворимости электролита можно вычислить его растворимость и, наоборот, зная растворимость вещества, можно подсчитать величину его произведения растворимости. Рассмотрим несколько примеров.

Задача 1. Выяснить, образуется ли осадок AgCl , если к 5 мл 0,1 М раствора AgNO_3 прибавить 5 мл 0,1 М раствора HCl ? $\text{ПР}(\text{AgCl}) = 1,56 \cdot 10^{-10}$.

Решение.

Чтобы ответить на поставленный вопрос, необходимо предварительно подсчитать $C(\text{Ag}^+)$ и $C(\text{Cl}^-)$. Если произведение $C(\text{Ag}^+) \cdot C(\text{Cl}^-)$ будет больше, чем $\text{ПР}(\text{AgCl})$, осаждение произойдет.

При смешивании исходных растворов происходит удвоение объема, поэтому концентрация каждого иона уменьшается до половины первоначальной величины, т. е. $C(\text{Ag}^+)$ и $C(\text{Cl}^-)$ станут по $0,1/2 = 0,05$ моль/л. Следо-

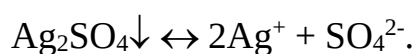
вательно, $C(\text{Ag}^+) \cdot C(\text{Cl}^-) = 0,05 \cdot 0,05 = 2,5 \cdot 10^{-3}$. $2,5 \cdot 10^{-3} > 1,56 \cdot 10^{-10}$.

Поскольку произведение концентраций ионов оказалось больше ПР, то раствор пересыщен в отношении растворенной соли, и часть ее выпадает в осадок.

Ответ: Осадок AgCl в указанных условиях образуется.

Задача 2. Растворимость сульфата серебра при комнатной температуре составляет $2,68 \cdot 10^{-2}$ моль/л. Определить ПР(Ag_2SO_4).

Решение.



$$\text{ПР}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = C^2(\text{Ag}^+) \cdot C(\text{SO}_4^{2-}).$$

1) Определим молярные концентрации ионов:

$$C(\text{Ag}^+) = 2C(\text{Ag}_2\text{SO}_4), C(\text{SO}_4^{2-}) = C(\text{Ag}_2\text{SO}_4).$$

2) Рассчитаем произведение растворимости соли:

$$\text{ПР}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = C^2(\text{Ag}^+) \cdot C(\text{SO}_4^{2-}) = 4 \cdot C^3(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 4 \cdot (2,68 \cdot 10^{-2})^3 = 7,70 \cdot 10^{-5}.$$

Ответ: $\text{ПР}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 7,70 \cdot 10^{-5}$.

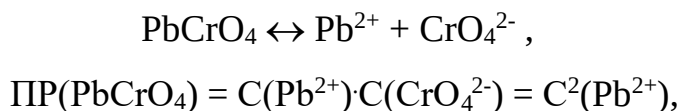
Ввиду того, что абсолютно не растворимых в воде веществ нет, ни один из ионов никогда не может быть осажден из раствора полностью; часть осаждаемых ионов остается в растворе. Поэтому при осаждении того или иного иона надо подбирать такой реактив, который давал бы с осаждаемым ионом осадок с наименьшим произведением растворимости.

Задача 3. Какой ион, CrO_4^{2-} или SO_4^{2-} , полнее осаждает ионы Pb^{2+} из раствора? $\text{ПР}(\text{PbCrO}_4) = 1,8 \cdot 10^{-14}$, $\text{ПР}(\text{PbSO}_4) = 1,6 \cdot 10^{-8}$.

Решение.

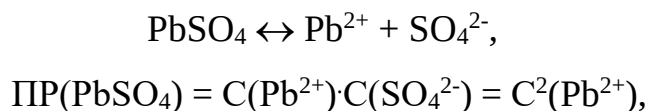
$\text{ПР}(\text{PbCrO}_4) < \text{ПР}(\text{PbSO}_4)$, следовательно, ион CrO_4^{2-} более полно осаждает ион Pb^{2+} . Подтвердим это соответствующими расчетами.

1) Определим молярную концентрацию ионов свинца в насыщенном растворе PbCrO_4 :



$$C(\text{Pb}^{2+}) = \sqrt{\text{ПР}(\text{PbCrO}_4)} = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-14}} = 1,34 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

2) Определим молярную концентрацию ионов свинца в насыщенном растворе PbSO_4 :



$$C(\text{Pb}^{2+}) = \sqrt{\text{ПР}(\text{PbSO}_4)} = \sqrt{1,6 \cdot 10^{-8}} = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

3) Таким образом, концентрация ионов Pb^{2+} в насыщенном растворе PbCrO_4 в $1,26 \cdot 10^{-4} / 1,34 \cdot 10^{-7} = 940$ раз меньше, чем в насыщенном растворе PbSO_4 .

Ответ: ион CrO_4^{2-} более полно осаждает ион Pb^{2+} .

5.8. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Определить растворимость Ag_2S в г/л, если $\text{ПР}(\text{Ag}_2\text{S}) = 1,1 \cdot 10^{-49}$.
2. Растворимость BaCO_3 в воде составляет $8,4 \cdot 10^{-5}$ моль/л. Вычислить $\text{ПР}(\text{BaCO}_3)$.
3. Концентрация Fe^{2+} в насыщенном растворе FeS равна $6,0 \cdot 10^{-10}$ моль/л. Вычислить $\text{ПР}(\text{FeS})$.
4. Определить $\text{ПР}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)$, если растворимость данной соли равна

$2,6 \cdot 10^{-2}$ г/л.

5. $PP(MgC_2O_4) = 8,1 \cdot 10^{-5}$. Определить концентрацию ионов Mg^{2+} (г/л) в насыщенном растворе соли.

6. Растворимость Ag_2SO_4 равна $2,7 \cdot 10^{-2}$ М. Найти $PP(Ag_2SO_4)$.

7. Определить концентрацию ионов Ba^{2+} (г/л) в насыщенном растворе $Ba(BrO_3)_2$. $PP(Ba(BrO_3)_2) = 3,2 \cdot 10^{-5}$.

8. $PP(SrC_2O_4) = 6,25 \cdot 10^{-8}$. Найти растворимость соли в г/л.

9. Концентрация ионов F^- в насыщенном растворе CaF_2 равна $2 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Найти $PP(CaF_2)$.

10. $PP(CaCO_3) = 4,9 \cdot 10^{-9}$. Найти растворимость $CaCO_3$ в г/л.

11. К 20 мл 0,02 н. раствора $BaCl_2$ прибавили 20 мл 0,001 М раствора $Na_2C_2O_4$. Выпадет ли осадок, если $PP(BaC_2O_4) = 4,1 \cdot 10^{-6}$?

12. Выпадет ли осадок, если к 20 мл 0,01 н. раствора $AgNO_3$ прибавить 20 мл 0,01 М раствора $NaCl$? $PP(AgCl) = 1,7 \cdot 10^{-10}$.

13. Выпадет ли осадок при смешивании равных объёмов 0,01 н. растворов $AgNO_3$ и $K_2Cr_2O_7$? $PP(Ag_2Cr_2O_7) = 2,0 \cdot 10^{-7}$.

14. $PP(Tl_2CrO_4) = 1,0 \cdot 10^{-12}$. Образуется ли осадок, если к 0,001 н. раствору $TlNO_3$ прилить равный объём 0,04 н. раствора K_2CrO_4 ?

15. Выпадет ли осадок $TlCl$, если к 15 мл 0,01 М раствора $TlNO_3$ прибавить 15 мл 0,01 н. раствора KCl ? $PP(TlCl) = 1,9 \cdot 10^{-4}$.

Глава 6

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

6.1. ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ

Растворы (расплавы) веществ, проводящие электрический ток, называют **электролитами**. Важно, что законам Вант - Гоффа и Рауля подчиняются только растворы неэлектролитов (водные растворы таких органических соединений как сахар, спирты, глицерин, мочевины). Растворы электролитов в равных молярных концентрациях с растворами неэлектролитов показывают большее осмотическое давление, большее понижение давления пара и температуры замерзания, большее повышение температуры кипения.

Подобное поведение электролитов объяснил шведский физико-химик **Аррениус**. Он предложил теорию электролитической диссоциации, согласно которой молекулы растворенных веществ в водных растворах электролитов в большей или меньшей степени диссоциируют (распадаются) на самостоятельные заряженные частицы - ионы. Каждый электролит образует при диссоциации два рода ионов: положительно заряженные - **катионы** и отрицательно заряженные - **анионы**. Заряд иона соответствует его валентности. Во всех случаях диссоциации электролита сумма зарядов катионов равна сумме зарядов анионов. Поэтому раствор в целом электронейтрален. Электролитическая диссоциация - обратимый процесс. Следовательно, в растворе электролита, наряду с ионами, имеются и нераспавшиеся молекулы.

Из изложенного следует, что диссоциация электролита увеличивает общее число частиц в растворе в сравнении с неэлектролитом. Поэтому, если учитывать как самостоятельные частицы не только молекулы, но и ионы, то становится понятным, почему повышение осмотического давления, понижение температуры замерзания и повышение температуры кипения раствора электролита оказываются значительно больше, чем у раствора неэлектролита

с такой же молярной концентрацией.

Согласно современным представлениям, электролитическая диссоциация происходит в результате взаимодействия ионов или полярных молекул вещества с полярными молекулами растворителя (рис. 6.1). При этом образуются сольваты (в водных растворах - гидраты) ионов (рис. 6.2). Соответствующий процесс сопровождается выделением энергии. Образование сольватов (гидратов) является основной причиной диссоциации электролитов на ионы.

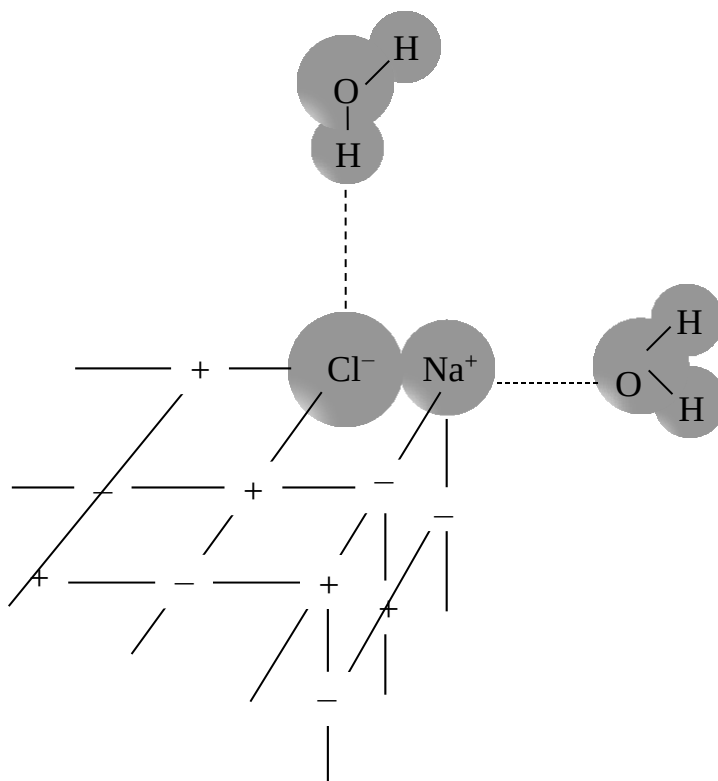


Рис. 6.1. Взаимодействие ионов NaCl с полярными молекулами H₂O

Природа превращений растворенного вещества в растворе самым тесным образом зависит от химических свойств этого вещества и растворителя. Растворитель, принимая непосредственное участие в химических превращениях растворенного вещества, оказывает влияние на механизм и глубину превращения последнего. Так, для того, чтобы разорвать связь между

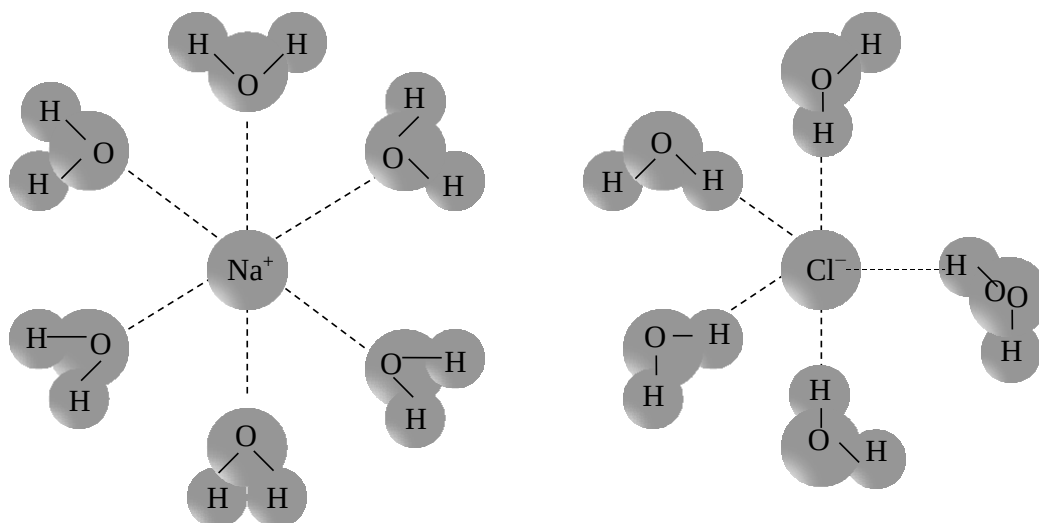


Рис. 6.2. Гидратированные ионы в растворе NaCl

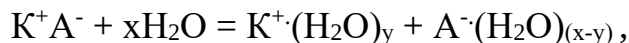
катионами и анионами в 1 моле, например, NaCl, надо затратить 800 кДж. Откуда же берутся эти 800 кДж при растворении NaCl в воде?

Теплота гидратации иона Na^+ равна приблизительно 425 кДж/моль, а иона Cl^- - приблизительно 350 кДж/моль. В сумме это составляет 775 кДж/моль - немногим меньше энергии кристаллической решетки NaCl (800 кДж/моль). Поэтому при растворении хлористого натрия в воде происходит охлаждение на 5 - 6 градусов по сравнению с ее исходной температурой.

Есть вещества, образование водных растворов которых наоборот, сопровождается выделением тепла. Например, растворение хлористого водорода в воде сопровождается довольно сильным разогреванием образующегося раствора. Действительно, энергия связи водорода и хлора в молекуле HCl равна 1360 кДж/моль. Теплота гидратации протона равна 1100 кДж/моль, что в сумме с теплотой гидратации иона Cl^- дает общую теплоту гидратации HCl 1450 кДж/моль, а это заметно больше энергии связи H - Cl. Вот почему при образовании раствора соляной кислоты и происходит заметное разогревание.

Для процесса растворения в воде соединений с ионной связью, в узлах кристаллической решетки которых находятся ионы, в общем виде можно за-

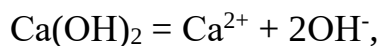
писать:



где $K^+(H_2O)_y$ и $A^-(H_2O)_{(x-y)}$ - гидратированные катионы и анионы.

Распаду на ионы подвергаются также и вещества, состоящие из молекул с полярной ковалентной связью. В этом случае под действием полярных молекул воды происходит гетеролитический разрыв ковалентной связи: электронная пара, осуществляющая связь, целиком остается у одного из атомов. Таким образом полярная связь превращается в ионную, и молекула диссоциирует на гидратированные ионы.

На практике уравнения электролитической диссоциации обычно записывают без гидратирующих молекул воды, например:



6.2. СТЕПЕНЬ И КОНСТАНТА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ДИССОЦИАЦИИ

Согласно теории электролитической диссоциации, в растворах распадается на ионы только часть молекул электролита. Отношение числа молекул, распавшихся на ионы, к общему числу растворенных молекул называется **степенью электролитической диссоциации α** . Например, если в 1 л раствора содержится 0,05 моль азотистой кислоты и из них 0,001 моль диссоциирует на ионы, то степень диссоциации при этом составит: $\alpha = 0,001/0,05 = 0,02$ или 2 %.

Степень электролитической диссоциации электролита может быть

определена различными методами: по электропроводности раствора, по понижению температуры замерзания раствора и т. д. При одинаковых условиях (одни и те же растворитель, концентрация раствора, температура, присутствие или отсутствие электролита с одноименным ионом) разные электролиты имеют различную степень диссоциации, зависящую от природы самого электролита.

По способности к диссоциации все электролиты делят на слабые и сильные. **Слабые электролиты** в растворах содержатся как в виде ионов, так и в виде недиссоциированных молекул. **Сильные электролиты** в растворе диссоциируют практически полностью. Принимают, что для слабых электролитов $\alpha < 2 \%$, для сильных электролитов $\alpha > 30 \%$.

С разбавлением раствора степень электролитической диссоциации слабого электролита увеличивается и, наоборот, при повышении концентрации - уменьшается. Степень диссоциации электролита зависит от температуры: с повышением температуры она увеличивается для электролитов, диссоциация которых сопровождается поглощением теплоты, и уменьшается для электролитов, процесс диссоциации которых сопровождается выделением теплоты.

На степень диссоциации электролита существенное влияние оказывает прибавление к его раствору сильного электролита с одноименным ионом. Например, к водному раствору плавиковой кислоты, в незначительной степени диссоциирующей по уравнению $\text{HF} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{F}^-$, прильем соляную кислоту HCl . Концентрация ионов водорода, являющихся одним из продуктов диссоциации HCl , сильно увеличится. Вследствие этого равновесие обратимого процесса диссоциации плавиковой кислоты сместится в сторону образования недиссоциированных молекул HF , степень ее диссоциации при этом понизится. Подобным же образом будут действовать и растворимые в воде соли плавиковой кислоты. При добавлении последних в растворе значительно возрастает концентрация анионов F^- , что также уменьшает степень диссоци-

ации HF.

Таким образом, **степень электролитической диссоциации слабого электролита значительно понижается при добавлении к его раствору сильного электролита с одноименным ионом.**

Диссоциация молекул слабых электролитов на ионы в растворах протекает как обратимый процесс. Например, диссоциация уксусной кислоты выражается уравнением: $\text{CH}_3\text{COOH} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$.

Как и во всяком обратимом процессе, в данном случае устанавливается равновесие между недиссоциированными молекулами кислоты CH_3COOH и ионами H^+ , CH_3COO^- . Выразим в общем виде константу данного химического равновесия, обозначив ее K_d :

$$K_d = \frac{C(\text{H}^+) \cdot C(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{C(\text{CH}_3\text{COOH})}. \quad (6.1)$$

K_d в выражении (6.1) называется константой электролитической диссоциации.

Величина константы характеризует силу кислот и оснований. Чем она больше, тем сильнее электролит. Например, азотистая кислота ($K_d = 4,5 \cdot 10^{-4}$) сильнее уксусной ($K_d = 1,82 \cdot 10^{-5}$).

6.2.1. Закон разбавления Оствальда

Основываясь на законе действия масс, можно вывести уравнение, связывающее константу диссоциации слабого электролита со степенью его диссоциации.

Так, если молярная концентрация уксусной кислоты равна C , а степень диссоциации составляет величину α , то концентрация каждого из ионов, об-

разующихся при диссоциации, будет равна αC , а концентрация недиссоциированных молекул $\text{CH}_3\text{COOH} - (1 - \alpha)C$. Тогда выражение для константы диссоциации можно записать в следующем виде:

$$K_{\text{д}} = \frac{\alpha C \cdot \alpha C}{(1 - \alpha)C} = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha} . \quad (6.2)$$

Уравнение (6.2) выражает **закон разбавления Оствальда**, справедливый для растворов слабых бинарных электролитов, из одной молекулы которых при диссоциации образуется два иона. Это уравнение связывает между собой константу диссоциации электролита, степень диссоциации и концентрацию электролита. В несильно разбавленных растворах слабых электролитов степень диссоциации очень мала, поэтому величину $(1 - \alpha)$ можно принять равной единице. В этом случае предыдущая формула принимает более простой вид:

$$K_{\text{д}} = C\alpha^2, \text{ откуда } \alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{д}}}{C}} . \quad (6.3)$$

В соответствии с полученным выражением (6.3) закон разбавления Оствальда формулируется так: **степень электролитической диссоциации слабых бинарных электролитов обратно пропорциональна корню квадратному из их концентрации**. Закон разбавления позволяет вычислять степень диссоциации при различных концентрациях, если известна константа диссоциации электролита. Наоборот, определив степень диссоциации при какой-нибудь концентрации, несложно рассчитать константу диссоциации.

Константа диссоциации слабого электролита - величина постоянная и практически не зависит от концентрации раствора, а зависит только от температуры. Степень же диссоциации зависит от концентрации. С разбавлением раствора слабого электролита степень диссоциации увеличивается. Константа

электролитической диссоциации дает более общую характеристику электролита, чем степень диссоциации. Сильные электролиты не подчиняются этому закону. Для них K_d с увеличением концентрации непрерывно возрастает.

6.3. АКТИВНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ИОНОВ

Даже в умеренно концентрированном растворе сильного электролита ионы находятся на таких достаточно близких расстояниях, что электростатическое взаимодействие оказывает заметное влияние на характер их движения. Одноименно заряженные ионы взаимно отталкиваются, а разноименно заряженные - взаимно притягиваются. В результате в растворе вокруг ионов создается определенное распределение ионов – «атмосфера» из частиц с противоположным зарядом. Эта атмосфера замедляет движение ионов в растворе, что ведет к уменьшению электропроводности раствора и создает впечатление неполной диссоциации электролита. Чем больше концентрация раствора, тем сильнее электростатическое взаимодействие ионов, тем меньше скорость передвижения их в электрическом поле и тем меньше будет электропроводность раствора.

Аналогичным образом межйонные силы влияют и на другие свойства раствора электролита, зависящие от концентрации ионов. Повышение концентрации раствора приводит к изменению свойств раствора в том же направлении, как действовало бы частичное соединение ионов в молекулы, т. е. уменьшает степень диссоциации. Поэтому, измеряя электропроводность, определяют лишь кажущуюся степень диссоциации. Так, например, степень диссоциации в 0,1 н. растворе HCl , вычисленная по электропроводности, составляет 84 % от действительной, которая наблюдалась бы в этом растворе при отсутствии взаимодействия ионов друг с другом.

Для учета влияния электростатического взаимодействия ионов на химические и физические свойства растворов сильных электролитов, истинную

концентрацию ионов C заменяют активностью a – условной эффективной концентрацией. **Активность выражает концентрацию ионов в растворе данного электролита с учетом влияния взаимодействия ионов, гидратации и других эффектов.** Между активностью и действительной концентрацией ионов существует зависимость:

$$a = fC,$$

где f – коэффициент активности, учитывающий взаимодействие ионов в растворе электролита.

Коэффициент активности обычно меньше единицы. В очень разбавленных растворах сильных электролитов ($C < 1 \cdot 10^{-4}$ моль/л) коэффициент активности принимают равным единице. В этом случае $a = C$.

Коэффициент активности данного иона в растворе, содержащем несколько различных видов ионов, зависит от концентраций и зарядов всех ионов. Мерой межионного взаимодействия между всеми ионами является **ионная сила раствора**. Ионной силой раствора называется величина μ , численно равная полусумме произведений концентрации каждого иона на квадрат его заряда:

$$\mu = \frac{1}{2}(z_1^2 C_1 + z_2^2 C_2 + z_3^2 C_3 + \dots),$$

где z – заряд иона.

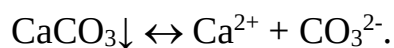
Например, для раствора, содержащего в 1 л 0,01 моль CaCl_2 и 0,1 моль Na_2SO_4 , ионная сила равна: $\mu = 1/2(0,01 \cdot 2^2 + 0,02 \cdot 1^2 + 0,2 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 2^2) = 0,33$.

По величине ионной силы раствора можно рассчитать коэффициент активности иона: $\lg f = -0,5z^2 \sqrt{\mu}$. Коэффициент активности с увеличением ионной силы раствора уменьшается. В растворах с одинаковой ионной силой коэффициенты активности ионов равны между собой.

6.4. СОЛЕВОЙ ЭФФЕКТ

Выше отмечено, если в растворе электролита коэффициент активности $f < 1$, то на движение ионов оказывает влияние их электростатическое взаимодействие. В этом случае во все уравнения на основе закона действующих масс, включая выражение произведения растворимости, вместо концентрации надо подставлять меньшую по величине активность.

Произведем соответствующую замену на примере минерала кальцита, состав которого соответствует химической формуле малорастворимого карбоната кальция CaCO_3 :



$$\text{ПР}(\text{CaCO}_3) = a(\text{Ca}^{2+}) \cdot a(\text{CO}_3^{2-}) = f(\text{Ca}^{2+}) \cdot C(\text{Ca}^{2+}) \cdot f(\text{CO}_3^{2-}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}).$$

Преобразуем полученное выражение произведения растворимости кальцита:

$$C(\text{Ca}^{2+}) \cdot C(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{\text{ПР}(\text{CaCO}_3)}{f(\text{Ca}^{2+}) \cdot f(\text{CO}_3^{2-})}. \quad (6.4)$$

Числитель дроби в правой части выражения (6.4) является постоянной величиной, зависящей только от температуры. Знаменатель же этого отношения уменьшается с ростом ионной силы раствора. В свою очередь, ионная сила раствора растет при добавлении любого сильного электролита. С уменьшением знаменателя будет расти правая часть анализируемого выражения, и, соответственно, вырастет произведение молярных концентраций ионов, образующихся при диссоциации кальцита в насыщенном растворе. Последнее означает рост растворимости труднорастворимого вещества при введении в его раствор каких - либо сильных электролитов. Явление носит название «**солевой эффект**».

Одним из наиболее важных природных равновесий с участием кальцита является образование твердого CaCO_3 в морской воде. Равновесие между твердым CaCO_3 и ионами Ca^{2+} и CO_3^{2-} , находящимися в океанической воде, имеет важное значение для развития многих морских организмов и формирования отложений на морском дне. Произведение растворимости CaCO_3 в морской воде при 20 °C имеет величину $6,0 \cdot 10^{-7}$, тогда как в пресной воде при этой температуре оно составляет $2,8 \cdot 10^{-9}$. Равновесие растворения CaCO_3 в морской воде смещено в сторону большей растворимости из-за влияния других ионов (солевой эффект), присутствующих в воде. Более чем 100-кратное увеличение растворимости CaCO_3 в морской воде обусловлено межионным взаимодействием в водной среде с высокой концентрацией ионов.

На глубинах, не превышающих 1 км, океан пересыщен карбонатом кальция CaCO_3 . Это означает, что ионное произведение $\text{C}(\text{Ca}^{2+}) \cdot \text{C}(\text{CO}_3^{2-})$ больше произведения растворимости CaCO_3 . Однако скорость удаления CaCO_3 в результате осаждения или образования раковин моллюсков и скелетных тканей морских организмов очень невелика. На больших глубинах, где концентрация Ca^{2+} снижается, океаническая вода оказывается ненасыщенной в отношении CaCO_3 . После гибели морских организмов их карбонатные скелеты, образовавшиеся вблизи поверхности, опускаются на большую глубину и растворяются там. На глубинах, превышающих 3 - 4 км, в отложениях морского дна содержится очень мало CaCO_3 .

6.5. ЖЕСТКОСТЬ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ

В земной коре распространены минералы, содержащие кальций и магний. Поэтому соответствующие ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} практически всегда присутствуют в природной воде.

Отметим, что минералы отмеченных металлов, как правило, малорастворимы. Однако вода содержит диоксид углерода, поглощенный из атмо-

сферного воздуха. Это служит причиной образования хорошо растворимых кислых солей (преимущественно гидрокарбонатов) кальция и магния: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$.

Природная вода, содержащая растворенные соли, называется жесткой водой, в противоположность мягкой воде, не содержащей этих солей или содержащей их мало.

Количественной мерой содержания в воде солей является жесткость воды (Ж). Различают карбонатную, некарбонатную и общую жесткость.

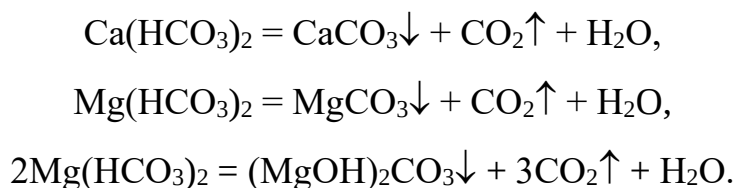
Карбонатная жесткость J_k обусловлена содержанием гидрокарбонатов кальция и магния.

Некарбонатная жесткость J_n связана с содержанием в воде хлоридов, сульфатов и других (кроме гидрокарбонатов) солей кальция и магния.

Общая жесткость $J_{\text{общ.}}$ определяется общим содержанием солей:

$$J_{\text{общ.}} = J_k + J_n.$$

При длительном кипячении воды выделяется диоксид углерода и выпадает осадок, включающий ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , вследствие чего жесткость уменьшается:



Карбонатную жесткость полностью устранить кипячением нельзя, т. к. растворимость CaCO_3 составляет 0,01 г/л, а $(\text{MgOH})_2\text{CO}_3$ - 0,04 г/л. Поэтому дополнительно употребляют термин **«устраняемая или временная жесткость»**. Временная жесткость определяется количеством гидрокарбонатов, удаляемых из воды при кипячении в течение 1 ч. Оставшаяся после кипячения

воды жесткость называется постоянной жесткостью.

Жесткость воды выражают суммарным количеством эквивалентов ионов кальция и магния, содержащихся в 1 л воды (размерность миллимоль эквивалентов/литр [ммоль экв./л]). Например, один миллимоль эквивалентов жесткости отвечает содержанию в 1 л воды 20,04 мг ионов Ca^{2+} :

$$\begin{aligned} m(\text{Ca}^{2+}) &= M(\text{Э}(\text{Ca}^{2+})) \cdot n(\text{Ca}^{2+}) \cdot 10^{-3} = M(\text{Ca}^{2+}) \cdot f_{\text{э}}(\text{Ca}^{2+}) \cdot n(\text{Ca}^{2+}) \cdot 10^{-3} = \\ &= 40,08 \cdot 1/2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 20,04 \text{ мг} \end{aligned}$$

или 12,16 мг ионов Mg^{2+} :

$$\begin{aligned} m(\text{Mg}^{2+}) &= M(\text{Э}(\text{Mg}^{2+})) \cdot n(\text{Mg}^{2+}) \cdot 10^{-3} = M(\text{Mg}^{2+}) \cdot f_{\text{э}}(\text{Mg}^{2+}) \cdot n(\text{Mg}^{2+}) \cdot 10^{-3} = \\ &= 24,31 \cdot 1/2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 12,16 \text{ мг.} \end{aligned}$$

Вода с жесткостью менее 4 ммоль экв./л характеризуется как мягкая, от 4 ммоль экв./л до 8 ммоль экв./л - средней жесткости, от 8 ммоль экв./л до 12 ммоль экв./л - жесткая и выше 12 ммоль экв./л - очень жесткая.

6.6. УМЯГЧЕНИЕ ВОДЫ

Часто воду приходится подвергать дополнительной обработке, чтобы снизить в ней концентрацию ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , вызывающих жесткость воды. Обычно это необходимо для воды из подземных источников, где она достаточно долго соприкасается с известняком CaCO_3 , доломитом $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ и другими минералами.

При нагревании воды, содержащей Ca^{2+} и HCO_3^- - ионы, из нее выделяется часть диоксида углерода. В результате этого происходит образование нерастворимого карбоната кальция и в водонагревательных устройствах накапливаются его отложения (накипь). Твердый CaCO_3 покрывает поверх-

ность водонагревательных систем, что снижает их теплопроводность. Особенно много накипи откладывается на стенках бойлеров, где вода нагревается под давлением в трубках, обвивающих печь. Образование накипи снижает эффективность теплопередачи и может привести к плавлению трубок.

Также ионы Ca^{2+} реагируют с мылами, образуя нерастворимые вещества. Хотя при их взаимодействии с синтетическими моющими средствами не образуется нерастворимых осадков, указанные ионы неблагоприятно влияют на эффективность действия синтетических моющих средств.

Для умягчения воды применяют методы осаждения и ионного обмена. Путем осаждения катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} переводят в малорастворимые соединения, выпадающие в осадок. Это достигается либо кипячением воды, либо химическим путем - введением в воду соответствующих реагентов. При кипячении гидрокарбонаты кальция и магния превращаются в нерастворимые карбонаты, в результате чего устраняется только карбонатная жесткость.

При химическом методе осаждения чаще всего в качестве осадителя пользуются известью или содой. При этом в осадок переводятся все соли кальция и магния.

Для устранения жесткости используют специальные ионнообменные материалы - неорганические и органические вещества, способные к обмену ионов и называемые ионитами. Эти вещества делят на катиониты и аниониты, предназначенные для обмена катионов и анионов. Иониты не растворимы в воде. Их пространственная структура представляет собой трехмерный каркас, содержащий потенциалопределяющие ионы. С ними электростатическими силами связаны противоионы, способные к обмену на другие ионы.

Для обработки воду пропускают через слой катионита. При этом катионы кальция и магния, находящиеся в воде, обмениваются на катионы натрия, содержащиеся в применяемом катионите. В некоторых случаях требуется удалить из воды не только катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , но и другие катионы и анионы. В таких случаях воду пропускают последовательно через катионит, содержащий в обменной форме водородные ионы, и анионит, содержащий гид-

роксид - ионы. В итоге вода освобождается как от катионов, так и от анионов солей. Такая обработка воды называется обессоливанием.

6.6.1. Задачи для самостоятельного решения

1. Чему равна жесткость 1 %- ного раствора сульфата магния? ($\rho = 1 \text{ г/см}^3$). Ответ: 166,2 ммоль экв./л.
2. При упаривании одного литра воды из подземного источника было получено 13,6 мг гипса (CaSO_4). Чему равна жесткость этой воды? Ответ: 0,2 ммоль экв./л.
3. Чему равна жесткость раствора, содержащего в 10 л 200 мг сульфата кальция и 100 мг сульфата магния? Ответ: 0,46 ммоль экв./л.
4. Сколько граммов MgCl_2 содержится в 5 л раствора, имеющего жесткость 7,14 ммоль экв./л. Какова эквивалентная концентрация (нормальность) этого раствора? Ответ: 1,7 г ; 0,00714 н.
5. Чему равна жесткость природной воды, содержащей Ca^{2+} - 41,65 мг/л; Mg^{2+} - 23,60 мг/л; Na^+ - 2,2 мг/л? Ответ: 4,02 ммоль экв./л.
6. Чему равна жесткость 0,1 н. раствора хлористого кальция? Ответ: 100 ммоль экв./л.
7. Какова постоянная и карбонатная жесткость воды, если в ней содержится: Ca^{2+} - 0,112 г/л; Mg^{2+} - 0,0632 г/л; SO_4^{2-} - 0,236 г/л; Cl^- - 0,1653 г/л и ионы HCO_3^- ? Ответ: 9,57 ммольэкв/л; 1,23 ммоль экв./л.
8. Какова общая и карбонатная жесткость воды, если при анализе одного литра данной воды установлено следующее содержание ионов: Ca^{2+} - 0,1111 г; Mg^{2+} - 0,0605 г; SO_4^{2-} - 0,0985 г; Cl^- - 0,1418 г? Ответ: 10,52 ммоль экв./л; 4,48 ммоль экв./л.

Глава 7

РЕАКЦИИ ИОННОГО ОБМЕНА В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Протекающие в растворах электролитов реакции ионного обмена подчиняются общему правилу, сформулированному ниже:

реакции ионного обмена в растворах электролитов протекают в направлении образования наименее диссоциирующих соединений, труднорастворимых и газообразных веществ, т. е. в направлении образования:

- слабых кислот,
- слабых оснований,
- воды,
- осадков,
- газообразных (летучих) веществ.

*Молекулы этих веществ в
реакциях ионного обмена на
ионы не расписывают*

Рассмотрим соответствующие реакции более подробно с учетом классификации электролитов (таблица 7.1).

7.1. РЕАКЦИЯ СОЛИ С СОЛЮ

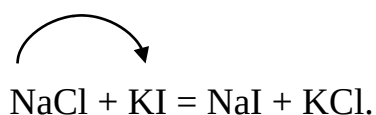
Реакция соли с солью протекает, когда исходные соли растворимы, а одна из вновь образующихся выпадает в осадок. Реакция возможна и в том случае, если одна из исходных солей является труднорастворимой, но при этом вновь образующаяся соль характеризуется еще меньшей растворимостью.

Методика составления уравнений реакций ионного обмена может быть следующей. Например, рассмотрим взаимодействие растворов двух солей – хлорида натрия и бромида калия. Учитывая, что на первом месте в формулах

Классификация электролитов

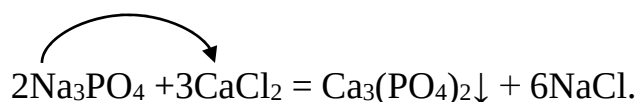
Электролиты			
сильные		слабые	
Кислоты	Основания	Кислоты	Основания
H_2SO_4 , HNO_3 , HCl , HBr , HI , HClO_3 , HMnO_4	LiOH , NaOH , KOH , RbOH , CsOH , Ca(OH)_2 , Sr(OH)_2 , Ba(OH)_2	H_2SO_3 , HNO_2 , HF , HCN , H_2CO_3 , H_3AsO_3 , CH_3COOH	Все трудно- растворимые и NH_4OH
Все соли		H_2O	

химических соединений записываются положительно заряженные частицы, после соответствующего ионного обмена могут быть получены формулы продуктов предполагаемого взаимодействия:

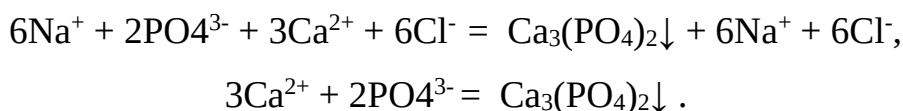


Для того чтобы определить, будет ли в действительности протекать это взаимодействие, по таблице растворимости необходимо проверить, есть ли в правой части уравнения реакции труднорастворимые вещества. Другими словами, необходимо уточнить, выполняется ли основное правило, определяющее возможность протекания реакций ионного обмена. В случае данной реакции обе соли NaI и KCl растворимы. Следовательно, реакция между растворами солей NaCl и KI не протекает, т. к. не ведет к образованию новых веществ: $\text{NaCl} + \text{KI} \neq$.

Возьмем для проведения реакции растворы двух других растворимых солей и запишем химические формулы продуктов предполагаемого взаимодействия:

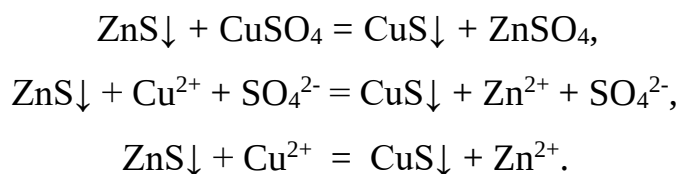


Образующийся фосфат кальция является труднорастворимым соединением, следовательно, данная реакция протекает. После расстановки коэффициентов в молекулярном уравнении реакции, запишем это взаимодействие в виде полного и краткого ионных уравнений:



Краткое ионное уравнение выражает суть реакции образования фосфата кальция. Следует обратить внимание, что химическая формула последнего записана в молекулярном виде. Если вещество труднорастворимо, оно находится в твердой фазе и не переходит в раствор. Соответственно полагают, что ионы труднорастворимого вещества в растворе отсутствуют.

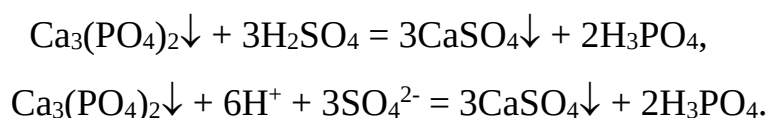
Рассмотрим процесс взаимодействия раствора медного купороса с труднорастворимым ZnS (минерал сфалерит). Соответствующая реакция будет протекать, так как продуктом взаимодействия является еще менее растворимый в воде CuS (минерал ковеллин):



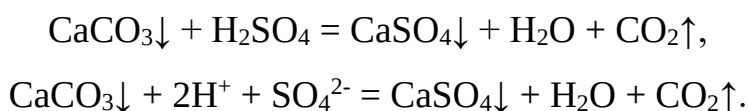
7.2. РЕАКЦИЯ СОЛИ С КИСЛОТОЙ

Реакция соли с кислотой возможна, если сильная кислота вытесняет более слабую, если образуется новая нерастворимая соль.

Так, серная кислота в водном растворе является более сильным электролитом, чем большинство других кислот и поэтому вытесняет их из солей:

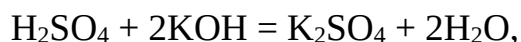


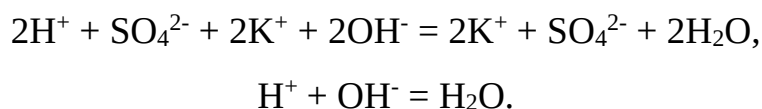
Рассмотрим реакцию раствора серной кислоты с кальцитом CaCO_3 . Серная кислота сильнее угольной, поэтому в результате данного взаимодействия из исходной соли вытесняется слабая угольная кислота. Также в данной реакции выполняется и второе условие сформулированного выше правила – образуется сульфат кальция CaSO_4 , малорастворимое соединение. Угольная кислота H_2CO_3 является не вполне стойкой и распадается на воду и углекислый газ:



7.3. РЕАКЦИИ С УЧАСТИЕМ ОСНОВНЫХ И КИСЛЫХ СОЛЕЙ

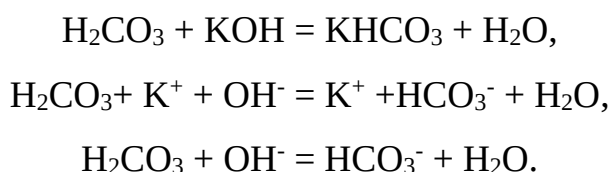
При взаимодействии кислоты и основания образуются соль и вода. Причем тип образующейся соли зависит от количественного соотношения исходных реагентов:



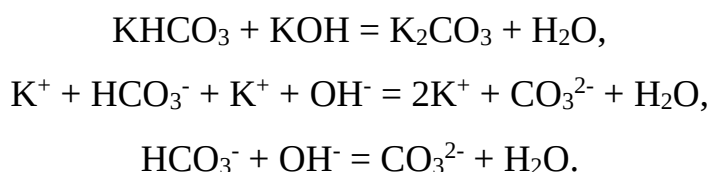


В данной реакции при полной взаимной нейтрализации кислоты и основания образуется средняя соль K_2SO_4 .

При недостаточном количестве основания и, соответственно, неполной нейтрализации кислоты, образуется кислая соль, содержащая ион водорода в кислотном остатке:

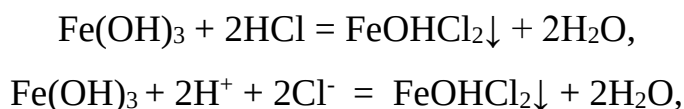


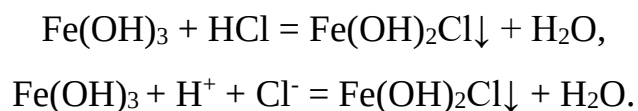
При добавлении к кислой соли какого-либо основания происходит ее нейтрализация и образуется средняя соль:



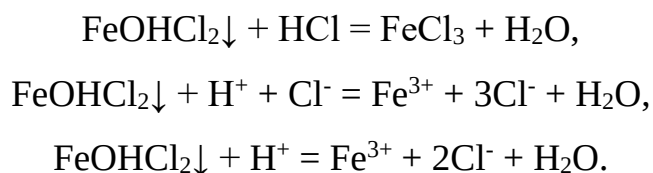
Кислые соли обычно не представлены в справочной таблице растворимости, поэтому при составлении ионных уравнений необходимо помнить, что эти соли, как правило, растворимы.

В таблице растворимости отсутствуют и нерастворимые основные соли. Они содержат в основном остатке одну или более гидроксильных групп и, соответственно, образуются при неполной нейтрализации основания кислотой:



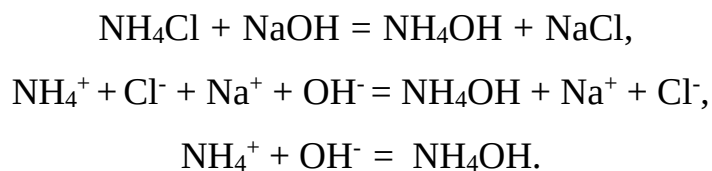
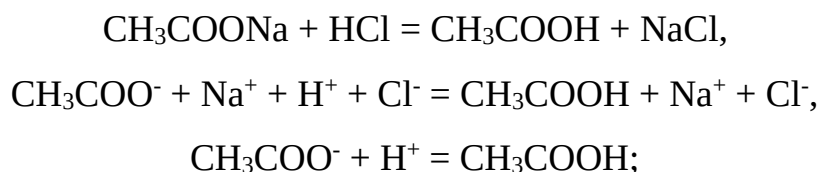


При добавлении кислоты к основной соли происходит образование средней соли:



7.4. РЕАКЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ СЛАБЫХ КИСЛОТ И СЛАБЫХ ОСНОВАНИЙ

Примерами реакций образования малодиссоциирующих соединений служат реакции образования слабых кислот и слабых оснований:



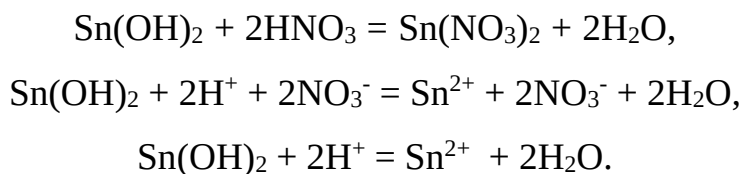
В отмеченных реакциях взаимодействие протекает в направлении образования слабого электролита - либо слабой кислоты, либо слабого основания.

7.5. РЕАКЦИИ С УЧАСТИЕМ АМФОТЕРНЫХ ГИДРОКСИДОВ

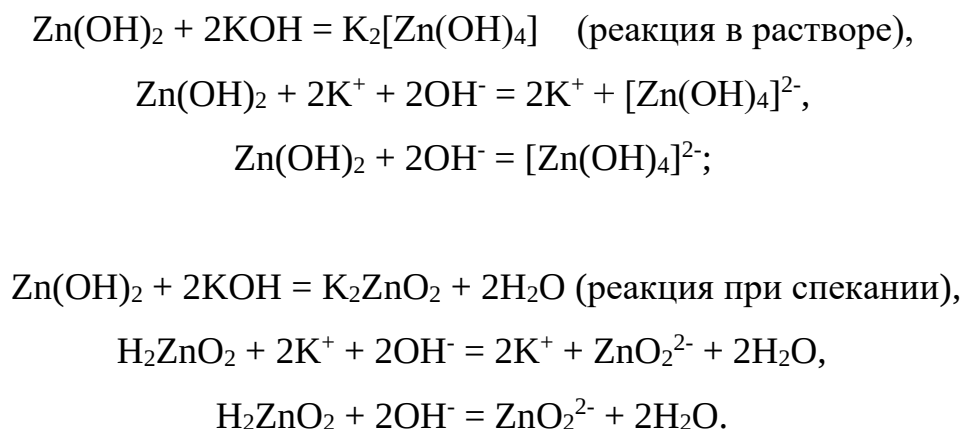
Ряд гидроксидов в реакциях ионного обмена проявляет как основные, так и кислотные свойства. Характер проявляемых свойств зависит от второго реагента, с которым такой гидроксид вступает в реакцию. Подобные гидроксиды называют амфотерными. К амфотерным гидроксидам относят: $\text{Zn}(\text{OH})_2$, $\text{Sn}(\text{OH})_2$, $\text{Pb}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$, $\text{Sb}(\text{OH})_3$ и некоторые другие.

Рассмотрим примеры реакций с участием амфотерных гидроксидов.

В реакции с кислотой амфотерный гидроксид проявляет свойства слабого основания:

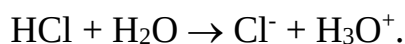


При взаимодействии с основанием амфотерный гидроксид проявляет свойства слабой кислоты. Для удобства составления уравнения соответствующей реакции нейтрализации можно представить формулу амфотерного гидроксида в виде кислоты. Например: $\text{Zn}(\text{OH})_2 = \text{H}_2\text{ZnO}_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3 = \text{H}_3\text{AlO}_3$. Следует помнить, что соли, образованные этими кислотами и сильными основаниями, как правило, растворимы:



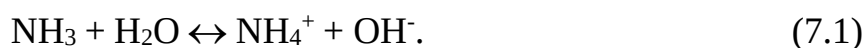
7.6. ТЕОРИЯ КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ БРЕНСТЕДА - ЛАУРИ

В 1923 г. Бренстед и Лаури независимо друг от друга предложили рассматривать кислоты как вещества, способные отдавать протон, а основания как вещества, способные его присоединять. Следовательно, поведение кислот и оснований можно описывать с учетом способности этих веществ к переносу протонов. Например, при растворении в воде HCl действует как кислота, отдавая протон растворителю. В то же время растворитель (H₂O) действует как основание, присоединяя протон:



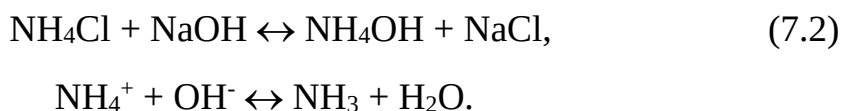
Термин «основание» применяют к веществам, образующим в водном растворе избыток ионов OH⁻. Отметим, что ион OH⁻ представляет собой акцептор протонов; он легко реагирует с гидратированным протоном, образуя воду: $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$.

Аналогично водные растворы аммиака обладают основными свойствами, потому что NH₃ реагирует с H₂O, образуя NH₄⁺ и OH⁻:



В этой реакции H₂O отдает протон молекуле аммиака; следовательно, H₂O играет роль кислоты, а NH₃ - основания.

Реакции, приведенные выше в качестве примера реакций с переносом протона, являются обратимыми. Так, при смешении NH₄Cl и NaOH образуются H₂O и NH₃:



Ионное уравнение (7.2) представляет собой процесс, обратный реакции между NH_3 и H_2O (7.1). В реакции (7.2) ион NH_4^+ играет роль донора протона, а ион OH^- - роль акцептора протона. Таким образом, если реакция протекает в одном направлении, H_2O играет роль кислоты, а NH_3 - роль основания. В обратной же реакции NH_4^+ играет роль кислоты, а OH^- - роль основания.

Рассмотренный пример показывает, что каждая кислота связана с сопряженным основанием, которое образуется из этой кислоты в результате отщепления от нее протона. Например, сопряженным основанием для NH_4^+ является NH_3 , а сопряженным основанием для H_2O является OH^- . Точно так же каждое основание имеет сопряженную кислоту, которая образуется из этого основания в результате присоединения к нему протона. Например, H_2O является сопряженной кислотой основания OH^- . **Кислота и основание, которые, подобно H_2O и OH^- , отличаются только наличием или отсутствием протона, называются сопряженной кислотно - основной парой.**

Чем легче какая - либо кислота отдает протон, тем труднее сопряженное ей основание присоединяет к себе протон. Другими словами, чем сильнее кислота, тем слабее сопряженное ей основание, а чем слабее кислота, тем сильнее сопряженное ей основание. Например, HCl является хорошим донором протона, потому что сопряженное этой кислоте основание Cl^- притягивает протоны слабее, чем вода. Вследствие этого протон переносится к H_2O с образованием H_3O^+ .

На рис. 7.1 приведен ряд распространенных кислот и сопряженных им оснований. Ион H_3O^+ является самым сильным донором протона, который может существовать в равновесии с водным раствором. Поэтому кислоты, расположенные на рис. 7.1 выше H_3O^+ , полностью отдают протоны воде с образованием H_3O^+ . Точно так же, OH^- представляет собой самое сильное основание, которое может находиться в равновесии с водным раствором. Всякий более сильный акцептор протона должен полностью реагировать с водой, отнимая у нее протоны и переводя ее молекулы в ионы OH^- .

Кислота		Основание	
Сильная	HCl	100 %-ная диссоциация в H ₂ O	NO ₃ ⁻
	H ₂ SO ₄		H ₂ O
	HNO ₃		SO ₄ ²⁻
Средняя	HSO ₄ ⁻	Очень слабое	H ₂ PO ₄ ²⁻
	H ₃ PO ₄		F ⁻
	HF		C ₂ H ₃ O ₂ ⁻
Слабая	HC ₂ H ₃ O ₂	Слабое	HCO ₃ ⁻
	H ₂ CO ₃		HS ⁻
	H ₂ S		HPO ₄ ²⁻
	H ₂ PO ₄ ⁻		NH ₃
	NH ₄ ⁺		CO ₃ ²⁻
Очень слабая	HCO ₃ ⁻	Среднее	PO ₄ ³⁻
	HPO ₄ ²⁻		OH ⁻
	H ₂ O		S ²⁻
	HS ⁻		O ²⁻
	OH ⁻		
100 %-ное протонирование в H ₂ O		Сильное	

Рис. 7.1. Относительная сила сопряженных пар кислота – основание.
Сильным кислотам соответствуют слабые сопряженные основания, а слабым кислотам – сильные сопряженные основания

7.7. ИОННОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ ВОДЫ. ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ pH

Вода - наиболее распространенный растворитель различных веществ. Поэтому физико-химические свойства воды имеют большое значение во многих областях экспериментальной и прикладной химии. Так, например, от содержания ионов H⁺ в воде сильно зависят растворимость различных ми-

нералов, разложение химических загрязнителей в сточных водах, скорость коррозии металлических материалов, а также пригодность воды для использования в технологических процессах. Обычно вода, не содержащая растворенных веществ, рассматривается как очень слабый электролит. Тем не менее, ее молекулы, хотя и в очень малой степени, диссоциируют, проявляя способность к самоионизации: $2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$.

В этом процессе одна молекула воды действует как донор протона, т. е. как соединение, отдающее протон, а другая – как акцептор, т. е. как соединение, присоединяющее протон. Обычно вместо ионов гидроксония H_3O^+ говорят об ионах водорода, и состояние динамического равновесия электролитической диссоциации воды упрощенно выражают уравнением:



Применив закон действия масс к диссоциации воды, можно записать общий вид соответствующей константы диссоциации:

$$K = \frac{C(\text{H}^+) \cdot C(\text{OH}^-)}{C(\text{H}_2\text{O})}.$$

Концентрация ионов H^+ (H_3O^+) и OH^- в воде крайне ничтожна. Установлено, что при комнатной температуре на ионы распадается только $1 \cdot 10^{-7}$ моль H_2O . Так как из одной молекулы воды получается один ион H^+ и один ион OH^- , то концентрация водородных, а следовательно, и гидроксильных ионов в чистой воде равна $1 \cdot 10^{-7}$ моль/л. Число молей в 1 л воды $1000 : 18 = 55,5$, где 1000 г – масса 1 л H_2O ; 18 г/моль – молярная масса H_2O . Тогда концентрация недиссоциированных молекул воды составит $(55,5 - 1 \cdot 10^{-7})$ моль/л. $1 \cdot 10^{-7}$ весьма малая величина по сравнению с 55,5. Поэтому концентрация недиссоциированных молекул воды может быть принята равной

55,5 моль/л. Тогда:

$$C(H^+) \cdot C(OH^-) = K \cdot C(H_2O) = K_{H_2O}.$$

Константа K_{H_2O} называется ионным произведением воды. Для фиксированной температуры она строго постоянна и при 22 °С $K_{H_2O} = 1 \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 10^{-7} = 1 \cdot 10^{-14}$.

Поскольку величина K_{H_2O} постоянна, то $C(H^+)$ и $C(OH^-)$ в водных растворах обратно пропорциональны друг другу. Любое повышение концентрации одного из этих ионов вызывает соответствующее уменьшение концентрации другого, и наоборот.

Хотя концентрации ионов водорода или гидроксильных групп могут быть очень малыми, в водных растворах они не бывают равными нулю, так как произведение их всегда постоянно и не равно нулю. Следовательно, в водных растворах кислот присутствуют не только ионы H^+ , но и ионы OH^- , а в щелочной среде вместе с ионами OH^- содержатся и ионы H^+ .

Ионное произведение воды позволяет по заданной концентрации H^+ найти концентрацию OH^- , и наоборот.

Пример. Определить концентрацию водородных ионов в 0,01 М растворе КОН.

Решение. КОН — сильный электролит. При полной диссоциации из каждой молекулы КОН образуется один ион OH^- . В 1 л раствора из 0,01 моль КОН образуется 0,01 моль ионов OH^- . Следовательно:

$$C(H^+) = \frac{K_{H_2O}}{C(OH^-)} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1 \cdot 10^{-2}} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ моль/л.}$$

На практике принято реакцию водных растворов характеризовать концентрацией ионов водорода. Раствор имеет нейтральную реакцию, если в нем $C(H^+) = C(OH^-) = 1 \cdot 10^{-7}$ моль/л. Если $C(H^+) > 1 \cdot 10^{-7}$ моль/л, раствор имеет

кислую реакцию. Кислотность раствора тем выше, чем больше концентрация ионов водорода. Раствор, в котором $C(H^+) < 1 \cdot 10^{-7}$ моль/л, имеет щелочную реакцию.

Концентрацию ионов H^+ в водных растворах удобно выражать при помощи **водородного показателя рН**, который определяется как отрицательный десятичный логарифм молярной концентрации ионов водорода: $pH = -\lg C(H^+)$.

Соответственно отрицательный десятичный логарифм концентрации гидроксильных ионов называется гидроксильным показателем и обозначается рОН: $pOH = -\lg C(OH^-)$.

Из уравнения $C(H^+) \cdot C(OH^-) = 1 \cdot 10^{-14}$ следует, что $pH + pOH = 14$.

В нейтральном растворе рН = 7; в кислом рН < 7; в щелочном рН > 7. Причем выделяют сильно- и слабокислую среду, а также сильно- и слабощелочную:

$$pH = \overset{\text{сильнокислая}}{1, 2, 3}, \underset{\text{слабокислая}}{4, 5, 6}, \overset{\text{нейтральная}}{7}, \underset{\text{слабощелочная}}{8, 9, 10}, \overset{\text{сильнощелочная}}{11, 12, 13, 14}.$$

Для количественного определения рН существуют различные способы. Например, с этой целью используются специальные приборы, называемые рН – метрами. Однако простейшим способом оценки рН является использование кислотно - основных индикаторов. Индикатор представляет собой вещество органического происхождения, способное менять окраску в зависимости от рН среды. Если известно значение рН, при котором индикатор переходит из одной окрашенной формы в другую, то по наблюдаемой окраске раствора можно судить о том, выше или ниже его рН, чем рН перехода окраски данного индикатора.

Например, лакмус, один из наиболее распространенных индикаторов, изменяет окраску при рН, близком к 7. Однако изменение окраски лакмуса

происходит не очень резко. Красный цвет лакмус имеет при рН, приблизительно равном 5 или ниже, а синий цвет лакмус имеет при рН, приблизительно равном 8,2 или выше.

Существуют другие индикаторы, изменяющие окраску при значениях рН между 1 и 14. Наиболее распространенные из них представлены в табл. 7.2. Из этой таблицы следует, что, например, метиловый оранжевый изменяет

Таблица 7.2

Цвет распространенных кислотно-основных индикаторов в различной среде

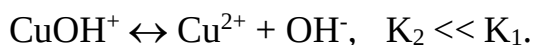
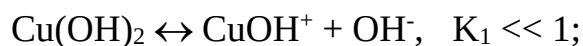
Индикатор	Цвет индикатора в зависимости от рН среды
Лакмус	рН<5,0 (красный) [фиолетовый] рН>8,0 (синий)
Фенолфталеин	рН<8,0 (бесцветный) [бледно-малиновый] рН>9,8 (малиновый)
Метиловый оранжевый	рН<3,1 (красный) [оранжевый] рН>4,4 (желтый)

окраску в интервале рН от 3,1 до 4,4. При рН ниже 3,1 он имеет красную окраску. В растворах с рН в интервале от 3,1 до 4,4 метиловый оранжевый постепенно переходит в свою основную форму, имеющую желтую окраску. Когда рН достигает 4,4, переход в основную форму полностью завершается и раствор приобретает желтую окраску. Для приблизительной оценки рН растворов часто пользуются полосками бумаги, пропитанными различными индикаторами, к которым прилагается цветная шкала сравнения.

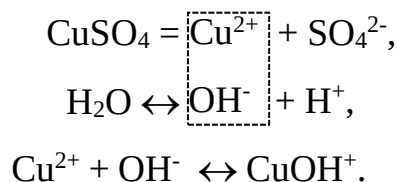
7.8. ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

Природная вода, морская и пресная, как правило не является нейтральной средой и характеризуется значением рН, отличным от 7. Дело в том, что во многих случаях вода может выступать в отношении различных веществ и минералов не только как растворитель, но и как активный реагент, вызывающий химическое взаимодействие обменного характера. Такое взаимодействие имеет место, если ионы, образующиеся при диссоциации растворенного в воде вещества, являются остатками слабых электролитов.

Поясним механизм соответствующего явления, рассмотрев процесс ступенчатой диссоциации какого-либо слабого электролита, например, $\text{Cu}(\text{OH})_2$:



Первое из двух записанных равновесий характеризуется константой равновесия K_1 . Величина этой константы намного меньше единицы, так как речь идет о слабом электролите. Следовательно, концентрация образующихся ионов CuOH^+ и OH^- очень мала. Еще меньше ионов образуется за счет второй ступени диссоциации слабого электролита, так как $K_2 \ll K_1$ (отщепление иона OH^- от положительно заряженного иона CuOH^+ требует больших энергетических затрат, чем отщепление от нейтральной молекулы $\text{Cu}(\text{OH})_2$). Поэтому, если в воде растворить сильный электролит, образующий при диссоциации ионы Cu^{2+} , в соответствии с принципом Ле Шателье произойдет смещение анализируемых равновесий в левую сторону. При этом связывание ионов OH^- вызовет и смещение равновесия диссоциации воды, что приведет к накоплению ионов H^+ и изменению характера среды в растворе:



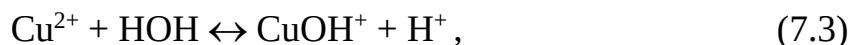
Процессы, рассмотренные выше, объединяют под названием «гидролиз». В общем случае гидролизом называют взаимодействие ионов растворенного вещества с ионами H^+ или OH^- молекул воды, ведущее к образованию малодиссоциирующих соединений и изменению pH раствора.

Явление гидролиза, вызывающее изменение характера среды, распространено в природе (табл. 7.3).

Необходимо помнить, что гидролизу подвергаются только те соли, которые содержат хотя бы один ион – остаток слабого электролита. Только в этом случае при растворении в воде возможно образование малодиссоциированных ионов (молекул) кислоты или основания, или того и другого вместе. Рассмотрим различные случаи гидролиза.

7.8.1. Гидролиз соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой

После растворения и диссоциации соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой, например, медного купороса CuSO_4 , в водном растворе устанавливается равновесие с участием ионов Cu^{2+} (остаток слабого электролита $\text{Cu}(\text{OH})_2$) и молекул H_2O :



или в молекулярной форме:

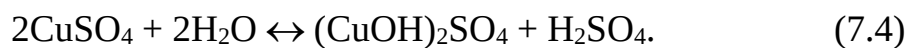


Таблица 7.3

Гидролиз в природных водных системах

Водная система	Среднее значение pH
Рудничные воды колчеданных месторождений	1 - 2
Воды кратерных озер	1 - 3
Воды торфяных болот	4
Воды, насыщенные CO ₂	5
Грунтовые воды (питьевые)	6,5 – 8,0
Морская вода	8,2 – 8,5
Содовые озера	10,0
Насыщенный раствор известняка, мела (CaCO ₃)	10,0

В результате гидролиза ионы OH⁻ частично связываются, а ионы H⁺ накапливаются. Поэтому в растворе становится больше ионов водорода, чем гидроксильных групп. Среда приобретает кислый характер: pH < 7.

Отметим последовательность действий при анализе процесса гидролиза той или иной соли.

Сначала следует определить, содержит ли соль ион – остаток слабого электролита. Например, при растворении NaCl образуются ионы Na⁺ и Cl⁻, соответствующие сильным электролитам – основанию NaOH и кислоте HCl. Подобные соли гидролизу не подвергаются: NaCl + H₂O ≠.

В том случае, если соль содержит ион – остаток слабого электролита, гидролиз протекать будет. Причем суть процесса выражают составлением молекулярного и ионного уравнений гидролиза. Удобнее, сделав заготовку

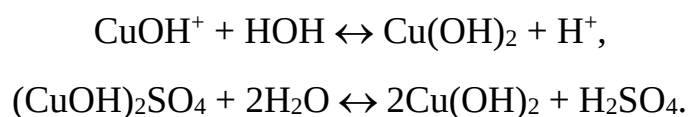
молекулярного уравнения, начать с ионной формы взаимодействия. При этом можно воспользоваться соответствующими правилами.

Для составления ионного уравнения гидролиза по катиону необходимо (смотри уравнение 7.3):

1. Выписать катион слабого основания.
2. Прибавить одну молекулу воды.
3. Поставить знак равновесия.
4. Записать формулу соединения, образованного катионом слабого основания и группой OH^- из воды.
5. Прибавить оставшийся от воды ион H^+ .

Комментарии к данному правилу.

При составлении ионного уравнения гидролиза к одному катиону слабого основания прибавляем только одну молекулу воды. Это связано с тем, что при обычных условиях гидролиз протекает только по первой ступени: один ион – остаток слабого электролита взаимодействует с одной молекулой воды. При повышении температуры или сильном разведении раствора возможны следующие ступени гидролиза до образования нейтральных молекул слабого электролита:



В уравнениях гидролиза ставится знак равновесия, так как гидролиз солей обратим. Например, если в результате гидролиза накапливаются ионы H^+ , добавление к раствору соли какой-либо сильной кислоты вызовет смещение равновесия в сторону исходных негидролизированных ионов соли.

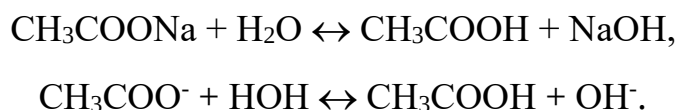
Для составления молекулярного уравнения гидролиза необходимо (смотри уравнение 7.4):

1. Выписать формулу соли.

2. Прибавить воду.
3. Поставить знак равновесия.
4. Записать формулы веществ, образованных катионами в правой части ионного уравнения и анионом исходной соли.
5. В случае необходимости – уравнивать.

7.8.2. Гидролиз соли, образованной сильным основанием и слабой кислотой

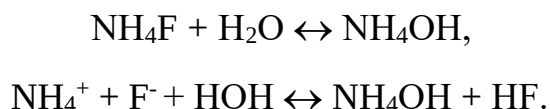
Примером соли, образованной сильным основанием и слабой кислотой, является ацетат натрия CH_3COONa . При растворении в воде эта соль диссоциирует на ионы Na^+ и CH_3COO^- . Ацетат – ион является остатком слабой уксусной кислоты, следовательно, исходная соль будет подвергаться гидролизу. Для составления молекулярного и ионного уравнений гидролиза можно воспользоваться правилами, подобными тем, что были рассмотрены выше для гидролиза соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой:



Ионы CH_3COO^- , взаимодействуя с ионами H^+ воды, образуют молекулы слабодиссоциированной уксусной кислоты. Ионы же Na^+ не связываются ионами OH^- , так как NaOH – сильный электролит. Уменьшение в растворе числа ионов H^+ нарушает равновесие между молекулами воды и ее ионами, вызывая диссоциацию дополнительного количества молекул воды. Вновь образующиеся ионы H^+ в свою очередь связываются ионами CH_3COO^- в молекулы CH_3COOH , а свободные ионы OH^- накапливаются в растворе. Избыток ионов гидроксила создает щелочную среду: $\text{pH} > 7$.

7.8.3. Гидролиз соли, образованной слабым основанием и слабой кислотой

Примером соли, образованной слабым основанием и слабой кислотой, служит фторид аммония NH_4F , гидролизующийся следующим образом:

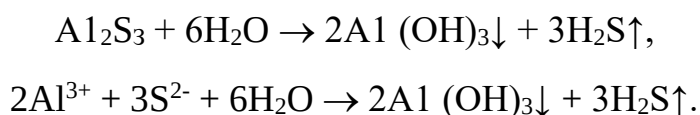


При гидролизе фторида аммония одновременно связываются ионы H^+ и OH^- , т. е. образуются два слабых электролита - слабая кислота и слабое основание. Характер среды в подобных случаях зависит от относительной силы образующихся кислоты и основания. При численном равенстве констант диссоциации основания и кислоты, среда будет нейтральной. Если константа диссоциации кислоты превышает константу диссоциации основания, то раствор соли будет слабокислым и, наоборот, раствор будет иметь слабощелочную реакцию, если константа диссоциации основания больше константы диссоциации кислоты.

7.8.4. Полный гидролиз

Возможен случай протекания гидролиза по всем возможным ступеням до полного разложения соли. Это происходит при гидролизе солей, образованных слабым основанием и слабой кислотой, когда получающиеся кислота и основание очень слабые, к тому же летучие или труднорастворимые. Такие соли отмечены прочерком в таблице растворимости. Они могут быть получены только сухим путем. При контакте с водой эти соли необратимо разлагаются, т. к. протекает полный гидролиз. В результате полного гидролиза образуются осадок слабого основания и молекулы слабой кислоты. Например,

взаимодействие Al_2S_3 (в таблице растворимости данная соль отмечена подчерком) с водой протекает следующим образом:



7.8.5. Количественные аспекты гидролиза

Для количественной характеристики процесса гидролиза используют две величины – **степень гидролиза** и константу гидролиза.

Отношение концентрации гидролизованной части молекул к общей концентрации соли в растворе называют степенью гидролиза:

$$h = C(\text{гидр.}) / C(\text{общ.}),$$

где h – степень гидролиза; $C(\text{гидр.})$ – концентрация гидролизированных молекул соли; $C(\text{общ.})$ – общая концентрация соли в растворе.

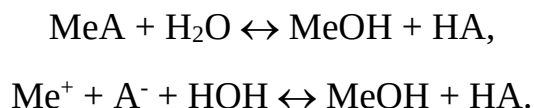
Степень гидролиза соли зависит от нескольких факторов:

1) от константы диссоциации кислоты или основания, образующихся в процессе гидролиза. Чем меньше константа диссоциации, тем больше степень гидролиза;

2) от температуры. При нагревании раствора гидролиз усиливается, так как увеличивается степень диссоциации воды;

3) для солей, образованных сильными кислотами и слабыми основаниями, а также сильными основаниями и слабыми кислотами, степень гидролиза также возрастает при разбавлении раствора.

Запишем в общем виде уравнение реакции гидролиза соли MeA , образованной слабым основанием MeOH и слабой кислотой HA :



Константа равновесия для гидролиза рассматриваемой соли имеет вид:

$$K = \frac{C(\text{MeOH}) \cdot C(\text{HA})}{C(\text{Me}^+) \cdot C(\text{A}^-) \cdot C(\text{H}_2\text{O})}. \quad (7.5)$$

Для разбавленного раствора можно принять, что молярная концентрация воды в результате реакции гидролиза практически не меняется и имеет почти то же значение, что и для чистой воды, а именно 55,5 моль/л. Объединяя в уравнении (7.5) две постоянные величины K и $C(\text{H}_2\text{O})$ в одну – константу гидролиза $K_{\text{гидр.}}$, получим:

$$K_{\text{гидр.}} = K \cdot C(\text{H}_2\text{O}) = \frac{C(\text{MeOH}) \cdot C(\text{HA})}{C(\text{Me}^+) \cdot C(\text{A}^-)}. \quad (7.6)$$

Константа гидролиза зависит от температуры и природы растворенной соли, но в области больших разбавлений практически не зависит от концентрации. Константа гидролиза показывает, насколько велика концентрация молекул слабого основания и молекул слабой кислоты в сравнении с концентрацией соответствующих катионов и анионов после установления равновесия гидролиза.

Умножим в равенстве (7.6) числитель и знаменатель дроби на величину $C(\text{H}^+) \cdot C(\text{OH}^-)$:

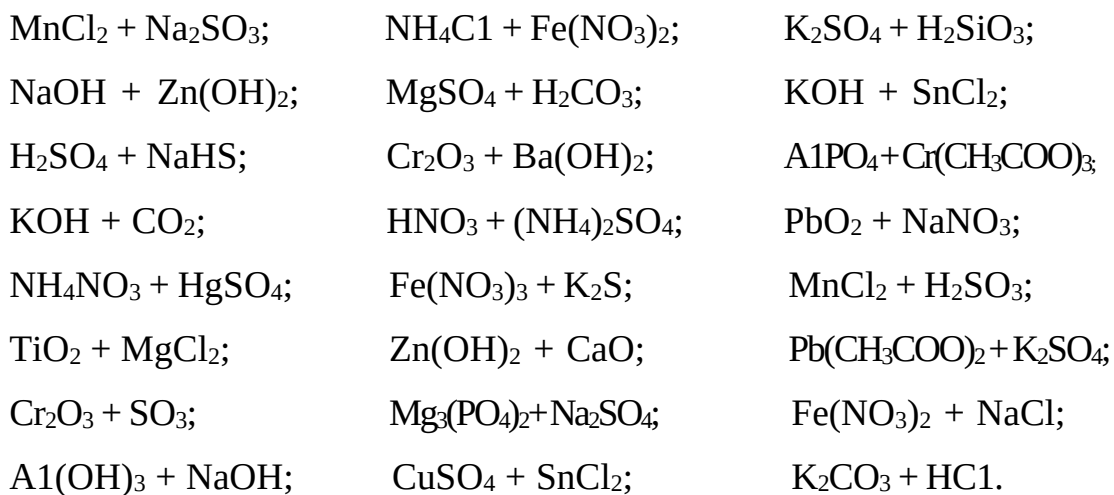
$$K_{\text{гидр.}} = \frac{C(\text{MeOH}) \cdot C(\text{HA}) \cdot C(\text{H}^+) \cdot C(\text{OH}^-)}{C(\text{Me}^+) \cdot C(\text{A}^-) \cdot C(\text{H}^+) \cdot C(\text{OH}^-)} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{MeOH}} \cdot K_{\text{HA}}}.$$

Следовательно, константа гидролиза соли, образованной катионом

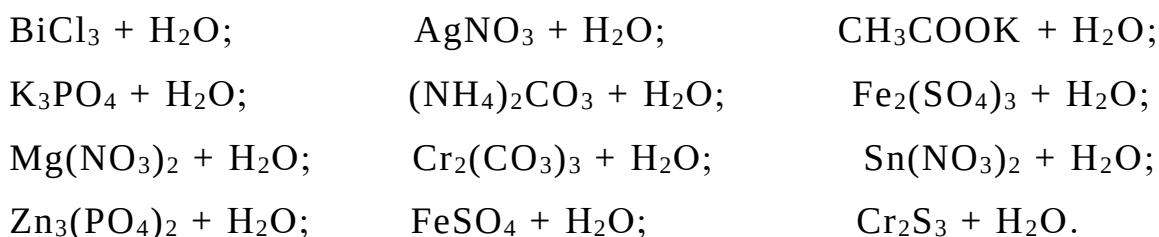
слабого основания и анионом слабой кислоты, равна ионному произведению воды, деленному на произведение констант диссоциации кислоты и основания. Чем слабее основание или кислота, катион и анион которых входят в состав соли, тем в большей степени соль будет подвергаться гидролизу, тем больше будет значение соответствующей константы гидролиза.

7.9. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Вычислить pH 0,005 н. раствора гидроксида калия.
2. Определить pH 0,01 н. раствора уксусной кислоты. Константа диссоциации CH_3COOH составляет $1,75 \cdot 10^{-5}$.
3. Чему равна концентрация ионов водорода в 0,1 н. растворе NaOH ?
4. Составить молекулярные и ионные уравнения возможных реакций:



5. Составить молекулярные и ионные уравнения возможных реакций гидролиза:



Глава 8

СТРОЕНИЕ АТОМА И ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН

Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

8.1. СТРОЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБОЛОЧЕК АТОМОВ

Для того чтобы понять закономерности распределения и содержания химических элементов в земной коре, необходимо знать электронную структуру атомов. Расположение электронов в атоме определяет его электронное строение и химические свойства.

Так, в геохимии явления распределения элементов в различных природных объектах связывают с конфигурацией электронных оболочек соответствующих атомов. По В.М. Гольдшмидту «геохимия изучает распределение и содержание химических элементов в минералах, рудах, породах, почвах, водах и атмосфере и циркуляцию элементов в природе на основе свойств атомов и ионов».

Современные представления об электронном строении атомов сформировались на основе классических положений **квантовой механики**. Квантовая (волновая) механика - раздел теоретической физики, изучающий законы движения микрочастиц, характеризующихся размерами 10^{-8} - 10^{-15} м.

Луи де Бройль предположил, что движение любой материальной частицы сопровождается распространением фазовых волн:

$$\lambda = \frac{h}{mV} , \quad (8.1)$$

где λ - длина волны, связанная с движущейся частицей вещества; h - постоянная Планка; m – масса движущейся частицы; V – скорость частицы.

У макроскопических тел волновые свойства не проявляются, так как

длины волн оказываются очень малыми. Однако формула (соотношение) де Бройля (8.1) позволила перенести представления о двойственной, корпускулярно - волновой природе на частицы вещества. Причем корпускулярно - волновой дуализм частиц микромира подтверждается опытами по отражению и прохождению электронов через кристаллы. В этих опытах проявляется дифракционная картина, наличие которой служит признаком волнового процесса. Соответствующий эффект наблюдается, когда длина волны, создаваемой электронами, имеет порядок величины, сопоставимый с межатомным расстоянием в кристалле.

Согласно статистической интерпретации волны де Бройля имеют особый физический смысл «волн вероятности». Интенсивность волны вероятности служит мерой вероятности обнаружения частицы в данном месте пространства. С позиций квантовой механики существование электрона в атоме связывается с вероятностью нахождения электрона в определенном объеме $dV(x,y,z)$ атомного пространства. Пространство вокруг ядра, в котором наиболее вероятно нахождение электрона, принято называть **атомной орбиталью**.

Возможность нахождения частицы в фиксированной области трехмерного пространства (x, y, z) в данный момент времени (t) характеризуется волновой функцией $\psi(x,y,z,t)$. Вероятность $W(x,y,z,t)$ обнаружить частицу в объеме $dV = dx \cdot dy \cdot dz$ в момент времени t определяется квадратом волновой функции:

$$W(x,y,z,t) = |\psi(x,y,z,t)|^2 dV.$$

Основное уравнение квантовой механики, определяющее вид функции ψ для различных случаев движения и взаимодействия микрочастиц, называется уравнением Шредингера. **Уравнение Шредингера** является постулатом и представляет собой дифференциальное уравнение высокого порядка. Для

одного электрона в отсутствие внешнего магнитного поля оно имеет вид:

$$\frac{i\hbar}{2\pi} \frac{\partial \psi}{\partial t} = - \frac{h^2}{8\pi^2 m} \Delta \psi + U(x, y, z, t) \psi,$$

где Δ - оператор Лапласа; $U(x, y, z, t)$ - потенциальная энергия электрона; m - масса электрона; $i = \sqrt{-1}$.

Решение уравнения Шредингера получается в виде набора целых чисел. Эти числа определяют наиболее вероятное положение электрона (его «адрес») в атоме. Электрон существует в трехмерном пространстве, поэтому такой набор включает три числа, которые называют квантовыми числами. **Квантовые числа** можно сравнить с почтовым индексом, содержащим в сжатом числовом коде информацию о местоположении интересующего объекта. Причем среди этих чисел есть главные (основные), без которых положение объекта не определяется в принципе, и вспомогательные, позволяющие детализировать его пространственную локализацию.

8.1.1. Квантовые числа

Первое число в решении уравнения Шредингера называют главным квантовым числом (обозначают буквой n). **Главное квантовое число** определяет энергию электрона в атоме, связанную с расстоянием, на которое электрон удален от ядра. Чем больше значение n , тем слабее связан электрон с ядром, тем на большем удалении от ядра атома он находится. Причем энергия электрона принимает не любые, а лишь определенные дискретные (квантовые) значения.

Главное квантовое число может принимать целочисленные значения. Реально для электронов в невозбужденных атомах химических элементов оно

изменяется от 1 до 7. Совокупность электронов в атоме, характеризующихся одним и тем же значением главного квантового числа, называют **энергетическим уровнем или электронным слоем** (с соответствующим значением n номером). Энергетические уровни, для которых $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$, также называют, соответственно, K, L, M, N, O, P, Q - уровнями. Если, например, $n = 4$, то говорят, что электрон находится на четвертом (считая от ядра) уровне или на N - уровне.

Второе число в решении уравнения Шредингера - **орбитальное, или побочное, квантовое число l** характеризует различие в энергетическом состоянии электронов в пределах данного уровня. Значение орбитального квантового числа определяет число подуровней, составляющих данный энергетический уровень. Для электронов, находящихся на энергетическом уровне с главным квантовым числом n , орбитальное квантовое число l может принимать значения 0, 1, 2, 3, ... до $(n - 1)$. Поэтому возможное число подуровней в каждом энергетическом уровне равно значению главного квантового числа.

Численные значения l принято заменять буквенными обозначениями. Подуровни, которым отвечают значения побочного квантового числа $l = 0, 1, 2$ и 3, называются, соответственно, s, p, d и f - подуровнями.

В состав энергетических уровней входят следующие подуровни:

1-й уровень – s - подуровень ($l = 0$);

2-й уровень – s - подуровень ($l = 0$) и p - подуровень ($l = 1$);

3-й уровень – s - подуровень ($l = 0$), p - подуровень ($l = 1$) и d - подуровень ($l = 2$);

4-й уровень – s - подуровень ($l = 0$), p - подуровень ($l = 1$), d - подуровень ($l = 2$) и f - подуровень ($l = 3$).

В атомах известных химических элементов более четырех подуровней электронами не заполняется.

С точки зрения волновых представлений орбитальное квантовое число

характеризует форму электронного облака, пространственную область его наиболее вероятного нахождения. Для атомной орбитали s - электронов характерна форма шара, для p - электронов – форма гантели, для d - электронов – форма четырехлопастного винта, для f - электронов эта форма еще сложнее.

Третье число в решении уравнения Шредингера - **магнитное квантовое число m_l** характеризует магнитный момент электрона, обусловленный его движением в поле ядра. Магнитное квантовое число принимает целочисленные значения от $-l$ до $+l$, включая нуль, т. е. всего $(2l+1)$ значений. Например, для d - электрона, для которого $l=2$, магнитное квантовое число может иметь $(2 \cdot 2 + 1)$ значений, а именно $m_l = -2, -1, 0, +1, +2$. Этим значениям отвечают $(2l+1)$ энергетических состояний - так называемых квантовых или энергетических ячеек, возможных для электронов данного подуровня. Эти ячейки принято обозначать квадратами, а находящиеся в них электроны - стрелками.

Электрон обладает способностью вращаться вокруг собственной оси. Поэтому дополнительно к трем рассмотренным квантовым числам добавляется еще одно, не связанное с решением уравнения Шредингера. Соответствующее квантовое число S называют спиновым квантовым числом или спином электрона. Спиповое квантовое число принимает два значения $+\frac{1}{2}$ или $-\frac{1}{2}$ в зависимости от направления вращения электрона вокруг своей оси.

8.1.2. Распределение электронов в атомах. Принципы запрета и наименьшей энергии

Распределение электронов в атомах химических элементов определяется тремя основными положениями: принципом запрета Паули, принципом наименьшей энергии, а также правилом Гунда.

Согласно принципу запрета, установленному швейцарским физиком

В. Паули, в атоме не может быть двух электронов с одинаковым набором всех четырех квантовых чисел. Максимальное количество электронов, которое может находиться на n - ном энергетическом уровне, так, чтобы не нарушалось это условие, соответствует формуле $x = 2n^2$. Следовательно, на первом уровне может находиться не более двух электронов, на втором - 8, на третьем - 18, на четвертом - 32 и т. д. Наибольшее количество электронов, которое может разместиться на s - подуровне любого уровня равно 2, на p - подуровне их может разместиться не более 6, на d - подуровне - 10 и на f - подуровне - 14.

При описании электронных структур отдельных атомов для условной записи принята определенная символика. Вначале арабскими цифрами указывают номер уровня, а далее буквенным символом s , p , d или f - подуровень, к которому относятся электроны, и, наконец, верхним цифровым индексом справа от этого символа - количество электронов на рассматриваемом подуровне. Так, например, запись $4p^6$ означает, что на p - подуровне четвертого энергетического уровня располагается 6 электронов; а запись $4f^3$, что на f - подуровне четвертого уровня находится 3 электрона.

Согласно другому принципу – принципу наименьшей энергии, распределение электронов должно отвечать наибольшей прочности их связи с ядром атома, т.е. электрон прежде всего занимает такие положения, при которых он будет обладать наименьшим собственным запасом энергии. Так как энергия электрона в основном определяется значениями квантовых чисел n и l ,

Клечковский В. М. предложил следующие два правила:

1. По мере увеличения заряда ядра атома последовательное заполнение электронами энергетических уровней и подуровней осуществляется в направлении возрастания суммы главного n и орбитального l квантовых чисел $(n+l)$.

2. Если сумма $(n+l)$ оказывается одинаковой для нескольких подуровней, то последовательное заполнение электронами энергетических уровней и подуровней происходит в порядке уменьшения l и увеличения n . Например,

при $n+l = 6$ сначала заполняется $4d$ - подуровень ($n = 4, l = 2$), а затем $5p$ - подуровень ($n = 5, l = 1$).

8.1.3. Квантовые ячейки. Правило Гунда

Количеством значений магнитного квантового числа для электронов одного подуровня определяется число квантовых (энергетических) ячеек этого подуровня. Квантовые ячейки для электронов обычно располагаются ступенями, что соответствует повышению энергии электронов при переходе от s к p подуровню. Внутри каждой ячейки может размещаться не более двух электронов, которые при этом должны различаться значением спинового квантового числа (иметь антипараллельные спины). В противном случае для двух электронов одного атома все четыре квантовые числа будут иметь одинаковые значения, что противоречит принципу запрета Паули.

Понятием квантовая ячейка охватывается энергетическое состояние электрона, характеризуемое определенными значениями квантовых чисел n , l и m_l . Для s - электронов при значении орбитального квантового числа $l = 0$ возможно только одно значение магнитного числа: $m_l = 0$, и, таким образом, в s - подуровне может быть только одна энергетическая ячейка.

Для p - электронов ($l = 1$) возможны три варианта магнитного квантового числа ($-1, 0, +1$) и, соответственно, три квантовые ячейки в p - подуровне. Для d - электронов ($l = 2$) возможны 5 значений m_l ($-2, -1, 0, +1, +2$), соответственно, в d - подуровне имеется 5 ячеек. В случае f - подуровня ($l = 3$) m_l принимает значения $-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3$ (7 ячеек).

Значениями орбитального квантового числа l определяется форма электронного облака (атомной орбитали). В свою очередь, магнитное квантовое число определяет взаимную ориентацию в пространстве этих орбиталей. Для s - электронов при $l = 0$ и $m_l = 0$ это соответствует тому, что для электрон-

ного облака шаровидной формы не существует различных вариантов его ориентации в пространстве, все направления равнозначны (рис. 8.1). Для p - электронов, имеющих форму гантели, $l = 1$ и m_l может принимать 3 значения, чему отвечают 3 варианта взаимной ориентации этих орбиталей: вдоль осей x , y , z (рис. 8.2). У более сложных по своей конфигурации d и f - электронов существует 5 и 7 вариантов соответственно их взаимного расположения в пространстве. Знание такой взаимной ориентации атомных орбиталей p , d и f - электронов позволяет объяснить направленный характер химической связи, расположение химических связей в пространстве под вполне определенными углами.

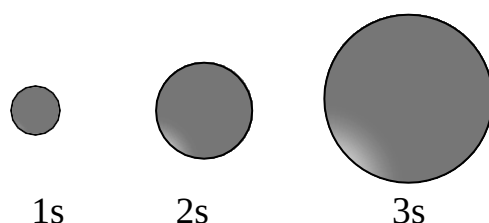


Рис. 8.1. Изображения контуров 1s-, 2s- и 3s – орбиталей

Для определения конфигурации электронных оболочек атомов используют еще одно теоретическое положение - **правило Ф. Гунда**:

электроны в пределах данного подуровня (s-, p-, d- или f-) располагаются сначала по одному в свободных квантовых ячейках, ориентируя при этом свои спины параллельно.

Например, по правилу Гунда, пять электронов на d - подуровне размещаются по одному в каждой из пяти энергетических ячеек подуровня. При этом спины электронов должны быть направлены в одну сторону.

В зависимости от того, на какой подуровень приходится последний электрон при застройке электронной оболочки атома, различают s , p , d и

f - элементы.

Символы s - элементов отмечены в таблице Менделеева красным цветом. Для s - элементов характерны ярко выраженные металлические свойства; их атомы легко отдают внешние электроны. Атомы данных элементов способны окисляться ионами водорода воды и разбавленных кислот, причем для большинства из них (кроме бериллия и магния) даже с водой реакция протекает довольно бурно.

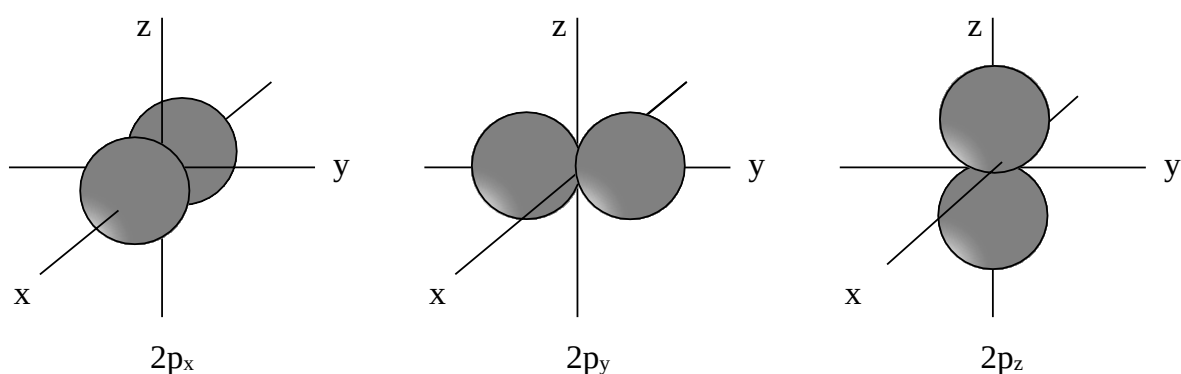


Рис. 8.2. Изображения контуров 2p – орбиталей. Три орбитали с различной ориентацией в пространстве соответствуют различным значениям магнитного квантового числа

Водород также способен терять электрон и образовывать соединения, в которых его степень окисления +1. Однако наряду с этим известны соединения (гидриды щелочных и щелочноземельных металлов), в которых водород заряжен отрицательно.

Символы p - элементов отмечены в таблице Менделеева желтым цветом. Часть p - элементов обнаруживает неметаллические свойства, проявляя способность как к окислению, так и к восстановлению, например, N, P, S. Для таких p - элементов как, например, Al, Ga, In, Tl, Sn, Pb более характерны

металлические свойства и положительные степени окисления в соединениях. Атомы инертных газов, относящихся к р - элементам, окисляются трудно, т.к. имеют устойчивую электронную конфигурацию с завершенным р - подуровнем внешнего энергетического уровня.

К числу d - элементов принадлежат представители переходных элементов. Переходные элементы, расположенные в периодической системе Д. И. Менделеева друг под другом, обнаруживают большое сходство в свойствах и составляют побочные подгруппы I - VIII групп. Все d - элементы - типичные металлы, образуемые ими простые вещества способны выступать в окислительно - восстановительных реакциях только в качестве восстановителей.

К числу f - элементов относят два семейства элементов - лантаноиды и актиноиды. Все f - элементы являются типичными металлами, практически для всех них характерна степень окисления +3 и близкие химические свойства в пределах семейства.

8.2. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ЭЛЕМЕНТОВ

8.2.1. Размеры атомов

Ряд свойств атомов зависит от их электронной конфигурации. Такими свойствами, определяющими важные характеристики химического поведения атомов различных элементов являются размер атома, энергия ионизации, энергия сродства к электрону.

Согласно квантовомеханической модели, атом не имеет четко определенных границ, позволяющих однозначно установить его размеры. С увеличением расстояния от ядра вероятность обнаружения электрона в соответствующей области атомного пространства уменьшается, приближаясь к нулевому значению на больших расстояниях. Тем не менее, существуют методики, позволяющие рассчитывать расстояния между атомами, находящимися

в химических соединениях. С помощью этих методик определены атомные радиусы, которые служат мерой относительных размеров атомов. Например, расстояние между центрами атомов Br в молекуле Br₂ равно 2,28 Å⁰, что позволяет приписать атому Br радиус 1,14 Å⁰.

При перемещении слева направо вдоль любого периода таблицы Менделеева отмечается увеличение эффективного заряда ядра атомов и числа электронов на их внешнем энергетическом уровне. Общее число энергетических уровней для атомов химических элементов в пределах одного периода при этом неизменно. В результате с увеличением порядкового номера элемента происходит рост энергии взаимодействия электронов с ядром и заметное сжатие внешних орбиталей.

Перемещение сверху вниз в любой группе, наоборот, приводит к возрастанию размера атомов, что соответствует увеличению их главного квантового числа, определяющего число энергетических уровней.

В изменении атомных радиусов обнаруживается периодическая закономерность. При перемещении вдоль каждого периода от щелочного металла (1 группа) к галогену (7 группа) наблюдается уменьшение размеров атомов. В пределах каждого семейства (группы) периодической таблицы, например, среди щелочных металлов, по мере увеличения атомного номера радиус атома возрастает.

8.2.2. Энергия ионизации

Энергией ионизации I называется энергия, необходимая для отрыва и удаления электрона из сферы влияния ядра изолированного атома.

Более доступной для экспериментального определения величиной является **потенциал ионизации**. Это тот наименьший потенциал, при котором происходит отрыв электрона из атома и последующее его удаление из сферы притяжения ядра. Энергию ионизации I выражают в Джоулях или электрон -

вольтах (эВ); 1 эВ – энергия электрона в ускоряющем электрическом поле с разностью потенциалов 1 В (1 эВ = 96,49 кДж/моль). Оба эти понятия обычно используются как равнозначные. Чем больше энергия ионизации, тем прочнее связан электрон в атоме или ионе. Следовательно, чем меньше энергия ионизации данного атома, тем более выражены его восстановительные свойства.

При удалении из атома не одного, а двух и более электронов говорят о первом I_1 , втором I_2 и т. д. ионизационном потенциале. Удаление каждого последующего электрона из атома (иона) требует затраты все большего количества энергии. Причина этого заключается в том, что положительный заряд ядра, определяющий силу притяжения удаляемого электрона, остается все время постоянным, тогда как число электронов, нейтрализующих этот заряд, последовательно уменьшается.

В периодах величина энергии ионизации с возрастанием порядкового номера увеличивается (табл. 8.1), а восстановительная способность атомов, соответственно, уменьшается. Это связано с уменьшением радиусов атомов и увеличением положительных зарядов ядер.

Энергия ионизации в пределах главных подгрупп с увеличением порядкового номера уменьшается, а восстановительная способность атомов, соответственно, увеличивается. Объясняется это тем, что притяжение валентного электрона к ядру ослабляется с увеличением радиуса атома, причем это увеличение влияет на силу притяжения в большей мере, чем возрастание положительного заряда ядра.

Таким образом, в таблице Менделеева из s- и p - элементов наиболее сильные восстановители расположены слева внизу (самый сильный восстановитель - франций). Наиболее слабые восстановительные свойства проявляют химические элементы, расположенные в правом верхнем углу таблицы. Особенно это относится к фтору.

Для переходных элементов (d - элементы), а также для лантаноидов и актиноидов (f - элементы) значения энергии ионизации с возрастанием по-

рядкового номера постепенно увеличиваются, но незначительно, поскольку с возрастанием порядкового номера мало изменяются радиусы атомов и заряды ядер.

Таблица 8.1

Последовательные энергии ионизации I_n (кДж/моль) атомов химических элементов третьего периода

Элемент	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7
Na	490	4560					
Mg	735	1445	7730				
Al	580	1815	2740	11600			
Si	780	1575	3220	4350	16100		
P	1060	1890	2905	4950	6270	21200	
S	1005	2260	3375	4565	6950	8490	27000
Cl	1255	2295	3850	5160	6560	9360	11000
Ar	1525	2665	3945	5770	7230	8780	12000

8.2.3. Сродство к электрону и электроотрицательность

Характеристикой способности нейтральных атомов к присоединению электронов является **сродство к электрону E** - количество энергии, которая выделяется или которую необходимо затратить для присоединения электрона к атому. В случае большинства нейтральных атомов и всех положительно заряженных ионов присоединение электрона сопровождается выделением энергии и соответствует экзотермическому процессу. Следовательно, чем больше по абсолютной величине отрицательное значение E , тем больше способность атома притягивать электроны и, соответственно, выше его окислительная активность.

Сродство к электрону тесно связано с энергией ионизации: сродство к

электрону для однозарядного положительного иона противоположно по знаку, но совпадает по величине с энергией ионизации соответствующего нейтрального атома.

В изменении величины сродства к электрону в периодах и группах таблицы Менделеева нет столь же ярко выраженной закономерности, как в изменении энергии ионизации. Сродство к электрону зависит не только от радиуса атома и заряда ядра, но и от числа электронов на внешнем уровне атома и наличия свободных квантовых ячеек.

Для характеристики относительной способности атома смещать к себе участвующие в образовании химической связи электроны и приобретать отрицательный заряд служит еще одна условная величина - электроотрицательность. Мерой электроотрицательности (χ) является полусумма первого потенциала ионизации I_1 и сродства к электрону E :

$$\chi = (I_1 + E)/2.$$

Удобнее пользоваться не абсолютными значениями электроотрицательности, а относительными. При оценке значений электроотрицательности одному из элементов приписывают условно выбранное значение параметра. Например, в качестве точки отсчета выбирают значение 2,5, которое принимается за электроотрицательность углерода. Понятие электроотрицательности ввел Л. Полинг, который и выбрал для углерода это значение. Конкретное значение точки отсчета не играет важной роли, так как сравнивают относительные значения электроотрицательности элементов. По Полингу наиболее электроотрицательным элементом является фтор, имеющий электроотрицательность, равную 4,0. Наименьшую электроотрицательность, равную 0,79, имеет цезий. Электроотрицательности всех остальных элементов находятся в отмеченных пределах. Чем выше значение электроотрицательности для данного элемента, тем более выражены его неметаллические свойства, тем

сильнее его атомы в молекулах химических соединений притягивают электроны, приобретая отрицательный эффективный заряд.

С увеличением порядкового номера электроотрицательность s- и p- элементов в периодах увеличивается (от щелочного металла к галогену), а в подгруппах, как правило, снижается. В целом, при перемещении слева направо вдоль одного периода сродство к электрону возрастает, что соответствует увеличению способности атома притягивать электрон.

Самые большие значения сродства к электрону характерны для галогенов. Это объясняется тем, что атомы галогенов имеют конфигурацию внешних электронов вида s^2p^5 . Добавление всего одного электрона от атома другого элемента приводит к образованию устойчивой конфигурации, характерной для атомов благородных газов. Полной противоположностью галогенам являются химически инертные благородные газы – гелий, неон, аргон, криптон, ксенон и радон. Атомы благородных газов, имеющие заполненные s- и p- подуровни, не притягивают к себе дополнительного электрона; чтобы присоединить к ним электрон, нужно затратить энергию. Точно так же присоединение электрона к атомам щелочноземельных металлов требует затраты энергии, т.к. в каждом из них имеется заполненный внешний s - подуровень.

8.3. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Укажите, какие экспериментальные данные свидетельствуют о наличии волновых свойств у частиц вещества.

2. Формально ион Li^{2+} имеет всего один электрон. Как вы думаете: большую или меньшую величину составит энергия ионизации данного иона в сравнении с энергией ионизации атома водорода H? Объясните ответ.

3. Какие из перечисленных ниже обозначений атомных орбиталей не имеют смысла: 4f, 2d, 2s, 5p, 1p, 3f, 3d?

4. Укажите значения квантовых чисел n , l , m_l для всех орбиталей, входящих в $4f$ - подуровень; для всех орбиталей, входящих в электронную оболочку с $n = 2$.

5. Чем отличаются $2p$ - и $3p$ - орбитали?

6. Какие характеристики орбиталей определяются значением: а) главного квантового числа; б) орбитального квантового числа; в) магнитного квантового числа?

7. Укажите, в чем различие между следующими терминами: а) орбита и орбиталь; б) длина волны и частота; в) s - орбиталь и p - орбиталь; г) основное и возбужденное состояние; д) непрерывный спектр и линейчатый спектр; е) главное квантовое число и орбитальное квантовое число.

8. Запишите наборы квантовых чисел, разрешенных для каждой из следующих орбиталей: а) $1s$; б) $2p$; в) $3d$.

9. Какая из орбиталей каждой указанной пары имеет более низкую энергию в многоэлектронном атоме: а) $3p$, $5s$; б) $2s$, $2p$; в) $3d$, $3s$; г) $3d$, $4f$?

10. Объясните, почему $2s$ -электрон в атоме бериллия испытывает действие большего эффективного заряда ядра, чем $2s$ -электрон в атоме лития?

11. Напишите электронные конфигурации следующих атомов: а) K ; б) Si ; в) Se ; г) Mn ; д) La .

12. Как изменяются перечисленные ниже свойства при перемещении слева направо в любом периоде таблицы Менделеева: а) размер атома; б) энергия ионизации; в) сродство к электрону. Как изменяется каждое из этих свойств при перемещении сверху вниз в произвольной группе таблицы?

13. Исходя из положения элементов в периодической таблице, укажите, какой из атомов в каждой паре имеет большее значение радиуса: а) Na , Li ; б) Li , Be ; в) O , P ; г) N , Si .

14. Исходя из положения элементов в периодической таблице, укажите, какой из атомов в каждой паре имеет большее значение энергии ионизации: а) N , F ; б) Na , Mg ; в) O , S ; г) Al , Si .

15. Объясните низкую реакционную способность благородных газов с учетом их энергий ионизации и сродства к электрону.

Глава 9

ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

9.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Вода – одно из самых распространенных на Земле веществ. Это вещество и в жидком и в твердом состоянии состоит из молекул H_2O .

Миллионы лет назад при высыхании обширных морей образовались крупные залежи другого распространенного вещества - минерала галита. Химический состав данного минерала соответствует хлориду натрия NaCl . Как в растворе, так и в твердом состоянии хлорид натрия состоит из ионов Na^+ и Cl^- .

Почему вещества состоят из разных частиц, одни из заряженных ионов, а другие из электронейтральных молекул?

Объяснение природы сил, ответственных за химическую связь атомов, стало возможным после установления электронного строения атомов. Все современные теории химической связи сходятся в одном: образование химической связи сопровождается существенной перестройкой электронных оболочек взаимодействующих атомов. При этом важно, что перестройка электронных оболочек затрагивает в основном наиболее подвижные валентные электроны внешнего, а в некоторых случаях и более глубоких уровней.

У s- и p - элементов валентными являются электроны внешнего уровня. У d - элементов валентными являются не только s - электроны внешнего, но и d - электроны предпоследнего уровня. У f - элементов (лантаноидов и актиноидов) валентными являются s - электроны внешнего уровня, обычно один d - электрон предпоследнего уровня и f - электроны третьего извне уровня. Например, для урана, проявляющего в химических соединениях степени окисления +3, +4, +5 и +6, валентную группу электронов образуют два 7s, один 6d

и три 5f - электрона: ${}_{92}\text{U} = \dots 5f^3 6d^1 7s^2$.

Образование молекул из отдельных атомов, между которыми возникает химическая связь, всегда сопровождается выделением значительного количества энергии. Эта энергия образования химической связи, так же, как и обратная ей по знаку энергия разрыва (или диссоциации) связи, может служить мерой прочности химической связи.

В зависимости от характера перераспределения валентных электронов между взаимодействующими атомами различают два основных типа химической связи:

1) ионную (гетерополярную), когда электроны практически полностью переходят от одного взаимодействующего атома к другому;

2) ковалентную (гомеополярную), когда электроны лишь частично смещаются к одному из взаимодействующих атомов.

Теория химической связи основывается на том, что атомы или ионы, имеющие на внешнем уровне 8 (или 2 для легких атомов) электронов, т.е. подобные по своей электронной конфигурации атомам инертных газов, отличаются большой устойчивостью. Поэтому атомы, переходя в состояние ионов, либо теряют электроны до тех пор, пока не будет образована устойчивая восьми- или двухэлектронная оболочка, либо приобретают электроны до тех пор, пока их внешний электронный уровень не будет дополнен до восьмиэлектронной оболочки. Между образовавшимися противоположно заряженными ионами возникает химическая связь.

Основы теории ковалентной (гомеополярной) химической связи разработал **Г. Н. Льюис**. Он считал, что устойчивые электронные конфигурации возникают не за счет полного перехода части внешних электронов от одного атома к другому, а за счет образования одной или нескольких общих для обоих взаимодействующих атомов пар электронов. Эти пары электронов принадлежат одновременно одному и другому атому. Льюис предложил в формулах молекул химических соединений указывать только наиболее подвижные валентные электроны, обозначая их точками вокруг символов ато-

мов. Одной паре общих электронов соответствует одинарная связь, двум парам - двойная, трем парам - тройная и т. д. (рис. 9.1).

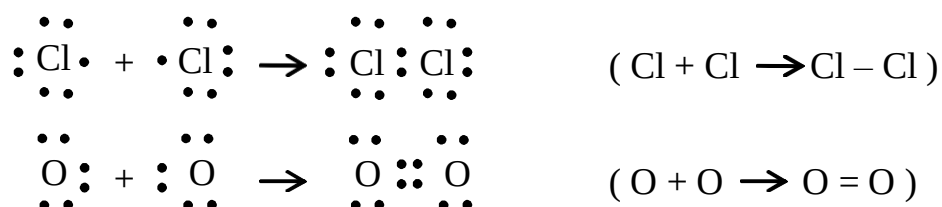


Рис. 9.1. Схема химической связи по Г.Н. Льюису.

Связь образуется за счет общих электронных пар. Одной паре общих электронов соответствует одинарная связь, двум парам – двойная и т.д.

Теория Льюиса позволила объяснить структуру большого количества соединений как неорганических, так и органических, ионных и ковалентных, полярных и неполярных. Но оставалось неясным, почему именно пары электронов обладают свойством образовывать химическую связь. Ответ на этот вопрос был получен лишь после того, как к объяснению и количественной трактовке химической связи была приложена квантовая теория.

Используя уравнения квантовой механики, расчетным путем удалось определить, как изменяется потенциальная энергия системы из двух атомов водорода по мере их сближения (рис. 9.2). Было установлено, что если электроны двух взаимодействующих атомов водорода имеют параллельные спины, то сближение этих атомов приводит к постепенному увеличению потенциальной энергии системы и росту сил отталкивания; химическая связь в этом случае не возникает. Если же электроны взаимодействующих атомов имеют разноименные спины (нижняя кривая), то по мере уменьшения расстояния между атомами и нарастании сил химической связи потенциальная энергия убывает, на некотором расстоянии она достигает минимума, что далее приводит к образованию молекулы H_2 . Дальнейшее сближение атомов связано с

преодолением электростатических сил отталкивания между одноименно заряженными ядрами и требует больших затрат энергии.

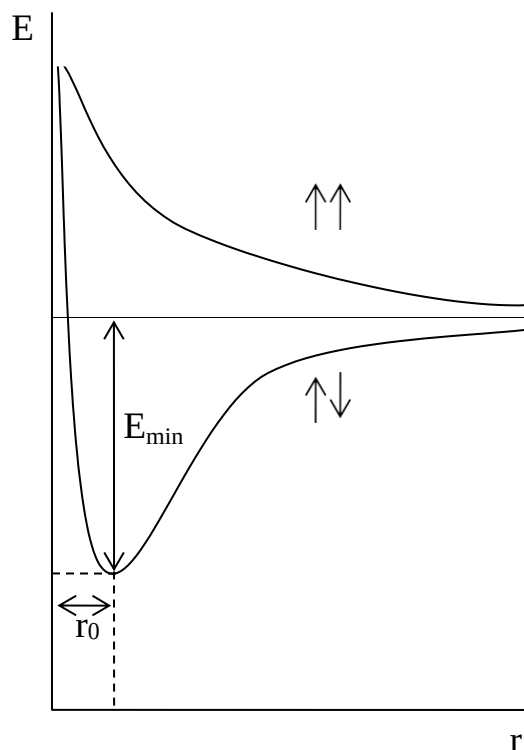


Рис. 9.2. Зависимость потенциальной энергии системы из двух атомов водорода от расстояния между ними

С точки зрения волновых представлений электронные облака взаимодействующих атомов как бы втягиваются друг в друга и в пространстве между ядрами возникает повышенная плотность электронного облака, количественно определяемая квадратом волновой функции ψ . Таким образом, положительно заряженные ядра связываются этим плотным облаком отрицательно заряженных электронов.

Если к системе из двух атомов водорода, образовавших молекулу H_2 , присоединять третий, то химической связи не возникнет, поскольку спин у электрона этого атома будет параллелен спину какого-либо из уже имеющихся в молекуле водорода электронов.

Используя рассмотренный подход, квантовая механика пришла к теоретическому обоснованию особой роли пар электронов в образовании химической связи и к объяснению причин ее насыщаемости.

В 30-х годах XX в. для описания и квантово-механической трактовки химических связей в молекулах было предложено два упрощенных полуэмпирических метода: метод валентных связей (ВС), предложенный Л. Полингом и Д. Слэйтером, и метод молекулярных орбиталей (МО), разработанный Ф. Гундом, Э. Хюккелем и Р. Малликенем.

9.2. МЕТОД ВАЛЕНТНЫХ СВЯЗЕЙ

В основе метода ВС, называемого иногда также методом электронных пар, лежат следующие исходные положения.

1. Химическую связь образуют два электрона с антипараллельными спинами, принадлежащие двум атомам. При этом происходит перекрывание электронных облаков, между атомами возникает зона с повышенной электронной плотностью, что и приводит к образованию химической связи. Возникшая таким образом химическая связь называется ковалентной.

2. Валентность элемента равна числу неспаренных электронов на внешнем энергетическом уровне атома этого элемента в нормальном и возбужденном состояниях.

3. Ковалентная связь тем прочнее, чем больше перекрываются облака связующих электронов. Из двух орбиталей атома наиболее прочную связь образует та, которая сильнее перекрывается с орбиталью другого атома.

4. Химическая связь располагается в том направлении, в котором достигается наибольшее перекрывание валентных орбиталей.

Более подробно рассмотрим второе положение, с помощью которого можно прогнозировать валентность различных элементов. С точки зрения этого положения в свободных атомах элементов не все электроны, обычно

считающиеся валентными (в простейшем случае - электроны внешнего уровня), являются неспаренными: часть из них образует неподеленные пары электронов, каждая из которых целиком заполняет энергетическую ячейку. Склонность таких электронов к образованию химической связи невелика.

Рассмотрим, например, атом углерода. На внешнем уровне у него 4 электрона, из которых два ($2s^2$) в нормальном невозбужденном состоянии атома являются спаренными, а два других ($2p^2$) в соответствии с правилом Гунда занимают отдельные свободные ячейки 2p - подуровня и являются неспаренными, способными к взаимодействию с неспаренными электронами других атомов. Таким образом, валентность атома углерода, находящегося в невозбужденном состоянии, равна двум.

При получении атомом углерода небольшого количества дополнительной энергии он переходит в возбужденное состояние, при котором все электроны внешнего уровня стремятся разместиться в свободных энергетических ячейках этого уровня по одному:



Такой возбужденный атом углерода может образовать 4 химические связи (по числу неспаренных электронов) и проявить наиболее характерную для него валентность, равную четырем.

Относительно небольшое количество энергии, затраченное на возбуждение атома углерода, разъединение его двух 2s - электронов и перемещение одного из них в свободную ячейку 2p - подуровня с избытком покрывается энергией, которая выделяется при образовании четырех ковалентных связей.

Следовательно, анализируя возможную валентность какого-либо эле-

мента, необходимо учитывать как число неспаренных электронов в невозбужденном состоянии, так и число неспаренных электронов, которое будет иметь атом в возбужденном состоянии после распределения электронов внешнего уровня по свободным энергетическим ячейкам этого уровня.

Однако вначале необходимо определить пределы возбуждения атома. Обычно под возбужденным состоянием атома подразумевают такое состояние, в которое он переходит при получении энергии, достаточной для перераспределения внешних электронов по энергетическим ячейкам всех подуровней данного внешнего уровня, без их перехода на более высокие энергетические уровни. Переход электрона с одного энергетического уровня на другой, более высокий, требует больших затрат энергии, чем те, которые обычно имеют в виду, когда говорят об энергии возбуждения атома.

Попробуем на основании метода валентных связей (ВС) предсказать, какой валентностью будут обладать элементы второго и третьего периодов периодической системы Д. М. Менделеева в нормальном и возбужденном состояниях.

На внешнем уровне атомов элементов второго периода по четыре энергетические ячейки: одна $2s$ и три $2p$ ячейки. Так, один внешний электрон невозбужденного атома лития находится в $2s$ ячейке. При возбуждении он может перейти в какую - либо из трех ячеек $2p$ - подуровня, но валентность атома при этом не изменится: он и в нормальном, и в возбужденном состояниях будет оставаться одновалентным по количеству неспаренных электронов на внешнем уровне.

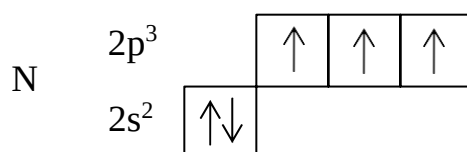
Два внешних электрона невозбужденного атома бериллия образуют на $2s$ - подуровне неподеленную пару электронов. При возбуждении эта пара распадается и каждый из электронов занимает отдельную энергетическую ячейку $2s$ - и $2p$ - подуровня. Валентность возбужденного атома соответственно числу неспаренных электронов становится равной 2. Эту валентность обычно и проявляет бериллий в соединениях.

Атом бора в невозбужденном состоянии имеет неподеленную пару

электронов на 2s - подуровне и неспаренный электрон на 2p - подуровне, т.е. бор должен быть одновалентен; B_4C – пример соединения, в котором бор проявляет такую валентность. После возбуждения атома бора на его внешнем уровне появляется 3 неспаренных электрона, определяющие его валентность, равную трем.

Атом углерода в процессе возбуждения переходит в конфигурацию с четырьмя неспаренными электронами во внешнем уровне. Заметим, что на внешнем энергетическом уровне этого атома как раз столько ячеек, сколько необходимо для распределения по одному четырех внешних электронов. Больше свободных ячеек на этом уровне нет. Эти обстоятельства ставят атом азота (порядковый номер 7) в иные условия, чем атомы предшествующих ему элементов второго периода.

У атома азота в невозбужденном состоянии имеется неподделенная пара электронов на 2s- подуровне и три неспаренных электрона в трех ячейках 2p - подуровня:



В этом состоянии он трехвалентен, например, NH_3 , NCl_3 и др. Возбуждение атома азота с разделением неподделенных пар невозможно: на втором энергетическом уровне нет для этого свободных ячеек. При любых переходах внешних электронов в процессе возбуждения из одной энергетической ячейки в другую число неспаренных электронов будет оставаться одним и тем же, равным трем.

Атом кислорода в невозбужденном состоянии на внешнем уровне имеет две неподделенные пары электронов и два неспаренных электрона. Возбудить атом так, чтобы спаренные электроны оказались неспаренными и заняли отдельные энергетические ячейки, не представляется возможным. Поэтому

кислород практически во всех случаях двухвалентен. По этим же причинам неизвестно ни одного соединения фтора, в котором последний имел бы валентность выше единицы. У атома неона все энергетические ячейки внешнего уровня полностью укомплектованы неподеленными парами электронов и неспаренных электронов у него нет ни в нормальном состоянии, ни в случае поглощения небольших количеств энергии. Этим и объясняется свойственная неону химическая инертность.

Обратимся к атомам элементов третьего периода. Атомы этих элементов имеют на внешнем уровне, помимо одной s - ячейки и трех p - ячеек, еще 5 энергетических ячеек d - подуровня. Для четырех первых представителей (Na, Mg, Al, Si) на основании метода валентных связей можно прогнозировать те же самые валентности в нормальном и возбужденном состояниях атома, как и для соответствующих элементов 2-го периода (Li, Be, B, C). Однако далее картина существенно изменяется.

У атома фосфора в нормальном состоянии три неспаренных электрона и он, как и азот, обнаруживает валентность, равную трем, во многих соединениях (PH_3 , PCl_3 , P_2O_3 и др.). Но, благодаря наличию на внешнем уровне свободных энергетических ячеек $3d$ - подуровня, становится возможным возбуждение. В результате на внешнем уровне появляется пять неспаренных электронов, и становится возможным образование соединений типа PF_5 , PCl_5 , P_2O_5 , H_3PO_4 и др.

В невозбужденном атоме серы на внешнем уровне 2 неспаренных электрона и в таком состоянии сера двухвалентна (H_2S , SCl_2 , CS_2 и т. д.). При ступенчатом возбуждении атом серы может образовать конфигурацию из 4 и 6 неспаренных электронов. Известны соединения, в которых сера четырехвалентна (SCl_4 , SO_2 , H_2SO_3 и др.) и шестивалентна (SF_6 , SO_3 , H_2SO_4 и др.).

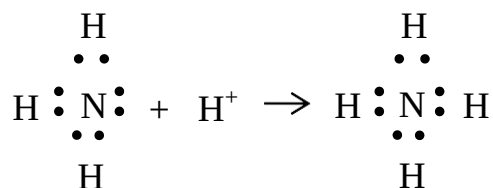
В нормальном состоянии на внешнем уровне атома аргона 4 неподеленные пары электронов и нет ни одного неспаренного. Этому соответствует значительная химическая инертность аргона. Теоретически не исключена возможность образования аргоном соединений, в которых он обнаруживал бы

валентность II, IV, VI и даже VIII. Отметим, что для инертных газов с большим порядковым номером - криптона, ксенона и радона такие соединения синтезированы.

9.3. ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫЙ МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ КОВАЛЕНТНОЙ СВЯЗИ

Выше рассматривался механизм образования ковалентной химической связи, при котором две атомные орбитали, принадлежащие различным атомам, перекрывают друг друга и за счет этого достигается выигрыш энергии. Такой механизм образования связи обычно называют обменным. Но возможен и механизм, при котором связующая пара электронов поставляется только одним из взаимодействующих атомов, называемым донором, в то время как второй атом - акцептор, воспринимает эту пару, предоставляя для ее размещения свободную орбиталь. Эта неподеленная пара электронов создает в промежутке между ядрами атомов зону повышенной плотности электронного облака, что и вызывает возникновение химической связи.

Например, свободная неподеленная пара электронов молекулы аммиака (донор), взаимодействуя со свободной орбиталью H^+ иона (акцептор), образует ион аммония NH_4^+ :



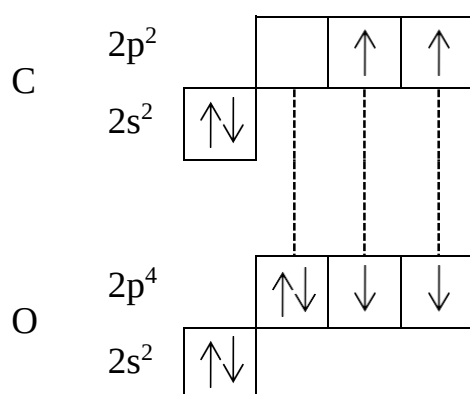
Механизм образования ковалентной химической связи, при котором пара связующих электронов поставляется только одним из взаимодействующих атомов (донором) и воспринимается вторым атомом (акцептором), имеющим свободную орбиталь, называется донорно - акцепторным, а сама

химическая связь – донорно - акцепторной.

Обычно смещение связующей пары электронов от атома - донора к атому - акцептору приводит к образованию полярной молекулы, у которой положительный полюс находится у атома - донора, а отрицательный - у атома - акцептора. В связи с этим донорно - акцепторную связь обозначают стрелкой соответствующего направления, хотя какой-либо разницы между ковалентной связью, возникшей по донорно - акцепторному механизму и ковалентной связью, образовавшейся по обменному механизму, нет.

Так, в молекуле оксида углерода (II) не две химические связи, как это можно было бы предположить, исходя из того, что кислород двухвалентен, а три. Третья связь возникает по донорно - акцепторному механизму: $C \equiv O$.

В невозбужденном атоме углерода два неспаренных электрона ($2p^2$) могут дать две обычные ковалентные связи (по обменному механизму) с атомом кислорода, у которого также два неспаренных электрона. В атоме кислорода на $2p$ - подуровне есть неподделенная пара электронов, а в атоме углерода на таком же $2p$ - подуровне - свободная орбиталь. Таким образом, имеется возможность для образования еще одной химической связи по донорно - акцепторному механизму:



9.4. СВОЙСТВА КОВАЛЕНТНОЙ СВЯЗИ

Важнейшими свойствами ковалентной связи являются **насыщаемость, направленность и поляризуемость.**

Под насыщенностью ковалентной связи подразумевают, что атом данного химического элемента может образовать не произвольное, а строго определенное количество химических связей, ограниченное его максимальной валентностью. В простейшем случае, например, при образовании молекулы H_2 из двух атомов водорода, насыщенность химической связи обусловлена тем, что связь возникает, когда электроны взаимодействующих атомов имеют антипараллельные спины. Добавление третьего атома уже невозможно, так как спин его электрона будет параллелен спину одного из электронов молекулы H_2 .

Максимальная валентность лимитируется также количеством валентных атомных орбиталей. Это количество, в свою очередь, зависит от количества квантовых ячеек на внешнем энергетическом уровне атома.

Так, у элементов второго периода валентность не превышает 4, хотя количество электронов на внешнем уровне атомов данных элементов варьирует от 1 до 8. Объясняется это тем, что число квантовых ячеек на внешнем уровне, в которых могли бы разместиться неспаренные электроны, т. е. число валентных орбиталей у элементов второго периода, не превышает 4 (одна s - орбиталь и три p - орбитали).

У атомов элементов третьего периода на внешнем уровне 9 квантовых ячеек (одна s -, три p -, пять d - орбиталей) и в них могут разместиться по одному все внешние электроны, даже у атома аргона. Валентность для элементов этого периода варьирует от 1 до 8.

Направленность ковалентной химической связи обусловлена сложной конфигурацией атомных p , d и f - орбиталей, степень перекрытия которых атомными орбиталями других атомов существенно зависит от того, по какому направлению идет присоединение каждого нового атома.

Взаимное расположение p - орбиталей, имеющих форму гантели, вдоль условных осей x , y и z определяется тремя возможными для p - электронов

значениями магнитного квантового числа m_l (-1, 0, 1). Наибольшее перекрывание электронных облаков при образовании химических связей за счет p -электронов достигается вдоль осей орбиталей и, если у атома было образовано три связи, то в идеальном случае они должны располагаться под углом 90° . Однако из-за электростатического взаимодействия угол несколько иной.

Для d -электронов возможны 5 значений магнитного квантового числа и этому соответствуют 5 вариантов взаимного расположения d -орбиталей и образуемых ими химических связей. Типичные формы f -орбиталей, допускающие 7 вариантов их взаимного расположения, в пространстве еще сложнее.

Таким образом, направленность химической связи обусловлена тем, что для p -, d - и f -орбиталей существуют строго ограниченные квантовыми условиями (значениями m_l) варианты их взаимного расположения в пространстве. Ситуация упрощается, если ковалентная связь данного атома с другими осуществляется за счет его валентной s -орбитали, форма которой отвечает шаровой симметрии. Такой атом может образовывать одинаково прочные химические связи в любом направлении, поскольку все направления равнозначны.

Ковалентную связь, образованную за счет взаимного перекрывания атомных орбиталей вдоль линии, соединяющих центры взаимодействующих атомов называют σ (сигма) – **связью** (рис. 9.3).

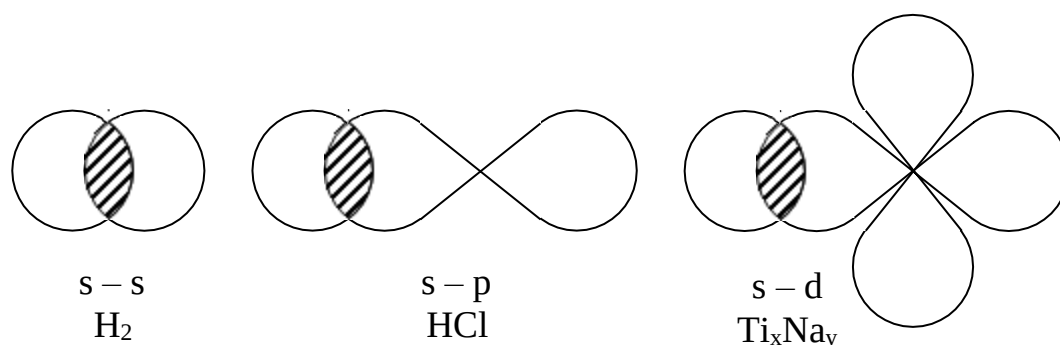


Рис. 9.3. Схема образования σ -связи

Ковалентную связь, образованную за счет двукратного взаимного перекрывания атомных орбиталей перпендикулярно линии, соединяющей центры взаимодействующих атомов, называется π (пи) - **связью** (рис. 9.4).

Более прочные σ - связи, т.к. выделение энергии при их образовании больше, чем при образовании π - связей.

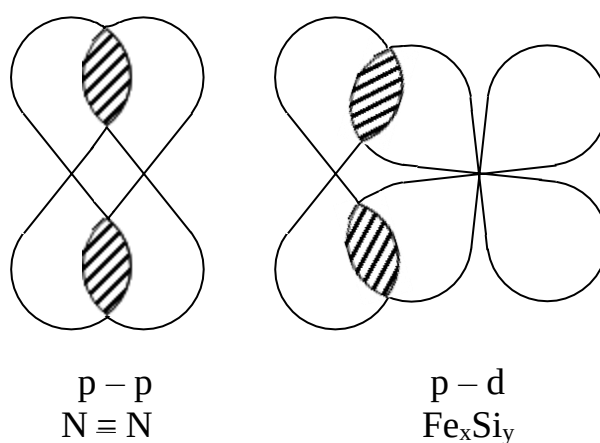


Рис. 9.4. Схема образования π - связи

Гибридизация и гибридные связи. Рассмотрим в качестве примера образование молекул $BeCl_2$, BCl_3 и CCl_4 при взаимодействии атомов трех первых элементов второго периода с атомами хлора.

Атом бериллия двухвалентен, так как в возбужденном состоянии он имеет на внешнем уровне два неспаренных электрона. Несмотря на различную энергию $2s$ и $2p$ - орбиталей, установлено, что обе связи $Be-Cl$ в молекуле $BeCl_2$ совершенно равноценны, а атомы хлора расположены строго симметрично относительно атома бериллия. Объяснение этого факта заключается в том, что когда атом образует химические связи за счет разных электронов, отличающихся по энергетическому состоянию, между ними происходит перераспределение электронной плотности. В результате образуются новые по форме, но одинаковые для всех валентных электронов электронные орбитали.

Соответствующие атому в его исходном невозбужденном состоянии атомные орбитали вырождаются. При этом, например, из шаровидной s - орбитали и гантелевидной p - орбитали получается гибрид, представляющий более плотную и вытянутую орбиталь (рис. 9.5).

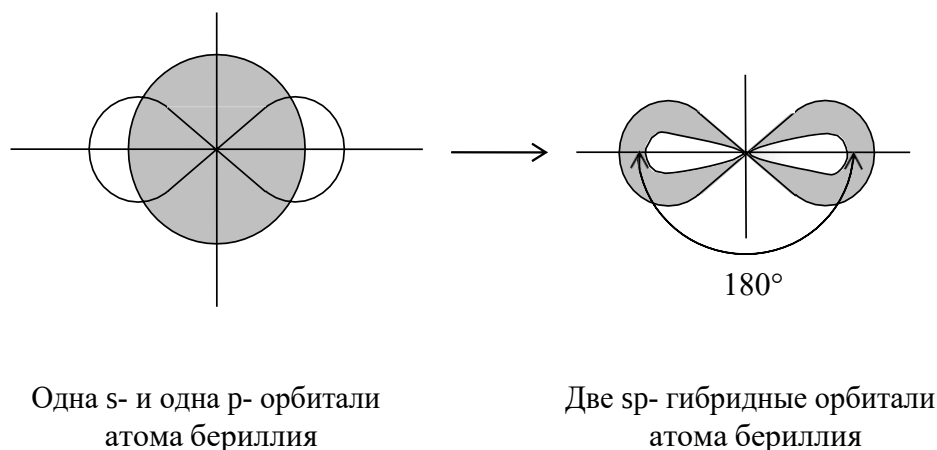


Рис. 9.5. Схема гибридизации s - и p - орбиталей атома бериллия

Процесс образования новых по форме и распределению электронной плотности орбиталей называется **гибридизацией**. Гибридизация сама по себе требует затрат энергии. Однако последующее химическое взаимодействие приводит к выигрышу энергии. Это обусловлено тем, что более плотная и растянутая гибридная орбиталь данного атома будет больше перекрываться валентными орбиталями взаимодействующих с ним атомов и образующаяся связь будет прочнее.

Молекула BeCl_2 симметрична потому, что две связи атома бериллия с атомами хлора образованы двумя совершенно одинаковыми гибридными орбиталями. В этом случае речь идет о sp - гибридизации и образовании двух гибридных sp - орбиталей (рис. 9.6).

Атом бора трехвалентен, так как в возбужденном состоянии на его внешнем уровне три неспаренных электрона, из которых один - $2s$ - электрон, а

два - 2р- электроны.

Как и в случае с BeCl_2 , в молекуле BCl_3 все образуемые связи B-Cl одинаковы по длине и прочности, а сама молекула имеет правильную треугольную форму. Правильная треугольная форма молекулы BCl_3 объясняется возникновением у атома бора трех одинаковых гибридных sp^2 - орбиталей, образованных из одной 2s - орбитали и двух 2р – орбиталей (рис. 9.7).

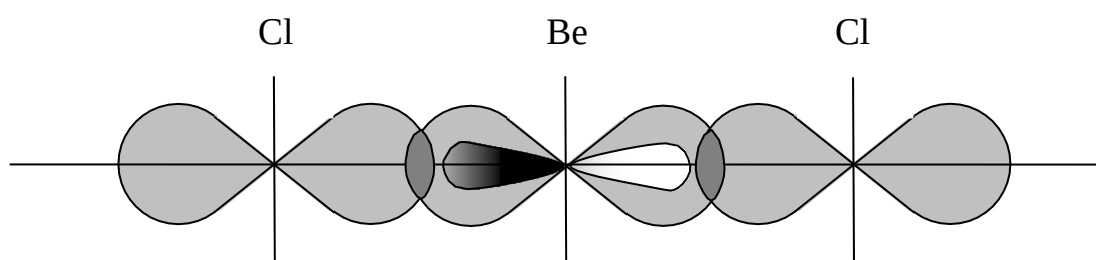


Рис. 9.6. Схема образования химических связей в молекуле BeCl_2

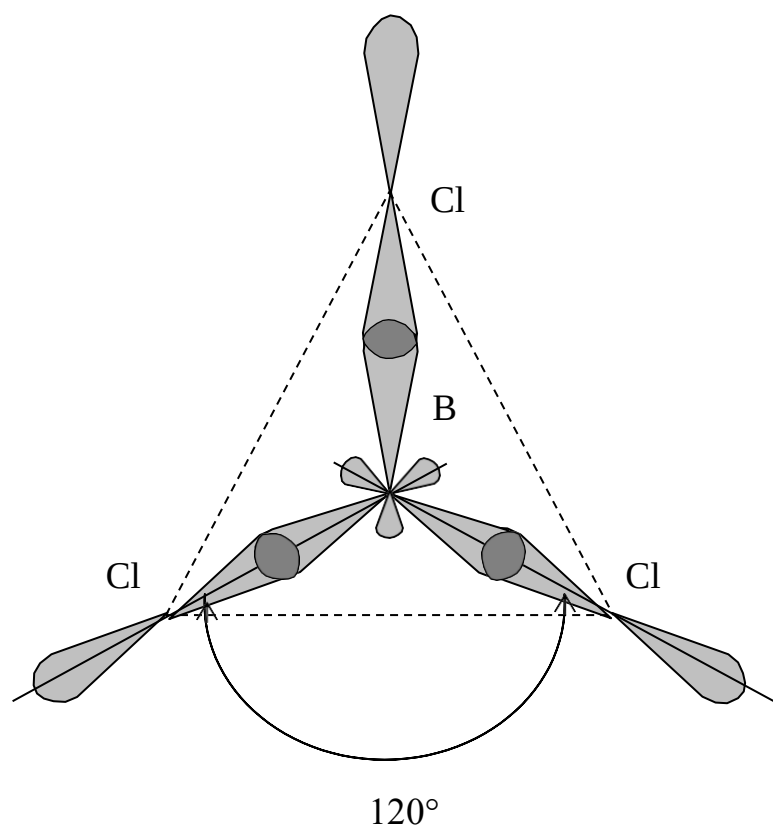


Рис. 9.7. Схема образования химических связей в молекуле BCl_3

У атома углерода в возбужденном состоянии 4 валентные орбитали, из которых одна - $2s$ - и три другие - $2p$ - орбитали (см. схему выше). В молекуле CCl_4 все связи $\text{C}-\text{Cl}$ также совершенно равноценны, и она имеет симметричную тетраэдрическую структуру.

В случае sp^2 - гибридизации угол между гибридными орбиталями составляет 120° . Четыре совершенно равноценные связи в молекуле CCl_4 , расположенные под углом $109^\circ 28'$ (тетраэдрический угол), - следствие sp^3 - гибридизации в атоме углерода при взаимодействии с атомами хлора. Из одной $2s$ - орбитали и трех $2p$ - орбиталей образовалось четыре идентичные sp^3 - орбитали, взаимно ориентированные под углом $109^\circ 28'$.

Следует подчеркнуть, что не всегда все гибридные орбитали, возникшие в результате sp , sp^2 , sp^3 и других более сложных видов гибридизации, участвуют в образовании химической связи. О том, что гибридизация того или иного типа произошла, судят прежде всего по величине угла между образованными химическими связями. Если угол близок к 120° , это свидетельствует о sp^2 - гибридизации; если он близок к тетраэдрическому ($109^\circ 28'$), имеет место sp^3 - гибридизация и т. д.

Так, при образовании молекулы воды происходит sp^3 - гибридизация, поскольку угол между двумя связями $\text{O}-\text{H}$ ($104^\circ 28'$) ближе всего к тетраэдрическому. Атом кислорода может образовать 4 химические связи: две из них - за счет двух неспаренных $2p$ - электронов и две - за счет готовых электронных пар, расположенных в $2s$ - и $2p$ - ячейках, по донорно - акцепторному механизму. Гибридизация четырех орбиталей по sp^3 типу является причиной взаимной ориентировки связей $\text{O}-\text{H}$ в молекуле H_2O под углом, близким к тетраэдрическому.

Очевидно, sp^3 - гибридизация имеет место и при образовании молекулы NH_3 , поскольку угол $\text{H}-\text{N}-\text{H}$ ($107^\circ 20'$) ближе всего к тетраэдрическому. В молекуле аммиака три образовавшиеся гибридные связи оказались занятыми, а

одна осталась свободной.

При взаимодействии двух одинаковых атомов связующая пара электронов (область перекрытия валентных орбиталей) располагается между этими двумя атомами посередине.

В общем случае, когда взаимодействуют два различных атома, связующая пара всегда смещена в сторону атома более электроотрицательного элемента. Это приводит к несовпадению центров положительных и отрицательных зарядов, молекула поляризуется, приобретает структуру диполя.

Полярность молекулы оценивают величиной дипольного момента, представляющего собой произведение расстояния между центрами зарядов на величину электрического заряда. Количественной мерой поляризуемости ковалентной химической связи наряду с дипольным моментом является также эффективный заряд атома.

Рассмотрим случай, когда оба взаимодействующих атома равноценны по своей электроотрицательности. Очевидно, что связующая пара электронов установится точно посередине между атомами. Центры положительных и отрицательных зарядов будут совпадать и оба атома не приобретут никакого заряда. Моделью этого случая могут быть неполярные молекулы H_2 , O_2 и т. д.

Рассмотрим другой случай, когда электроотрицательность одного из взаимодействующих атомов больше, чем электроотрицательность другого. Тогда последний будет иметь положительный эффективный заряд.

Чем больше значение эффективного заряда атома приближается к целочисленному (1, 2, 3 и т. д.), т.е. чем более выражено смещение валентных электронов к ядру одного из взаимодействующих атомов, тем больше связь в молекуле данного соединения приближается к чисто ионной.

Чем меньше это значение, тем более ковалентна химическая связь. В соответствии со значениями эффективных зарядов атомов можно сказать, что, например, в молекуле HI связь на 5 % ионная и на 95 % ковалентная.

Полного смещения связующих пар электронов от более электроположительного к более отрицательному элементу и образования чисто ионной

связи практически никогда не наблюдается. Даже при взаимодействии атома франция (самого электроположительного из известных элементов) с атомом фтора (самым электроотрицательным из элементов) эффективные заряды атомов в образованной молекуле равны не +1 и -1, а лишь +0,94 и -0,94, т. е. и в этом случае связь на 6 % остается ковалентной.

Ионная связь должна рассматриваться как предельный случай ковалентной связи, что практически полностью никогда не реализуется.

9.5. МЕТОД МОЛЕКУЛЯРНЫХ ОРБИТАЛЕЙ

Далеко не все факты образования химической связи могут быть объяснены с позиций метода ВС, в котором решающая роль в образовании химической связи отводится паре электронов с антипараллельными спинами. Например, в молекулярном ионе водорода H_2^+ только один электрон, и нет никаких условий для образования неподеленной пары электронов и возникновения химической связи. Между тем связь между ядрами водорода в молекулярном ионе H_2^+ довольно прочна и составляет около 259 кДж/моль. Для сравнения: энергия связи атомов в молекуле H_2 равна 435 кДж/моль.

Можно было бы ожидать, что существует прочная молекула гелия He_2 . В действительности двухатомной молекулы He_2 не существует. Эти факты, не находящие объяснения в рамках метода валентных связей (ВС), удалось объяснить, опираясь на метод молекулярных орбиталей (МО). Метод МО более универсален и позволяет объяснить более широкий круг явлений, чем метод ВС.

В методе МО вся молекула рассматривается как единый ядерный каркас, пронизанный орбиталями, общими для всей молекулы электронами. Когда из двух или нескольких атомов образуется молекула, атомные орбитали связывающих электронов перекрывают друг друга и вырождаются в молекулярные орбитали, охватывающие ядра всех атомов, входящих в состав молекулы. В

отношении молекулярных орбиталей применимы понятия квантовых чисел, принципы наименьшей энергии и запрета Паули, правило Гунда.

При сближении двух или нескольких взаимодействующих атомов орбитали их связующих электронов взаимодействуют друг с другом и с силовыми полями ядер. В результате взаимодействия орбитали деформируются и вырождаются в совершенно иную по конфигурации молекулярную орбиталь. Волновая функция Ψ , характеризующая распределение электронной плотности молекулярной орбитали, может быть рассчитана как линейная комбинация волновых функций соответствующих атомных орбиталей. В зависимости от квантовых характеристик электронов, образующих связь, волновые функции двух взаимодействующих атомов могут либо складываться, либо вычитаться. Молекулярная орбиталь, полученная сложением волновых функций электронов взаимодействующих атомов, называется связывающей, а находящиеся на ней электроны - связывающими. Молекулярная орбиталь, полученная вычитанием волновых функций электронов взаимодействующих атомов, называется разрыхляющей, а находящиеся на ней электроны - разрыхляющими. Связывающие электроны непосредственно участвуют в образовании химической связи, в то время как разрыхляющие электроны дестабилизируют ее.

Все это может быть выражено следующей энергетической схемой, в которой атомные и молекулярные орбитали представлены как энергетические ячейки (клетки) с соответствующими обозначениями.

Клетки, обозначающие связывающие молекулярные орбитали, располагаются ниже, чем клетки, обозначающие исходные атомные орбитали, а разрыхляющие молекулярные орбитали, отвечающие более высокому уровню энергии системы, выше.

В методе ВС кратность химической связи определяется числом пар электронов, участвующих в ее образовании. В методе МО кратность связи равна полусумме числа электронов, поступивших на связывающие орбитали,

минус полусумма числа электронов, поступивших на разрыхляющие орбитали. Величина этой разности и, соответственно, кратность связи может выражаться как целым, так и дробным числом. Чем больше избыток связывающих электронов в сравнении с числом разрыхляющих, тем выше кратность и прочность химической связи, тем меньше межатомное расстояние в молекуле. Если число связывающих электронов равно числу разрыхляющих, химической связи в данной системе атомов не возникает.

Рассмотрим энергетическую схему образования молекулы водорода, представленную на рис. 9.8. При образовании молекулы водорода из двух изолированных атомов оба s - электрона этих атомов поступают на связывающую молекулярную орбиталь, отвечающую σ - связи, и на разрыхляющей орбитали не оказывается ни одного электрона. Кратность связи равна единице.

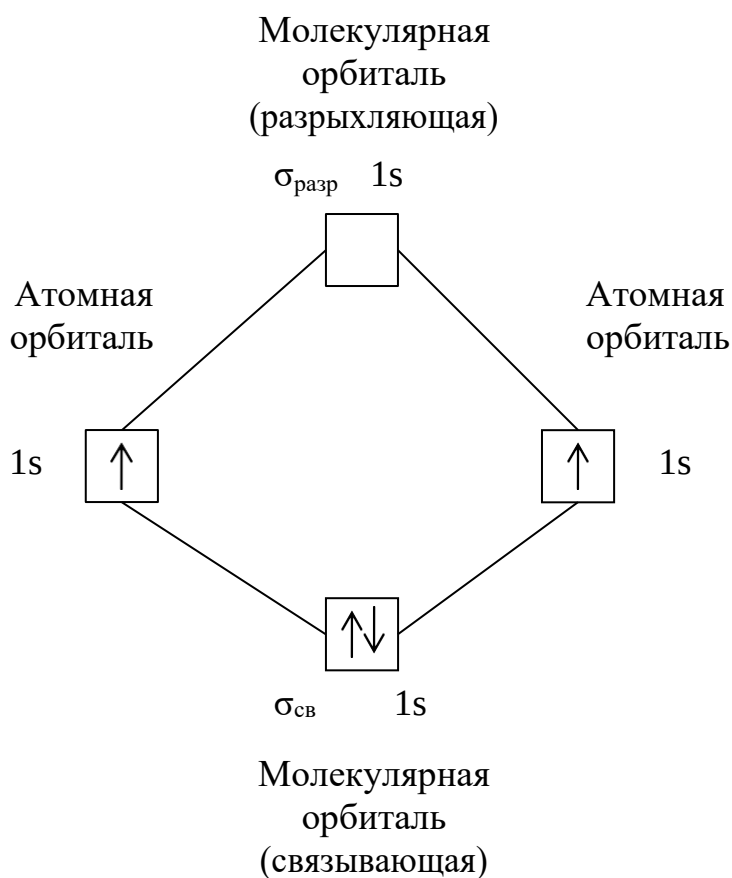


Рис. 9.8. Энергетическая схема образования молекулы водорода

В случае молекулярного кислорода, каждый из атомов кислорода, образующих молекулу O_2 , вносит по 4 электрона внешнего p - подуровня, которые могут образовать две π - связи и одну σ - связь. Шесть из этих восьми электронов поступают прежде всего на связывающие орбитали, а оставшиеся два - на разрыхляющие. С точки зрения принципа запрета Паули возможно размещение этих двух электронов на одной разрыхляющей орбитали, если они обладают антипараллельными спинами. Здесь необходимо учесть еще и правило Гунда: поскольку свободны все три разрыхляющие молекулярные орбитали, энергетически более выгодно разместить каждый из этих электронов в отдельной энергетической ячейке - на отдельной разрыхляющей орбитали. Поэтому в молекуле O_2 оказывается два неспаренных электрона.

9.6. МЕЖМОЛЕКУЛЯРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ И ВОДОРОДНАЯ СВЯЗЬ

Свойства веществ определяются не только природой атомов и характером химической связи между ними. Имеет важное значение и величина межмолекулярного взаимодействия, называемого также силами Ван-дер-Ваальса. Этими силами определяется, в каком агрегатном состоянии (твердом, жидком или газообразном) находится данное вещество, как велики расстояния между образующими его частицами (молекулами, атомами, ионами), какова степень свободы этих частиц, в каких соотношениях находится средняя потенциальная энергия частиц, характеризующая их связь, и средняя кинетическая энергия этих же частиц. Различают три вида межмолекулярного взаимодействия: ориентационное (дипольное), индукционное (деформационное) и дисперсионное.

Ориентационное (дипольное) взаимодействие вызывает притяжение

полярных молекул, которое проявляется тем больше, чем больше дипольный момент молекул μ . Сущность его заключается в том, что две полярные молекулы А и В ориентируются таким образом, что возникает притяжение между разноименно заряженными полюсами. Так как тепловое движение нарушает взаимную ориентацию полярных молекул, повышение температуры ослабляет ориентационное взаимодействие. Если взаимодействуют неполярные молекулы ($\mu = 0$), ориентационный эффект отсутствует.

Индукционное (деформационное) взаимодействие проявляется особенно заметно, когда одна из взаимодействующих молекул полярна, а вторая неполярна, но легко поляризуема (деформируемая). В этом случае электрическое поле полярной молекулы может вызывать смещение зарядов в неполярной молекуле и индуцировать новый диполь, ориентированный своим положительным полюсом к отрицательному полюсу полярной молекулы. Индукционное взаимодействие мало меняется с температурой, оно нередко сопутствует ориентационному и дополняет его. Электрические поля ориентированных полярных молекул могут вызывать дополнительное смещение центров тяжести зарядов и тем самым усиливать дипольное взаимодействие.

При взаимодействии неполярных молекул или атомов с трудно деформируемой электронной оболочкой не может возникнуть ни ориентационного, ни индукционного взаимодействия. В том случае, если бы силы Ван-дер-Ваальса были обусловлены только этими двумя эффектами, такие газы, как водород, кислород, азот, а тем более благородные газы практически было бы невозможно сжимать. Однако на практике это удается сделать.

Межмолекулярное взаимодействие между совершенно неполярными молекулами обусловлено главным образом дисперсионным эффектом. Сущность эффекта состоит в том, что в процессе движения электронов в молекулах или атомах могут происходить быстрые смещения центров тяжести положительных и отрицательных зарядов с образованием мгновенных диполей. Дипольный момент, возникающий у одной молекулы, может индуцировать

поляризацию другой молекулы. В итоге между поляризованными молекулами возникает притяжение, как и в случае деформационного взаимодействия.

Дисперсионное взаимодействие обычно является существенной составляющей в общей величине межмолекулярного взаимодействия. Ориентационный эффект играет большую роль при взаимодействии полярных молекул с большими дипольными моментами (H_2O , NH_3 , HCl); индукционный эффект чаще всего лишь незначительно влияет на суммарную величину сил Ван-дер-Ваальса.

Межмолекулярные силы играют большую роль при переходе вещества из одного агрегатного состояния в другое, например, при сжижении газов. С ними в большей или меньшей мере связаны такие физико-химические свойства вещества как плотность, температура кипения (конденсации), температура плавления (кристаллизации), вязкость, поверхностное натяжение, коэффициент диффузии и т. д.

Водородная связь представляет особый тип взаимодействия, ведущий к образованию как межмолекулярных связей, так и связей между атомами в молекулах. Она занимает промежуточное положение между чисто химической связью и физической межмолекулярной.

В качестве связующего мостика при осуществлении водородной связи выступает атом водорода, находящийся в соединении с атомом какого-либо более электроотрицательного элемента (фтора, кислорода, азота, хлора, серы). Малый по размерам ион водорода, вокруг которого отсутствуют отрицательные электрические поля электронов, может легко вторгаться в электронные оболочки других ионов или атомов, не испытывая с их стороны заметного отталкивания. Оказавшись между атомами сильно электроотрицательных элементов, он может выполнять роль связующего звена. Эта дополнительная химическая связь, обозначаемая обычно пунктиром, получила название водородной связи.

Энергия водородной связи сравнительно невелика (от 8 до 40 кДж/моль). Тем не менее, эта связь играет важную роль при образовании

водных и многих неводных растворов, в процессах электролитической диссоциации кислот и оснований, в построении сложных структур белковых веществ и во многих других случаях.

Наличие водородной связи в молекулах того или иного вещества может быть установлено многими физическими методами (рентгеноструктурный анализ, инфракрасная спектроскопия, ядерный магнитный резонанс и др.), а также на основе сравнения свойств данного вещества со свойствами химически подобных ему веществ.

Так, экстраполируя изменения в ряду галогеноводородов $\text{HI} - \text{HBr} - \text{HCl}$ температур плавления ($-50,8$; $-86,9$ и $-114,2$ °C), температур кипения ($-35,4$; $-66,8$ и $-85,08$ °C) и теплот испарения ($19,76$; $17,61$ и $16,15$ кДж/моль), можно было бы установить соответствующие значения для HF , во всяком случае ниже $-114,2$ °C; $-85,08$ °C и $16,15$ кДж/моль. Однако в действительности это $-83,36$ °C ; $+19,52$ °C и $32,6$ кДж/моль. В дополнение к типичной ковалентной связи здесь действует еще и водородная связь, вызывающая ассоциацию молекул HF .

В структуре льда каждый атом кислорода имеет 4 направленные к атомам водорода связи, расположенные почти точно под тетраэдрическим углом ($109,5$ °C). Две из этих связей - обычные полярные ковалентные связи с длиной $0,099$ нм, а две другие - водородные с длиной $0,176$ нм. При плавлении льда происходит частичное разрушение водородных связей, в связи с чем вместо увеличения объема вначале происходит его уменьшение. Этим же объясняются и другие аномалии в изменении свойств воды при переходе ее из твердого состояния в жидкое (аномально высокие значения теплоты плавления и теплоемкости и др.).

9.7. КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

9.7.1. Составление формул комплексных соединений

В химии известны сложные по составу вещества, образование которых происходит при взаимодействии более простых частиц – молекул, атомов и ионов. Такие сложные соединения, состоящие из более простых, часто относят к комплексным соединениям. Согласно современным воззрениям в структуре молекул комплексных соединений (называемых также координационными соединениями) различают:

1) **комплексообразователь** – центральная частица (атом, ион) вокруг которой расположены тесно связанные с ней **лиганды** - электронейтральные молекулы или несущие определенный заряд ионы. Комплексообразователь и лиганды составляют **внутреннюю координационную сферу** комплексного соединения. Количество лигандов во внутренней сфере определяет **координационное число** комплексного соединения. В том случае, если суммарный заряд внутренней сферы не равен нулю, при составлении химической формулы ее заключают в квадратные скобки;

2) **внешнюю координационную сферу** - совокупность частиц, непосредственно не связанных с центральным атомом и находящихся за пределами внутренней координационной сферы.

Например: $K_4[Fe(CN)_6]$. В данном комплексном соединении комплексообразователем является ион Fe^{2+} , лигандами – ионы CN^- , координационное число равно 6. Комплексообразователь и лиганды образуют комплексный ион $[Fe(CN)_6]^{4-}$, вокруг которого размещены ионы внешней сферы – ионы K^+ .

$[Co(NH_3)_6]Cl_3$. В этом соединении комплексообразователем является ион Co^{3+} , лигандами – молекулы NH_3 , координационное число равно 6. Комплексообразователь и лиганды образуют комплексный ион $[Co(NH_3)_6]^{3+}$, вокруг которого размещены ионы внешней сферы – ионы Cl^- .

Известны комплексные соединения без внешней координационной сферы, состоящие только из центрального атома - комплексообразователя и окружающих его лигандов. Таковы, например, карбонилы никеля $Ni(CO)_4$ и

железа $\text{Fe}(\text{CO})_5$.

Установлено, что наибольшей способностью к комплексообразованию обладают следующие частицы:

- 1) атомы с малым радиусом в высшей положительной степени окисления (например, B^{3+} , Al^{3+} , Si^{4+});
- 2) ионы металлов, имеющие внешнюю 18-ти электронную оболочку (например, Ag^+ , Zn^{2+} , Hg^{2+});
- 3) нейтральные атомы d - элементов (например, Fe^0 , Co^0 , Ni^0).

Отметим, что ионы металлов большого размера с внешней 8-ми электронной оболочкой и малым зарядом обладают слабыми комплексообразующими свойствами. Это ионы щелочных и щелочноземельных металлов. Как правило, они располагаются во внешней сфере комплексного соединения.

В качестве лигандов в комплексных соединениях чаще всего присутствуют отрицательно заряженные ионы (F^- , Cl^- , I^- , OH^- , NO_2^- , CN^- , SCN^-) либо полярные или легко поляризуемые молекулы (NH_3 , H_2O , CO).

Комплексообразователь обычно имеет свободные орбитали, а лиганды - неподеленные пары электронов. Если вакантные орбитали комплексообразователя и заполненные орбитали лигандов могут перекрываться, то между ними образуется ковалентная связь за счет неподеленной пары электронов лиганда. При этом наиболее распространенными значениями координационных чисел являются 2 (для комплексообразователя с зарядом +1), 4 или 6 (для комплексообразователя с зарядом +2) и 6 (для комплексообразователя с зарядом +3).

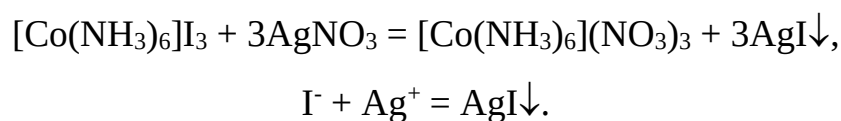
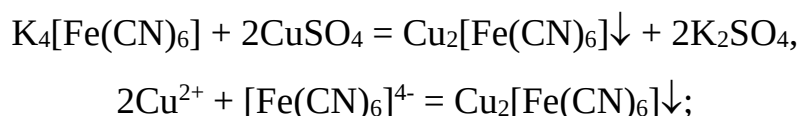
Зная частицы, образующие комплексное соединение, можно составить его химическую формулу. Например, запишем формулу комплексного соединения, состоящего из ионов K^+ , Cr^{3+} и NO_2^- . Первый шаг - выбор комплексообразователя. В данном случае комплексообразователем будет служить ион d - металла Cr^{3+} (ионы щелочных металлов, к которым относится ион K^+ , располагаются во внешней сфере). Второй шаг - определение лигандов

и координационного числа. В качестве лигандов в комплексном соединении чаще всего выступают отрицательно заряженные ионы, в нашем случае - NO_2^- . Заряд комплексообразователя равен 3, следовательно, наиболее вероятное значение координационного числа будет равно 6. С учетом электронейтральности образуемого соединения формула комплексного соединения запишется следующим образом $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{NO}_2)_6]$.

9.7.2. Поведение комплексных соединений в водных растворах

Химическая связь между внутренней и внешней сферами комплексного соединения является электростатической, а между комплексообразователем и лигандами, как правило, донорно - акцепторной, причем лиганды являются донорами электронных пар, а центральные атомы - акцепторами этих пар.

Ионы внешней сферы комплексного соединения подвижны и вступают в обменные реакции:



Следует иметь в виду, что хотя лиганды, входящие в состав внутренней координационной сферы, связаны с комплексообразователем гораздо более прочными связями, чем ионы внешней сферы, все же прочность этих связей ограничена.

Количественно способность комплексного иона к диссоциации в растворе (устойчивость комплекса) характеризуется величиной **константы**

нестойкости. Ее можно получить, применив закон действующих масс к равновесию диссоциации комплексного иона.

Рассмотрим, например, раствор, содержащий комплексные ионы $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, которые создают некоторую равновесную концентрацию ионов меди и молекул аммиака:



Константа нестойкости в этом случае приобретает вид:

$$K_{\text{н}} = \frac{C(\text{Cu}^{2+}) \cdot C^4(\text{NH}_3)}{C([\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+})}.$$

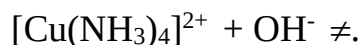
Константа нестойкости характеризует устойчивость комплекса, зависящую от прочности связи между нейтральным атомом и лигандами. Чем меньше значение константы нестойкости комплексного иона, тем он более прочен и устойчив в водном растворе.

Так, приливание щелочи к растворам солей $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ и $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ приведет к образованию осадка гидроксида меди только в одном случае.

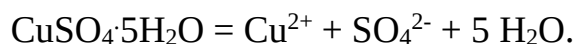
Комплексная соль $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ диссоциирует в водном растворе на комплексный ион и внешнюю сферу:



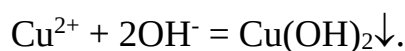
Комплексный ион $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ достаточно прочен, равновесной концентрации ионов Cu^{2+} , образующихся при его частичной диссоциации, недостаточно для протекания реакции образования осадка гидроксида меди:



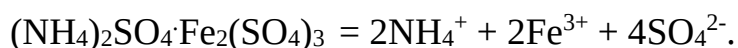
Соль $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ не является комплексной и в водном растворе диссоциирует на все составляющие ее частицы:



Наличие в растворе несвязанных ионов Cu^{2+} обеспечивает образование осадка при добавлении щелочи:



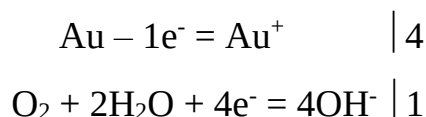
Существуют комплексные соединения, константа нестойкости для которых так велика, что они практически полностью распадаются в водных растворах на все составляющие их частицы. Например, железоммониевые квасцы $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ не образуют устойчивый комплексный ион. В разбавленном водном растворе это соединение полностью диссоциирует на все составляющие его ионы:



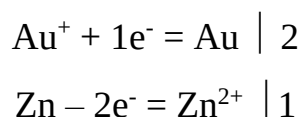
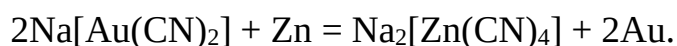
Подобные соединения с малоустойчивой внутренней сферой получили название двойных солей. В концентрированных водных растворах двойные соли наряду с простыми ионами содержат и комплексные ионы. Это свидетельствует о том, что резкой границы между комплексными и двойными солями нет. Двойная соль отличается от комплексной лишь степенью диссоциации комплексного иона: у двойной она практически полная, у комплексной - незначительная.

Отметим важное практическое значение комплексообразования для

промышленного извлечения золота из отвалов обогатительных фабрик. Соответствующий процесс реализуется при выщелачивании золота цианидными растворами. Золото – химически инертный металл, перевести его в водный раствор достаточно трудно. Однако это удастся осуществить при орошении золотосодержащих отвалов цианидным раствором. Происходящий процесс комплексообразования уменьшает окислительно-восстановительный потенциал золота и металл окисляется кислородом воздуха, переходя при этом в растворимое соединение:



Из цианидного раствора золото вытесняют более активным металлом:



9.8. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Обозначая электроны точками, приведите льюисовы символы атомов следующих элементов: Ca, Se, Br, B.
2. Предскажите химическую формулу соединения, образуемого следующими парами элементов: а) Zn и O, б) K и Se, в) Al и S, г) Zn и F, д) Sr и Br.
3. Приведите валентную структуру следующих молекул: SiH₄, H₂S, CO, N₂, H₂O, CS₂.
4. Укажите, к какому типу (ионному или ковалентному) принадлежат

следующие вещества: NH_3 , Br_2 , Cl_2O , BaCl_2 , FeO .

5. Определите, какие гибридные орбитали используются атомом углерода для образования химических связей в следующих соединениях: а) CH_4 , б) C_2H_6 , в) C_2H_2 , г) H_2CO_3 .

6. Поясните, что понимают под термином «перекрывание» атомных орбиталей.

7. Как могут перекрываться две атомарные p – орбитали при образовании молекулярной орбитали σ - или π - типа? Приведите соответствующий рисунок.

8. Почему связывающая молекулярная орбиталь, образованная атомными орбиталями двух взаимодействующих атомов, имеет более низкую энергию, чем исходные атомные орбитали?

9. Объясните, почему удаление электрона из молекулы O_2 делает связь в ней более прочной, тогда как удаление электрона из молекулы N_2 ослабляет в ней связь.

10. Назовите различия между следующими понятиями: а) локализованные и делокализованные связи, б) гибридные и негибридные орбитали, в) σ - и π - молекулярные орбитали.

11. Напишите уравнение диссоциации комплексной соли, заключив внутреннюю сферу в квадратные скобки: $\text{Cr}(\text{SCN})_3 \cdot 5\text{NH}_3$.

12. Запишите выражение для константы нестойкости следующего комплексного соединения: $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6](\text{NO}_3)_2$.

13. В растворе какой соли образуется осадок при добавлении щелочи: $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$ или $\text{HgF}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$?

14. Напишите уравнения реакций ионного обмена, в результате которых образуются нерастворимые комплексные соединения: $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{CuSO}_4$; $\text{CoCl}_2 + (\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$.

Глава 10

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

10.1. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

Во многих химических реакциях происходит изменение степени окисления атомов или ионов, образующих молекулы взаимодействующих веществ. Такие реакции относят к окислительно – восстановительным.

Степень окисления атома в химическом соединении - это условный заряд, которым обладал бы этот атом при полном смещении электронов, образующих химическую связь, к более электроотрицательному из взаимодействующих атомов.

Степень окисления атомов одного элемента в разных соединениях может быть различной. Когда химическая связь образована одинаковыми атомами, как, например, в молекуле H_2 , электроны распределяются между ними без преимущественного смещения к одному из них. Поэтому степень окисления каждого атома водорода в молекуле H_2 равна нулю.

Для определения степени окисления необходимо исходить из следующих положений:

1. Степень окисления атомов простых веществ равна нулю. Так, в H_2 , Cl_2 , N_2 , Al , Fe степень окисления атомов равна нулю, поскольку преимущественного смещения электронов, участвующих в образовании связи, не происходит.

2. В химических соединениях более электроотрицательным элементам приписывают отрицательные степени окисления, а менее электроотрицательным - положительные. Абсолютная величина степени окисления при-

близительно соответствует валентности элемента, или числу электронных пар, обобществляемых в связях, которые образует атом.

Например, водород в химических соединениях имеет степень окисления +1. Так, в HCl водороду приписывается степень окисления +1, а хлору степень окисления -1. Для водорода возможна отрицательная степень окисления -1, когда он связан с менее электроотрицательным элементом, как, например, в гидридах щелочных металлов NaH, LiH и т.п.

3. В любой молекуле сумма положительных и отрицательных степеней окисления всех атомов равна нулю. Например, в CO₂ кислороду приписывается степень окисления -2, поскольку он более электроотрицательный элемент. Следовательно, углероду нужно приписать степень окисления +4.

Периодическая система элементов Д.И. Менделеева позволяет найти закономерности, с помощью которых можно определять степени окисления элементов. Степени окисления элементов испытывают периодические изменения. Все щелочные металлы (главная подгруппа первой группы элементов) имеют в соединениях степень окисления +1. Эти металлы образуют химические связи с другими элементами, теряя один электрон. Элементы второй группы в химических соединениях находятся в состоянии окисления +2. В третьей группе наиболее часто встречающийся в природе элемент алюминий в соединениях всегда проявляет степень окисления +3.

Наиболее электроотрицательный элемент фтор проявляет степень окисления -1. Другие неметаллы имеют отрицательные степени окисления во всех случаях, когда они связаны с менее электроотрицательным элементом. Кислород всегда встречается в состоянии окисления -2 (исключения - фторид кислорода OF₂ и перекись водорода H₂O₂. В первом из этих соединений степень окисления кислорода +2, во втором, как и в других пероксидах, -1).

При обсуждении окислительно - восстановительных реакций принято считать вещество, понижающее степень окисления образующих его частиц, окислителем. Окислитель обладает повышенным сродством к электрону. Поскольку окислитель присоединяет электроны, он восстанавливается, т.е.

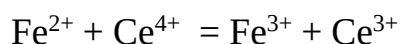
уменьшает свою степень окисления.

Аналогично вещество, которое отдает электроны, т.е. повышает степень окисления образующих его атомов или ионов, называется восстановителем.

10.1.1. Составление уравнений методом окислительно - восстановительных полуреакций

В окислительно - восстановительных реакциях процессы окисления и восстановления происходят совместно: если одно вещество присоединяет электроны и тем самым восстанавливается, то другое вещество должно отдавать электроны и, следовательно, окисляться. Окисление и восстановление идут одновременно, один из этих процессов не может происходить без другого. Тем не менее удобно рассматривать каждый из них отдельно.

Например, реакцию окисления иона Fe^{2+} ионом Ce^{4+} :



можно представить как совокупность двух процессов. Один из них – окисление Fe^{2+} , другой - восстановление Ce^{4+} :

(окисление) $\text{Fe}^{2+} - 1e^- = \text{Fe}^{3+}$, Fe^{2+} - восстановитель;

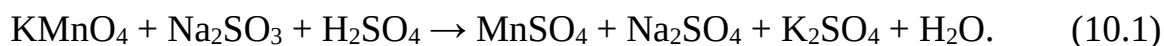
(восстановление) $\text{Ce}^{4+} + 1e^- = \text{Ce}^{3+}$, Ce^{4+} - окислитель.

Такие уравнения, описывающие только окисление или только восстановление, называются полуреакциями. Число электронов, теряемое в процессе окисления, т. е. в полуреакции окисления, должно быть равно числу электронов, приобретаемых в полуреакции восстановления. Если это условие выполнено, при суммировании полуреакций может быть получено стехиометрически сбалансированное уравнение окислительно - восстановительной

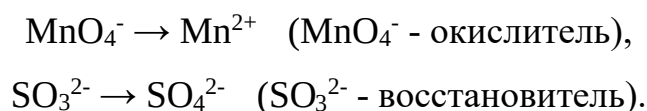
реакции.

На практике для уравнивания окислительно - восстановительных реакций применяется несколько методов, различающихся уровнем сложности и количеством дополнительно подбираемых стехиометрических коэффициентов. Более часто применяется так называемый ионно - электронный метод или метод полуреакций. Суть метода заключается в том, что окислитель, восстановитель, среду реакции и продукты взаимодействия записывают в виде ионов, если они - сильные электролиты. Процессы окисления и восстановления при этом рассматривают в виде полуреакций.

В качестве примера составим уравнение реакции между перманганатом калия и сульфитом натрия, протекающей в кислой среде:



Для расстановки коэффициентов в уравнении реакции (10.1), выполним следующие действия. Сначала запишем в виде схемы две полуреакции, в одной из которых участвует окислитель, а в другой - восстановитель:



Затем уравниваем по отдельности каждую полуреакцию. При этом сначала уравниваем число атомов, подвергающихся окислению или восстановлению, затем остальные элементы и, наконец, заряды. Если реакция проводится в кислом водном растворе, к реагентам добавляют ионы H^+ и молекулы H_2O , чтобы уравнивать число атомов водорода и кислорода. Аналогично, для реакции в щелочной среде, при составлении полных полуреакций прибавляют OH^- и H_2O . Соответствующее правило отражено в таблице (10.1).

В полуреакции для перманганат – иона в обеих частях уравнения есть по одному атому марганца. Однако в левой части содержатся четыре атома

кислорода, тогда как в правой части нет ни одного. Чтобы уравнять четыре атома кислорода, содержащиеся в MnO_4^- , следует ввести в число продуктов четыре молекулы H_2O :

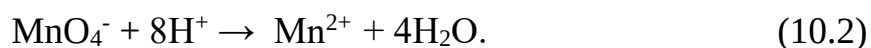


Таблица 10.1

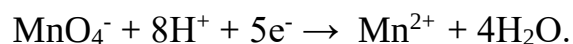
Добавление и связывание ионов кислорода при составлении полуреакций окисления – восстановления

Характер среды	Добавление ионов O^{2-}	Связывание ионов O^{2-}
кислая	$\text{H}_2\text{O} = \text{O}^{2-} + 2\text{H}^+$	$\text{O}^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$
нейтральная	$\text{H}_2\text{O} = \text{O}^{2-} + 2\text{H}^+$	$\text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{OH}^-$
щелочная	$2\text{OH}^- = \text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{OH}^-$

Для того чтобы уравнять восемь атомов водорода, которые появились после предыдущей операции среди продуктов, добавим к исходным реагентам 8H^+ :

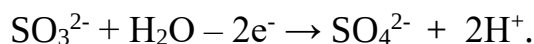


На этой стадии в обеих частях полуреакции (10.2) содержится равное число атомов каждого элемента, но необходимо уравнять и заряды. Суммарный заряд реагентов в левой части составляет $+8 + (-1) = +7$, заряд продуктов равен $+2 + 4 \cdot (0) = +2$. Чтобы уравнять заряды, к левой части полуреакции (10.2) надо добавить пять электронов:



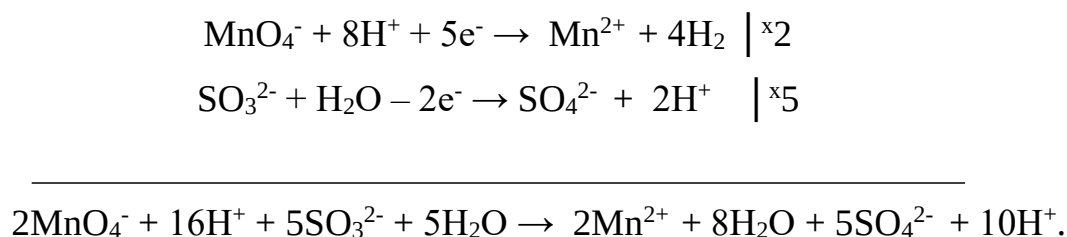
Выполнив аналогичные действия для сульфит - иона, придем к следу-

ющей полуреакции окисления:

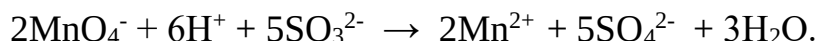


На последней стадии уравнение каждой полуреакции умножают на такой множитель, чтобы число электронов, присоединяемое в одной полуреакции, совпало с числом электронов, отдаваемых в другой полуреакции. Затем полуреакции суммируют и получают сбалансированное уравнение полной реакции.

В рассматриваемом примере полуреакцию с перманганат - ионом следует умножить на 2, а полуреакцию с сульфит - ионом умножить на 5. Полное сбалансированное уравнение представляет собой сумму полуреакций:



После сокращения в левой и правой части суммарного уравнения ионов водорода и молекул воды получим:



Теперь запишем полное уравнение окислительно-восстановительной реакции в молекулярной форме:



Отметим, что уравнение составлено верно, если число атомов каждого химического элемента в левой и правой части уравнения совпадает.

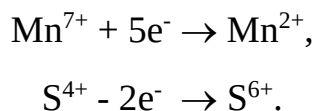
Метод полуреакций - не единственный метод уравнивания окисли-

тельно — восстановительных взаимодействий. Отметим другой распространенный метод, называемый методом электронного баланса. В качестве примера рассмотрим ту же реакцию перманганата калия с сульфитом натрия в кислой среде.

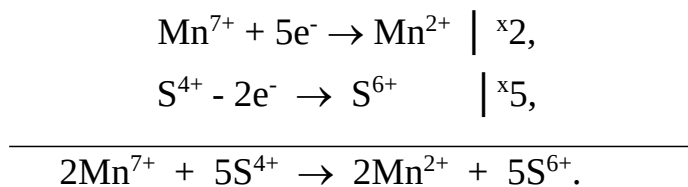
Для уравнивания реакции методом электронного баланса, поступают следующим образом:

1. Определяют степень окисления каждого элемента в обеих частях уравнения для выяснения, какие элементы подвергаются окислению и восстановлению. В рассматриваемом примере степень окисления марганца изменяется от +7 в MnO_4^- до +2 в Mn^{2+} , а степень окисления серы изменяется от +4 в SO_3^{2-} до +6 в SO_4^{2-} .

2. Определяют изменение степени окисления каждого элемента при окислении или восстановлении. Эти изменения представляют в виде схемы:



3. С учетом установленных изменений степеней окисления, уравнивают число электронов, отдаваемых ионом S^{4+} (восстановитель), и число электронов, присоединяемых ионом Mn^{7+} (окислитель):



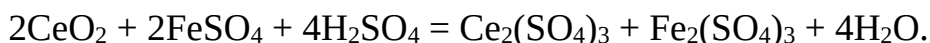
4. После определения коэффициентов для окислителя и восстановителя, методом подбора уравнивают число атомов остальных элементов.

В рассмотренном примере итоговое уравнение реакции идентично тому, что было получено методом полуреакций (ионно — электронным методом).

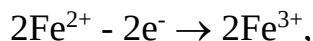
Однако метод полуреакций менее трудоемок в плане дополнительного уравнения ионов, сохраняющих степень окисления, и, кроме этого, позволяет подбирать среду реакции, если она заранее не известна.

Отметим, если в каждой из окислительно - восстановительных пар (в каждой из полуреакций) переносится одинаковое число электронов, то реакцию называют комплементарной, если неодинаковое - некомплементарной.

Комплементарная реакция:



Некомплементарная реакция:



Некомплементарные окислительно - восстановительные реакции обычно медленнее комплементарных, так как в случае некомплементарного взаимодействия механизм реакции более сложный, связанный с образованием промежуточных соединений.

Те реакции, в которых окисленная и восстановленная формы отличаются только числом электронов, проходят быстро. Медленно протекают окислительно - восстановительные реакции, в которых перенос электронов осуществляется атомами или группами атомов и сопровождается их перегруппировкой, например, реакции с участием перманганат (MnO_4^-) или бихромат ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) - ионов. Некоторые реакции по этой причине практически не идут, например, реакция с участием пары $\text{ClO}_4^-/\text{Cl}^-$, так как скорость ее чрез-

вычайно мала из-за необходимости разрушить устойчивую структуру иона ClO_4^- .

10.2. ОБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

Любой контакт поверхности металла с раствором электролита сопровождается распределением зарядов в виде двойного электрического слоя. При этом возникающая разность потенциалов на границе металл - электролит определяется следующими процессами:

1) ионизация металла с образованием положительных ионов и свободных электронов («электронный газ»):

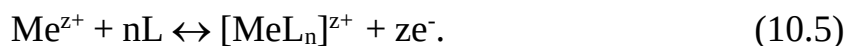


Данный процесс обусловлен особым строением кристаллической решетки металла, в узлах которой расположены катионы, находящиеся в равновесии со свободными электронами внешних электронных оболочек;

2) сольватация катионов при взаимодействии с молекулами L растворителя:



Суммарный процесс можно представить следующей реакцией:



Каждому из процессов (10.3) и (10.4) соответствует свой тепловой эффект. Так, диссоциация протекает с поглощением энергии U_d , а сольватация с выделением U_{solv} . Поэтому соотношение U_d / U_{solv} фактически определяет направление результирующего процесса (10.5). Например, когда $U_{\text{solv}} > U_d$,

происходит переход катионов металла в раствор.

Переход катионов в раствор характерен для активных металлов, например, для Zn, Cd, Fe. При этом раствор около поверхности металла приобретает избыточный положительный заряд, а поверхность металла - отрицательный; на границе металл – раствор возникает скачок потенциала. По мере увеличения концентрации катионов в растворе у поверхности металла выход ионов из металла уменьшается, а процесс их обратной адсорбции из раствора, наоборот, интенсифицируется. При равенстве скоростей этих процессов устанавливается динамическое равновесие.

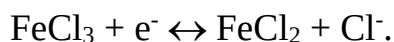
Сольватированные (гидратированные – в случае водных растворов) катионы металла в растворе и оставшиеся в кристаллической решетке электроны образуют двойной электрический слой. Изменение потенциала ϕ в этом слое суммарно складывается из скачка потенциала ψ в слое жестко ориентированных катионов у поверхности металла (так называемый адсорбционный слой) и скачка потенциала ψ' в менее упорядоченном размытом слое (так называемый диффузный слой): $\phi = \psi + \psi'$.

В противоположность рассмотренному случаю, из менее активных металлов, таких как Au, Ag, Cu катионы в раствор практически не переходят. Для этих металлов $U_{\text{solv}} < U_d$. Поэтому, если, например, металлическое серебро контактирует с раствором собственной соли, преобладает переход катионов серебра из раствора на поверхность металла. В результате поверхность металла заряжается положительно, а прилегающий к ней раствор – отрицательно.

Отметим существование еще одного механизма образования скачка потенциала. Двойной электрический слой также образуется при контакте инертного металла, например, Pt с раствором, содержащим окисленную или восстановленную форму какого-либо соединения.

Так, ион Fe^{3+} в растворе FeCl_3 в отсутствие восстановителей не может проявить окислительной способности. Однако, если в раствор поместить ме-

таллическую платину, то катион Fe^{3+} способен отнять от поверхности металла один электрон и восстановиться до состояния Fe^{2+} :



В результате поверхность платины приобретает положительный заряд, а прилегающий слой раствора – отрицательный за счет избытка ионов Cl^- . Возникающий положительный потенциал на платине будет тем выше, чем больше окислительная способность катиона металла в растворе. В общем случае этот потенциал определяется соотношением концентраций окисленной и восстановленной формы ионов в растворе и характеризует окислительно - восстановительную активность системы, например: Fe^{2+} , Fe^{3+}/Pt . Такой потенциал называют окислительно - восстановительным потенциалом.

Следует помнить, что во всех рассмотренных выше случаях причиной возникновения скачка потенциала является именно окислительно - восстановительный процесс на поверхности металла, погруженного в раствор электролита. Следовательно, значение этого потенциала также характеризует окислительно - восстановительные свойства системы.

Г. Нернст, изучая потенциалы различных электродных систем, установил, что величина этих потенциалов определяется следующими факторами:

- 1) природой веществ, составляющих окислительно - восстановительную систему (каждое вещество характеризуется своим значением потенциала);
- 2) соотношением между активностями (концентрациями) этих веществ;
- 3) температурой системы.

Соответствующая зависимость выражается уравнением, носящем имя автора - **Г. Нернста**:

$$E_{\text{Ox/Red}} = E_{\text{Ox/Red}}^0 + \frac{2,3RT}{nF} \lg \frac{a_{\text{Ox}}}{a_{\text{Red}}}, \quad (10.6)$$

где E^0 - стандартный электродный потенциал; n - число электронов, принимающих участие в электродном процессе; R - универсальная газовая постоянная; T - температура; F - постоянная Фарадея; a_{Ox} , a_{Red} - активности окисленной и восстановленной форм компонентов системы.

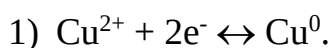
Физический смысл величины E^0 вытекает из уравнения (10.6): стандартный электродный потенциал – это потенциал системы при активности всех ее компонентов, равных единице. При выполнении данного условия $a_{\text{Ox}} = a_{\text{Red}} = 1$, получаем $\lg 1 = 0$ и $E = E^0$.

В том случае, если отдельные компоненты системы находятся в твердом состоянии или представляют собой газы, парциальное давление которых составляет одну атмосферу, их можно исключить из уравнения Нернста, т.к. их активности равны единице. Активности остальных компонентов следует возвести в степень, равную соответствующему стехиометрическому коэффициенту в уравнении окислительно - восстановительной реакции.

Отметим, что на практике для удобства в уравнение Нернста записывают молярные концентрации компонентов, а не их активности. Также часто постоянные величины объединяют в одну константу. Тогда для комнатной температуры (25 °C) уравнение Нернста принимает вид:

$$E_{\text{Ox/Red}} = E_{\text{Ox/Red}}^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{C_{\text{Ox}}}{C_{\text{Red}}}.$$

Рассмотрим в качестве примера общий вид уравнения Нернста для различных систем:



$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^0} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^0}^0 + \frac{0,059}{2} \lg C(\text{Cu}^{2+}).$$



$$E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} = E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}}^0 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{C(\text{MnO}_4^-) \cdot C^8(\text{H}^+)}{C(\text{Mn}^{2+})}.$$

Часто на ход окислительно - восстановительного процесса оказывает большое влияние характер среды. Иногда влияние среды на ход окислительно - восстановительного процесса так велико, что некоторые реакции могут осуществляться только в кислой или щелочной среде.

От pH среды нередко зависит и количество электронов, присоединяемых молекулой (ионом) окислителя или отдаваемых молекулой (ионом) восстановителя. Так, например, перманганат калия KMnO_4 при диссоциации в водных растворах образует ионы MnO_4^- . Эти ионы, выступая в роли окислителя, в кислой среде восстанавливаются с образованием иона Mn^{2+} , в сильнощелочной - с образованием MnO_4^{2-} - иона, в слабощелочной и нейтральной - с образованием молекул MnO_2 .

Обычно при анализе окислительно - восстановительного процесса его разбивают на две полуреакции:

- 1) восстановительную, включающую ион (атом) - восстановитель, вместе со своей окисленной формой;
- 2) окислительную, включающую ион (атом) - окислитель, вместе со своей восстановленной формой.

Часто полуреакции включают не только атомы, изменяющие свою степень окисления, но и взаимодействующие с ними ионы H^+ и OH^- среды. Любая полуреакция, являющаяся в одной окислительно - восстановительной реакции окислительной, может выступить в другой реакции в роли восстановительной.

Для решения вопроса, может ли одна полуреакция по отношению к другой полуреакции выступить в качестве восстановительной или окисли-

тельной, используют таблицу стандартных электродных потенциалов (табл. 10.2).

Таблица 10.2

Значения стандартных электродных потенциалов

Окислительно – восстановительная полуреакция	E^0 , В
$\text{Ag}^+ + e^- \leftrightarrow \text{Ag}$	+0,799
$\text{Al}^{3+} + 3e^- \leftrightarrow \text{Al}$	-1,66
$\text{Ba}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Ba}$	-2,90
$\text{Br}_2 + 2e^- \leftrightarrow 2\text{Br}^-$	+1,065
$\text{Ca}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Ca}$	-2,87
$\text{Cd}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Cd}$	-0,403
$\text{Ce}^{4+} + e^- \leftrightarrow \text{Ce}^{3+}$	+1,61
$\text{Cl}_2 + 2e^- \leftrightarrow 2\text{Cl}^-$	+1,359
$\text{Co}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Co}$	-0,277
$\text{Co}^{3+} + e^- \leftrightarrow \text{Co}^{2+}$	+1,842
$\text{Cr}^{3+} + 3e^- \leftrightarrow \text{Cr}$	-0,74
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Cu}$	+0,37
$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Fe}$	-0,440
$\text{Fe}^{3+} + e^- \leftrightarrow \text{Fe}^{2+}$	+0,771
$2\text{H}^+ + 2e^- \leftrightarrow \text{H}_2$	0,000
$\text{Hg}_2^{2+} + 2e^- \leftrightarrow 2\text{Hg}$	+0,789
$2\text{Hg}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Hg}_2^{2+}$	+0,920
$\text{Hg}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Hg}$	+0,854
$\text{Li}^+ + e^- \leftrightarrow \text{Li}$	-3,05
$\text{Mg}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Mg}$	-2,37
$\text{Mn}^{2+} + 2e^- \leftrightarrow \text{Mn}$	-1,18
$\text{Na}^+ + e^- \leftrightarrow \text{Na}$	-2,71

$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Ni}$	-0,28
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Pb}$	-0,126
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Sn}$	-0,136
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Zn}$	-0,763

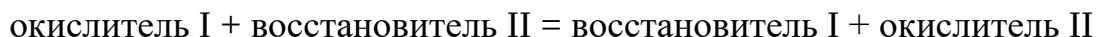
В таблице 10.2 каждая из окислительно - восстановительных полуреакций охарактеризована величиной стандартного электродного потенциала при 25 °С. Чем больше значение потенциала E° , тем выше окислительная способность. Окисленная форма иона (атома) в полуреакции, имеющей более высокое значение E° , может принимать электроны от восстановленной формы другого иона (атома) из полуреакции, имеющей меньшее значение E° . После перехода электронов окисленная форма иона (атома) в первой полуреакции (высшая степень окисления) превращается в восстановленную форму (низшая степень окисления), а восстановленная форма иона (атома) второй полуреакции - в окисленную. Например, ионы MnO_4^- в кислой среде ($E^\circ = 1,51 \text{ В}$) могут служить окислителями для хлорид - ионов Cl^- ($E^\circ = 1,36 \text{ В}$), превращая их в молекулы Cl_2 , переходя при этом в ионы Mn^{2+} .

Потенциалы полуреакций указывают, насколько легко окисляются или восстанавливаются соответствующие частицы. Чем более положительна величина E° для полуреакции, тем больше тенденция к протеканию этой полуреакции в том направлении, в котором она записана.

К наиболее распространенным окислителям относятся галогены, кислород и такие анионы, как, например, MnO_4^- , ClO_3^- и NO_3^- , в которых центральный атом имеет высокую положительную степень окисления. В качестве окислителей иногда также используются ионы металлов с высокими положительными степенями окисления, как, например, Ce^{4+} , который легко восстанавливается до Ce^{3+} .

В качестве восстановителей часто используются водород H_2 и многие металлы. Растворы восстановителей трудно хранить длительное время, поскольку они взаимодействуют с присутствующим в воздухе O_2 , являющимся хорошим окислителем.

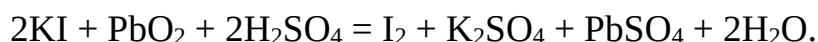
Разность между стандартными потенциалами полуреакций определяет возможность протекания интересующей реакции. Предположим, речь идет об осуществлении окислительно - восстановительного взаимодействия:



с известными потенциалами $E^0_{(\text{окислитель I} / \text{восстановитель I})}$ и $E^0_{(\text{окислитель II} / \text{восстановитель II})}$.

Решить вопрос о возможности протекания данного взаимодействия можно путем сравнения величины потенциала полуреакции, используемой в качестве окислительной ($E^0_{(\text{окислитель I} / \text{восстановитель I})}$) и потенциала полуреакции, используемой в качестве восстановительной ($E^0_{(\text{окислитель II} / \text{восстановитель II})}$). Реакция будет протекать в прямом направлении (слева направо) при большем потенциале первой полуреакции. Если же для первой полуреакции потенциал меньше, предполагаемая реакция не пойдет; принципиально возможной будет обратная реакция.

Например, выясним, в каком направлении будет протекать реакция между диоксидом свинца PbO_2 и иодидом калия KI в кислой среде:



Для ответа на поставленный вопрос сравним величины соответствующих окислительно – восстановительных потенциалов: $E^0(\text{PbO}_2/\text{Pb}) = + 1,68 \text{ В}$; $E^0(\text{I}_2/2\text{I}^-) = + 0,53 \text{ В}$. Первый потенциал больше, следовательно, окислителем будет выступать PbO_2 , а рассматриваемая реакция будет протекать слева направо.

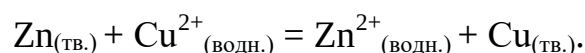
10.3. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

В принципе энергию, выделяющуюся в любой самопроизвольной окислительно-восстановительной реакции, можно непосредственно исполь-

зовать для выполнения электрической работы. Это осуществлено в гальваническом элементе, представляющем собой устройство, в котором перенос электронов происходит по внешнему пути, а не непосредственно между реагентами.

Одна из таких самопроизвольных реакций происходит, если кусочек цинка поместить в раствор, содержащий ионы Cu^{2+} . При протекании этой реакции голубая окраска раствора, характерная для ионов Cu^{2+} , исчезает, и на поверхности цинка начинает осаждаться металлическая медь. Одновременно происходит растворение цинка.

Эти превращения описываются уравнением:



На рис. 10.1 показан гальванический элемент, в котором используется данная окислительно - восстановительная реакция между Zn и Cu^{2+} . На ри-

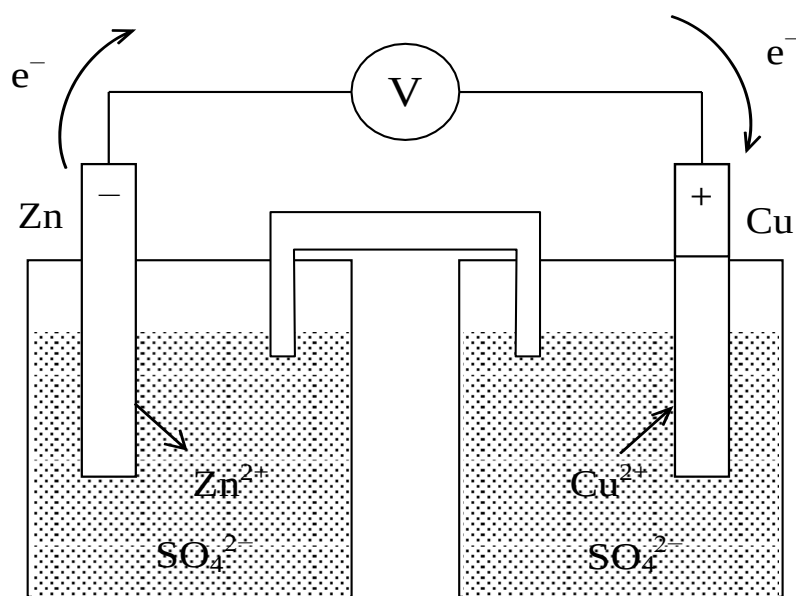


Рис. 10.1. Медно – цинковый гальванический элемент

сунке видно, что металлический цинк и $\text{Cu}_{\text{водн.}}^{2+}$ не находятся в непосредственном контакте друг с другом. Следовательно, Cu^{2+} может восстанавливаться только в результате перетекания электронов по проводнику, соединяющему цинковый и медный электроды (т. е. по внешней цепи).

По определению электрод, на котором происходит окисление, называется анодом, а электрод, на котором происходит восстановление, называется катодом. Чтобы запомнить эти определения, полезно воспользоваться следующим мнемоническим правилом: слова «окисление» и «анод» начинаются с гласных букв, а «восстановление» и «катод» - с согласных.

В рассматриваемом примере Zn является анодом, а Cu - катодом:

а) на аноде $\text{Zn} - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}^{2+}$ (окисление),

б) на катоде $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ (восстановление).

Гальванический элемент можно рассматривать как устройство, состоящее из двух полуэлементов. Один из них соответствует процессу окисления, а другой - процессу восстановления. При окислении металлического цинка на аноде появляются свободные электроны. Они перемещаются по внешней цепи к катоду, где происходит их поглощение ионами Cu^{2+} . Электроны самопроизвольно перемещаются от отрицательного электрода к положительному, следовательно, анод является отрицательным электродом, а катод - положительным.

Во время работы гальванического элемента, изображенного на рис. 10.1, окисление Zn приводит к появлению дополнительных ионов Zn^{2+} в анодном пространстве элемента. Если не провести нейтрализацию их положительного заряда, дальнейшее окисление приостановится. Подобно этому восстановление Cu^{2+} вызывает появление избыточного отрицательного заряда в растворе в катодном пространстве. Избежать накопления избыточных зарядов в приэлектродном пространстве можно, используя «солевой мостик». Солевой мостик представляет собой U - образную трубку, содержащую раствор какого

- либо сильного электролита (NaNO_3 , NH_4Cl), ионы которого не реагируют с другими ионами в гальваническом элементе, а также с материалами, из которых сделаны электроды. Концы U - образной трубки закрывают фильтровальной бумагой, чтобы при перевертывании трубки электролит не вылился из нее.

При протекании на электродах процессов окисления и восстановления ионы из солевого мостика проникают в анодное и катодное пространство гальванического элемента и нейтрализуют избыточные заряды.

10.3.1. Электродвижущая сила (ЭДС) гальванического элемента

Перемещение электронов по внешней цепи гальванического элемента обусловлено так называемой электродвижущей силой (сокращенно ЭДС) элемента. ЭДС измеряется в единицах электрического напряжения (вольтах) и иначе называется напряжением, или потенциалом, гальванического элемента. Один вольт представляет собой ЭДС, необходимую для того, чтобы заряд в 1 Кл приобрел энергию в 1 Дж: $1\text{В} = 1\text{ Дж/Кл}$.

Точное измерение ЭДС гальванического элемента требует применения специальных приборов. Эти измерения выполняют таким образом, чтобы через гальванический элемент протекал ничтожно малый ток. Если допустить протекание значительного тока, кажущееся напряжение гальванического элемента понижается, так как он обладает внутренним сопротивлением. Кроме этого, вокруг электродов произойдет изменение концентраций ионов, что вызовет изменение электродных потенциалов.

ЭДС, создаваемая гальваническим элементом, обозначается буквой E . Если гальванический элемент работает при стандартных условиях, то он создает стандартную ЭДС, обозначаемую символом E° . Напомним, что стандартным условиям соответствуют 1 моль/л концентрация реагентов и продуктов в растворах и давление в 1 атм для газообразных участников реакций.

Медно - цинковый гальванический элемент в стандартных условиях создает ЭДС величиной 1,10 В.

ЭДС любого гальванического элемента зависит от протекающей в нем реакции, от концентраций реагентов и продуктов, от температуры.

Непосредственное измерение потенциалов анода и катода по отдельности невозможно. Однако, если одной полуреакции условно приписать стандартный электродный потенциал, то стандартные потенциалы других полуреакций можно определять относительно этого условного эталона. В качестве такого условного эталона выбрана полуреакция, соответствующая восстановлению ионов H^+ с образованием молекул H_2 . Ей условно приписывается стандартный потенциал, равный 0 В:



Гальванический элемент, в котором протекает реакция, например, между Zn и H^+ , характеризуется окислительно – восстановительным процессом:



Окисление цинка происходит в анодном, а восстановление H^+ - в катодном отделении. В подобном гальваническом элементе работающий при стандартных условиях ($C(H^+) = 1$ моль/л и $p(H_2) = 1$ атм.) стандартный водородный электрод состоит из платиновой проволоки и платиновой фольги, покрытой тонко измельченной платиной – платиновой чернью. Электрод заключен в стеклянную трубку, в которой собирается газообразный водород, выделяющийся над поверхностью платины.

Описанный гальванический элемент создает стандартную ЭДС $E^0 = 0,76$ В. Принимая во внимание потенциал стандартного водородного

электрода ($E^0 = 0$), можно вычислить стандартный потенциал Zn:

$$E^0_{\text{элемента}} = E^0_{\text{катод}} - E^0_{\text{анод}}, \quad 0,76 \text{ В} = 0 - E^0_{\text{анод}}.$$

Таким образом, цинку приписывается стандартный потенциал, составляющий - 0,76 В.

Стандартные потенциалы других электродных полуреакций устанавливаются путем измерений ЭДС гальванических элементов аналогичным образом.

Данные об электродных потенциалах приведены в табл. 10.2. Комбинируя между собой соответствующие реакции, можно по их электродным потенциалам вычислять стандартные ЭДС самых разнообразных гальванических элементов.

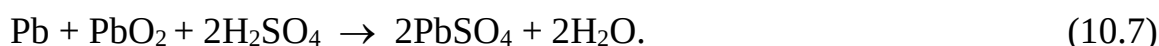
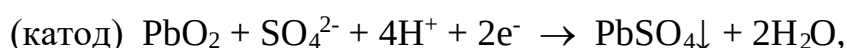
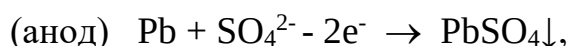
10.3.2. Гальванические элементы, применяемые на практике

Гальванические элементы получили широкое применение как удобные источники энергии, важным достоинством которых является компактность. Для создания гальванического элемента в принципе подходит любая самопроизвольная окислительно - восстановительная реакция. Лабораторные образцы гальванических элементов с солевым мостиком позволяют понять принцип действия электрохимического элемента. Однако они неудобны для практического использования.

Ниже рассмотрено устройство распространенных электрических батарей, применяемых на практике. Электрическая батарея, как правило, представляет собой несколько соединенных друг с другом гальванических элементов. При последовательном соединении нескольких гальванических элементов ЭДС батареи равна сумме ЭДС отдельных элементов.

Свинцовая аккумуляторная батарея

Одним из вариантов широко применяемых гальванических элементов является свинцовая аккумуляторная батарея. Свинцовая аккумуляторная батарея напряжением 12 В, используемая в автомобилях, состоит из шести гальванических элементов, каждый из которых дает напряжение 2 В. Анод такого элемента выполнен из свинца, а катод - из диоксида свинца PbO_2 , заполняющего металлическую решетку. Оба электрода погружены в серную кислоту. В процессе разрядки батареи в ней протекают электродные реакции:



Между Pb и PbO_2 не должно быть прямого физического контакта. Чтобы предотвратить соприкосновение электродов, между ними помещают перегородки из стекловолокна. Для повышения силы снимаемого тока в каждом элементе помещено несколько анодных и катодных пластин.

Из уравнения (10.7) видно, что в процессе разряда свинцовой аккумуляторной батареи расходуется серная кислота. Концентрированная серная кислота имеет высокую плотность, но в процессе разрядки батареи плотность электролита уменьшается.

Электролит в свежезаряженной батарее имеет плотность 1,25 - 1,30 г/см³. Если его плотность становится ниже 1,20 г/см³, батарея нуждается в перезарядке. Плотность электролита измеряют с помощью ареометра. Это устройство снабжено поплавком, глубина погружения в жидкость которого зависит от ее плотности.

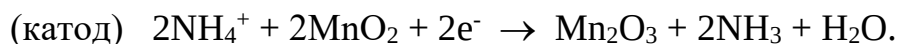
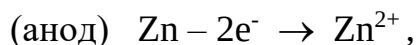
Для заряда свинцовой аккумуляторной батареи используется внешний источник энергии, позволяющий обращать направление самопроизвольной окислительно - восстановительной реакции (10.7).

Перезарядка возможна благодаря тому, что PbSO_4 , образующийся во время разряда батареи, не отделяется от электродов. Поэтому при подключении внешнего источника энергии электроны перетекают с одного электрода на другой, а PbSO_4 превращается в Pb на одном электроде и в PbO_2 на другом, т. е. вновь образуются вещества, имевшиеся в свежезаряженной батарее. При слишком быстрой зарядке батареи возможно разложение воды на H_2 и O_2 . Смесь H_2 и O_2 взрывоопасна, кроме того, эта вторичная реакция приводит к сокращению срока службы батареи. Выделение газообразных водорода и кислорода приводит к механическому удалению Pb , PbO_2 или PbSO_4 с поверхности электродов и их накоплению в виде шлама в нижней части батареи. Со временем это может вызвать короткое замыкание в батарее и вывести ее из строя.

Сухой элемент

Разновидность гальванических элементов, называемая сухим элементом, получила широкую известность благодаря тому, что этот элемент используется для питания компактных электрических фонарей, радиоприемников и другой бытовой электронной техники.

В одном из вариантов изготовления сухого элемента анод выполняется в виде цинковой оболочки, наполненной влажной пастой из MnO_2 , NH_4Cl и угольного порошка. В пасту погружен инертный катод - графитовый стержень. Снаружи сухой элемент имеет декоративную защитную оболочку из картона или полимерного материала. В этом гальваническом элементе протекают следующие электродные реакции:

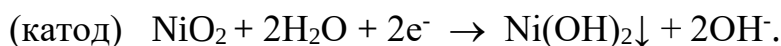
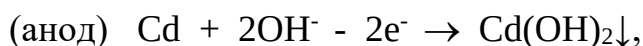


В другом варианте (щелочном) вместо NH_4Cl используется KOH . Анодная реакция и в этом случае включает окисление Zn , а катодная реакция - восстановление MnO_2 . Сухой элемент такого типа обладает большей работоспособностью, чем кислый, поскольку в нем не возникает коррозии цинкового анода, имеющей место при взаимодействии металла с NH_4Cl в присутствии влаги. Однако щелочные сухие элементы дороже. В любом варианте сухой элемент дает напряжение около 1,5 В.

Щелочной аккумулятор. Никель – кадмиевая батарея

Поскольку сухие элементы нельзя перезаряжать, их приходится заменять. Поэтому большое распространение получила никель - кадмиевая перезаряжаемая батарея, удобная для применения в различных бытовых приборах, питаемых аккумуляторами, и в переносных электронных устройствах. Анод этой батареи изготавливается из металлического кадмия, катод – из диоксида никеля. В качестве электролита используется щелочь (KOH , LiOH).

При работе батареи протекают следующие электродные реакции:



Как и в свинцовой аккумуляторной батарее, в никель - кадмиевой батарее продукты реакции не отделяются от электродов. Это позволяет легко проводить обратные реакции при перезарядке. Поскольку ни на стадии раз-

ряда, ни на стадии заряда не происходит выделения газов, никель - кадмиевую батарею можно герметизировать, что представляет собой значительное удобство при эксплуатации.

Топливный элемент

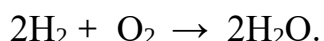
Многие вещества могут быть использованы в качестве топлива, так как их взаимодействие с кислородом воздуха сопровождается экзотермическим тепловым эффектом. Получаемую при горении тепловую энергию нередко превращают в электрическую энергию. Поскольку горение представляет собой окислительно - восстановительную реакцию, последнюю можно использовать для прямого получения электрического тока, создав соответствующий гальванический элемент.

Прямое преобразование химической энергии в электрическую имеет большие преимущества по сравнению с обычным способом превращения химической энергии сначала в тепловую и лишь после этого в электрическую. При получении электрической энергии из тепловой последнюю используют для превращения воды в пар. Затем пар приводит в действие турбину, которая вращает генератор. При превращении энергии из одной формы в другую или при ее передаче от одного вещества к другому происходят неизбежные потери энергии. Обычно в электрическую энергию удастся превратить не более 40 % энергии, полученной в результате сгорания топлива; остальная часть рассеивается в окружающую среду. Прямое получение электрической энергии из топлива при помощи гальванических элементов обеспечивает более высокий коэффициент преобразования химической энергии топлив в электрическую энергию. Гальванические элементы, в которых реагентами служат способные к горению вещества, называются **топливными элементами**.

Одной из возникающих при разработке топливных элементов проблем является высокая температура, сопровождающая работу большинства подобных элементов. Разработан низкотемпературный топливный элемент, в

котором используется H_2 , но пока что этот топливный элемент дорог для широкого применения.

В кислородно - водородном топливном элементе протекают следующие электродные реакции:



Электроды данного элемента выполнены в виде полых трубок из пористого прессованного угля, пропитанного катализатором; электролитом служит KOH (рис. 10.2). Топливный элемент работает до тех пор, пока не прекращается подача реагентов.

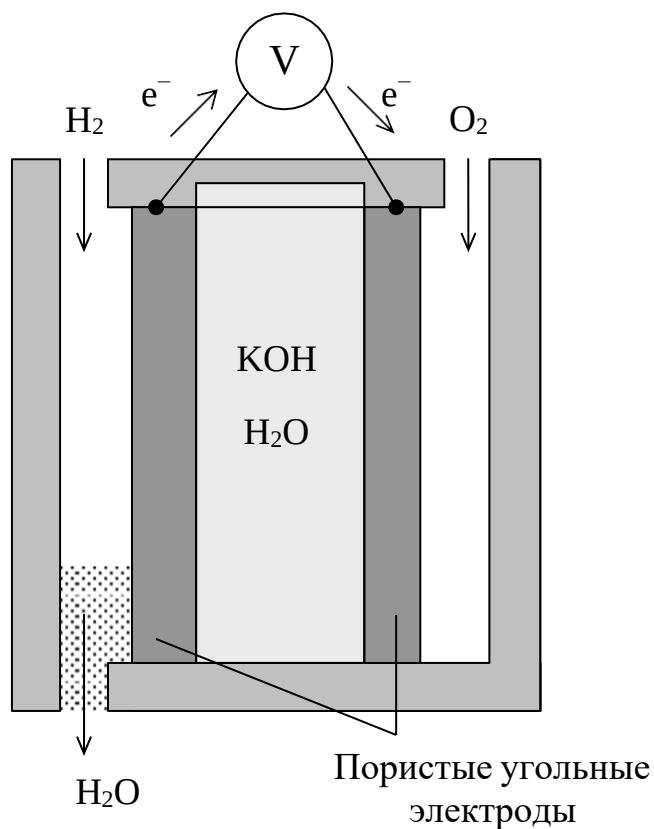


Рис. 10.2. Кислородно - водородный топливный элемент

10.4. ЭЛЕКТРОЛИЗ

С помощью гальванических элементов можно использовать самопроизвольные окислительно - восстановительные реакции для получения электрической энергии. С другой стороны, источник электрической энергии позволяет проводить несамопроизвольные окислительно - восстановительные реакции, например, разлагать расплавленный хлорид натрия на составляющие его элементы: $2\text{NaCl} = 2\text{Na} + \text{Cl}_2$.

Подобные процессы, которые можно осуществить за счет энергии внешнего источника электрического тока, называются реакциями электролиза и проводятся в электролитических ячейках (электролизерах). Электролитическая ячейка состоит из двух электродов, погруженных в расплавленную соль или водный раствор. Электрическую энергию для проведения электролиза получают от внешнего источника постоянного электрического тока.

Электролиз – это совокупность окислительно - восстановительных процессов, протекающих на электродах под действием внешнего источника постоянного тока.

При электролизе расплавленного NaCl ионы Na^+ притягиваются и затем присоединяют электроны на отрицательном электроде, восстанавливаясь до металла. Точно так же происходит перемещение ионов Cl^- к положительному электроду, где они отдают электроны и окисляются (рис. 10.3)

Как и в гальваническом элементе, электрод, на котором происходит восстановление, называется катодом, а электрод, на котором происходит окисление, называется анодом. В рассматриваемом случае в электролитической ячейке протекают следующие реакции:

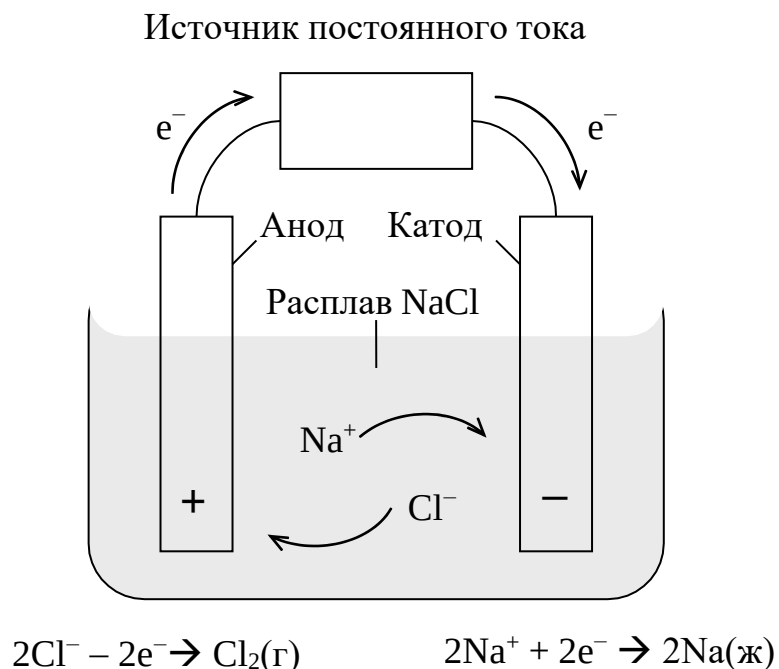
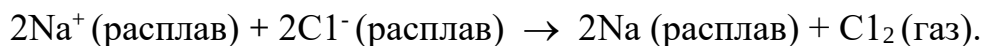
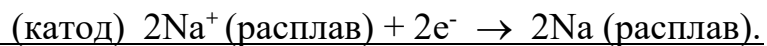


Рис. 10.3. Схема электролиза расплавленного NaCl

Рассмотренный процесс электролиза хлорида натрия используется для промышленного получения щелочного металла. Расплавленный NaCl подвергают электролизу в специальном электролизере, сконструированном таким образом, чтобы Na и Cl₂ не могли вступать в контакт друг с другом и снова образовывать NaCl. Кроме того, предусмотрено, чтобы натрий не вступал в контакт с воздухом и не образовывал оксид.

10.4.1. Электролиз водных растворов электролитов

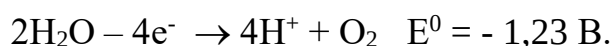
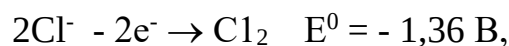
При электролизе водных растворов солей необходимо учитывать

наличие конкурирующих процессов на катоде и аноде из-за присутствия молекул воды. Это вызвано тем, что, например, на катоде в первую очередь будут восстанавливаться ионы с большим значением электродного потенциала. Так, натрий нельзя получить электролизом водного раствора NaCl, потому что на катоде ионы водорода молекул воды восстанавливаются легче, чем ион Na^+ в растворе:



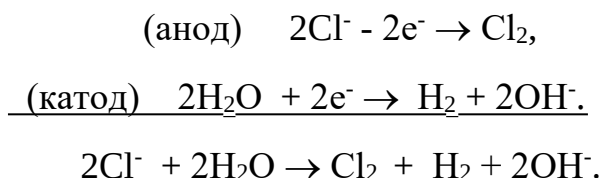
Следовательно, при электролизе водного раствора NaCl на катоде вместо натрия должен выделяться газообразный водород.

На другом электроде - аноде в случае рассматриваемой соли возможно окисление Cl^- или H_2O :



Эти стандартные окислительные потенциалы отличаются друг от друга не слишком сильно, но из их сравнения следует, что молекулы H_2O должны окисляться с большей легкостью, чем ионы Cl^- . Однако для осуществления реакции иногда требуется намного более высокое напряжение, чем то, которое указывают электродные потенциалы. Дополнительное напряжение, необходимое для проведения электролиза, называется **перенапряжением**. Электроосаждению металлов соответствуют низкие значения перенапряжения, но перенапряжения, соответствующие выделению газообразного водорода или газообразного кислорода, обычно весьма значительны. В рассматриваемом примере перенапряжение, необходимое для образования H_2 , настолько велико, что Cl^- окисляется легче, чем H_2O . По этой причине при электролизе водных

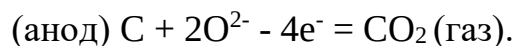
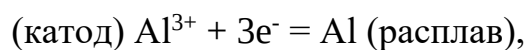
растворов NaCl (рассолов) образуются H_2 и Cl_2 , если только концентрация Cl^- не слишком низка. При этом протекают следующие реакции:



Для образования H_2 и Cl_2 из раствора при стандартных условиях требуется минимальное напряжение 2,06 В. На практике для проведения электролиза используют более высокое напряжение, что объясняется наличием внутреннего сопротивления электролитической ячейки, а также отмеченным выше перенапряжением.

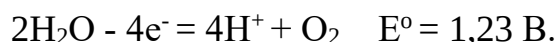
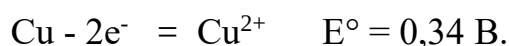
При электролизе водных растворов активных металлов, как, например, Na, Ca, Mg и Al, характеризующихся довольно большими отрицательными значениями стандартных электродных потенциалов, вместо соответствующего металла на катоде выделяется H_2 . Поэтому такие активные металлы получают электролизом расплавов их солей. Выше мы уже кратко обсудили электролитическое получение натрия. Рассмотрим еще один пример - получение алюминия.

Для промышленного получения алюминия используют оксид Al_2O_3 , добываемый в виде минерала боксита. Оксид алюминия не проводит электрический ток и имеет очень высокую температуру плавления свыше 2000 °С. Поэтому после предварительной очистки Al_2O_3 растворяют в расплавленном криолите Na_3AlF_6 , в результате чего образуется расплав, проводящий электрический ток. Расплавленную смесь подвергают электролизу при температуре около 950 °С, используя угольные электроды. При электролизе на катоде выделяется алюминий, а на аноде – кислород, взаимодействующий с материалом анода:



10.4.2. Электролиз с активным анодом

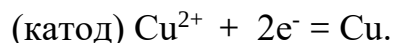
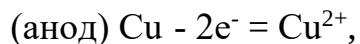
Обсуждая электролиз расплава или раствора NaCl, мы считали электроды инертными. Это означает, что сами электроды в процессе электролиза не вступают в реакцию, а просто служат поверхностями, на которых происходят окисление и восстановление. Однако в электролитическом процессе получения алюминия анод вступает в реакцию. Следовательно, электродные реакции включают не только окисление и восстановление растворителя и растворенных веществ, но и самих электродов. При электролизе водных растворов металлический электрод окисляется, если его потенциал меньше окислительно – восстановительного потенциала воды. Например, медь окисляется легче, чем вода:



К одному из многих интересных применений таких электролизных процессов относится рафинирование, или очистка, металлической меди. В промышленности соединения меди восстанавливают с помощью химических восстановителей. Например, для восстановления меди в CuS через расплавленную руду продувают воздух: $\text{CuS} + \text{O}_2 = \text{Cu} + \text{SO}_2$.

Полученная таким способом металлическая медь называется губчатой; она имеет чистоту приблизительно 99 % и содержит примеси железа, цинка, золота и серебра, а также других веществ. Некоторые примеси значительно снижают электропроводность металлической меди. Поэтому медь, идущую на изготовление электрических проводов, подвергают дальнейшей очистке. Такую очистку проводят путем электролиза. Губчатую медь помещают в элек-

тролизер и подключают к внешнему источнику тока в качестве анода. Тонкие листы чистой меди играют роль катода; электролитом служит раствор CuSO_4 . При пропускании электрического тока медь растворяется на аноде и осаждается на катоде:



Такие металлы, как цинк и железо, которые окисляются легче, чем медь, вместе с ней растворяются на аноде. Поскольку они восстанавливаются труднее, чем медь, регулируя напряжение, можно предотвратить их осаждение на катоде. Такие металлы, как серебро и золото, которые окисляются труднее, чем медь, не растворяются на аноде. По мере растворения меди они падают с анода и скапливаются под ним на дне ванны в виде ила. Анодный или периодически извлекают из электролитической ванны в процессе ее очистки. Он служит важным источником получения золота и серебра.

Другим интересным применением электролиза является покрытие металлов. Если, например, в описанной выше электролитической ячейке вместо меди сделать катодом какой-либо другой металл, в процессе электролиза на нем будет образовываться медное покрытие. Вместо меди можно нанести другой металл. При этом предмет, на который хотят нанести покрытие, делают катодом в электролитической ячейке. Металл, который наносят на другие поверхности, делают анодом. Нанесенное покрытие защищает различные предметы от коррозии и улучшает их внешний вид. Многие наружные части автомобилей, например бамперы и дверные ручки, электролитически покрывают хромом.

10.4.3.

Количественные аспекты электролиза

Количество продуктов химической реакции, происходящей в электро-

литической ячейке, прямо пропорционально количеству электричества, проходящему через ячейку. Например, при пропускании через электролитическую ячейку 1 моля электронов осаждается 1 моль металлического Na, а при пропускании 2 молей электронов - 2 моля Na.

Аналогично, для образования 1 моля меди из Cu^{2+} требуется 2 моля электронов, а для образования 1 моля алюминия из Al^{3+} - 3 моля электронов.

Количество электричества, протекающего через электрическую цепь, и в частности через электролитическую ячейку, измеряется в кулонах. 96 500 Кулонов (Кл) составляют 1 Фарадей: $1 \text{ Ф} = 96\,500 \text{ Кл} = \text{заряд 1 моля электронов}$.

Кулон представляет собой такой электрический заряд, который протекает за 1 с через поперечное сечение проводника при силе тока 1 ампер (А). Следовательно, чтобы определить, какое количество электричества Q (в кулонах) пропущено через электрохимическую ячейку, нужно умножить силу тока I в амперах на время его пропускания t в секундах:
 $Q = I \cdot t$.

10.5. ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЯ

Эффективность промышленного производства в немалой степени зависит от долговечности и надежности применяемого оборудования. В первую очередь это относится к механизмам и конструкциям, изготовленным из различных металлов. На практике металлическое оборудование подвергается не только тем или иным механическим нагрузкам, оно испытывает и различные виды химического воздействия, вызывающие коррозионные процессы. Так, согласно имеющимся оценкам, примерно 15 % ежегодного мирового производства железа идёт на замену металлических изделий, пришедших в негодность из-за коррозионных повреждений.

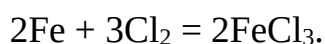
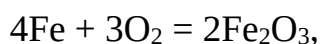
10.5.1. Химическая коррозия металлов

Коррозией металлов и сплавов называется их химическое разрушение, обусловленное взаимодействием металлических материалов с окружающей средой. В процессе коррозии протекают реакции окисления - восстановления, в которых окислителем является среда, контактирующая с металлами.

В зависимости от механизма протекания коррозия металлов может быть химическая и электрохимическая.

При химической коррозии происходит непосредственное взаимодействие металла с агрессивной средой, не являющейся электролитом. Причем агрессивная среда может быть как в газообразном, так и в жидком состоянии.

Например, при действии кислорода или хлора протекают реакции с образованием соответствующих продуктов - оксидов или хлоридов металлов, например, железа:



Скорость окисления металлов в газах зависит от природы металла, состава газа и температуры. В результате химической коррозии металл покрывается слоем продуктов реакции окисления (чаще всего пленкой оксида или гидроксида). Образующаяся пленка препятствует диффузии окислителя к металлу и тем самым замедляет, а иногда и прекращает дальнейшую коррозию металла. Поэтому большое значение для скорости протекания химической коррозии имеют состав и структура образующихся продуктов окисления.

Например, алюминий в сухом воздухе, или под действием кислорода,

растворенного в воде, покрывается тонкой ($50 - 100 \text{ \AA}$), но очень плотной пленкой оксида, после чего окисление металла практически прекращается. В случае железа оксидные слои (FeO или Fe_3O_4) не образуют сплошной пленки на его поверхности и не предохраняют металл от дальнейшего разрушения.

10.5.2.

Электрохимическая коррозия

Электрохимическая коррозия - процесс самопроизвольного разрушения одного из контактирующих в токопроводящей среде металлов. Важно, что токопроводящей средой может быть не только раствор какого-либо электролита, но даже тонкая пленка влаги, практически всегда присутствующая на поверхности металлов и металлических конструкций, эксплуатируемых в воздушной среде.

Коррозия металлов в электролитах является результатом образования короткозамкнутых гальванических элементов. В таком гальваническом элементе отрицательным полюсом работает тот металл, потенциал которого меньше (отрицательнее), а второй металл служит положительным полюсом.

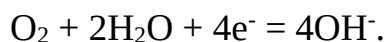
Разрушается (растворяется) тот металл, который имеет более отрицательный потенциал - это анод. Анодное разрушение поверхности металла собственно и составляет процесс электрохимической коррозии.

На положительном полюсе - катоде происходит тот процесс восстановления из раствора, потенциал которого положительнее.

В зависимости от состава раствора, находящегося около положительного электрода, возможно протекание одного из трёх конкурирующих процессов:

1. В нейтральном и щелочном растворах, не содержащих ионов металлов, потенциал которых более положителен, чем $-0,8 \text{ В}$, происходит восстановление растворенного в воде молекулярного кислорода. В этом случае

процесс называется коррозией с кислородной деполяризацией:



Пример. Контакт металлического железа ($E^0 = -0,44 \text{ В}$) с цинком ($E^0 = -0,76 \text{ В}$) в присутствии воды (рис. 10.4) сопровождается следующими электродными процессами:

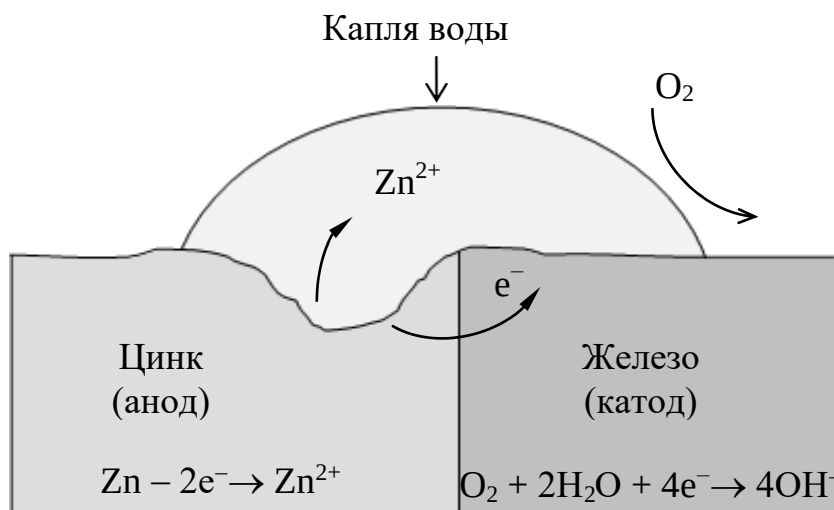
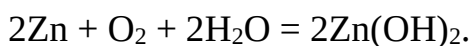
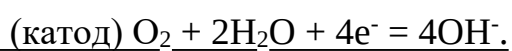
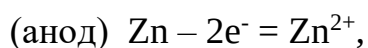
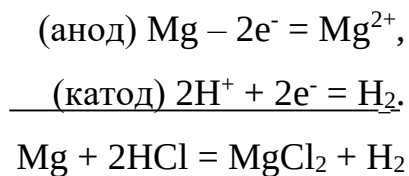


Рис. 10.4. Контакт металлического железа с цинком в присутствии воды

2. В кислом растворе происходит восстановление ионов водорода. Тогда процесс называют коррозией с водородной деполяризацией:



Пример. Контакт магния ($E^0 = -2,36 \text{ В}$) с медью ($E^0 = 0,34 \text{ В}$) в растворе соляной кислоты сопровождается следующими электродными процессами:



3. В растворе, содержащем ионы металлов Me^{n+} , потенциал которых более положителен, чем $-0,8 \text{ В}$, происходит восстановление этих ионов:



Процесс металлической деполяризации имеет место при работе гальванических элементов. При коррозии этот процесс встречается редко.

10.5.3. Причины, вызывающие образование гальванопар на поверхности металла

Появление разности потенциалов сопровождается любой контакт металл - электролит. В случае возникновения на поверхности металла участков с различным значением потенциала, образуются гальванические элементы и протекает электрохимическая коррозия.

Распространенной причиной возникновения на металлической поверхности участков с различным значением потенциала может быть структурная неоднородность металла. Неоднородность внутренних напряжений в металлическом изделии также может приводить к возникновению гальванической пары, т. к. сжатие увеличивает электродный потенциал металла, а растяжение - уменьшает. Поэтому в деформированной детали сжатые слои

металла будут играть роль катода, а растянутые - роль анода, подвергаясь при этом разрушению.

Непостоянный состав электролита над различными участками поверхности металла, например, обусловленный разной концентрацией растворенных солей и газов, тоже может вызвать возникновение разности потенциалов. Многие другие факторы, например, различная скорость движения электролита по поверхности металла, также могут служить причиной образования участков с различным значением электродного потенциала металла.

Известен еще один специальный вид гальванопар, который часто приходится учитывать на практике, это так называемые пары дифференциальной аэрации. Пары дифференциальной аэрации возникают в том случае, когда металл или металлическое изделие подвергается неоднородному воздействию кислорода воздуха. Та часть поверхности металла, к которой кислород попадает легче, становится катодом элемента. Анодом же будет часть поверхности, менее доступная кислороду. Это является следствием изменения электродного потенциала при действии кислорода на поверхность металла.

На практике приходится часто встречаться с парами дифференциальной аэрации, например, при подземной коррозии. Допустим, трубопровод проходит сначала через легко проницаемую для воздуха песчаную почву, а затем через пласт глины, сквозь которую воздух проникает с трудом. Если не принять специальные меры защиты от коррозии, в этом случае тоже может возникнуть пара дифференциальной аэрации, причем будет разрушаться та часть трубы, которая проходит через глину.

10.5.4. Коррозия металлов в защитных и антифрикционных маслах

Для защиты металлов от коррозии часто применяется нанесение масляного покрытия как на эксплуатируемое оборудование, так и на подлежащее консервации. Однако при определенных условиях коррозионные процессы

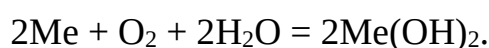
могут протекать и при наличии подобного защитного покрытия. Следует отметить, что в работающем двигателе, где металл соприкасается с нагретым маслом, при определенном составе масла также идут коррозионные процессы.

Химическую коррозию могут вызывать соединения нефтепродуктов, способные реагировать с металлом в молекулярном состоянии: образующиеся в результате окисления высокомолекулярные и в ещё большей мере низкомолекулярные органические кислоты, сернистые соединения, являющиеся продуктом сгорания топлив, содержащих серу.

Цветные металлы и сплавы, применяемые в подшипниках - свинец, кадмий и другие - особенно подвержены химической коррозии.

В практике коррозионной защиты различают коррозию наружных поверхностей и соответственно наружную консервацию и коррозию внутренних поверхностей машин и механизмов.

Коррозия наружных поверхностей, как правило, носит электрохимический характер:



Внутренняя коррозия чаще всего протекает по смешанному электрохимическому и химическому механизму. Именно совокупность двух типов коррозии приводит к наибольшему износу техники.

Для повышения антикоррозионных свойств масел применяются различные вещества. Для борьбы с химической коррозией в двигателях внутреннего сгорания используются антиокислительные и противокоррозионные присадки.

Антиокислительные присадки (некоторые амины, фенолы, фосфиды) предотвращают или замедляют окисление минеральных масел и топлив и поэтому уменьшают накопление в них коррозионно - активных веществ.

Противокоррозионные присадки, например, алкилфенольные, защищают металл от химической коррозии путем образования на нем адсорбци-

онных пленок, устойчивых к воздействию коррозионно - активных веществ.

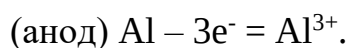
Антиокислительные и противокоррозионные присадки, как правило, не защищают металл от электрохимической коррозии, от коррозии в присутствии воды, потому что адсорбционные пленки, образующиеся на металле под влиянием антикоррозионных присадок, пропускают воду, разрушаются и десорбируются. Поэтому для предотвращения электрохимической коррозии используют специальные ингибиторы электрохимической коррозии. Эти вещества обычно представляют собой органические соединения, молекулы которых состоят из двух частей - углеводородного радикала и функциональной группы, обеспечивавшей защитные свойства.

Уменьшение электрохимической коррозии металла с помощью этих ингибиторов может достигаться двумя путями: они вытесняют воду с поверхности металла, создавая на нём адсорбционную пленку, не пропускающую воду и не разрушаемую водой; они могут избирательно затруднять катодные или анодные процессы при коррозии.

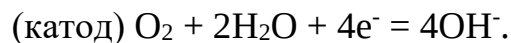
Решение типовых задач

Задача 1. Как будет протекать процесс коррозии в том случае, если алюминиевые листы конструкции, эксплуатируемой во влажной атмосфере, скрепить железными болтами?

Решение. В местах соприкосновения двух металлов образуется гальванический элемент. Металл, который окисляется легче, играет при этом роль анода, а второй металл - роль катода. Из сравнения стандартных электродных потенциалов алюминия ($E^0 = - 1,66 \text{ В}$) и железа ($E^0 = - 0,44 \text{ В}$) следует, что алюминий будет играть роль анода:



На катоде (железо) пойдет процесс восстановления кислорода:

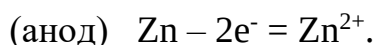


Таким образом, в месте контакта с железом алюминий будет корродировать, что приведет к нарушению прочности крепления:

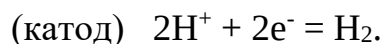


Задача 2. Слой цинка на "гальванизированном" (оцинкованном) железе называют "жертвенным анодом". Что это означает? Оказывает ли хром такое же действие на железные изделия, покрытые хромом?

Решение. Цинк окисляется легче, чем железо, потому что его стандартный электродный потенциал ($E^0 = -0,76 \text{ В}$) отрицательнее (для железа $E^0 = -0,44 \text{ В}$). Поэтому при контакте цинка и железа анодному растворению подвергается цинк:



На катоде, которым является железо, при этом будет происходить восстановление, например, ионов водорода (в кислом растворе):

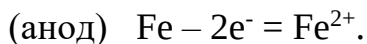


Если в контакте с железом находится хром ($E^0 = -0,74 \text{ В}$), он также играет роль "жертвенного анода", поскольку его стандартный электродный потенциал меньше, чем у железа.

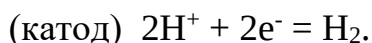
Такой способ защиты железа (или другого металла) от коррозии путем превращения его в катод электрохимического элемента называется **катодной защитой**.

Задача 3. Определить процессы, которые будут протекать при контакте железа и никеля в растворе серной кислоты (гальванопара $\text{Fe}/\text{H}_2\text{SO}_4/\text{Ni}$).

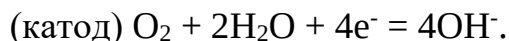
Решение. Из двух данных металлов меньшее значение стандартного электродного потенциала имеет железо (для железа $E^0 = - 0,44$ В, для никеля $E^0 = - 0,25$ В). Следовательно, анодному растворению будет подвергаться железо:



В кислой среде на катоде гальванопары (на никеле) будут восстанавливаться ионы водорода:



Если рассматриваемая гальванопара будет реализована в растворе хлорида натрия (Fe/NaCl/Ni), то катодный процесс будет заключаться в восстановлении растворенного кислорода:



10.6. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ

К количественным методам оценки степени коррозионного разрушения относятся:

1. Определение изменения массы образцов (массометрический метод).
2. Определение объема выделяющихся газообразных продуктов или объема газа, поглощаемого в процессе коррозии (объемный метод).
3. Химический анализ раствора (аналитический метод), применяемый при изучении скорости коррозии отдельных компонентов сплава.

Наиболее широко распространенным, благодаря своей простоте и надежности, является массометрический метод. Это - прямой метод, непосредственно связанный с массой разрушенного металла.

Показателем скорости коррозии в данном методе является величина K ,

представляющая собой отношение:

$$K = \frac{m_0 - m_1}{S \cdot t},$$

где m_0 - масса образца до коррозии, г; m_1 - масса образца после коррозии;
 S - площадь поверхности образца, м^2 ; t - время коррозионного разрушения, ч.

Массовые потери при коррозии могут быть пересчитаны в скорость коррозии, выраженную в мм/год:

$$\Pi = \frac{8,76 \cdot K}{\rho},$$

где Π - скорость коррозии, мм/год; K - скорость коррозии, г/($\text{м}^2 \cdot \text{ч}$);
 ρ - плотность металла, г/см³; 8,76 - коэффициент пересчета.

На основании величины Π можно произвести оценку химической стойкости металлов по десятибалльной шкале (таблица 10.3).

10.7. МЕТОДЫ БОРЬБЫ С КОРРОЗИЕЙ

Методы борьбы с коррозией чрезвычайно многочисленны и разнообразны. Выбор того или иного метода зависит от природы и структуры подлежащего защите материала, от условий его работы, от коррозионных свойств среды. Все эти методы удобно разделить на три группы:

- 1) изменение внешних условий работы изделия;
- 2) изменение структуры металла, подлежащего защите;
- 3) защита поверхности.

В последней группе можно выделить три подгруппы: а) нанесение ок-

сидных пленок; б) нанесение неметаллических покрытий; в) нанесение металлических покрытий (включая гальванические покрытия).

Таблица 10.3

Шкала коррозионной стойкости металлов

Группа стойкости	П, мм/год	Балл
1. Совершенно стойкие	< 0,001	0
2. Весьма стойкие	0,001 – 0,005 0,005 – 0,01	1 2
3. Стойкие	0,01 – 0,05 0,05 – 0,1	3 4
4. Пониженностойкие	0,1 – 0,5 0,5 – 1,0	5 6
5. Малостойкие	1,0 – 5,0 5,0 – 10,0	7 8
6. Нестойкие	> 10,0	9

Изменение внешних условий работы конструкции (изделия). Коррозию можно уменьшить или устранить, создав такие условия для работы изделия, которые затрудняли бы разряд ионов водорода или ионизацию кислорода на катодах микрогальванопар или затрудняли бы растворение анодных участков. Здесь можно указать три пути.

Защита обработкой среды. Можно устранить кислородную деполя-

ризацию удалением кислорода из раствора, вызывающего коррозию. Например, воду для паровых котлов освобождают от кислорода добавкой какого-либо восстановителя. Введением в раствор других добавок можно пассивировать анодные составляющие защищаемого металла. Например, в холодильных установках, где в железной аппаратуре циркулируют специальные растворы, добавка кремнекислого натрия или хромпика ($K_2Cr_2O_7$) пассивирует железо и ослабляет коррозию.

Защита приложением внешней ЭДС (катодная защита). Этот чисто электрохимический метод заключается в том, что изделие, подлежащее защите от коррозии, соединяют с отрицательным полюсом внешнего источника электричества, т. е. сообщают ему катодную поляризацию; анодами служат чугунные, свинцовые или графитовые пластины, погруженные в тот же раствор, что и защищаемое изделие. На катодной поверхности выделяется водород, растворение защищаемого металла не происходит. Для защиты железа от коррозии в растворах хлористого натрия достаточна плотность тока на защищаемой конструкции 10 - 12 мкА/см². При интенсивно перемешиваемом растворе необходима плотность тока до 250 мкА/см². Катодную защиту применяют для котлов, химической аппаратуры и т. п. Однако эффективность ее в изделиях сложной конфигурации невысокая.

Защита протекторами. Этот метод, также электрохимический, заключается в том, что к защищаемому изделию прикрепляют протекторы - пластинки, муфты и т. п. из металла (чаще всего из цинка), имеющего более отрицательный потенциал. В возникающей гальванической паре металл протектора анодно растворяется. Протекторы по мере износа нужно менять. Метод эффективен в среде, хорошо проводящей электрический ток. Радиус действия протектора невелик, и поэтому для защиты большой поверхности приходится устанавливать много протекторов.

Изменение структуры металла изделия. Электрохимическую коррозию можно ослабить, изменив состав и структуру металла легированием, т. е. введением в сплав с защищаемым металлом некоторых добавок. В этом

направлении возможны три пути:

1) Вводится добавка более благородного металла, образующего твердый раствор с основным металлом. Потенциал анодного растворения повышается, и тем самым коррозия затрудняется. Однако, чтобы достигнуть значительного повышения потенциала, приходится вводить значительные количества более благородного металла. Например, медь устойчиво защищается добавкой золота в количестве 52 - 53,5 % (по массе). Конечно, такой метод защиты дорог и применяется, например, в ювелирной промышленности.

2) Вводится добавка, которая, образуя сплав с различными составляющими основного металла (обычно многокомпонентного сплава), может повлиять так, что потенциалы всех составляющих сблизятся и, следовательно, ЭДС микрогальванопар уменьшится.

3) Вводится добавка, которая может подвергаться коррозии наряду с основным металлом, но продукты ее разрушения образуют на поверхности изделия плотные защитные пленки, препятствующие дальнейшей коррозии. Так, при разрушении кремнистого чугуна или стали на поверхности образуется пленка силикатов, обладающая защитными свойствами.

Защита поверхности металла. Защита оксидными пленками. Известно, что пленка оксида (или других продуктов коррозии) на поверхности может защищать металл от дальнейшего разрушения. Подбирая условия обработки, можно искусственным путем создать малопористую, достаточно устойчивую пленку оксидов на металлической поверхности. Наибольшее распространение получили следующие приемы.

Воронение, или оксидирование стали. Способы его выполнения очень разнообразны. Обработка железа паром, а затем восстанавливающими газами при температурах около 900 °С приводит к образованию пленки оксидов, состоящей в наружном слое из Fe_3O_4 и в более глубоком - из FeO . Воронение достигается также погружением стали в расплавленную смесь селитры и диоксида марганца при 300 °С или кипячением в щелочных окислительных

растворах, содержащих, например, едкий натр, селитру и диоксид марганца. В этих случаях в поверхностном слое образуется Fe_2O_3 . Воронение сообщает изделию красивый бархатистый темно-синий с черным отливом цвет.

Однако в качестве коррозионной защиты воронение недостаточно прочно. Оно пригодно лишь при работе в атмосферных условиях и требует периодической смазки изделия.

Фосфатирование стали. Процесс заключается в образовании на поверхности изделия пленки фосфорнокислых солей марганца и железа. Применяемая рецептура довольно разнообразна. Полученная пленка дополнительно покрывается специальным лаком. Покрытие достаточно устойчиво к коррозии в атмосферных условиях и даже в не слишком агрессивных жидких средах.

Оксидирование алюминия. Оксидная пленка на алюминии обладает высокой коррозионной устойчивостью в атмосферных условиях. Пленка может быть создана обработкой алюминия или его сплавов щелочными растворами, содержащими окислители, главным образом, хромовокислые соли. Можно, например, проводить травление в ванне, содержащей соду, едкий натр и бихромат калия, с последующей обработкой 2 % - ным раствором хромовой кислоты.

Анодное окисление алюминия. Весьма прочная пленка на алюминии получается при его анодной поляризации в 3 % - ном растворе хромовой кислоты при 40 °С. Катодом служит графит. Вследствие анодного пассивирования алюминия напряжение поднимается до 40 - 50 В.

Еще лучшие результаты дает анодное окисление алюминия в 20 % - ном растворе серной кислоты при 30 °С и плотности тока 2 А/дм² в течение 10 мин. Катодами служат свинцовые пластины. После электролиза изделие погружают в горячий раствор $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Получаемое покрытие настолько прочно, что даже после месяца работы в морской воде почти не обнаруживает признаков коррозии. Оксидная пленка служит прекрасным электроизолятором, выдерживая напряжение свыше 10 000 В. Поэтому анодное окисление алю-

миниевой проволоки применяют при изготовлении электротехнической аппаратуры.

Защита неметаллическими покрытиями. Покрытие красками или лаками является наиболее распространенным видом защиты металлов от коррозии. Пленка покрытия должна обладать большим электрическим сопротивлением и препятствовать работе микрогальванопар. Основой покрытия является пленкообразующее вещество (олифа и другие высыхающие масла). Для ускорения высыхания добавляют сиккативы - соединения свинца, марганца, кобальта и др. Наконец, для придания покрытию твердости и желаемого внешнего вида к краске добавляют пигменты - окрашенные соединения свинца, цинка, железа, хрома, меди, титана и т.д. Лакокрасочное покрытие должно плотно прилегать к поверхности металла, образуя сплошной слой. В противном случае в пустотах и порах под пленкой краски может удерживаться вода, которая будет служить электролитом для микрогальванопар на поверхности металла.

Из других неметаллических покрытий отметим бетон, асфальт, смолы, битумы, применяемые чаще всего для защиты подземных сооружений - трубопроводов, кабелей, оснований металлических конструкций и т. п. Для мелких изделий, предметов домашнего обихода и химической аппаратуры применяют защиту эмалью - слоем оплавленных силикатов, а также искусственными смолами и пластмассами.

Защита металлическими покрытиями. Широко применяется защита металлических изделий покрытием их слоем другого металла. Соответствующее покрытие должно удовлетворять ряду требований.

Необходимо обеспечить прочное сцепление слоя покрывающего металла с основным металлом. Прочность сцепления достигается либо за счет образования промежуточного слоя сплава обоих металлов, либо за счет сил сцепления. В обоих случаях поверхность основного металла должна быть предварительно тщательно очищена.

Покрытие должно быть пластичным, не растрескиваться и не отставать

от основы при изгибании. Иногда предъявляются специальные требования к твердости, стойкости к истиранию, жаростойкости и т.д. Покрывающий слой должен обладать равномерной заданной толщиной.

Покрытие должно защищать основной металл изделия от коррозии. В этом отношении следует различать два случая. Если металл покрытия имеет более положительный потенциал, чем металл основы, и при этом покрытие обладает порами, трещинами или царапинами, то при проникновении электролита в поры образуется гальваническая пара, в которой металл покрытия становится катодом, а металл основы - анодом. Возникновение такой пары будет только способствовать коррозии основного металла. Поэтому подобные покрытия, называемые катодными, должны быть сплошными, беспористыми и полностью исключать доступ вызывающих коррозию веществ к основному металлу. Примером может служить покрытие железа медью или меди серебром. Конечно, металл катодного покрытия сам по себе должен быть коррозионностоек.

Если потенциал металла покрытия более отрицателен, чем потенциал металла основы, то при доступе электролита к металлу основы последний будет играть роль катода в возникающей гальванической паре. Металл же покрытия станет анодом и будет разрушаться. Поэтому подобные покрытия, называемые анодными, даже и при нарушении непрерывности слоя защищают основной металл от коррозии. Примером анодного покрытия может служить нанесение цинка на железо.

Способы нанесения металлических покрытий очень разнообразны. К ним относятся:

- 1) способ горячего погружения;
- 2) пульверизация, заключающаяся в распылении расплавленного металла струей сжатых газов на подлежащую покрытию поверхность;
- 3) плакирование, заключающееся в совместной горячей прокатке покрываемого металла и тонкой пластины покрывающего металла;
- 4) диффузионные покрытия (цементация), получающиеся нагреванием

покрываемого изделия в порошке металла, подлежащего нанесению;

5) контактные покрытия, получающиеся погружением изделия из менее благородного металла в раствор соли более благородного металла;

6) гальванические покрытия.

Рассмотрим подробнее **гальванические покрытия**. Гальванические покрытия получают путем электролиза. Так как процесс ведут при невысоких температурах (от 15 до 60 °С), то приставание наносимого слоя к основному металлу достигается только за счет сил сцепления, причем иногда осадок даже воспроизводит, продолжает кристаллическую структуру основы. Поэтому очень важно предварительно тщательно очистить поверхность изделия. Впрочем, иногда имеет место и диффузия наносимого металла, хотя и на очень небольшую глубину. Гальванический осадок в большинстве случаев может быть получен любой толщины - от десятитысячных долей миллиметра до нескольких миллиметров. Наиболее часто применяют гальваническое осаждение цинка, никеля, хрома, меди, олова, золота, серебра, реже свинца, кадмия, кобальта, железа. Для специальных целей можно производить покрытие платиной, вольфрамом, сурьмой, мышьяком.

10.8. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Определите, будет ли протекать реакция окисления – восстановления между растворами солей KBr и FeCl₃:



$$E^0(\text{Br}_2/2\text{Br}^-) = 1,06 \text{ В}; E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ В}.$$

2. Установите, можно ли перемешивать раствор Fe(NO₃)₃ алюминиевой ложкой?

$$E^0(\text{Al}^{3+}/\text{Al}) = - 1,66 \text{ В}; E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ В}; E^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = - 0,44 \text{ В}.$$

3. Запишите процессы, протекающие на электродах при электролизе водных растворов следующих веществ: NaCl , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, HCl , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, KOH , ZnSO_4 . Рассмотрите два случая электролиза – с графитовым анодом и анодом, изготовленным из меди.

4. Составьте схемы двух гальванических элементов, содержащих железо, причем в одном из них данный металл должен быть «+», а в другом «-». Запишите уравнения протекающих электродных реакций и рассчитайте ЭДС гальванических элементов.

5. Из каких металлов необходимо составить гальванический элемент, чтобы его ЭДС была максимальной?

6. Хромирование поверхности изделий из железа придает им повышенные декоративные свойства и защищает от коррозии. В действительности покрытие из хрома наносят на тонкий слой никеля, защищающий железо. Слой хрома предохраняет никель от потускнения и создает прочную, блестящую поверхность. Обеспечивает ли никель катодную защиту железа?

7. Объясните, какой коррозионный процесс может возникнуть при соединении медной трубки с водопроводной трубой из оцинкованного железа?

8. Рассчитайте скорость коррозии алюминия в олеуме. Размеры образца металла $50 \times 30 \times 1$ мм, масса до испытания 4,0530 г, после восьмисуточного испытания – 4,0189 г. Произведите количественную оценку коррозионной стойкости алюминия в олеуме по десятибалльной шкале.

9. Запишите уравнения электродных процессов в следующих гальванопарах: $\text{Sn}/\text{NaCl}/\text{Fe}$, $\text{Ni}/\text{HgCl}_2/\text{Cu}$, $\text{Cr}/\text{HCl}/\text{Fe}$, $\text{Zn}/\text{CuSO}_4/\text{Ni}$.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Общая химия: Учебник для технических направлений и специальных вузов / Н.В. Коровин. - 9-е издание, переработанное - М.: Высшая школа, 2007. - 557 с.

Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов / Я.А. Угай. - 5-е издание, стереотипное - М.: Высшая школа, 2007. - 527 с.

Фролов В.В. Химия, 3-е изд. - М.: Высшая школа, 1986. - 432 с.

Глинка Н.Л. Общая химия: Учебное пособие для вузов / Под ред. А. И. Ермакова. - 30-е издание, исправленное. - М.: Интеграл - Пресс, 2003. - 728 с.

Дробашева Т. И. Общая химия. - М.: Феникс, 2004 г. - 448 с.

Курс химии: Учебник для инженерно-технических вузов / Г.П. Лучинский. – М.: Высшая школа, 1985. – 416 с.

Лабораторные работы по химии: Учебное пособие / Н.В. Коровин, Э.И. Мингулина, Н.Г. Рыжова; Под редакцией Н.В. Коровина - 4-е издание, переработанное - М.: Высшая школа, 2007. - 256 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Глава 1. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ	4
1.1. Основные классы неорганических соединений. Горные породы и минералы земной коры	4
1.2. Номенклатура неорганических веществ	8
1.3. Контрольные вопросы и задания	11
Глава 2. НАПРАВЛЕННОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	13
2.1. Энергетические соотношения в химических системах	13
2.2. Самопроизвольные процессы	18
2.3. Энтальпийный и энтропийный факторы химической реакции. Энергия Гиббса	21
2.4. Расчет изменений энергии Гиббса в стандартных усло- виях	24
2.5. Подземная газификация угля – новые возможности для энер- гетики	26
2.6. Задачи для самостоятельного решения	28
Глава 3. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА	32
3.1. Скорость химической реакции	32
3.2. Зависимость скорости реакции от концентрации реагентов	34
3.3. Молекулярность и порядок реакции	38
3.4. Влияние давления и температуры на скорость реакции	41
3.5. Энергия активации	42
3.6. Явление катализа. Гомогенный и гетерогенный катализ	45

3.7. Задачи для самостоятельного решения.....	49
Глава 4. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ	51
4.1. Гомогенное химическое равновесие	52
4.2. Константа химического равновесия.....	54
4.3. Гетерогенное химическое равновесие	57
4.4. Смещение химического равновесия.....	59
4.5. Задачи для самостоятельного решения.....	64
Глава 5. ОБРАЗОВАНИЕ РАСТВОРОВ	66
5.1. Растворы.....	66
5.2. Способы выражения концентрации растворов	68
5.3. Растворимость вещества и ее зависимость от различных факто- ров	74
5.4. Осмос. Осмотическое давление.....	78
5.5. Давление пара растворителя над раствором. Замерзание и кипение раствора	83
5.6. Зависимость растворимости от температуры и давления.....	89
5.7. Произведение растворимости труднорастворимого веще- ства	91
5.8. Задачи для самостоятельного решения.....	96
Глава 6. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ	98
6.1. Теория электролитической диссоциации	98
6.2. Степень и константа электролитической диссоциации	101
6.3. Активная концентрация ионов	105
6.4. Солевой эффект.....	107
6.5. Жесткость природной воды	108
6.6. Умягчение воды	110
Глава 7. РЕАКЦИИ ИОННОГО ОБМЕНА В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ	113

7.1. Реакция соли с солью.....	113
7.2. Реакция соли с кислотой	116
7.3. Реакции с участием основных и кислых со- лей	116
7.4. Реакции образования слабых кислот и слабых основа- ний	118
7.5. Реакции с участием амфотерных гидроксидов	119
7.6. Теория кислот и оснований Бренстеда - Лаури	120
7.7. Ионное произведение воды. Водородный показатель рН.....	123
7.8. Гидролиз солей.....	127
7.9. Контрольные задания	135
Глава 8. СТРОЕНИЕ АТОМА И ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА	137
8.1. Строение электронных оболочек атомов	137
8.2. Периодичность изменения свойств элементов	146
8.3. Контрольные задания	151
Глава 9. ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ	152
9.1. Общие положения	152
9.2. Метод валентных связей	156
9.3. Донорно-акцепторный механизм образования ковалентной связи.....	161
9.4. Свойства ковалентной связи	162
9.5. Метод молекулярных орбиталей	170
9.6. Межмолекулярное взаимодействие и водородная связь	173
9.7. Комплексные соединения	176
9.8. Контрольные задания	182
Глава 10. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ.....	184
10.1. Окислительно-восстановительные реакции	184

10.2. Образование электродных потенциалов.....	192
10.3. Гальванические элементы	199
10.4. Электролиз	210
10.5. Прикладная электрохимия	216
10.6. Методы оценки коррозионного разрушения.....	225
10.7. Методы борьбы с коррозией.....	226
10.8. Контрольные задания	233
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	235

Учебное издание

Рафаил Абдрахманович Апакашев

Валерий Васильевич Павлов

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ОБЩЕЙ ХИМИИ

Учебное пособие

Редактор изд-ва *Л. В. Устьянцева*

Компьютерная верстка *Н. Л. Кузиной*

Дизайн обложки *Л. А. Болотновой*

Подписано в печать . Бумага писчая. Формат 60 x 84 1/16.

Печать на ризографе. Гарнитура Times New Roman.

Печ. л. 15,00. Уч.-изд. л. 11,76. Тираж 150. Заказ .

Издательство УГГУ

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.

Отпечатано с оригинал-макета в ООО «ИРА УТК».

620219, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 42.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ
по дисциплине:**

БД.09 ГЕОГРАФИЯ

Специальность
21.02.19 Землеустройство

Направленность: Землеустройство и кадастры

на базе основного общего образования

год набора: 2026

Екатеринбург

Автор: Архипов М.В., старший преподаватель

**Рабочая программа общеобразовательной учебной дисциплины
«География» согласована с выпускающей кафедрой Геодезии и
кадастров.**

Заведующий кафедрой



подпись

Акулова Е.А.
И.О. Фамилия

Пояснительная записка.

География является базовой дисциплиной среднего (полного) общего образования в соответствии с ФГОС СПО. Самостоятельная работа является одним из видов учебной работы обучающихся. Основные цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубления и расширения теоретических знаний, формирование умений использовать справочную документацию и дополнительную литературу;
- развития познавательных способностей и активности обучающихся, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.
- развитие исследовательских умений.
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельной работы, на практических занятиях, для эффективной подготовки к дифференцированному зачету.

Перед самостоятельными работами ставится цель развить самостоятельность студентов, научить их самостоятельно приобретать знания, творчески мыслить, что в свою очередь способствует их подготовке к жизни.

Самостоятельная работа используется на уроках, как для усвоения нового материала, так и при повторении, закреплении и проверке качества знаний и умений, выполнения домашних заданий.

При разработке системы самостоятельных работ важно знать не только задачи, стоящие перед ними, но и существующие формы и виды. От формы задания зависит не только характер умственной деятельности студента, но и время, отводимое на выполнение работ и на их проверку, интерес учащихся к предмету, организации самопроверки.

Учебный план и программа дисциплины «География» предусматривают: 2 часа самостоятельной работы.

КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ГЕОГРАФИЯ

РАЗДЕЛ 1. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ МИРА

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИРА

Тема 1.1 Современная политическая карта мира

1. Современные особенности политической карты мира
2. Группировка стран по площади
3. Формы правления
4. Типы государственного устройства

Современные особенности политической карты мира

В настоящее время в мире насчитывается около 240 государственных образований. В 2008 г. юридически обоснованным государственным суверенитетом обладали около 200 государств.

Суверенные (или независимые) государства обладают всей полнотой законодательной, исполнительной и судебной власти на своей территории.

Часть государственных образований (свыше 40) являются *несамоуправляющимися*. В настоящее время зависимыми территориями (с той или иной степенью зависимости) обладают восемь государств: Великобритания, Франция, Испания, Нидерланды, Дания, США, Австралия и Новая Зеландия. Все владения Испании, Австралии (ассоциированные территории) обладают «полновесной» зависимостью. Все владения Великобритании, Нидерландов и Дании получили статус внутренней автономии, имеют свои конституции и выборные органы власти. Владения Франции, США и Новой Зеландии поделены на группы с различным уровнем зависимости.

На картах, издаваемых в разных странах, можно увидеть разные контуры тех или иных стран. Перемены на политической карте мира в будущем могут носить как количественные, так и качественные изменения.

Группировка стран по площади и положению

Пестрота политической карты требует при изучении элементарной классификации, выделения групп по различным признакам.

Прежде всего принято выделять группы стран **по площади** (величине) территории. Одна страна имеет площадь территории свыше 10 млн км² (*Россия*), пять стран – от 5 до 10 млн км² (*Канада, Китай, США, Бразилия и Австралия*), восемь стран – от 2 до 5 млн км² (*Индия, Аргентина, Казахстан, Алжир, Демократическая Республика Конго (ДРК), Саудовская Аравия и Гренландия (Дат.)*), семнадцать стран – от 1 до 2 млн км² (три – в Азии, десять – в Африке и четыре – в Латинской Америке). К микрогосударствам, или «карликовым» странам, относятся Андорра, Ватикан, Лихтенштейн, Люксембург, Мальта, Монако, Сан-Марино, Бахрейн, Мальдивские Острова, Сингапур и др., а также множество островных самоуправляющихся

государственных образований. (*курсивом выделены первые 10 стран лидеров по площади территории*).

В особую группу выделяют страны, ***не имеющие выхода к морскому побережью***.

СНГ: Азербайджан, Армения, Белоруссия, Казахстан, Киргизия, Молдавия, Таджикистан, Туркмения, Узбекистан, Южная Осетия.

Зарубежная Европа: Австрия, Андорра, Ватикан, Венгрия, Лихтенштейн, Люксембург, Македония, Сан-Марино, Сербия, Словакия, Чехия, Швейцария.

Зарубежная Азия: Афганистан, Лаос, Монголия, Непал, Бутан.

Африка: Ботсвана, Буркина-Фасо, Бурунди, Замбия, Зимбабве, Лесото, Малави, Мали, Нигер, Руанда, Свазиленд, Уганда, ЦАР, Чад, Эфиопия, Южный Судан.

Латинская Америка: Боливия, Парагвай.

Формы правления

Большинство государств имеют ***республиканскую форму правления***, где законодательная власть принадлежит парламенту, а исполнительная власть – президенту и правительству. К президентским республикам, в управлении которыми чрезвычайно велика роль президента, относятся Алжир, Бразилия, Египет, Индонезия, Колумбия, Республика Корея, Мали, Мексика, Россия, США, Филиппины и др. К парламентским республикам, где полномочия президента, наоборот, скорее представительские, а ключевые решения принимает глава правительства (премьер-министр), относятся Австрия, Венгрия, Германия, Индия, Италия, Швейцария и др.

Небольшая группа государств сохраняет ***монархическую форму правления***. В настоящее время на политической карте мира насчитывается 29 суверенных монархий. Главой этих государств является монарх (король, император, герцог, князь, султан или эмир), а верховная власть, как правило, передается по наследству (в Малайзии и ОАЭ монархов избирают). Формы монархий различны.

Зарубежная Европа: Андорра, Бельгия, Ватикан, Великобритания, Дания, Испания, Лихтенштейн, Люксембург, Монако, Нидерланды, Норвегия, Швеция.

Зарубежная Азия: Бахрейн, Бруней, Бутан, Иордания, Камбоджа, Катар, Кувейт, Малайзия, Оман, ОАЭ, Саудовская Аравия, Таиланд, Япония.

Африка: Лесото, Марокко, Свазиленд.

Океания: Тонга.

Основная часть монархий – ***конституционные (ограниченные) монархии***. В них законодательная власть принадлежит парламенту, а исполнительная – правительству. Реальной власти монарх не имеет, но он активно участвует в жизни страны, выполняя свои традиционные обязанности (в том числе приводит к присяге новое правительство, утверждает важнейшие решения парламента).

В мире сохранилось всего шесть *абсолютных монахий*, где все институты власти ответственны перед монархом (а то и напрямую подчиняются ему) и, как правило, наделены лишь совещательными и исполнительскими полномочиями. Эти государства находятся в Азии (Бруней, Катар, Кувейт, Оман, ОАЭ, Саудовская Аравия).

Типы государственного устройства

Все государства мира по типу государственного устройства подразделяются на унитарные и федеративные.

Унитарные государства состоят из административно-территориальных единиц, которые напрямую подчиняются центральным органам власти и не пользуются самоуправлением. В этих странах единая конституция действует во всех территориальных единицах.

Федеративные государства состоят из политических территориальных единиц, которые в отличие от административных обладают, как правило, значительным внутренним самоуправлением. Они тоже подчиняются центральным органам власти, но при этом имеют собственные конституцию, законодательные, исполнительные и судебные органы власти.

СНГ: Россия.

Зарубежная Европа: Австрия, Бельгия, Босния и Герцеговина, ФРГ, Швейцария.

Зарубежная Азия: Индия, Малайзия, Мьянма, ОАЭ, Пакистан, Непал.

Африка: Коморские Острова, Нигерия, Эфиопия, Сомали.

Америка: Аргентина, Бразилия, Венесуэла, Канада, Мексика, Сент-Китс и Невис, США.

Австралия и Океания: Австралия, Микронезия.

Вопросы для самоконтроля

1. Сколько государственных образований насчитывается на современной политической карте мира?
2. Какие страны мира выделяются по площади территории?
3. Найдите на карте страны мира имеющие монархическую форму правления?
4. Каковы отличия унитарных государств от федеративных?
5. Найдите на карте страны мира, имеющие федеративное государственное устройство?

Тема 1.2 Природные ресурсы. Минеральные ресурсы мира

1. Топливные ресурсы
2. Металлические (рудные) ресурсы

Минеральные ресурсы – полезные ископаемые, извлекаемые из недр Земли. В современном хозяйстве используется примерно 200 различных видов минерального топлива и сырья.

Классификация на основе технического использования ресурсов:

- топливные (горючие),
- металлические (рудные),
- технические ресурсы
- строительные материалы.

Топливные ресурсы

В целом в мире на долю угля приходится 70-75% всех топливных ресурсов (в условном топливе), а остальная часть примерно поровну распределяется между нефтью и природным газом.

Уголь – более 3,6 тыс. его бассейнов и месторождений.

Разведанные запасы – около 1 трлн т. По разведанным запасам угля крупные регионы следуют в таком порядке: Северная Америка – 27,5% мировых запасов; СНГ – 25,5%; Зарубежная Азия – 24,8%; Австралия и Океания – около 10%; Зарубежная Европа – 8%; Африка – 3,5%; Латинская Америка – около 1,5%. Всего угольные ресурсы разведаны в 83 странах мира

Страны лидеры по запасам угля: США – 26,6% мировых запасов, Россия – более 17%, Китай – около 13%, Австралия – 8,5%, Индия, Германия, Украина, Казахстан, ЮАР, Индонезия. На первую десятку стран-лидеров приходится 91% запасов угля. Также значительные запасы угля сосредоточены в странах: Сербия, Турция, Колумбия, Польша.

Анализ статистики показывает, во-первых, что на США, Китай и Россию приходится более 1/2 всех мировых разведанных запасов угля, и, во-вторых, что в составе первой десятки стран по запасам угля экономически развитые страны значительно преобладают над развивающимися.

Нефть – примерно 600 нефтегазоносных бассейнов. Мировые разведанные запасы нефти составляют около 190 млрд т.

Распределение разведанных запасов нефти по крупным регионам мира: Зарубежная Азия – 60% от мировых запасов, СНГ – более 13%, Латинская Америка – 10%, Африка – около 9%, Северная Америка – более 6%, Зарубежная Европа – менее 1%, Австралия и Океания – менее 1%.

Нефтегазоносные бассейны, расположенные в провинции бассейна Персидского залива, в которую входит акватория этого залива и прилегающие части Аравийского полуострова и Иранского нагорья. концентрирует более 50% мировых запасов. Нефтяные месторождения (всего их 50 тыс.) известны в 102 странах.

Страны лидеры по запасам нефти: Саудовская Аравия – 19%, Иран – более 11%, Россия – около 11%, Ирак – 10%, Венесуэла, Кувейт, ОАЭ, Ливия, США, Нигерия. Также значительные запасы нефти сосредоточены в странах: Казахстан, Канада, Китай, Катар.

Природный газ. Разведанные (доказанные) запасы природного газа более 180 трлн м³.

Распределение разведанных запасов газа по крупным регионам мира: Зарубежная Азия – 45%, СНГ – около 35%, Африка – более 7%, Северная

Америка – около 7%, Латинская Америка – около 4%, Зарубежная Европа – 2%, Австралия и Океании – около 1%.

Страны лидеры по запасам газа: Россия – около 27%, Иран – 18%, Катар – 7%, Туркмения – 5,5%, США – 5%, Саудовская Аравия, ОАЭ, Венесуэла, Нигерия, Алжир. Также богат газом Ирак.

Уран – разведанные (подтвержденные) запасы – 3,3 млн т. 600 месторождений на территориях 44 стран мира.

Первое место в мире по разведанным запасам урана занимает Австралия. Далее следует Казахстан. Третье место принадлежит Канаде. На долю этих трех государств приходится 50% мировых запасов урана. Кроме них, в первую десятку стран по разведанным запасам урана входят также (в порядке убывания) ЮАР, Бразилия, Намибия, Россия, Узбекистан, США и Нигер.

Металлические (рудные) ресурсы

Наиболее широко представлены в земной коре руды железа и алюминия. Разведанные запасы **железных руд** – 150 млрд т. Хотя эти запасы известны почти в 100 странах. Значительными запасами железных руд обладают Россия (33,2 млрд т), Бразилия (21,0), Австралия (18,0), Украина, Китай, США, Индия, Казахстан, Швеция, Куба, а также Канада, Франция, Венесуэла, Великобритания. При этом среднее содержание железа в руде в Бразилии, Австралии, Индии – около 60 %, в России – 36%.

Бокситы (алюминиевая руда) – разведанные запасы – 20-30 млрд т. Наибольшими запасами бокситов обладают страны: Гвинея, Австралия, Бразилия, Ямайка, Индия, Китай, Гайана, Суринам.

Мировые разведанные запасы **хромовых** (ЮАР, Зимбабве, Индия, Турция, Филиппины, Иран, Канада, Бразилия) и **марганцевых руд** (ЮАР, Австралия, Габон, Бразилия, Индия, Казахстан, Китай) составляют 5-6 млрд т, **меди** (Чили, США, ДР Конго, Замбия, Перу, Австралия, Казахстан, Китай), цинка, свинца – от 100 млн до 600 млн, а **олова** (Малайзия, Бразилия, Индонезия, Китай, Боливия, Россия), вольфрама, молибдена, кобальта – от 1 млн до 10 млн т.

Среди **нерудных полезных ископаемых** большими размерами запасов выделяются поваренная и калийная соли, фосфориты, сера.

По запасам фосфоритов выделяются Марокко, США, Тунис, Перу, Австралия, Западная Сахара, Египет, ЮАР, Бразилия.

По запасам различных видов минеральных ресурсов в число мировых лидеров входят страны: Россия, США, Австралия, Бразилия, Китай, Индия, ЮАР, Канада, Мексика.

Странам Запада принадлежит первое место по разведанным запасам золота, марганцевых и хромовых руд, а также урана, свинца и цинка. Доля развивающихся стран особенно велика в запасах нефти (более 80%), бокситов (77%), олова и алмазов (60-65%), а также меди (53%). Страны с переходной экономикой выделяются большими запасами природного газа и железной руды (50%). Примерно в равной пропорции все три группы стран обладают запасами никеля, молибдена, серебра.

Из стран СНГ наиболее богаты минеральным топливом и сырьем Россия, Казахстан и Украина.

Вопросы для самоконтроля

1. На какие группы подразделяются минеральные ресурсы?
2. Какие страны мира выделяются по запасам угля?
3. Какие регионы мира выделяются по запасам углеводородов?
4. Какие страны мира выделяются по запасам нефти?
5. Назовите страны-лидеры по запасам природного газа.
6. Какие страны мира выделяются по запасам железных руд?
7. Какие страны мира выделяются по запасам руд цветных металлов?
8. Какие страны в наибольшей степени обеспечены минеральными ресурсами?

Тема 1.3 Численность и воспроизводство населения

1. Понятие о воспроизводстве населения
2. Режим воспроизводства населения
3. Демографическая политика
4. Численность населения мира

Понятие о воспроизводстве населения

Воспроизводство (естественное движение) населения – его постоянное обновление в результате процессов рождаемости и смертности, которые характеризуют *естественное движение* населения (прирост или убыль).

Общий коэффициент рождаемости, численность живорожденных детей из расчета на 1000 человек населения; исчисляются в промилле (‰).

Промилле – единица измерения относительного показателя коэффициентов рождаемости, смертности и естественного прироста населения. Означает один к одной тысяче, или 0,1 %, обозначается знаком ‰.

Факторы, влияющие на рождаемость:

- *природно-биологические факторы*
- *демографические факторы (половая структура, возрастная структура населения).*
- *социально-экономические, культурные и психологические факторы (общий уровень благосостояния, уровень образованности, уровень урбанизации, брачность, разводимость и семейное положение, возраст вступления в брак).*

Общий коэффициент смертности – количество смертей на 1000 человек населения, исчисляемое в промилле.

Смертность, как и рождаемость, в основе своей – явление биологическое, однако она испытывает на себе воздействие ряда отнюдь не биологических факторов. Поэтому факторы смертности, влияющие на ее коэффициент, также обычно подразделяют на природно-климатические, генетические, социально-экономические, культурные, политические и др. Нередко их подразделяют на *эндогенные*, обусловленные в первую очередь старением человеческого организма, и *экзогенные*, связанные с внешним воздействием окружающей среды.

Общий коэффициент естественного прироста населения представляет собой разность коэффициентов рождаемости и смертности, и его также выражают в промилле.

Режим воспроизводства населения:

$P > C \Rightarrow EP \uparrow$ - *расширенное воспроизводство*

$P = C \Rightarrow EP \downarrow$ - *простое воспроизводство*

$P < C \Rightarrow EP \downarrow$ - *суженное воспроизводство* населения.

Обычно в мире выделяют два типа воспроизводства населения: расширенное (с высоким естественным приростом населения и устойчивым значительным ростом численности населения) и простое (с низким естественным приростом населения и стабильной численностью населения). Граница между ними проходит по величине естественного прироста населения, равной 12‰.

В расширенном воспроизводстве населения выделяют две фазы:

- первая фаза характеризуется очень высокой рождаемостью (40 – 50‰), высокой смертностью (20 – 25‰) и очень высоким естественным приростом населения (25 – 35‰). Такая ситуация, как правило, наблюдается в беднейших странах мира (страны Тропической Африки и Афганистан в Азии);

- вторая фаза характеризуется высокой рождаемостью (30 – 40‰), очень низкой смертностью (5 – 10‰) и высоким естественным приростом населения (20 – 30‰). Это подавляющая часть развивающихся стран Азии, страны Северной Африки, Латинской Америки и Океании. Низкая смертность обусловлена здесь сравнительно хорошим питанием, значительными успехами в развитии медицинского обслуживания и т. п.

Простое воспроизводство населения характеризуется низкой рождаемостью (10 -20‰), относительно высокой смертностью (10 -15‰) и низким естественным приростом населения (5 -10‰). Это все развитые страны и большая часть постсоциалистических стран.

Самая высокая в мире рождаемость наблюдается в Нигере (53‰), Восточном Тиморе и Уганде (по 51 ‰), Гвинее-Бисау, ДРК и Либерии (по 50‰), самая высокая смертность – в Ботсване (27‰), Лесото (25‰), Зимбабве и Сьерра-Леоне (по 23 ‰), самый высокий естественный прирост населения – в Восточном Тиморе и Уганде (по 36‰), Нигере (33‰), Йемене и Мали (по 32‰). Самая низкая в мире рождаемость наблюдается в Германии, Греции и Японии (по 8‰), самая низкая смертность – в финансово избыточных странах – экспортерах нефти и природного газа (из-за значительной доли детей и трудовых мигрантов): ОАЭ (1‰), Кувейте (2‰), Бахрейне, Брунее, Катаре и Омане (по 3‰).

Численность населения Индии ежегодно увеличивается на 18,2 млн человек, Китая – на 8 млн, Пакистана – на 3,1 млн, Нигерии – на 3,0 млн, Индонезии – на 2,9 млн человек.

Основная часть населения мира (82%) проживает в развивающихся странах. Эти же страны обеспечивают 97% его ежегодного прироста (80,9 млн человек, в том числе Зарубежная Азия – 52 млн, Африка – 20,3 млн, Латинская Америка – 8,6 млн человек). В настоящее время происходит общий спад:

относительные темпы прироста населения составляют 12,5‰, абсолютные – 83,4 млн чел./год.

Доля в мировом населении стран СНГ, зарубежной Европы и Северной Америки имеет тенденцию к неуклонному сокращению. Доля стран Латинской Америки, Австралии и Океании остается стабильной или более или менее стабильной. Доля зарубежной Азии и в особенности Африки продолжает увеличиваться.

Демографическая политика

Особенности воспроизводства населения в тех или иных странах нередко вынуждают правительства этих стран проводить ту или иную демографическую политику. *Демографическая политика* – система административных, экономических, пропагандистских и прочих мер, с помощью которых государство воздействует на естественное движение населения в желательном для себя направлении. В настоящее время ее проводят свыше 100 стран.

Демографическая политика бывает стимулирующей (направлена на увеличение рождаемости) и сдерживающей (направлена на уменьшение рождаемости и младенческой смертности).

В развивающихся странах, основная цель демографической политики заключается в снижении коэффициентов рождаемости и естественного прироста населения. В большинстве экономически развитых стран, осуществляют демографическую политику, преследующую цель повышения коэффициентов рождаемости и естественного прироста.

За последние 50 лет естественный прирост населения в Китае удалось снизить с 28 до 6‰, а в Индии – с 36 до 16 ‰.

Численность населения мира

В настоящее время численность населения мира составляет около 7,5 млрд человек. При этом в Зарубежной Азии проживает около 60% населения Земли. Особенно велика численность населения Китая и Индии – в совокупности около 40% населения Земли.

Страны мира, численность населения которых в 2018 г. превысила 100 млн человек: Китай – 1400 млн чел., Индия – 1346 млн, США – более 325 млн, Индонезия – более 266 млн, Бразилия – около 210 млн, Пакистан – 210 млн, Нигерия – более 196 млн, Бангладеш – 170 млн, Россия – 146 млн, Япония – 126 млн, Мексика – 124 млн, Филиппины – более 105 млн, Эфиопия – более 104 млн.

Вопросы для самоконтроля

1. Что характерно для расширенного (в том числе для первой и второй фаз) и простого воспроизводства населения?
2. Каковы отличия демографической политики, проводимой в европейских странах, финансово избыточных странах – экспортерах нефти и природного газа, Китае и Индии?
3. Какие страны преодолели рубеж в 100 млн человек?

Тема 1.4 Этнический и религиозный состав населения мира

1. Этнический состав населения стран мира
2. Национальный состав населения стран мира
3. Языки мира
4. Религиозный состав населения мира
5. География религий мира

Этнический состав населения стран мира

Этносом называется сложившаяся на определенной территории устойчивая общность людей, обладающих, как правило, единым языком, некоторыми общими особенностями культуры и психики, а также общим самосознанием, т. е. сознанием своего единства, в отличие от других подобных этнических образований.

Количество этносов (народов), населяющих Землю от 4 тыс. до 5,5 тыс. По численности все народы распределяются крайне диспропорционально.

В начале 1990-х гг. 321 народ, насчитывавший более 1 млн человек каждый, составлял 96,2% всего населения земного шара. В том числе на 79 народов с численностью более 10 млн человек приходилось почти 80 % населения, на 36 народов численностью более 25 млн человек – около 65 % и на 19 народов численностью более 50 млн человек каждый – 54% населения. К концу 1990-х гг. количество самых крупных народов выросло до 21, а доля их в мировом населении приблизилась к 60%.

Нетрудно подсчитать, что общая численность 11 народов, каждый из которых насчитывает более 100 млн человек, составляет около половины человечества. А на другом полюсе находятся сотни малочисленных этносов, обитающих преимущественно в тропических лесах и в районах Севера. Многие из них насчитывают менее 1000 человек, например андаманцы в Индии, тоала в Индонезии, алакалуфы в Аргентине и Чили, юкагиры в России.

Так называемые «народы - гиганты»: китайцы – 1 270 млн человек, хиндустанцы и американцы США – по 275 млн, бенгальцы – 230 млн, бразильцы – 180 млн, русские — 140 млн, японцы – 127 млн, пенджабцы и бихарцы – по 120 млн, мексиканцы – 105 млн человек.

Суммарная численность этих народов составляет почти 2,85 млрд человек, или 42,6 % мирового населения. Немногим менее 100 млн человек численность яванцев, немцев, телугу (андхра), корейцев и вьетнамцев.

Национальный состав населения стран мира

Не менее интересен и важен также вопрос о национальном составе населения отдельных стран мира. В соответствии с его особенностями можно выделить пять типов государств: 1) однонациональные; 2) с резким преобладанием одной нации, но при наличии более или менее значительных национальных меньшинств; 3) двунациональные; 4) с более сложным национальным составом, но относительно однородным в этническом отношении; 5) многонациональные, со сложным и разнородным в этническом отношении составом.

Первый тип государств достаточно широко представлен в мире. Например, в зарубежной Европе около половины всех стран – практически

однонациональные. Это Исландия, Ирландия, Норвегия, Швеция, Дания, ФРГ, Польша, Австрия, Чехия, Словения, Италия, Португалия. В зарубежной Азии таких стран значительно меньше: Япония, Бангладеш, Саудовская Аравия, некоторые небольшие страны. Еще меньше их в Африке (Египет, Ливия, Сомали, Мадагаскар). А в Латинской Америке почти все государства однонациональные, поскольку индейцы, мулаты, метисы считаются частями единых наций.

Страны *второго типа* также встречаются довольно часто. В зарубежной Европе это Великобритания, Франция, Испания, Румыния, страны Балтии. В зарубежной Азии – Китай, Монголия, Вьетнам, Камбоджа, Таиланд, Мьянма, Шри-Ланка, Ирак, Сирия, Турция. В Африке – Алжир, Марокко, Мавритания, Зимбабве, Ботсвана. В Северной Америке – США, в Океании – Австралийский Союз и Новая Зеландия.

Третий тип стран встречается значительно реже. Примерами его могут служить Бельгия, Канада.

Страны *четвертого типа*, с довольно сложным, хотя этнически однородным составом чаще всего встречаются в Азии, Центральной, Восточной и Южной Африке. Есть они и в Латинской Америке.

Наиболее характерные страны *пятого типа* – Индия и Россия. К этому типу можно отнести также Индонезию, Филиппины, многие страны Западной и Южной Африки.

В последнее время в странах с более сложным национальным составом заметно обострились межэтнические противоречия. Постоянные противоречия на национальной почве, доходящие до воинствующего сепаратизма, особенно характерны для Индии, Шри-Ланки, Индонезии, Эфиопии, Нигерии, ДР Конго, Судана, Сомали, да и многих других стран.

Этнический состав населения отдельных стран не остается неизменным. С течением времени он постепенно изменяется, в первую очередь под воздействием этнических процессов, которые подразделяются на процессы этнического разделения и этнического объединения.

Россия – одно из самых многонациональных государств мира. Ее населяют более 190 народов и народностей. Согласно переписи 2010 г. русские составляют более 80% всего населения. На втором месте по численности стоят татары (более 5 млн человек), на третьем – украинцы (свыше 4 млн), на четвертом – чуваша. Доля каждой из остальных наций в населении страны не превышала 1%.

Языки мира

Общее число языков в мире достигает примерно 5000, т. е. в целом соответствует числу народов.

По числу говорящих первое место занимает китайский язык – более 1200 млн человек. Второе место принадлежит английскому языку, на котором почти в 60 странах мира говорят 520 млн человек. На третьем месте – крупнейшие языки Индии, хинди и урду (более 440 млн). На четвертом месте – испанский язык, который служит государственным для более чем 20 стран мира; численность говорящих на нем приближается к 400 млн. На пятом месте

– русский язык, на котором говорят более 250 млн человек. На шестом месте оказывается арабский язык, родной и государственный в 25 странах мира (около 250 млн человек). Далее следуют бенгальский (более 225 млн человек), португальский (210 млн), японский (125 млн), немецкий, французский и пенджабский (примерно по 120 млн человек) языки. В целом на этих 13 языках говорят более 3/5 населения мира.

Всего языковых семей около 20. Наиболее крупная из них – *индоевропейская семья*, на языках которой говорят примерно 45 % всего населения мира. Ареал охватывает Европу, Юго-Западную и Южную Азию, Северную и Южную Америку, Австралию. Наиболее многочисленная группа в составе этой семьи – индоарийская, к которой относятся языки хинди, урду, бенгальский, пенджабский и др. Очень крупной является также романская группа, включающая испанский, итальянский, французский и некоторые другие языки. То же можно сказать о германской группе (английский, немецкий и ряд других языков), славянской группе (русский, украинский, белорусский, польский, чешский, болгарский и др.), иранской группе (персидский, таджикский, белуджский и др.).

Вторая по численности говорящих – *китайско-тибетская* (сино-тибетская) *семья*, языками которой пользуются 22 % всех жителей планеты.

К числу крупных относятся также нигеро-кордофанская семья (распространена в Африке, к югу от Сахары), афразийская семья (в основном на Ближнем и Среднем Востоке), австронезийская семья (в основном в Юго-Восточной Азии и Океании), дравидийская семья (в Южной Азии), алтайская семья (в Азии и Европе).

Религиозный состав населения мира

Все религии подразделяются на три группы: 1) *мировых религий*; 2) *национальных и региональных религий*; 3) *родоплеменных религий, или культов*.

К категории мировых религий принято относить всего три религии: христианство, мусульманство (ислам) и буддизм.

В христианстве выделяются три главных направления – *православие, католицизм и протестантизм*.

Два основных течения ислама – *суннизм* и *шиизм* (16 % мусульман).

В буддизме сложились два главных направления – *тхеравада*, или *хинаяна* («малая колесница»), и *махаяна* («большая колесница»). Сложилось в буддизме и третье, тибето-монгольское, направление – *ламаизм*.

Национальных и региональных религий, которые, как показывают сами эти термины, имеют либо национально-страновое, либо регионально-межстрановое распространение, насчитывается примерно десять. Но среди них либо по общему значению, либо по численности верующих выделяются четыре религии – *индуизм, конфуцианство, синтоизм и иудаизм*.

Индуизм в Индии.

Конфуцианство в Китае.

Синтоизм – национальная религия Японии.

Иудаизм – религия евреев.

К национальным и региональным религиям обычно относят также джайнизм и сикхизм (Индия), даосизм (Китай), зороастризм (Индия, Пакистан, Иран) и некоторые другие.

Родоплеменные религии (культы) можно считать реликтами первоначально возникших на Земле верований, отражавших примитивные представления людей тех эпох о своей жизни и окружающей их природе. Теперь они сохраняются только у самых отсталых народов.

География религий мира

Наиболее широкое распространение в мире получило христианство.

Католицизм во многих странах Европы. В Азии – на Филиппинах. В Африке – в бывших испанских и португальских колониях. В Австралии католики составляют примерно 1/3 верующих. В Латинской Америке католики преобладают почти во всех странах. Католики довольно широко представлены и в Северной Америке.

Протестантизм во многих странах Северной, Центральной и Центрально-Восточной Европы, в некоторых странах Южной и Западной Африки, бывших раньше английскими и голландскими колониями. Они широко представлены в Австралии и Океании, составляют половину всех верующих в США и 1/3 в Канаде.

Православие в странах СНГ (в России, на Украине, в Белоруссии, Молдавии, Грузии), а также в странах Юго-Восточной Европы (в Греции, Румынии, Болгарии, Сербия и др.). В Эфиопии, преобладают близкие к православию христиане-монофизиты.

Главные районы **ислама** – Юго-Западная (во всех странах, за исключением Кипра и Израиля) и Центральная Азия (Таджикистан, Туркмения, Узбекистан, Киргизия, Казахстан), Северная Африка (во всех без исключения странах), Юго-Восточная Азия (Индонезия), Южная Азия (Пакистан и Бангладеш). В зарубежной Европе мусульман больше всего в Албании, Боснии и Герцеговине. Насчитывается более 50 исламских государств, в 28 из которых ислам считается государственной религией. Самые большие по населению исламские государства – Индонезия, Пакистан, Бангладеш, Нигерия, Иран, Турция, Египет, а по площади – Казахстан, Судан, Алжир, Саудовская Аравия, Индонезия, Ливия. Почти во всех мусульманских странах, за исключением Ирана, Азербайджана, отчасти Ирака и Йемена, преобладает ислам суннитского толка.

Буддизм – некоторые районы Центрально-Восточной и Юго-Восточной Азии. Но при этом в Юго-Восточной Азии преобладают последователи тхеравады и махаяны, а в Центрально-Восточной – ламаизма. Значительно влияние буддизма также в Японии, Китае, Республике Корея.

Так, 99% адептов индуизма приходятся на Азию, преимущественно на Индию и Непал. Конфуцианство сохранило влияние на своей родине – в Китае, а синтоизм – чисто японская религия. Совершенно особую географию имеет иудаизм, «распыленный» по множеству стран. Однако основная масса приверженцев этой религии концентрируется в США и Израиле. Немало

иудаистов также в зарубежной Европе, тогда как в остальных странах они обычно образуют сравнительно небольшие группы.

В качестве некоторого обобщения можно привести следующие данные о структуре верующего населения крупных регионов мира. В Америке христиане составляют 96% верующих, в Европе и в Австралии с Океанией – 85–88 %. В Азии по 22–23 % верующих исповедуют ислам и индуизм, 12% – конфуцианство и синтоизм и 10% – буддизм. В Африке 46% верующих – христиане, 40% – мусульмане, а остальные придерживаются традиционных верований.

В России, согласно опросам, верующие составляют примерно половину населения. Преобладающее большинство из них исповедует христианскую религию в ее православной форме. На втором месте по числу верующих стоят мусульмане-сунниты. Среди других религий можно назвать иудаизм и буддизм (ламаизм). Многие малые народы Севера придерживаются традиционных культов.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите крупнейшие народы мира.
2. В каких регионах мира преобладают однонациональные страны?
3. Какие страны считаются многонациональными?
4. Какие языки территориально наиболее широко распространены в мире?
5. Какие религии и почему принято считать «мировыми», а какие – «национальными»?
6. В каких регионах и странах распространены христианство, ислам и буддизм?

Тема 1.5 Сельское хозяйство и горнодобывающая промышленность мира

1. Сельское хозяйство
 - а. Растениеводство
 - б. Животноводство
2. Горнодобывающая промышленность

Сельское хозяйство

Сельское хозяйство занимает важное место во всех без исключения странах. В первую очередь это касается большой группы развивающихся стран, где оно является основой экономики. Довольно существенна его роль в странах с многочисленным населением (Китай, Индия, Индонезия, Пакистан и др.), поскольку сельское хозяйство гарантирует продовольственную, а значит, и стратегическую безопасность. В составе сельского хозяйства выделяются две крупные отрасли – растениеводство и животноводство.

В составе **растениеводства** выделяются отдельные группы сельскохозяйственных культур: зерновые, технические, прочие продовольственные (овощи и плоды) и кормовые.

Ведущей группой сельскохозяйственных культур являются **зерновые**. Сбор зерновых – 2,8 млрд т, при этом на Зарубежную Азию приходится около 40% мирового сбора. Важнейшие зерновые культуры пшеница, рис и кукуруза.

Пшеницу выращивают в умеренном и субтропическом климатических поясах, причем как в Северном, так и Южном полушариях. Поскольку в Северном полушарии умеренный и субтропический пояса занимают намного большую площадь, чем в Южном, именно здесь собирают подавляющую часть урожая. На Зарубежную Азию приходится более 40% сбора пшеницы, на Европу – 22%. Страны лидеры: Китай – 17%; Индия – около 12%; Россия – более 8%; США; Франция; Канада.

Рис выращивают почти исключительно в азиатских странах с муссонным климатом. На Зарубежную Азию приходится 90% сбора риса. Страны лидеры: Китай – 27,7%; Индия – около 21%; Индонезия; Бангладеш; Вьетнам; Таиланд.

Кукурузу выращивают примерно в тех же условиях, что и пшеницу. Наибольшие урожаи кукурузы традиционно собирают в Северной Америке – до 40%, странах Латинской Америки (особенно в Бразилии, Мексике и Аргентине), некоторых европейских странах (Франция, Украина, Румыния, Венгрия и др.) и Канаде. В последние годы резко увеличила производство кукурузы Зарубежная Азия – около 30% (Китай, Индия и Индонезия). Страны лидеры: США – около 34%; Китай – около 21%; Бразилия; Канада; Мексика; Аргентина.

Ячмень – более 40% сбора приходится на Европу, более 20% на СНГ. Наибольшие урожаи ячменя собирают страны умеренного и субтропического климатических поясов Северного полушария (Россия, Канада, Германия, Украина и Франция). Ячмень – культура в первую очередь кормовая, а не продовольственная. Кроме того, в ряде стран (например, в Германии, Чехии, Нидерландах, Бельгии, Дании и др.) он служит сырьем для производства пива. Страны лидеры: Россия – 14%; Франция; Германия; Украина; Канада; Испания.

Для различных регионов и стран мира характерна та или иная структура производства зерновых культур по видам. Пшеница преобладает в большей части европейских стран, в странах Юго-Западной Азии, Пакистане, Монголии, странах Северной Африки, Канаде и Австралии, рис – в остальных странах Азии (в том числе в Китае и Индии), кукуруза – в США, подавляющей части стран Восточной Африки и Латинской Америки.

Важное место в современном мировом сельском хозяйстве занимает производство **технических культур**. Техническими принято называть культуры, которые требуют дальнейшей глубокой промышленной переработки. К ним традиционно относятся масличные, сахароносные, тонирующие, волокнистые и каучуконосные культуры.

Среди **масличных культур** ведущие позиции занимают соя (почти 1/2 их валового сбора), рапс, хлопчатник, арахис (каждый примерно по 1/10), масличная пальма и подсолнечник.

Главный район производства *сои (бобов)* – страны со значительным количеством атмосферных осадков в летний период. Сбор сои – Латинская Америка более 50%; Северная Америка 25%. Страны лидеры: США, Бразилия, Аргентина, Китай, Россия.

Арахис. Сбор арахиса – около 60% сбора приходится на Зарубежную Азию, около 30% - Африка. Страны лидеры – Индия, Китай, США, Бразилия, Нигерия.

Рапс. Крупнейшие мировые производители рапса – Зарубежная Европа и Зарубежная Азия – по 34%; Страны лидеры: Канада, Китай, Индия, Польша, Германия, Франция.

Подсолнечник – СНГ около 50% мирового сбора; Зарубежная Европа – 24%. Страны лидеры – Россия, Украина, Китай, Турция, Аргентина, США.

Крупнейшие мировые производители *плодов масличной пальмы* – страны Юго-Восточной Азии, Гвинейского залива и Океании, *оливок* – страны Средиземноморья (Испания, Италия, Греция, Турция, и др.), *льна-кудряша* – Индия, Пакистан и Аргентина.

Наибольшее распространение среди всех **сахароносных культур** получили только две – сахарный тростник и сахарная свекла. Южные (тропические) страны производят тростниковый сахар, северные, расположенные в умеренном и субтропическом климатических поясах – свекловичный.

Сахарный тростник – Латинская Америка – 52% мирового сбора; Зарубежная Азия – 42%. Страны лидеры: Бразилия – около 40%, Индия, Китай, Куба, Мексика, США, Пакистан.

Сахарная свёкла – Зарубежная Европа – 50% сбора; СНГ – более 20%. Страны лидеры: Франция, Россия, Германия, Украина, США, Польша, Китай.

Важнейшие **тонизирующие культуры** – кофе, какао, чай и табак. Для каждой из них характерен переход с исторической «родины» на новое место. Так, «родиной» *кофе* является Африка (например, в Эфиопии до 70 % урожая кофе собирают с дикорастущих кустарников), а крупнейшим современным районом его производства – Латинская Америка. Сбор кофе – Латинская Америка 53%; Зарубежная Азия – более 30%; Африка – 11%. Страны лидеры: Бразилия – 33%, Вьетнам – 16%, Индонезия, Колумбия, Индия, Гондурас, Эфиопия.

«Родиной» *какао*, наоборот, является Латинская Америка (шоколадный напиток употребляло еще древнее племя майя), а его современными крупнейшими производителями – страны Африки более 65% мирового сбора (Кот-д'Ивуар более 30%, Гана – 18%, Нигерия и Камерун). В последние годы заметно усилили свои позиции некоторые азиатские страны – 18% (прежде всего Индонезия). Долгое время крупным производителем какао была Бразилия.

Зарубежная Азия специализируется на выращивании *чая* – 84% мирового сбора. Страны лидеры: Китай – 36%, Индия – 22%, Кения – 9%, Шри-Ланка, Индонезия, Турция и др. (8 из 10 мировых лидера – азиатские страны).

Хотя «родина» *табака* – Латинская Америка, впоследствии эта сельскохозяйственная культура очень широко распространилась по всему миру. Около 60% сбора приходится на Зарубежную Азию. Традиционно крупнейшим производителем табака является Китай. Значительно отстают от него Бразилия, Индия и США. Большие урожаи табака собирают средиземноморские страны (Турция, Греция и Италия) и некоторые страны Африки (особенно Зимбабве и Малави).

К тонизирующим могут быть отнесены и широко используемые в медицине наркотические культуры. Их крупнейшими производителями являются азиатские страны – Афганистан, Пакистан и Иран (страны так называемого «Золотого Полумесяца»), Мьянма, Таиланд и Лаос (страны «Золотого Треугольника»), а также некоторые латиноамериканские (прежде всего Колумбия, Венесуэла и Боливия). Азиатские страны специализируются на поставках героина, а латиноамериканские – кокаина.

Одна из важнейших групп технических культур – ***волокнистые***. К ним относятся хлопчатник, лен-долгунец, конопля, абака, джут и сизаль.

Крупнейшими мировыми производителями *хлопка* выступают азиатские страны Китай, Индия, Пакистан, Узбекистан, Турция. Около 60% сбора хлопка приходится на Зарубежную Азию.

Лен-долгунец длительное время был почти исключительно европейской культурой, однако в последнее время на первое место по производству льноволокна вышел Китай.

Большое значение имеет производство таких продовольственных культур, как ***картофель, овощи и плоды (фруктов)***.

Картофель. Зарубежная Азия – 47% мирового сбора. Страны лидеры – Китай – 25% мирового сбора, Индия – 12%, Россия – 8%, Украина, США, Германия. Больше всего картофеля на душу населения производится в Белоруссии, Литве и Нидерландах.

Овощи и бахчевые культуры. Более 70% сбора приходится на Зарубежную Азию. Страны лидеры: Китай – более 50%, Индия, США, Турция, Иран, Египет, Россия.

Мировое лидерство по производству *плодов (фруктов)* прочно удерживают крупные страны с благоприятными природно-климатическими условиями — Китай – 22% сбора, Индия, Бразилия и США. Более 50% сбора приходится на Зарубежную Азию.

Больше всего плодов на душу населения производится в средиземноморских странах. По сбору *цитрусовых* лидирует Зарубежная Азия – 45% мирового сбора. Страны лидеры: Китай – 24%, Бразилия, США, Испания, Италия, Мексика.

Наибольшие урожаи *бананов* собирают в латиноамериканских (особенно в Бразилии, Эквадоре, Коста-Рике, Мексике и Колумбии) и азиатских (особенно в Индии, Китае, на Филиппинах, в Индонезии и Таиланде) странах. Сбор бананов – 50% приходится на Зарубежную Азию. Мировые лидеры: Индия – 26%, Китай, Филиппины, Бразилия, Эквадор,

Колумбия. В роли крупнейших мировых экспортеров бананов традиционно выступают Эквадор, Коста-Рика и Колумбия.

Более 60% валового сбора *яблок* приходится на Зарубежную Азию; 15% - на Зарубежную Европу. Страны лидеры: Китай – более 50% мирового сбора, США, Турция, Польша.

По валовому сбору *винограда* выделяются Зарубежная Европа – 35%; Зарубежная Азия – более 30%. Страны лидеры: Китай – 15% мирового сбора, Италия, США, Испания, Франция.

По валовому сбору *апельсинов* выделяется – Бразилия и США, *лимонов* – Мексика, Индия и Аргентина, *мандаринов* – страны Средиземноморья и Япония, *манго* – Индия, *авокадо* – Мексика.

В составе животноводства выделяются четыре главные отрасли (скотоводство, свиноводство, овцеводство (часто с козоводством) и птицеводство) и прочие (коневодство, верблюдоводство, оленеводство, шелководство и др.).

Для *скотоводства* характерно наиболее многочисленное поголовье. Среди регионов мира наибольшим поголовьем крупного рогатого скота обладают Зарубежная Азия, Латинская Америка и Африка.

По поголовью *свиней* мировое лидерство прочно удерживает Китай (1/2 поголовья). Традиционно велика доля США, европейских стран (Германия, Польша, Испания, Франция, Нидерланды и др.), Бразилии и Мексики. Распределение поголовья *овец и коз* по отдельным регионам мира в целом напоминает распределение поголовья крупного рогатого скота. Наиболее многочисленным поголовьем овец обладают Китай, Австралия, Индия, Новая Зеландия, Судан, некоторые другие азиатские и африканские страны, коз – Индия, Пакистан, Иран и африканские страны.

Наиболее многочисленным поголовьем *домашней птицы* обладают Китай, США, Индия, Бразилия и Индонезия, лошадей – Китай, Мексика и Бразилия, верблюдов – страны Юго-Западной Азии, Северной и Восточной Африки, северных оленей – Россия, Канада, США (штат Аляска) и Скандинавские страны.

Наибольшие объемы производства *мяса* традиционно характерны для развитых стран. Однако в последние годы их значительно потеснили такие крупные развивающиеся страны, как Китай, Бразилия, Индия и Мексика. Доля говядины наиболее велика в странах Латинской Америки (особенно в Уругвае и Аргентине), Австралии, некоторых странах Азии и Африки, свинины – в странах Европы, Восточной и Юго-Восточной Азии, баранины – в странах Юго-Западной Азии, Северной Африки и Новой Зеландии, мяса птицы – во многих развивающихся странах, Великобритании и США.

Мировые лидеры по производству *молока* – развитые страны и некоторые крупные развивающиеся (Индия, Китай и Бразилия).

Горнодобывающая промышленность

Горнодобывающая промышленность осуществляет добычу различных видов полезных ископаемых: минерального топлива, руд черных и цветных

металлов, горно-химического сырья, технических руд, строительных материалов, драгоценных и полудрагоценных камней. Ее доля (по стоимости) в структуре производства мировой промышленной продукции, несмотря на устойчивый рост объемов добычи большинства видов минерального сырья, как правило, не превышает 1/10.

Около 2/3 всего минерального сырья мира добывается в развитых странах, 1/3 – в развивающихся. В последнее время из-за увеличения объемов добычи полезных ископаемых в Канаде, Австралии и ЮАР наблюдается тенденция незначительного роста доли развитых стран. Развитые страны опережают развивающиеся по объемам добычи природного газа, бурого угля, никелевых, молибденовых, урановых руд, платины, серы, апатитов, поваренной и калийных солей. Развивающиеся страны опережают развитые по объемам добычи нефти, каменного угля, руд черных и остальных цветных металлов (в том числе серебра и золота), фосфоритов и алмазов.

Добыча угля составляет более 8 млрд т. Более 60% добычи угля приходится на Зарубежную Азию, Северная Америка – 12%, Зарубежная Европа – 7%, СНГ – 6,5%. Одни страны начали сокращать объемы добычи угля (Германия, Великобритания, Франция, Бельгия и Япония), другие наращивать в целях дальнейшего экспорта (США, Австралия, Польша, Индонезия и Колумбия). Бурный рост переживает добыча угля в Китае и Индии. Традиционно крупномасштабную добычу угля имеет ЮАР.

Страны лидеры по добычи угля: Китай – 47%, США – 11%, Индия – 8%, Австралия – 6%, Индонезия – более 5,5 %, Россия – более 4%, ЮАР, Германия, Польша, Казахстан, Колумбия, Турция, Канада, Украина, Греция.

Из общего количества добываемого угля каменный уголь преобладает в Великобритании, ЮАР, Индонезии и Колумбии (по 100 %), Китае (97 %), США и Индии (по 93 %), Австралии (82 %), России (75 %), Польше (61 %) и некоторых других странах. В Германии, странах Восточной Европы (Чехии, Румынии, Болгарии и Сербии), Греции и Турции, наоборот, преобладает бурый уголь.

Добыча нефти составляет более 4 млрд т. *Распределение добычи нефти по крупным регионам мира:* Зарубежная Азия – 42% (в том числе Ближний Восток более 30%), СНГ – 16%, Северная Америка – около 15,5%, Латинская Америка – около 13%, Африка – 9,5%, Зарубежная Европа – 4%.

Наибольшее количество нефти добывают страны: Саудовская Аравия – 13%, Россия – 12,7%, США, Китай, Канада, Иран, ОАЭ, Ирак, Кувейт, Венесуэла, Мексика, Бразилия, Нигерия, Норвегия, Катар, Ангола, Казахстан, Алжир, Колумбия, Оман. Страны нефтяного картеля (ОПЕК) добывают более 40% нефти.

Добыча природного газа составляет более 3,5 млрд м³. *Распределение добычи газа по крупным регионам мира:* Зарубежная Азия – 30%, Северная Америка – 26%, СНГ – 23%, Зарубежная Европа – около 7%, Латинская Америка – около 6,5%, Африка – около 6%.

Наибольшее количество газа добывают страны: США – более 21%, Россия – 18%, Катар, Иран, Канада, Китай, Норвегия, Саудовская Аравия,

Алжир, Индонезия, Туркмения, Малайзия, Мексика, ОАЭ, Узбекистан, Нидерланды, Австралия, Египет, Таиланд, Тринидад и Тобаго.

Добыча урана составляет более 55 тыс. т. Распределение добычи урана по крупным регионам мира: СНГ – более 52%, Северная Америка – около 20%, Африка – около 15%, Австралия и Океания – около 9%, Зарубежная Азия – более 3%, Зарубежная Европа и Латинская Америка – менее 1%, *Страны лидеры*: Казахстан – более 40%, Канада – 16%, Австралия – около 9%, Нигер – 7%, Намибия, Россия (около 5%), Узбекистан, США, Китай.

Добыча железной руды в мире составляет более 2 млрд т. *Страны лидеры по добычи железной руды*: Австралия – 37%, Бразилия, Китай, Индия, Россия, ЮАР, Украина, США, Канада, Швеция.

В настоящее время наиболее популярными легирующими металлами являются молибден, вольфрам, марганец, хром, никель и титан. Около 1/2 молибденовых руд добывается в США, почти 2/5 вольфрамовых руд — в Китае. Мировая добыча марганцевых руд составляет 20 млн т, наибольшее их количество добывают Китай, ЮАР, Габон, Бразилия и Австралия. Мировая добыча хромитов составляет 11 млн т, больше всего их добывается в ЮАР, Казахстане, Турции, Индии и Зимбабве. Примерно 4/5 мировой добычи бериллиевых и ниобиевых руд обеспечивает Бразилия.

Добыча бокситов (алюминиевая руда) составляет около 250 млн т. *Страны лидеры*: Австралия, Китай, Бразилия, Гвинея, Индия, Ямайка, Россия, Казахстан, Малайзия, Суринам.

Добыча меди. Около 44% приходится на Латинскую Америку. *Страны лидеры*: Чили, Китай, Перу, США, Австралия, ДР Конго, Замбия, Россия, Канада, Мексика.

По объемам добычи **цинковых руд** лидирующие позиции занимали – Китай, Австралия, Перу, США и Канада, **свинцовых руд** – Китай, Австралия, США, Перу и Мексика, **оловянных руд** – Китай (свыше 2/5), Индонезия, Перу, Боливия и Бразилия.

Добыча горно-химического сырья. По объемам добычи серы (точнее, всех разновидностей серосодержащего сырья) ведущие позиции занимают Россия, США, Польша, Ирак и Китай, фосфоритов – США, Китай, Марокко, Тунис и Иордания, апатитов – Россия. Наибольшее количество поваренной соли добывается в США, Китае, Индии, Канаде и Австралии, калийных солей – в Канаде, России, Германии, Израиле и Иордании.

Вопросы для самоконтроля

1. Какова структура современного сельского хозяйства?
2. Какие страны являются крупнейшими производителями зерна, различных групп технических культур, картофеля, овощей и плодов?
3. По объемам добычи каких видов минерального сырья развитые страны опережают развивающиеся, а развивающиеся – развитые?
4. Какие страны являются крупнейшими производителями нефти, природного газа, угля, руд черных и цветных металлов и горно-химического сырья?

Тема 1.6 Топливо-энергетический комплекс, металлургия, машиностроение мира

1. Топливо-энергетический комплекс
2. Металлургия
3. Машиностроение

ТЭК (Топливо-энергетический комплекс).

ТЭК объединяет топливную промышленность, которая осуществляет переработку минерального топлива, и электроэнергетику, которая производит энергию – электрическую (электроэнергию) и тепловую (горячую воду и пар).

Современная структура потребления топлива по видам выглядит следующим образом: на первом месте находится нефть, на втором – уголь, на третьем – природный газ.

Стремительный рывок вперед совершила так называемая альтернативная энергетика: ветровая получила наибольшее развитие в Германии, США, Испании, Дании и Индии, солнечная – в США, Испании, Израиле и Японии, геотермальная – в Исландии, Италии, США, Мексике, Эль-Сальвадоре и Новой Зеландии, приливная – во Франции, Великобритании, США и Китае, волновая – в Японии, Великобритании, Норвегии и Франции.

Среди регионов мира крупнейшие потребители топлива и энергии – это Азия (34,9%), Северная Америка (29 %) и Европа (с Россией) (27,8 %). Место других регионов мира существенно более скромное. Среди отдельных стран крупнейшими потребителями топлива и энергии являются прежде всего развитые и крупные развивающиеся страны (США – 24 %, Китай – 11,5%, Россия – 6,8%, Япония – 5,1 %, Индия – 3,8 %).

Валовая выработка электроэнергии в мире составляет около 24 трлн кВт×ч. Среди регионов мира лидирует Зарубежная Азия – около 47%, Северная Америка – около 21%, Зарубежная Европа – 15%, СНГ и Латинская Америка – около 6,5%. *Страны лидеры:* Китай – 24%, США – 18%, Индия, Россия (4,5%), Япония, Канада, Германия, Бразилия, Франция, Южная Корея.

Крупнейшими экспортерами электроэнергии являются Франция, Канада, Парагвай и Норвегия, импортерами – США, Германия, Италия и Бразилия.

Структура производства электроэнергии на различных типах электростанций в мире выглядит следующим образом: ТЭС – 63,5%, ГЭС и АЭС – по 18%, прочие типы электростанций – 0,5 %.

Больше всего электроэнергии на ТЭС производится в США, Китае, России, Японии и Индии. Доля электроэнергии, произведенной на ГЭС, наиболее велика в Саудовской Аравии – 100%, Австралии, Алжире, Израиле, Иране, Казахстане, ОАЭ, Польше – более 90%, ЮАР, Японии, Мексике, Индии – более 80%. Доля мазута в качестве энергоисточника на ТЭС наиболее велика в странах Персидского залива (почти 100%), Италии (60%) и Японии (30%), природного газа – в Нидерландах (65 %), России (63 %) и Ирландии (45

%), каменного угля – в ЮАР (90 %), Дании (85 %), Великобритании (65 %), США (60 %) и Испании (40 %), бурого угля – в Греции (60 %).

Больше всего электроэнергии *на ГЭС* производится в Канаде, США, Бразилии и России. Доля электроэнергии, произведенной на ГЭС, наиболее велика в Парагвае (100%) Норвегии (по 97%), Колумбии (80%), Бразилии (76%), Австрии и Венесуэле (по 67%), Канаде (61%), Швейцарии и Швеции (около 50%) и др.

Больше всего электроэнергии *на АЭС* производится в США, Франции, Японии, России и Германии. Доля электроэнергии, произведенной на АЭС, наиболее велика в Франции (76%), Бельгии (50%), Болгарии (47%), на Украине (45 %), в Венгрии (39%), Швеции (38%), Швейцарии (37%), Финляндии (32%).

Металлургия

Крупнейшими экспортерами железных руд являются Бразилия и Австралия (их суммарная доля превышает 40% мирового экспорта), крупнейшими импортерами – Япония, Китай, Южная Корея, европейские страны и США. Япония получает железные руды из Австралии, Бразилии, Индии, ЮАР и некоторых других стран, Германия – из Бразилии, Швеции и Канады, США – из Канады и Венесуэлы.

Выплавка стали. *Страны лидеры:* Китай – около 50%, Япония – около 6%, Индия, США, Россия, Южная Корея, Германия, Бразилия, Турция, Украина, Италия, Тайвань, Мексика, Иран, Франция, Испания.

В международную торговлю направляется свыше 1/3 всего производимого стального проката. Его крупнейшими экспортерами являются Германия, Япония, Россия, Бельгия, Люксембург, Южная Корея и Бразилия, крупнейшими импортерами – США и страны Юго-Восточной Азии.

Выплавка алюминия. *Страны лидеры:* Китай – 55%, Россия – 6%, Канада, Индия, ОАЭ, Австралия, США, Норвегия, Бахрейн, Исландия, Бразилия, Саудовская Аравия, ЮАР, Катар, Германия.

Больше всего алюминия потребляют развитые и крупнейшие развивающиеся страны (прежде всего Китай, Индия и Бразилия).

Выплавка меди. *Страны лидеры:* Китай, Чили, Япония, США, Россия.

Выплавка цинка и свинца традиционно ориентируется на сырье, поэтому ведущими производителями этих металлов выступают страны, добывающие наибольшее количество полиметаллических руд – Китай, Австралия, США, Перу и Мексика. Крупную свинцово-цинковую промышленность, но уже на базе импортных концентратов, создали Япония и Южная Корея.

Крупнейшими мировыми производителями **олова** являются страны Юго-Восточной (Индонезия, Вьетнам, Малайзия и Таиланд), Восточной Азии (Китай) и Латинской Америки (Перу, Боливия и Бразилия), обеспеченные значительными запасами оловянных руд.

Машиностроение

На его долю приходится почти 30 % мировой промышленной продукции (по стоимости). В настоящее время мировыми лидерами в машиностроении являются развитые страны. США, Япония и Германия производят весь известный спектр машиностроительной продукции. Международная специализация этих стран значительно уже. Например, США специализируются на производстве мощных компьютеров (серверов) и авиаракетно-космической техники, Япония – сложных бытовых электроприборов, автомобилей, морских судов, промышленного оборудования и робототехники, Германия – разнообразного промышленного оборудования, автомобилей и печатных машин. Франция, Великобритания и Италия также производят большое количество продукции машиностроения.

В настоящее время в наиболее крупных странах Латинской Америки представлены практически все известные отрасли машиностроения. В последние годы некоторые страны (в первую очередь Мексика и Бразилия, в меньшей степени Аргентина) начали наращивать производство продукции на экспорт.

На протяжении уже нескольких десятилетий такие страны, как Южная Корея, Тайвань, Малайзия, Таиланд, Филиппины и Индонезия, являются крупными производителями бытовых электроприборов и средств связи. Некоторые из этих стран успешно освоили производство легковых автомобилей и других транспортных средств.

Производство автомобилей. Страны лидеры: Китай – 26%, США, Япония, Германия, Южная Корея, Индия, Мексика, Бразилия, Испания, Канада, Россия.

Станкостроение. Страны лидеры: США, Япония, Германия, Китай, Франция.

Авиастроение. Страны лидеры: США, Франция, Германия, Россия.

Судостроение. В настоящее время на верфях Южной Кореи и Японии производится 72% мировых морских судов. Быстро наращивают производство морских судов Китай и Тайвань (вместе с ними доля Восточной Азии увеличилась до 88%). Европейские страны и особенно Великобритания, наоборот, значительно отступили. Среди европейских стран сравнительно крупное судостроение имеет только Германия.

По производству **железнодорожного подвижного состава** выделяются всего лишь несколько стран: США, Канада, Франция, Германия, Чехия, Япония и Россия.

Мировыми лидерами в производстве **тракторов и сельскохозяйственной техники** являются прежде всего развитые (США, Германия, Италия, Франция и Япония) и крупные развивающиеся страны (Индия, Китай и Бразилия).

Вопросы для самоконтроля

1. Какова современная мировая структура потребления топлива и энергии по видам?

2. Какие регионы и страны мира связывают важнейшие «нефтяные мосты»?
3. Какие страны являются крупнейшими экспортерами природного газа по газопроводным системам и в сжиженном виде?
4. Почему мировая торговля каменным углем осуществляется менее активно, чем нефтью и природным газом?
5. В каких странах и почему производство электроэнергии увеличивается наиболее быстрыми темпами, а в каких уменьшается?
6. Какие страны являются крупнейшими экспортерами продукции машиностроения?
7. В каких отраслях мирового машиностроения ведущие позиции занимают азиатские страны?

РЕГИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИРА

Тема 2.1 Экономико-географическая характеристика Зарубежной Европы

1. Политическая карта, ЭГП Зарубежной Европы
2. Природные ресурсы Зарубежной Европы
3. Население Зарубежной Европы
4. Экономика Зарубежной Европы
 - а) Сельское хозяйство
 - б) Промышленность
 - с) Сфера услуг

Политическая карта, ЭГП Зарубежной Европы

Зарубежная Европа расположена в западной части материка Евразия и по сути представляет собой его крупный «полуостров». На востоке она граничит по суше с Россией и странами СНГ, на юго-востоке – с Зарубежной Азией (Турцией), на юге отделяется Средиземным морем от Африки, на западе омывается водами Атлантического океана, а на севере – водами Северного Ледовитого океана. Побережье Зарубежной Европы сильно изрезано. Из-за этого значительная часть территории Зарубежной Европы находится на полуостровах и островах. Исторически в состав региона включают находящиеся на большом удалении от него Канарские, Азорские острова и остров Мадейра.

В состав Зарубежной Европы входят 40 независимых государства. Территориально Зарубежная Европа делится на четыре субрегиона. 12 стран являются монархиями. Только пять страны имеют федеративное устройство: Бельгия, Босния и Герцеговина, Германия, Австрия, Швейцария.

Природные ресурсы

Зарубежная Европа в силу незначительных размеров своей территории имеет сравнительно небольшой **природно-ресурсный потенциал**.

Ее минеральные ресурсы в целом можно охарактеризовать как разнообразные, но незначительные по запасам. Регион выделяется в мире по

запасам каменного и бурого угля (8% мировых запасов, лидеры по запасам Германия, Польша), руд некоторых цветных металлов (меди, хрома и ртути), калийных солей, серы и магнезита.

Зарубежная Европа обладает благоприятными агроклиматическими ресурсами. Такие условия позволяют выращивать все сельскохозяйственные культуры умеренного пояса, а в южной части – еще и субтропического. Зарубежная Европа сравнительно богата водными ресурсами, но воды региону уже давно не хватает.

Гидроэнергетические ресурсы Зарубежной Европы, как и водные, также весьма значительны. Наиболее эффективная часть гидроэнергетического потенциала региона сосредоточена в горах и на небольших, но бурных реках равнинной части Северной Европы (так называемой Фенноскандии). Зарубежная Европа богата лесными ресурсами. Наибольшую ценность представляют хвойные леса Северной Европы (Скандинавского полуострова и Финляндии).

Население Зарубежной Европы

Численность населения Зарубежной Европы составляет более 540 млн. человек (Германия – около 83, Франция – 67, Великобритания – 66, Италия – более 60, Испания – более 46, Польша – 38, Румыния – более 19).

Население Зарубежной Европы, как и в большинстве регионов мира, размещено неравномерно. В некоторых районах плотность населения составляет 500 и даже 1000 чел./км², в других не достигает и 50 чел./км². В силу суровости природно-климатических условий низкая плотность населения характерна для Северной Европы и горных районов. Сравнительно слабо заселены страны Балтии. Среди отдельных стран наиболее плотно заселены «микросоюзы», а также Нидерланды (394 чел./км²), Бельгия (324), Великобритания (249), Германия (231) и Италия (195 чел./км²).

Европа – один из наиболее городских регионов мира. В среднем по региону доля городского населения составляет 75%. В настоящее время доля городского населения превышает 80% в наиболее экономически развитых странах – Бельгии, Великобритании, Дании, Германии, Швеции и Нидерландах. Менее 50 % населения проживает в городах в Боснии и Герцеговине и Албании.

Большинство стран являются однонациональными, Бельгия – двунациональная. К числу собственно многонациональных стран нужно отнести Швейцарию, Боснию и Герцеговину, Сербию и Черногорию.

Зарубежная Европа – исконно христианский регион. Православие и сегодня является основной религией верующей части населения Греции, Болгарии, Македонии, Сербии, Румынии. Наиболее прочно протестантизм утвердился в странах Северной Европы, Эстонии, Латвии, Великобритании. Католическими остались Италия, Испания, Португалия, Франция, Бельгия, Ирландия, Австрия и остальные страны Восточной Европы. Население Германии, Нидерландов и Швейцарии исповедует как католицизм, так и различные направления протестантизма. Ислам сравнительно широко

распространен среди народов Восточной Европы (Албания, Босния и Герцеговина). Повсюду особенно в последнее время, значительно выросла доля атеистов.

Экономика Зарубежной Европы

Суммарный объем ВВП Зарубежной Европы составляет около 20 трлн \$. При этом Германия занимает 4 место в мире с почти 4 трлн \$. Во всех странах Зарубежной Европы в структуре ВВП преобладает сфера услуг. Ее доля колеблется от 60 % (в наиболее бедных странах Восточной Европы) до 85% (в «микросоударствах»). Доля промышленности существенно меньше (20-40%), сельского хозяйства еще меньше (1-20%).

Сельское хозяйство. Обладая высокоразвитым хозяйством, Зарубежная Европа отличается значительным разнообразием отраслей международной специализации. Среди отраслей первичной сферы это прежде всего сельское хозяйство. Регион выделяется по объемам производства пшеницы (22% от мирового сбора, Франция 5 место в мире), подсолнечника (24% мирового сбора, лидеры – Румыния, Болгария, Венгрия), рапса (34% мирового сбора, лидеры – Германия, Франция), оливок, сахарной свеклы (50% мирового сбора, лидеры – Франция, Германия, Польша), льна долгунца, картофеля (16% мирового сбора), винограда (35% мирового сбора, лидеры – Италия-2 место в мире, Испания, Франция, на эти 3 страны приходится 76% европейского сбора), мяса, молока (более 20% мирового надоя, лидеры – Германия, Франция) и цветов.

Промышленность. В горнодобывающей промышленности Зарубежная Европа выделяется по добычи угля – 7% от мировой (Германия, Польша – 8,9 место в мире, Греция), добыча нефти – 4% от мировой (Норвегия – 55% от европейской добычи), добыча газа – 7% от мировой (7 место в мире занимает Норвегия -45% от европейской, а также лидеры – Нидерланды и Великобритания). Добыча меди – 5%, цинка – 6% (Ирландия более 40% добычи Европы).

Зарубежная Европа славится на весь мир своими пищевыми товарами: винами (55% мирового производства, лидеры Франция, Италия, Испания), сливочным маслом (20% мирового производства), сыром (45% мирового производства, например, во Франции производится более 700 видов сыра, в Нидерландах и Германии – от 300 до 400 видов), кофе, шоколадом, чаем и табачными изделиями. Среди отраслей вторичной сферы это машиностроение (производство промышленного оборудования, электротехники, автомобилей (19% мирового производства, лидеры – Германия, Франция, Италия, Испания, Великобритания), железнодорожного подвижного состава, авиационной и сельскохозяйственной техники), химическая промышленность (особенно производство полимерных материалов и тонкая химия), черная металлургия (сталь – более 10% мировой выплавки – Германия около 25% европейской выплавки стали, а также Италия, Франция, Испания) и цветная металлургия (алюминий – 8% мировой выплавки – Норвегия – 27% от европейского производства, также лидеры Исландия и Германия; медь – 13% мирового производства – Германия – 25% производства Европы; никель – Норвегия 40%

от европейского производства; *цинк* – 16% мирового производства – Испания – более 20% европейской выплавки), лесная промышленность (пиломатериалы, мебель и бумага). Регион является безусловным законодателем мод в промышленном дизайне (на этом традиционно специализируются итальянские фирмы).

Сфера услуг. Зарубежная Европа выделяется в мире по уровню развития отраслей третичной сферы хозяйства. Здесь находятся многие крупнейшие мировые биржи, банки, транспортные узлы, культурные и туристские центры. Регион – безусловный мировой лидер по протяженности транспортной сети и величине автомобильного парка, занимает одно из ведущих мест в мире по суммарному грузообороту морских портов, масштабу и уровню развития всех видов связи. Конечно, говоря о международной специализации региона, следует иметь в виду, что основная часть его экономических взаимоотношений обращена внутрь, т. е. на соседние европейские страны. Например, многие крупнейшие европейские морские порты обслуживают не только свои, но и другие страны. Уже давно создана и успешно функционирует единая система автомобильных, железных дорог, трубопроводов и линий электропередач.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы место и роль Зарубежной Европы в мире?
2. Какими показателями можно охарактеризовать современное состояние демографической ситуации в Зарубежной Европе?
3. Каковы особенности современного этнического и религиозного состава населения Зарубежной Европы?
4. Каковы особенности экономического развития Зарубежной Европы?
5. Какие отрасли и почему являются ведущими отраслями промышленности Зарубежной Европы?
6. Какие отрасли являются ведущими отраслями сельского хозяйства Зарубежной Европы?
7. Охарактеризуйте сферу услуг Зарубежной Европы.

Тема 2.2 Экономико-географическая характеристика Зарубежной Азии

1. Политическая карта, ЭГП Зарубежной Азии
2. Природные ресурсы Зарубежной Азии
3. Население Зарубежной Азии
4. Экономика Зарубежной Азии
 - а. Сельское хозяйство
 - б. Промышленность
 - в. Сфера услуг

Политическая карта, ЭГП Зарубежной Азии

Площадь Зарубежной Азии составляет 27,7 млн км². В состав Зарубежной Азии входит 39 стран и три государственных образования –

Палестинская автономия (в составе Израиля), Аомынь и Сянган (специальные административные районы в составе Китая). Территориально регион делится на 4 субрегиона: Юго-Западная Азия (16 стран – Турция, Афганистан, Иран, Саудовская Аравия, Ирак, Сирия, Йемен, Оман, Израиль, Иордания, Ливан, Кипр, ОАЭ, Катар, Кувейт, Бахрейн, а также государственное образование – Палестинская автономия), Южная Азия (7 стран – Индия, Пакистан, Бангладеш, Непал, Бутан, Шри-Ланка, Мальдивы), Юго-Восточная Азия (11 стран – Индонезия, Вьетнам, Лаос, Мьянма, Камбоджа, Таиланд, Малайзия, Филиппины, Восточный Тимор, Бруней, Сингапур), Восточная (Северо-Восточная) Азия (Китай, Монголия, Япония, Северная и Южная Кореи, Тайвань).

Страны региона очень различны по размерам территории, 2 страны крупнейшие в мире – Китай, Индия; 4 страны – очень большие они имеют площадь от 1,5 до 2,2 млн км² – Саудовская Аравия, Индонезия, Иран, Монголия. Еще 6 стран (Пакистан, Турция, Афганистан, Мьянма, Йемен, Таиланд) занимают территорию от 500 тыс. до 1 млн км². Но есть в Зарубежной Азии и совсем небольшие государства (Израиль, Кипр, Кувейт, Ливан, Бруней, Восточный Тимор, Катар – менее 20 тыс. км²; микространства – Бахрейн, Мальдивы и Сингапур – менее 1 тыс. км²). Не имеют выхода к морю 5 стран – Монголия, Афганистан, Лаос, Непал, Бутан.

Для Зарубежной Азии характерен весь диапазон вариантов государственного строя, существующих в современном мире. Республик – 26, 13 стран -монархий. Семь монархий являются конституционными, шесть — абсолютными (это единственный регион мира, в котором сохранилась такая форма правления). В Зарубежной Азии численно преобладают унитарные государства, федеративных – всего пять (ОАЭ, Пакистан, Индия, Мьянма и Малайзия).

Природные ресурсы Зарубежной Азии

Зарубежную Азию можно без преувеличения назвать мировой «сокровищницей» **природных ресурсов**. Природные ресурсы региона не только чрезвычайно разнообразны, но и велики по запасам. Особенно выделяются минеральные ресурсы. Доля региона в мировых разведанных запасах нефти составляет 60 %, природного газа – 45%, угля – 25%, оловянных и вольфрамовых руд – 2/3, никелевых руд – 1/3, железных руд – 1/6. Регион является одним из крупнейших в мире производителей и экспортеров различных видов минерального сырья.

Большим разнообразием характеризуются и агроклиматические ресурсы. Значительные тепловые ресурсы на большей части территории региона позволяют вести сельскохозяйственные работы в течение всего года. Единственное, что может этому помешать, - дефицит увлажнения (сезонный или круглогодичный). По этой причине многие азиатские страны удерживают мировое лидерство по площади орошаемой пашни (особенно Индия – 75 млн га, Китай – 50,3 млн и Пакистан – 17 млн га).

Зарубежная Азия исключительно богата водными ресурсами. По величине ресурсов полного речного стока она не имеет себе равных (34 %

мировых речных ресурсов). Среди отдельных стран крупнейшими запасами водных ресурсов обладают Китай, Индонезия, Бангладеш, Индия и Мьянма. Большая часть водных ресурсов используется на нужды орошения. Наличие крупных рек и пересеченность рельефа обусловили богатство Зарубежной Азии гидроэнергоресурсами. По их запасам регион занимает первое место в мире (27,3 % мировых запасов). Среди отдельных стран выделяется Китай. Наконец, Зарубежная Азия сосредоточивает крупные запасы лесных ресурсов. Общая лесопокрытая площадь региона составляет 11,8% от мира или мировой лесопокрытой площади. В одних странах леса занимают огромные площади (Китай, Индонезия, Индия и Мьянма), в других они отсутствуют вообще (Бахрейн, Катар, Оман и Сингапур). Южная часть региона находится в пределах Южного лесного пояса (тропические леса, на их долю приходится 2/3 общей площади лесов региона), северная часть – Северного (внетропические леса).

Население Зарубежной Азии

Население Зарубежной Азии составляет более 4,4 млрд человек. (Китай и Индия – 62% населения Зарубежной Азии). Китай – 1400 млн чел., Индия – 1346 млн, Индонезия – более 266 млн, Пакистан – 210 млн, Бангладеш – 170 млн, Япония – 126 млн, Филиппины – более 105млн.

Быстрее всего увеличивается численность населения Юго-Западной Азии, медленнее всего – Восточной и Юго-Восточной. Многие страны Зарубежной Азии уже совершили переход от расширенного воспроизводства населения к простому (Кипр, Китай, Южная Корея, Япония, Тайвань и Сингапур). Однако в целом ряде стран региона естественный прирост все еще весьма высок (Сирия, Палестинская автономия, Иордания, Йемен и Восточный Тимор). Во многих странах Зарубежной Азии активно проводилась демографическая политика. В Китае и Индии она нацелена на снижение рождаемости, в большинстве арабских стран Персидского залива – на ее рост.

В настоящее время в Зарубежной Азии доля детей составляет 29%, лиц в трудоспособном возрасте – 65%, пожилых людей – 6%. Наибольшая доля детей наблюдается в наиболее отсталых странах – в Восточном Тиморе и Лаосе, наибольшая доля лиц в трудоспособном возрасте и наименьшая доля пожилых людей – в «насыщенных» иммигрантами небольших странах Персидского залива (Кувейте, Катаре и ОАЭ). В то же время уже полным ходом идет старение населения на Кипре, в Израиле, Южной Корее, Сингапуре и Китае, а население Японии вообще является одним из самых «старых» в мире. Для половой структуры населения Зарубежной Азии характерно значительное численное преобладание мужчин. Среди отдельных стран по этому показателю наиболее всего выделяются Китай, Индия, Пакистан и мусульманские страны Юго-Западной Азии.

Наиболее разнообразный этнический состав населения характерен для Индии (650 народов и племен) и Индонезии (около 200). Сложный этнический состав населения имеют также Иран, Афганистан, Пакистан, Китай, Вьетнам и многие другие страны.

Зарубежная Азия – «родина» почти всех из ныне существующих в мире религий. Ислам наиболее широко распространен в странах Юго-Западной Азии, в Пакистане, Бангладеш, Малайзии, Индонезии и в западной части Китая. Буддизм – ведущая религия в Монголии, западной части Китая (в Тибете), Бутане, Мьянме, Таиланде, Камбодже, Лаосе, Вьетнаме и Шри-Ланке. Индуизм практически не вышел за пределы Индии и Непала, а иудаизм – Израиля. Православие – на Кипре, католицизм – на Филиппинах и в Восточном Тиморе. В Китае, Корее и Японии население исповедует сразу несколько религий: в Китае – буддизм, конфуцианство и даосизм, в Корее – буддизм и традиционные корейские верования, в Японии – синтоизм, буддизм и конфуцианство.

Средняя плотность населения около 160 чел/км². При этом в Китае – 143 чел/км², в Индии – более 360 чел/км², в Японии – 336 чел/км². Наибольшей средней плотностью населения обладают Сингапур (6 000 чел./км²), Бахрейн и Мальдивские Острова (свыше 1000), в Бангладеш – 1154 чел/км², а самая маленькая плотность населения в Монголии – около 2 чел/км².

Экономика Зарубежной Азии

В настоящее время, страны Зарубежной Азии являются крупнейшими производителями практически всех видов промышленной и сельскохозяйственной продукции. Их отставание по производству ВВП от Зарубежной Европы и Северной Америки объясняется недостаточным развитием сферы услуг. В ВВП которых стран ведущее место занимает промышленность (в первую очередь нефте- и газодобывающие, а также Китай, Малайзия и Вьетнам). Доля сферы услуг наиболее велика в ВВП развитых стран, а также мелких стран-квартиросдатчиков. Доля сельского хозяйства превышает 50 % лишь в одной стране — Лаосе. Страны лидеры в Зарубежной Азии по объему ВВП: Китай – 2 место в мире (13 трлн\$), Япония – 3 место, Индия – 9 место, Ю. Корея, Индонезия.

Промышленность. ТЭК. Добыча угля – более 60% (Китай – 47% мирового, Индия, Индонезия), добыча нефти – более 40% (Сауд. Аравия, Китай, Иран и другие страны Персидского залива), добыча газа – более 30% (Катар, Иран, Китай). Выработка электроэнергии – более 45% (Китай, Индия, Япония, Ю. Корея).

Металлургия. Выплавка стали около 70% (Китай – 50%, Япония, Индия), выплавка алюминия – 65% (Китай – 55%, Индия, ОАЭ, Бахрейн), производство меди – 47% (Китай более 30%), производство никеля – 47% (Китай – 35%), производство цинка и свинца до 60% (Китай более 40%).

Производство автомобилей более 50% (Китай – 26% - 1 место в мире, Япония, Ю. Корея, Индия).

В *пищевой промышленности* регион один из лидеров по производству животного масла более 55% (Индия – 38% - 1 место в мире), растительных масел – 58% (Индонезия – 19% - 1 место в мире, Малайзия, Китай), сахара – около 40% (Индия, Китай, Таиланд).

Вылов рыбы – 66% (Китай, Индия, Индонезия, 1-3 место в мире соответственно), вылов морепродуктов – более 80% (Китай – более 60%, Вьетнам, Индонезия, Япония).

Сельское хозяйство. Регион лидер по сбору зерновых культур – более 45% от мирового сбора (Китай, Индия, Индонезия), пшеница – более 40% (Китай – 17% от мирового сбора, Индия, Пакистан), рис – 90% (Китай, Индия, Индонезия, Бангладеш), кукуруза – 29% (Китай – более 20%, Индия, Индонезия). Сбор картофеля – около 47% (Китай – 25% мирового сбора, Индия – 12%, Бангладеш), маниок – более 30% (Таиланд, Индонезия). Сбор овощей и бахчевых культур более 70% (Китай – более 50% мирового сбора, Индия, Турция, Иран). Сбор фруктов – более 50% (Китай – 22%, Индия, Индонезия), в том числе цитрусовые – 45% (Китай – 24%, Индия, Турция), бананы – 50% (Индия, Китай, Филиппины), яблоки – более 60% (Китай – более 50% мирового сбора, Турция), виноград – 30% (Китай).

Сбор арахиса, хлопка, табака – около 60% (Китай, Индия). Зарубежная Азия специализируется на выращивании тонизирующих культур – чай – 84% мирового сбора (Китай – 36%, Индия 22%, Шри-Ланка и др. (8 из 10 мировых лидера – азиатские страны); кофе – 30% (Вьетнам, Индонезия, Индия), какао – 18% (Индонезия).

В животноводстве Зарубежная Азия также занимает лидирующие позиции, так, например, по поголовью КРС, МРС, свиней, птиц. Производство яиц около 60%, мясо – более 30% в том числе свинины – более 50%, молока – 38%, мировые лидеры Китай и Индия.

Сфера услуг. Туризм. Международные туристские прибытия в 2016 году составили 377 млн чел., при этом в числе лидеров были Китай – 59 млн (4 место в мире), Таиланд – более 32 млн (9 место), Турция – около 30 млн (10 место), Малайзия – более 26 млн, Гонконг – более 26 млн, Япония – 24 млн, Саудовская Аравия – 18 млн, Ю. Корея – 17 млн. Доход от туризма в регионе около 400 млрд \$.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы место и роль Зарубежной Азии в мире?
2. Каковы особенности политической карты Зарубежной Азии?
3. Какими показателями можно охарактеризовать современное состояние демографической ситуации в Зарубежной Азии?
4. Каковы особенности современного этнического и религиозного состава населения Зарубежной Азии?
5. Каковы особенности экономического развития Зарубежной Азии?
6. Какие отрасли и почему являются ведущими отраслями промышленности Зарубежной Азии?
7. Какие отрасли являются ведущими отраслями сельского хозяйства Зарубежной Азии?
8. Охарактеризуйте сферу услуг Зарубежной Азии.

Тема 2.3 Экономико-географическая характеристика Африки

1. Политическая карта Африки
2. Природные ресурсы Африки
3. Население Африки
4. Экономика Африки
 - a. Промышленность
 - b. Сельское хозяйство
 - c. Туризм

Политическая карта Африки

Площадь Африки 30,3 млн км², что в мировой обитаемой суши составляет 22,6%,

На севере к Африке примыкает Зарубежная Европа (их разделяет Средиземное море), на северо-востоке – Зарубежная Азия (их разделяет Красное море, небольшой участок сухопутной границы проходит по Синайскому перешейку). На востоке регион омывают воды Индийского океана, на западе – Атлантического.

В состав Африки входит 54 (55) государств (Западная Сахара оккупирована Марокко, таким образом Сахарская Арабская Демократическая Республика – частично признанное государство): 3 монархии (Марокко, Лесото, Свазиленд); 4 федеративных (ЮАР, Нигерия, Эфиопия, Коморские острова), а также четыре зависимые государственные образования (Реюньон – заморский департамент Франции, Майотта – ее ассоциированный департамент, Мелилья и Сеута – владения Испании). Территориально Африка делится на пять субрегионов. **Субрегионы Африки:** Северная Африка: Египет, Ливия, Алжир, Марокко, Судан, Тунис.

Западная Африка: Мавритания, Мали, Нигер, Нигерия, Сенегал, Кот-д'Ивуар, Буркина-Фасо

Центральная Африка: Чад, Камерун, Габон, ДР Конго, Ангола.

Восточная Африка: Сомали, Кения, Танзания, Мозамбик, Мадагаскар.

Южная Африка: ЮАР, Ботсвана, Намибия, Лесото, Свазиленд.

Страны не имеющие выхода к морю (16): Южный Судан, Чад, Нигер, Мали, Эфиопия, Ботсвана.

Природные ресурсы Африки

Африка очень богата различными видами природных ресурсов. Особую ценность представляют минеральные ресурсы. Их крупномасштабная добыча и экспорт определяют международную специализацию многих стран региона. Африка выделяется в мире по запасам бокситов, хромитов, марганцевых, медных, кобальтовых руд, алмазов, золота, урановых руд и фосфоритов.

Запасы нефти – около 10% мирового). В десятку стран лидеров входят: Ливия (37% от запасов Африки), Нигерия. Ливия и Нигерия в совокупности составляют более 66% от запасов Африки. Газ – около 8% от мирового запаса. В десятке стран лидеров: Нигерия, Алжир (более 60% от запасов Африки). Запасы угля – невелики. Выделяется ЮАР (9 место в мире).

Африка исключительно богата агроклиматическими ресурсами. Благодаря этому многие страны региона специализируются на производстве плантационных культур.

Африка обладает крупными водными ресурсами. По территории региона они распределены весьма неравномерно. Большая их часть сосредоточена в приэкваториальных районах. Наличие крупных рек и пересеченность рельефа обусловили богатство Африки гидроэнергетическими ресурсами. Крупнейшим гидроэнергетическим потенциалом обладают реки Конго (с притоками), Замбези, Нил, Нигер и др.

Африка сосредоточивает крупные лесные ресурсы. Леса здесь занимают преимущественно приэкваториальные широты.

Население Африки

Более 1240 млн человек, в численности мирового населения — около 14%: Нигерия более 195 млн чел., Эфиопия более 104 млн чел., Египет — 97 млн чел., ДР Конго более 80 млн чел., Танзания — 57 млн чел., ЮАР — 55 млн чел., Кения, Алжир, Уганда, Судан, Марокко, Ангола, Мозамбик, Гана, Мадагаскар — от 25 до 50 млн чел.

ЕП — $37\% - 16\% = 21\%$. Северная и Южная Африка от 16 до 18%.

Африка характеризуется чрезвычайным разнообразием расового и этнического состава населения. Арабы — представители южной ветви европеоидной расы — явно преобладают в Северной Африке (к северу от 10° — 20° с.ш.). В Алжире и Марокко сравнительно велика доля берберов (соответственно 30 и 40 % населения), в Нигере — туарегов (9,3 %). В Тропической Африке подавляющее большинство населения составляют представители негроидной расы.

Для негроидной расы и, следовательно, для стран Тропической Африки характерно чрезвычайное этническое разнообразие населения. Наиболее сложный этнический состав населения наблюдается в Судане (572 племени негроидов), Нигерии (434), ДРК (около 300), Камеруне и Чаде (по 200), Танзании (120), Эфиопии (80), Буркина-Фасо и Кот-д'Ивуаре (по 60). Сложный расовый и этнический состав населения стал причиной принятия федеративного устройства в Нигерии, Эфиопии и ЮАР.

Однонациональные страны: Северная Африка (в основном арабы) — Египет, Ливия.

Этническое разнообразие населения и длительный период колониальной зависимости Африки обусловили сложный религиозный состав ее населения. В северной части Африки господствует ислам. В Тропической Африке наблюдается религиозная чересполосица. Многие племена по-прежнему исповедуют традиционные местные верования. Исконно православными считает себя почти половина населения Эфиопии и Эритреи. В районах наиболее длительного присутствия и «глубокого» проникновения европейцев прочно утвердились другие направления христианства. В странах, некогда бывших колониями Португалии, Испании, Франции и Бельгии, распространился католицизм, Великобритании и Германии — протестантизм.

Средняя плотность населения в регионе сравнительно невелика и составляет всего 40 чел./км². На побережье Средиземного моря в странах Северной Африки, на побережье Индийского океана в ЮАР, а также в десятках «очагов» Тропической Африки средняя плотность населения нередко достигает 100 чел./км². В низовьях Нигера (Нигерия) и на северном побережье озера Виктория она еще выше — более 200 чел./км², а в долине и дельте Нила (Египет) вообще является одной из самых высоких в мире — 1 850 чел./км². В районах с неблагоприятными условиями плотность населения резко снижается — до 1 чел./км² и менее. Среди отдельных стран наибольшая средняя плотность населения наблюдается в островных странах (Маврикий, Коморские Острова, Сейшельские Острова, Сан-Томе и Принсипи и Кабо-Верде) (везде свыше 100 чел./км²), а также в Руанде (350), Бурунди (294), Нигерии (157) и др. Слабее всего заселены пустынные и полупустынные страны — Намибия (2,5 чел./км²), Мавритания (3,0), Ботсвана (3,2) и Ливия (3,4), а также Габон (4,9 чел./км²).

Экономика Африки

Африка — наименее экономически развитый и наименее благополучный регион мира. Экономика Африки испытывает последствия колониального прошлого. ЮАР — единственная экономически развитая страна региона. Основная статья дохода стран Африки горнодобывающая промышленность и сельское хозяйство.

В первые 50 экономик мира входят: Нигерия (22 место в мире, более 560 млрд \$), ЮАР (34 место в мире, 350 млрд \$), Египет (41 место, 280 млрд \$), Алжир (48 место, 200 млрд \$).

Промышленность. Добыча нефти (9% от мировой). Лидеры: Нигерия, Ангола, Алжир, (из-за гражданской войны Ливия значительно сократила добычу).

Уран — добыча более 14% от мирового: Нигер на 4 месте в мире (7% от мирового)

Добыча газа — менее 7%. Лидеры по добыче: Алжир, Египет, Нигерия.

Добыча угля: ЮАР 98% от добычи Африки.

Добыча железа: ЮАР. Экспорт железа: ЮАР.

Добыча марганца: ЮАР, Габон, Гана.

Добыча хрома: ЮАР.

Добыча алюминия: Гвинея (6 место в мире); выплавка алюминия: ЮАР.

Добыча меди: ДР Конго, Замбия (6-7 место в мире). Африка ≈ 10% мирового.

Добыча золота (18% от мирового): ЮАР (5 место), Гана (9 место) — составляют 50% от добычи Африки.

Добыча алмазов (52% от мировой добычи): Ботсвана ≈ 20% от мирового (2 место), ДР Конго (3 место в мире), Ангола, ЮАР, Зимбабве, Намибия, Сьерра-Леоне (6-10 место), Лесото.

Сельское хозяйство

Сбор зерновых: Нигерия, Эфиопия.

Сбор риса: Нигерия, Египет.

Сбор кукурузы: ЮАР, Нигерия.

Сбор картофеля: Египет, Алжир, Малави.

В Африке велика доля сбора других клубненосных культур: маниока (более 55, 5% мирового сбора;) Нигерия 1 место; ДР Конго, Гана, Ангола, Уганда, Мозамбик, Камерун, Малави.

Сбор овощей и бахчевых: Египет (6 место в мире), Нигерия, Алжир.

Сбор фруктов $\approx 14\%$ от мирового: Египет, Нигерия, Уганда (цитрусовые – Египет, Нигерия 7-8 место) бананы – Ангола, Танзания, Бурунди (8-10 место)

Арахис $\approx 30\%$. Нигерия – 3 место; Судан, Сенегал, Камерун и Танзания.

Табак – Зимбабве, Малави.

Кофе 11% от мирового сбора, Эфиопия – 7 место в мире, среди лидеров также Уганда, Кот-д'Ивуар.

Какао более 65% от мирового сбора. Кот-д'Ивуар 1 место в мире – 31,5% мирового сбора, Гана – 2 место в мире.

Чай – Кения – 3 место в мире.

Туризм. Международные туристские прибытия составляют более 60 млн. Страны – лидеры: Марокко – более 10 млн., ЮАР – более 10 млн., Тунис – более 5 млн., Египет – более 5 млн. в 2016 году (в 2015г. в Египте было более 9 млн туристских прибытий, а в 2010 – более 14 млн).

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы место и роль Африки в мире?
2. Какими природными ресурсами в наибольшей степени обеспечена Африка?
3. Какими показателями можно охарактеризовать современное состояние демографической ситуации в Африке?
4. Каковы особенности экономического развития Африки?
5. Какие отрасли и почему являются ведущими отраслями промышленности Африки?
6. Какие отрасли являются ведущими отраслями сельского хозяйства Африки?
7. Охарактеризуйте туризм Африки.

Тема 2.4 Экономико-географическая характеристика Латинской Америки

1. Политическая карта Латинской Америки
2. Природные ресурсы Латинской Америки
3. Население Латинской Америки
4. Экономика Латинской Америки
 - а. Промышленность
 - б. Сельское хозяйство
 - в. Туризм

Политическая карта Латинской Америки

Площадь – 20,5 млн км². Латинская Америка расположена в Западном полушарии между США и Антарктидой. На востоке она омывается водами Атлантического океана, на западе – Тихого. Название региона отражает общую латинскую основу официальных языков большинства государств региона, влияние культуры и обычаев латинских народов Пиренейского (Иберийского) полуострова.

В составе Латинской Америки насчитывается 47 стран, из которых 33 являются независимыми. Остальные 14 представляют собой владения других стран, в том числе Великобритании — 7, Франции — 3, Нидерландов — 2 и США — 2. Латинская Америка делится на пять субрегионов.

Почти все латиноамериканские страны, кроме Боливии и Парагвая, имеют приморское положение, а многие вообще находятся на островах.

Из 33 независимых государств региона 24 имеют республиканскую форму правления, девять являются «государствами в составе Содружества». В состав Содружества также входят три республики — Гайана, Доминика и Тринидад и Тобаго. Среди независимых государств явно преобладают унитарные и только пять имеют федеративное устройство — Аргентина, Бразилия, Венесуэла, Мексика, Сент-Китс и Невис.

Природные ресурсы Латинской Америки

Латинская Америка чрезвычайно богата природными ресурсами. В зарубежном мире Латинская Америка особенно выделяется по запасам редких и рассеянных элементов – ниобия, лития, бериллия, а также молибдена (более 1/2), медных руд (более 2/5), серы, сурьмяных руд и серебра (1/3), железных, оловянных руд и бокситов (1/4), нефти (более 1/10). Западная часть региона сосредоточивает крупные запасы руд цветных металлов (меди, цинка, свинца, олова, разнообразных легирующих и благородных металлов), а также графита, серы и натриевой селитры.

Медные руды разведаны в Колумбии, Эквадоре, Перу, Чили. Но при этом примерно 2/3 всех запасов приходится на долю Чили. По запасам оловянных руд особенно выделяется Боливия. Общие запасы селитры в Чили оцениваются в 250–300 млн т. Это составляет примерно 98 % мировых запасов. Колумбия выделяется во всем мире по добыче изумрудов.

В межгорных котловинах разведаны весьма значительные месторождения нефти, природного газа и каменного угля. Запасы нефти в Латинской Америке составляют около 10% от мирового; Венесуэла – 5 место в мире (более 7% мировых запасов и 76% запасов Л.А.), нефтью также богата Мексика. Запасы газа – Венесуэла. Запасы угля не велики в Л.А.; по запасам угля выделяется Колумбия (до 50% от запасов Л.А.).

Восточная часть региона особенно богата рудами черных и цветных металлов (железа, алюминия, урана и различных легирующих металлов), апатитов, слюды, горного хрусталя, в меньшей степени — нефтью, природным газом и битуминозными сланцами. Весьма перспективным на нефть и природный газ оказался шельф Атлантического океана. Железными рудами богата Бразилия и Венесуэла. Обширная бокситоносная провинция,

протянулась по территории Венесуэлы, Гайаны, Суринама, французской Гвианы и Бразилии.

На крупных островах Вест-Индии разведаны крупные запасы бокситов, никелевых и кобальтовых руд. Запасы бокситов (Ямайка, Доминиканская Республика), никеля (Куба). По запасам железных, полиметаллических, медных руд, серебра и серы выделяется Мексика.

Из отдельных стран Латинской Америки первое место по богатству и разнообразию полезных ископаемых занимает Бразилия, второе – Мексика, далее идут Чили, Перу, Колумбия.

Латинская Америка обладает благоприятными агроклиматическими ресурсами. По размерам земельного фонда из расчета на душу населения (более 5 га) Латинская Америка уступает только Австралии и СНГ. Регион выделяется в мире наличием крупных запасов водных, гидроэнергетических и лесных ресурсов. По размерам полного речного стока (10,5 тыс. км³ в год) регион несколько уступает только зарубежной Азии. По размерам речного стока из расчета на душу населения Латинская Америка превосходит зарубежную Европу, зарубежную Азию и Африку в пять – восемь раз. К этому нужно добавить ее гидроэнергетический потенциал, составляющий почти 1/4 мирового. По размерам общей лесной площади (1260 млн га) Латинской Америке принадлежит первое место в мире, а лесистость в среднем достигает здесь почти 50 %. Обеспеченность лесными ресурсами из расчета на душу населения (2,2 га) здесь пока еще также самая высокая.

Население Латинской Америки

По численности населения (более 630 млн человек) Латинская Америка уступает в мире лишь Зарубежной Азии и Африке. Страны лидеры – Бразилия – 209 млн, Мексика – 124 млн. Колумбия – около 50 млн.

В настоящее время уравнение естественного движения населения региона выглядит так: $21-6 = 15\text{‰}$. Значения естественного прироста населения на уровне 21-28‰ сохранились лишь в самых бедных странах — Гватемале, Парагвае, Белизе, Никарагуа, Гондурасе и Боливии. Переход от расширенного воспроизводства населения к простому в целом завершили Аргентина, Чили, Бразилия и Коста-Рика. Здесь естественный прирост населения составляет 10-13‰. В Уругвае и большинстве стран Вест-Индии он опустился и того ниже – до 3-7‰.

Возрастная структура населения региона отличается сравнительной «молодостью». Доля детей составляет 30,4 % населения, трудоспособных — 63,7%, пенсионеров — 5,9%. Наилучшие значения таких показателей социального развития, как младенческая смертность, средняя продолжительность жизни и др., характерны для Коста-Рики и экономически благополучных стран Вест-Индии и Южного Конуса, наихудшие — для Гаити, Гайаны, Боливии и самых бедных стран Центральной Америки.

Доля «белых» превышает половину населения в Аргентине, Уругвае, Коста-Рике, Пуэрто-Рико и Бразилии. Метисы явно преобладают в странах Центральной Америки (кроме Коста-Рики), Чили, Парагвае, Мексике,

Колумбии и Венесуэле. Доля индейцев наиболее велика в Гватемале (60 %), Боливии (55 %) и Перу (45 %), а негров и мулатов – в странах Вест-Индии.

В Латинской Америке широко распространен католицизм. Его исповедуют около 9/10 населения региона.

Плотность населения около 30 чел/км², в Бразилии 22чел/км², Мексика – 62чел/км². Плотность населения на Барбадосе 621 чел./км², на Гаити – 340, в Эль - Сальвадоре — 321, в Гренаде – 314, в Сент-Винсенте и Гренадинах — 308. Самой низкой средней плотностью населения обладают Боливия – 8,5 чел./км², Гайана — 3,4, Суринам – 2,8, Гвиана (Фр.) – 2,4.

Экономика Латинской Америки

Латинская Америка – наиболее экономически развитый регион развивающегося мира. На Латинскую Америку приходится около 1/2 инвестиций, направляемых в развивающиеся страны.

По уровню экономического развития выделялась Аргентина, в последствии ее опередили Бразилия и Мексика. В настоящее время именно эти страны выступают в роли региональных экономических лидеров. Значительных успехов в развитии экономики достигли Чили и Уругвай. В последние годы устойчивый экономический рост наблюдался в Венесуэле, Колумбии, Эквадоре, Перу, большинстве стран Центральной Америки, Доминиканской Республике и Тринидаде и Тобаго.

По объему ВВП в первые 50 экономик мира входят: Бразилия – 7 место (2,2 трлн \$); Мексика – 15 место; Венесуэла – 23 место; Аргентина – 25 место; Колумбия – 33 место; Чили – 44 место.

Промышленность. Латинская Америка является крупным производителем и экспортером определенных видов минерального сырья, поэтому в мировой горнодобывающей промышленности она традиционно специализируется на добыче медных руд (1/2 от мира), серебра (2/5), бокситов, железных и оловянных руд (по 1/4), свинцово-цинковых руд и золота (по 15 —16 %), нефти (13 %).

ТЭК. Добыча нефти составляет около 13% от мировой, на 10 месте в мире – Венесуэла; лидеры в Л.А. также Мексика, Бразилия, Колумбия. Добыча газа – Мексика, Тринидад и Тобаго. Добыча угля – Колумбия (88% от Л.А.).

Большая часть электроэнергии вырабатывается на ГЭС: Бразилия > 76% Венесуэла 66%; Колумбия 81%; Парагвай 100%. ТЭС – Аргентина 70%; Мексика 81; Чили 62%.

Металлургия. Добыча железа около 25% от мировой; Бразилия – 2-3 место в мире (> 20% мировых). По выплавке стали мировые лидеры – Бразилия, Мексика. Крупнейшим мировым экспортером железа и марганца является Бразилия.

По добыче бокситов (алюминий) – Бразилия 3-4 место; Ямайка; Суринам;

Выплавка алюминия - Бразилия

Медь – добыча > 44% мировой; Чили – 1 место 31% мировой, Перу – место , Мексика.

Выплавка меди – Чили 2 место (13% мировой); Мексика. 17% Л.А. от мировой.

Никель – Бразилия, Куба, Колумбия. 10% Л.А.

Цинк (20%) – Перу – 3 место (10% мирового), Мексика, Боливия.

Свинец (12%) – Перу, Боливия, Мексика.

Производство автомобилей – Мексика, Бразилия – 7-8 место.

Вырубка деревьев – Бразилия 4 место, Чили.

Производство сахара (34%) – Бразилия 1 место 22% мирового. Мексика, Гватемала, Колумбия.

Производство вин – Аргентина, Чили.

Добыча золота – 21% от мирового; Перу 7 место, Мексика 8 место, Бразилия, Колумбия, Аргентина.

Добыча серебра – 50% от мировой. Мексика 1 место – 18%, Перу 2 место, Чили, Боливия.

Сельское хозяйство. Латинская Америка является крупным производителем и экспортером определенных видов сельскохозяйственной продукции. Важнейшие плантационные культуры Латинской Америки – сахарный тростник, кофе, какао, бананы и хлопок. Именно они обеспечивают половину всего сельскохозяйственного экспорта этого региона. Отраслями международной специализации региона в сельском хозяйстве является производство кофе (1/2), сои (2/5), апельсинов (1/3), бананов и сахара (по 1/4), какао (1/10).

Зерновые – Бразилия (5 место в мире), Аргентина, Мексика. В Латинской Америке традиционно больше выращивают кукурузу (15% от мирового) – Бразилия (3 место), Аргентина (4 место), Мексика (7 место). Пшеница – Аргентина; рис – Бразилия (до 45 % от Латинской Америки) – 9 место в мире; картофель – Перу; маниок – Бразилия (4 место); овощи – Мексика, Бразилия.

Фрукты (более 17% от мирового) – Бразилия (3 место), Мексика (6 место); Колумбия, Аргентина, Эквадор; *цитрусовые* (более 27% от мирового сбора) – Бразилия (2 место), Мексика (5 место); Аргентина (10 место); *бананы* (более 20% мирового сбора) – Бразилия (4 место), Эквадор (5 место), Гватемала (7 место); яблоки – Чили; виноград – Чили, Аргентина.

Сбор *сахарного тростника* (более 50% от мирового) – Бразилия (1 место – ~39% от мирового), Мексика (6 место), Колумбия (7 место), Гватемала, Аргентина; *соя* (50% мирового сбора) – Бразилия (2 место – 28%), Аргентина (3 место), Парагвай, Боливия, Уругвай; арахис и подсолнечник – Аргентина; хлопок – Бразилия, Аргентина, Мексика.

Табак – Бразилия (2 место), Аргентина; *кофе* (более 56% от мирового) – Бразилия (1 место – около 33% от мирового), Колумбия (4 место), Гондурас, Перу, Гватемала, Мексика, Никарагуа; какао (16% от мирового) – Бразилия, Эквадор, Мексика, Перу, Доминиканская Республика (6-10 место); чай – Аргентина.

Производство мяса (16% от мирового) – Бразилия (3 место – более 8%; 50% от Лат. Америки), Мексика, Аргентина; поголовье крупного рогатого скота (27% от мирового) – Бразилия (1 место – 14%); куры (более 15% от мирового).

Туризм. Международные туристские прибытия составляют более 103 млн человек. Доход от международного туризма более 89 млрд \$ США. Страны лидеры по прибытиям – Мексика – 35 млн (8 место в мире), Бразилия – 6,5 млн; Доминиканская республика – 5,9 млн; Чили – более 5,6 млн; Аргентина – более 5,5 млн; Куба – 3,9 млн; Перу – 3,7 млн. Лидерами по доходам от международного туризма являются – Мексика – более 19,5 млрд \$ США; Доминиканская республика – более 6,7 млрд \$ США; Бразилия – более 6 млрд \$ США.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы место и роль Латинской Америки в мире?
2. Какими природными ресурсами обеспечена Латинская Америка?
3. Какими показателями можно охарактеризовать современное состояние демографической ситуации в Латинской Америке?
4. Каковы особенности современного этнического и религиозного состава населения Латинской Америки?
5. Каковы особенности экономического развития Латинской Америки?
6. Какие отрасли являются ведущими отраслями промышленности Латинской Америки?
7. Какие отрасли являются ведущими отраслями сельского хозяйства Латинской Америки?
8. Охарактеризуйте туризм Латинской Америки.

Тема 2.5 Экономико-географическая характеристика Северной Америки

1. Политическая карта Северной Америки
2. Природные ресурсы Северной Америки
3. Население Северной Америки
4. Экономика Северной Америки
 - а. Промышленность
 - б. Сельское хозяйство
 - в. Сфера услуг

Политическая карта Северной Америки

Это один из важнейших регионов мира. Его доля в площади территории мировой обитаемой суши составляет 16%, доля в численности мирового населения – почти 5,1 %. Площадь территории США – немногим менее 9,4 млн км² – четвертое место в мире.

Северная Америка расположена в Западном полушарии. На востоке и юго-востоке она омывается водами Атлантического океана, на западе – Тихого, на севере – Северного Ледовитого океана. С юга к Северной Америке примыкает Латинская Америка (есть протяженный участок сухопутной границы, в Атлантическом океане к территории региона почти вплотную подходят некоторые островные государства Латинской Америки).

В состав Северной Америки входят четыре страны, две из которых являются независимыми государствами (США (без штата Гавайи, который

относится к Океании) и Канада), а две – зависимыми государственными образованиями (Гренландия – самоуправляющаяся автономия Дании и Сен-Пьер и Микелон – ассоциированная территория Франции).

США – федеративная республика, состоящая из 50 штатов и федерального столичного округа Колумбия.

Природные ресурсы Северной Америки

Северная Америка относится к числу регионов мира, наиболее богатых природными ресурсами. Среди отдельных их видов выделяются прежде всего минеральные ресурсы. Недра региона сосредоточивают крупные запасы каменного и бурого угля – более 27% мировых запасов, нефти, битуминозных песчаников, природного газа, железных, медных, свинцово-цинковых, никелевых, молибденовых, вольфрамовых, урановых руд, серебра, золота, платины, калийных солей, серы, фосфоритов и асбеста.

Регион обладает огромными запасами водных и гидроэнергетических ресурсов. Среди важнейших источников пресной воды выделяются такие реки, как Миссисипи (с притоками), Святого Лаврентия, Колумбия и Колорадо. На некоторых реках, прежде всего Колумбии, Колорадо, Миссури и Теннесси, сооружено большое количество крупных водохранилищ. Реки и озера северных и других труднодоступных районов как источники водных ресурсов большой ценности не представляют. Максимальным доступным гидроэнергетическим потенциалом обладают реки Колумбия, Черчилл, Нельсон, Ла-Гранд и другие, в меньшей степени река Колорадо и притоки Миссисипи.

Регион богат почвенными и лесными ресурсами. Лесные ресурсы региона приурочены главным образом к природной зоне тайги. Она простирается широкой полосой с запада на восток через всю среднюю часть Канады. Значительные запасы древесины сосредоточивают также смешанные и широколиственные леса США.

Население Северной Америки

Население Северной Америки немногочисленно. По этому показателю регион занимает в мире предпоследнее место, опережая лишь Австралию с Океанией. Численность населения более 360 млн (США – 325,7 млн, Канада – 35,7 млн).

Естественный прирост населения в США выглядит так: $14 - 8 = 6$ ‰. Естественный прирост традиционно выше у «цветного» населения, именно оно в настоящее время вносит основной «вклад» в увеличение численности населения страны.

Северная Америка – типичный иммигрантский регион. Не случайно, появилось такое понятие, как «плавильный котел различных рас и наций». Доля коренного населения и в США, и в Канаде не превышает 1%.

Всего в США насчитывается 215 этнических групп. На долю «белых» приходилось 70,7% населения. Самые многочисленные европейские диаспоры составляют немцы, ирландцы, англичане, итальянцы, французы, поляки и шведы. На долю выходцев из Латинской Америки приходится 12,5%, афроамериканцев (негров и мулатов) – 12,3%, выходцев из Азии – 3,6%,

коренного населения (индейцы, эскимосы и алеуты) – 0,9%. Все они считают себя неотъемлемой частью единой нации – американцев США.

Чрезвычайное этническое многообразие населения региона обусловило большое количество религиозных конфессий. Здесь удастся мирно сосуществовать различным протестантским конфессиям, католикам, буддистам, индуистам, конфуцианцам, мусульманам, православным, иудаистам, синтоистам и многим другим.

Всего в США стране насчитывается 25 конфессиональных групп, численность которых превышает 1 млн человек. Наиболее многочисленными из них являются протестантская (55%), католическая (28%) и иудейская (2%). Около 10 % населения считает себя атеистами.

Население по территории Северной Америки размещено неравномерно. Почти все население сконцентрировано в пределах субтропического и южной части умеренного климатических поясов, т.е. на территории сопредельных штатов США и на юге Канады. Причем крупнейшие сгустки населения сформировались либо у морского побережья, либо вдоль крупных рек. Хотя средняя плотность населения во всех странах невелика, на Северо-Востоке США она местами значительно превышает 100 чел/км². Средняя плотность населения США 32 чел/км².

Экономика Северной Америки

Северная Америка – один из наиболее экономически развитых регионов мира. Достаточно сказать, что США на протяжении вот уже более века выступают в роли безусловного лидера «Большой семерки», а Канада входит в число наиболее успешных стран «переселенческого капитализма». Доля региона в производстве МВП составляет около 30%, а в расчете на душу населения превосходит среднемировой уровень почти в шесть раз. В 2005 г. ВВП США составлял 28 % МВП. На их долю приходилось почти 1/4 мировой внешней торговли товарами и услугами и свыше 1/4 размещенных за рубежом инвестиций. США и Канада первыми в мире совершили переход к постиндустриальной экономике. В настоящее время в этих странах в сфере услуг производится 75 - 80% ВВП, на этом фоне доля промышленности упала до 21 - 22%, а сельского хозяйства – до 1 - 3%.

Промышленность. Среди отраслей промышленности традиционно высоким уровнем развития характеризуется горнодобывающая. Она обеспечивает мощные экономические системы США и Канады необходимым сырьем. Тем не менее многих видов минерального сырья не хватает, поэтому по объемам его закупок за рубежом регион (конечно, прежде всего США) прочно удерживает мировое лидерство. Традиционно немаловажное значение имеет горнодобывающая промышленность. США выделяются в мире по объемам добычи нефти, природного газа, угля, урановых, железных, молибденовых, медных и полиметаллических руд, а также серебра, золота, поваренной и калийных солей, фосфоритов и серы.

При этом Канада является одним из крупнейших мировых экспортеров нефти, природного газа, каменного угля, концентратов руд различных

металлов, калийных солей, асбеста и др., а США – каменного угля, серы, фосфоритов и концентратов руд некоторых металлов. Еще более высоким уровнем развития характеризуется обрабатывающая промышленность. В общей стоимости промышленной продукции ее доля составляет 3/4 в Канаде и 9/10 в США. Среди отраслей обрабатывающей промышленности в США выделяются машиностроение, химическая, черная и цветная металлургия, пищевая и лесная, в Канаде – машиностроение, черная и цветная металлургия, лесная. В начале XXI в. ведущими отраслями обрабатывающей промышленности США являлись машиностроение (40% стоимости промышленной продукции), химическая (10,7%), пищевая (8,9%), полиграфическая (8,3%), лесная промышленность (перерабатывающие отрасли) (4,1%) и металлургия (3,8%). Чрезвычайно высокого уровня развития достигли нефтеперерабатывающая промышленность (особенно в США) и электроэнергетика (как в США, так и в Канаде). Основная отрасль хозяйств Гренландии и Сен-Пьер и Микелон – добыча и переработка рыбы.

Сельское хозяйство. В структуре сельскохозяйственного производства в США наблюдается примерный паритет между растениеводством и животноводством, в Канаде – незначительное преобладание животноводства.

По абсолютным объемам производства сельскохозяйственной продукции США занимают второе место в мире после Китая.

Сбор кукурузы составляет около 36% от мирового, сбор сои – 37% от мирового, рапса – более 23%, при этом Канада находится на первом месте в мире (22%), мяса – 15%.

США занимают первое место в мире по объемам производства сои (35% мирового), кукурузы (34%), второе место – зерна, древесных орехов, яиц, молока и мяса (первое место по производству мяса птицы и говядины и второе место – свинины), третье место – хлопка, овощей, четвертое место – арахиса, сахарной свеклы, табака, фруктов (второе место по сбору яблок, третье место по сбору цитрусовых и винограда). В животноводстве США выделяются по поголовью свиней, кур – 2 место в мире, КРС – 4 место.

США являются одним из крупнейших экспортеров некоторых видов сельскохозяйственных продуктов – 1 место по экспорту сои, хлопка-волокна, мяса птицы; 2 место – свинины; 3 место – яблок, винограда; 4 место – табака, говядины.

Импорт США – бананы, виноград, цитрусовые, помидоры, кофе, какао, чай, табак, говядина.

Канада крупнейший экспортер – рапса (1 место), сои и говядины.

Сфера услуг. В структуре сферы услуг ускоренными темпами растет доля высших деловых услуг – банковских, управленческих, антикризисного регулирования и прочих, и, наоборот, неуклонно снижается доля низших услуг – транспортных, торговых, общественного питания, коммунально-бытовых.

Международные туристские прибытия составляют более 95 млн человек, при этом США занимают 2 место в мире – 75,6 млн туристов. Доход от международного туризма более 224 млрд \$. По этому показателю США занимают первое место – около 206 млрд \$.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы место и роль Северной Америки в мире?
2. Какими природными ресурсами обеспечена Северная Америка?
3. Каковы особенности современного этнического и религиозного состава населения Северной Америки?
4. Каковы особенности экономического развития Северной Америки?
5. Какие отрасли являются ведущими отраслями промышленности Северной Америки?
6. Какие отрасли являются ведущими отраслями сельского хозяйства Северной Америки?

Раздел 2. Физическая география мира

Физическая география в системе наук о Земле.

План

1. Объект, предмет и содержание географической науки.
2. Структура географической науки.
3. География и экология.
4. Современные географические исследования.

1. Объект, предмет и содержание географической науки.

География (гео— земля, графо— описание; т.е. землеописание) с момента своего возникновения развивалась как энциклопедический свод знаний о природе, населении и хозяйстве различных стран.

Определение объекта изучения географии менялись на протяжении истории развития науки. Как главный объект географической науки большинство ученых рассматривало поверхность Земли. При этом К.Риттер считал объектом географии весь земной шар, А.Геттнер - страны, которые изучались с точки зрения пространственного размещения предметов и явлений, Э.Мартонн— распределение по поверхности Земли физических, биологических и связанных с деятельностью человека явлений. В 1910 г. русский географ П.И.Броунов предложил рассматривать в качестве объекта географии “современное физическое устройство наружной земной оболочки”. Сущность этой формулировки в настоящее время признана всеми географами. С годами уточнялись лишь термины и углублялось содержание этого определения. Для обозначения “наружной оболочки” предлагались различные термины: географическая оболочка, ландшафтная оболочка, геосфера, ландшафтная оболочка, биогеосфера, эпигеосфера и др. Наибольшее признание получил термин “географическая оболочка”.

Таким образом, объектом исследования современной географии является географическая оболочка. Географическая оболочка Земли представляет собой сложное образование, состоящее из взаимодействующих главных земных сфер или их элементов— литосферы, атмосферы, гидросферы, биосферы, педосферы.

Зона контакта этих сфер оказалась в фокусе взаимодействия Земли и космоса:

1. световая коротковолновая энергия Солнца трансформируется в тепловую длинноволновую;
2. взаимодействуют потоки вещества и энергии, идущие из недр Земли и из космоса,
3. вещество одновременно находится в трех состояниях - твердом, жидком и газообразном;
4. здесь возникла жизнь.

Компонентами географической оболочки являются воздух, вода, горные породы, живое вещество (растения, животные). Природа географической оболочки потому так разнообразна, что в ней наиболее интенсивно взаимодействуют образования разного вещественного состава: косного (неорганическое вещество), живого (организмы), биокосного (органоминеральные соединения почвы).

Основными энергетическими компонентами географической оболочки являются гравитационная энергия, лучистая энергия Солнца, внутреннее тепло планеты и энергия космических лучей.

Границами географической оболочки считают озоновый слой (20—30 км) и граница зоны гипергенеза (500600 м).

Главным свойством географической оболочки является ее целостность. Она характеризуется единством двух важных качеств— непрерывности (континуальности) и прерывистости (дискретности).

В пределах географической оболочки выделяют ландшафтную сферу — небольшую по мощности приповерхностную сферу, включающую кору выветривания, почвы, растительность, животный мир, приземные слои воздуха, поверхностные и грунтовые воды суши. Это своеобразный биологический фокус Земли, в котором наиболее тесно соприкасаются и активно взаимодействуют элементы всех оболочек Земли.

Важным понятием в физической географии является понятие о географическом пространстве - природной системе, простирающейся от верхней границы магнитного поля Земли (10 земных радиусов) до поверхности Мохоровичича. Географическое пространство разделяется на четыре основных отдела:

- 1)ближний космос, нижняя граница которого проходит на высоте 1500 - 2000 км над Землей.
- 2)высокая атмосфера, с нижней границей, проходящей по стратопause.
- 3)географическая оболочки Земли.
- 4)подстилающая кора, простирающаяся от нижней границы зоны гипергенеза до поверхности Мохоровичича.

Предметами изучения географии являются сложные территориальные системы, составляющие структуру земной поверхности. Эти системы могут быть природными (природные комплексы) и социальными (природно-территориальные комплексы).

Сущность географического мышления заключается в умении анализировать пространственные закономерности между геосистемами и их отдельными компонентами на основе исторических методов, которые

позволяют дать научное объяснение современной географической картине мира.

Соотношение понятия географической оболочки и понятия “окружающая среда”. Понятие окружающей среды отличается от понятия географической среды (или оболочки) тем, что оно антропоцентрично. Когда говорится об окружающей среде, то подразумевается, что оцениваются условия жизни человека в определенном природном окружении, состояние природных комплексов, их способность воспроизводить здоровую среду жизни человека и возобновимые природные ресурсы. Характеристиками окружающей среды являются показатели, определяющими ее экологическое состояние: пдк, ПДВ, ПДН и др.

2. Структура географической науки.

На месте единой географии XIX века сложилась целая система географических наук. Процесс дифференциации географии начался в XIX веке и активно продолжался в начале XX века. В настоящее время в системе географических наук выделяют четыре блока или подсистемы.

1. естественнонаучный, в который входят следующие теоретические и физико-географические науки: общая физическая география (землеведение), ландшафтоведение, палеогеография и компонентные физико-географические науки, каждая из которых изучает один из компонентов географической оболочки (рельеф— геоморфология, климат— климатология и метеорология, поверхностные воды— гидрология, почвы— почвоведение, растительность— биogeография, воды мирового океана— океанология).
2. социально-экономический представлен в первую очередь общей социально-экономической географией. Наряду с ней в блок входят отраслевые науки (география промышленности, география сельского хозяйства, география туризма и т.д.), а также география населения с отдельными направлениями, политическая география, экономико- географическое страноведение.
3. природно-общественный выделился в самостоятельный сравнительно недавно и отражает интеграционные процессы, происходящие в областях, пограничных между двумя блоками. Возникают науки, предметом исследования которых являются различные типы взаимодействия между природой и обществом. К числу таких наук относятся геоэкология, медицинская география, рекреационная география, ресурсоведение.
4. сквозной, который включает дисциплины, концепции, методы и приемы которых пронизывают всю систему географических наук, поэтому они не могут быть включены ни в один из уже рассмотренных блоков. Это картография, история географии, топонимика.

3. География и экология.

Географы, как русские, так и зарубежные, раньше других специалистов в области наук о Земле осознали значение экологической проблематики в ее современном понимании (работы В.В.Докучаева, А.И.Воейкова, Л.С.Берга, Д.И.Рихтера, Д.Н.Кашкарова, Е.П.Коровина, Л.Г.Раменского, И.П.Герасимова, В.С.Жекулина, а также Д.П.Марша, А.Тенсли, К.Троля).

К 90ым годам XX века произошла экологизации всей системы географических наук, которая наиболее отчетливо выражена в новой географической науке — геоэкологии. Она возникла в результате применения экологической методологии в географических исследованиях, направленных на выявление пространственных связей в экологических взаимоотношениях. Рождение геоэкологии можно датировать 60 - ыми годами. В период своего появления она рассматривалась как учение о естественном бюджете ландшафта. В 80ые годы содержание науки значительно расширилось.

Сейчас геоэкология решает две группы задач:

1. изучает воздействие внешних условий, включая человека с результатами его деятельности, на ландшафт, акцентируя внимание на его диагностике;
2. исследует воздействие физико-географических условий, в том числе и ландшафта, на состояние и развитие биома (триады “растение-животное-человек”).

Геоэкология сформировалась в результате интеграции географических знаний, направленных на изучение состояния экосистем и геосистем как среды обитания (жизни) человека. Весь комплекс физико-географических наук является для геоэкологии базой и источником фактических данных.

Мостом между биологическими и географическими аспектами проблем изучения состояния окружающей среды является экология человека, которая, опираясь на общие законы взаимодействия биосферы и человечества, изучает влияние природной и социальной среды как на отдельных людей, так и на их сообщества.

Важным в понимании взаимодействия географии и экологии является соотношение понятий «экосистема» и «геосистема».

4. Современные географические исследования

Современная география - это целостная система наук, в которой выделяются физико-географическая и экономико-географическая ветви и картография.

Объектом изучения физической географии является географическая оболочка в целом, составляющие ее природные комплексы и компоненты (горные породы и слагаемый ими рельеф, воздух, вода, почвы, растения и животные).

Социально-экономическая география изучает взаимосвязи человеческого общества, производства и природной среды, размещение и миграции населения, пространственную структуру мирового и национального хозяйства. При исследовании взаимодействия общества и природной среды физическая и экономическая географии интегрируются самым тесным образом.

В современных географических исследованиях используются как старые методы исследования (картографический, сравнительно-географический, исторический), так и новые: метод математического моделирования, аэрокосмические, геофизические, геохимические методы, большое значение имеет использование геоинформационных систем.

Космические и планетарные факторы, влияющие на географическую оболочку.

План

- 1.Строение Солнца и солнечное излучение.
2. Солнечная активность.
3. Влияние солнечной активности на Землю.
4. Электромагнитное излучение Солнца.

1. Строение Солнца и солнечное излучение

Излучение Солнца является источником энергии для всех процессов, протекающих в географической оболочке.

70% массы Солнца составляет водород. 29%— гелий, 1% приходится на другие элементы. Средняя плотность вещества Солнца составляет 1.41 г/см^3 , внутри же эта величина достигает 100 г/см^3 . (Для Земли эти величины составляют соответственно 5.52 г/см^3 и 13 г/см^3 .) Диаметр Солнца составляет 1.39 млн. км (диаметр Земли— 12756 км).

В Солнце выделяют несколько областей, в пределах которых вещество отличается по своим свойствам и механизмам распространения энергии

Ядро Солнца является источником энергии. В нем при температурах, составляющих 15 млн. $^{\circ}\text{K}$, идет термоядерная реакция перехода водорода в гелий ($4\text{H} - \text{He}$).

Зона лучистой передачи энергии, в которой энергия от ядра распространяется путем поглощения и излучения веществом порций света - квантов.

Зона конвективного переноса энергии - конвективная зона. В этой зоне потоки горячего газа поднимаются к поверхности, а охлажденный солнечный газ опускается вниз. Скорость подъема горячих масс вверх и опускания холодных вниз составляет 12 км/сек.

Солнечная атмосфера состоит из трех последовательных слоев.

Фотосфера - самый нижний (толщиной 100300 км) слой, он определяет видимый диск Солнца. Фотосфера состоит из светлых зернышек (гранул) и темных промежутков между ними. Размеры гранул невелики -1000-2000 км в поперечнике. Межгранульные пространства более узкие - 300-600 км. Картина грануляции непостоянная, каждая гранула живет не более 10 мин. Разность температур между ними в наружных слоях фотосферы сравнительно невелика $200\text{-}300^{\circ}\text{K}$, Грануляция создает общий фон, на котором наблюдаются более контрастные и крупные объекты - пятна и факелы. Пятна возникают в результате нарушения конвективных потоков на участках концентрации магнитного поля. Пятна могут быть окружены более яркими участками - факелами. Фотосфера состоит из сильно ионизированного газа с концентрацией частиц порядка $10^{16}\text{-}10^{17}$ в 1 см^3 , (плотность газов в фотосфере такая же, как у стратосферы Земли) и находящегося под давлением 100 мб.

Температура колеблется от 8000°K на глубине до 4000°K у поверхности. Температура же того среднего слоя, излучение которого мы воспринимаем составляет 6000°K . При таких условиях все молекулы газов распадаются на

атомы, лишь в самых верхних частях фотосферы сохраняется относительно немного простейших молекул и радикалов типа H_2 , OH , CH .

Хромосфера (сфера цвета) простирается до высот 1000015000 км слой. Температура в хромосфере растет. Давление и плотность вещества в хромосфере продолжают падать. Плотность у верхней границы хромосферы составляет 10^{-15} г/см³. В хромосфере наблюдаются сильные вспышки, которые являются источником интенсивного ультрафиолетового и рентгеновского излучения, радиоволн и корпускулярных потоков. В верхней части хромосферы образуются протуберанцы.

Солнечная корона - самая внешняя оболочка Солнца, простирается до высот, составляющих несколько радиусов Солнца. Общий вид солнечной короны меняется с 11 летним циклом солнечной активности. При этом изменяются яркость и форма короны. Вещество солнечной короны представляет собой почти полностью ионизированный газ — плазму, состоящую из положительно заряженных ионов и свободных электронов (в 1 см³ у основания короны заключено $3 \cdot 10^7$ частиц). С высотой в короне продолжается рост температуры до тех пор, пока энергия теплового движения частиц не превысит потенциальную энергию, удерживающего их гравитационного поля Солнца, после чего начинается истечение солнечной плазмы в окружающее межзвездное пространство.

От Солнца в разные стороны двигаются непрерывно потоки заряженных частиц со сверхзвуковыми скоростями. По предложению эти потоки получили название солнечного ветра (теория Ю. Паркера). При спокойном ветре у орбиты Земли в 1 см³ имеется всего 12 частицы, перемещающиеся со скоростью 300400 км/сек в направлении точно от Солнца. Порывы этого ветра, когда скорость возрастала до 800 км/сек, а концентрация — до 100 частиц на см³.

Состав солнечной плазмы - протоны составляют 91.3%, однократно ионизированные атомы гелия — 0.1%, α -частицы (дважды ионизированные атомы гелия) — 8.6%, возможно тяжелые ионы (кислород в высоких стадиях ионизации). Плазма состоит как из положительно, так и отрицательно заряженных частиц в целом она нейтральна. Поток энергии, который приносит солнечный ветер к Земле, составляет 0.64 эрг/сексм³, а во время порывов — максимум 100 эрг/см³сек.

Солнечный ветер простирается до орбит Юпитера и Сатурна, образуя гелиосферу.

2. Солнечная активность.

Солнечной активностью называется комплекс нестационарных явлений в солнечной атмосфере:

1. солнечные пятна - относительно холодные образования в фотосфере неправильной тарелкообразной формы с очень сильными магнитными полями, напряженность которых может достигать нескольких тысяч эрстед.
2. факелы и хромосферные вспышки сопровождают появление пятен. Плотность вещества в местах вспышки значительно превышает плотность в окружающих областях хромосферы. Во время вспышки возрастает также

интенсивность рентгеновского и радиоволнового излучений, отдельных участков ультрафиолетового и видимого спектров

3. пятна являются источниками корпускулярных потоков, более сильных, чем солнечный ветер

Полная энергия, выделяемая при сильной вспышке в виде различного рода излучений, составляет $10^{31}10^{32}$ эрг.

Основным показателем солнечной активности является число пятен и их групп (число Вольфа), индекс, предложенный швейцарским астрономом Рудольфом Вольфом. $W=k(f+10g)$,

где f - сумма общего количества пятен, g - число групп пятен, k - коэффициент пропорциональности.

Изменения количества солнечных пятен имеет 11 – летнюю ритмичность

Колебание с периодом в 11 лет свойственно другим проявлениям солнечной активности (11 летний цикл солнечной активности).

Установлены 22 –летний (магнитного) и 8090 летний циклы солнечной активности.

3. Влияние солнечной активности на Землю

Солнечная активность вызывает целый ряд явлений и процессов как в абиотической, так и биотической составляющих биосферы Земли.

Увеличение интенсивности рентгеновского излучения в диапазоне $30-10 \times 10^{-3}$ мкм в 2 раза, в диапазоне $10-1 \times 10^{-3}$ мкм – в 3-5 раз, в диапазоне $1-0,2 \times 10^{-3}$ мкм более чем в 100 раз. Жесткое рентгеновское излучение с длиной волны меньше $0,2 \times 10^{-3}$ мкм появляется в спектре Солнца всего лишь на короткое время после вспышек.

Ионизация земной атмосферы в высоких широтах, колебания ее прозрачности в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах, изменения условий распространения коротких волн.

Из-за усиления солнечного ветра происходит сжатие магнитосферы Земли с солнечной стороны, усиление токов на ее внешней границе, частичное проникновение частиц солнечного ветра вглубь магнитосферы и пополнение частицами высоких энергий радиационных поясов Земли. Эти процессы сопровождаются:

1. колебаниями напряженности геомагнитного поля (магнитной бурей),
2. полярными сияниями и другими геофизическими явлениями, отражающими общее возмущение магнитного поля Земли.

Возмущения в магнитосфере и верхней атмосфере Земли из-за вращения Солнца вокруг своей оси повторяются через 27 суток.

Во время максимумов солнечной активности нагревается и расширяется термосфера. На высоте нескольких сот километров плотность воздуха может увеличиваться в 50 раз.

Солнечная активность влияет и на количество ясных дней в году, на траектории тайфунов и ураганов.

Силы притяжения Солнца и Луны вызывают в атмосфере приливы. Атмосферные приливы вызывают изменения давления воздуха. Скорость

приливных ветров составляет около 0,3 км/час. Приливные воздушные течения усиливаются с высотой, что вызывает в нижней части ионосферы перемещения ионизированного газа вертикально в магнитном поле Земли и приводит к возникновению электрических токов.

11-летний цикл солнечной активности прослеживается в явлениях органической природы. Это изменение скорости роста деревьев с периодом в 11 лет, установленный по чередованиям толщины годовых колец, изменения урожайности сельскохозяйственных культур, периодичность возникновения эпидемий.

4. Электромагнитное излучение Солнца.

Спектр электромагнитного излучения Солнца (спектр Солнца) – это распределение лучистой энергии Солнца по длинам волн. Длины волн (λ) измеряются в микрометрах ($1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$).

Спектр Солнца включает электромагнитные колебания с длинами волн от гамма излучения до радиоволн. Но основная часть солнечного спектра лежит в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах. На верхней границе атмосферы на ультрафиолетовую радиацию приходится около 9% всей излучаемой энергии, на видимую - 47%, на инфракрасную – 44%.

Распределение энергии в спектре Солнца. Излучательная способность— энергетическая светимость (величина потока излучения, испускаемого единицей поверхности тела по всем направлениям) пропорциональна абсолютной температуре тела (закон Стефана-Больцмана)

С увеличением температуры максимум излучательной способности данного тела смещается в более коротковолновую область спектра (закон Вина):

Распределение энергии в спектре Солнца напоминает распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела с температурой 6000К

Электромагнитное излучение Солнца в геофизике называют солнечной радиацией, а величину потока солнечной радиации, падающего на перпендикулярную солнечным лучам площадку в 1 м^2 , называют солнечной постоянной. Она выражается в Вт на м^2 и составляет (по измерениям с ракет за период 1976-1981 гг) 1367 Вт/м^2 . Величина солнечной постоянной, вероятно, зависит от солнечной активности, но ее изменения не превосходят точности современных измерений (ошибка примерно 0,3%).

Видимое и ближнее ИК излучение, приходящее от фотосферы, характеризуется постоянством во времени и чрезвычайно большой интенсивностью.

Для процессов на Земле очень большое значение имеет тот факт, что большая часть наиболее интенсивного излучения Солнца приходится на область оптического окна. В этом интервале длин волн Солнце излучает свыше 95% всей энергии. Именно поэтому значительная часть солнечного излучения достигает поверхности Земли и обеспечивает энергией все процессы в географической оболочке.

Космические и планетарные факторы, влияющие на географическую оболочку (продолжение)

План

1. Солнечная радиация на Земле.
2. Воздействие солнечной радиации на биосферу.

1. Солнечная радиация на Земле.

Земля в целом получает за единицу времени энергию, которая равна произведению солнечной постоянной на площадь поперечного сечения Земли (R^2), что составляет 410^{18} кал лучистой энергии в 1 мин.

Значительная часть поступающей на Землю солнечной радиации отражается обратно в мировое пространство. Доля солнечной радиации, отраженной той или иной поверхностью, называется альбедо. Альбедо Земли как планеты составляет по некоторым данным от 0.35 до 0.45.

Остальная часть солнечной радиации поглощается Землей и обеспечивает энергией все процессы, протекающие на Земле.

Можно определить, до какой температуры может нагреть земную поверхность поглощенный ею поток энергии. Полный поток теплового излучения равен произведению энергетической светимости Земли (σT^4) на площадь всей земной поверхности ($4\pi R^2$), т.е. составлять $\sigma T^4 4\pi R^2$. При условии постоянства температуры Земля будет излучать в мировое пространство столько же энергии, сколько получает ее от Солнца. Эту равновесную температуру земной поверхности T_z можно найти из равенства:

$$\sigma T_z^4 4\pi R^2 = (1-A) S_0 \pi R^2$$

S_0 — солнечная постоянная; A — альбедо Земли
откуда:

Из этой формулы определяем, что при альбедо равном 0.35 получаем $T_z = 202\text{K} = 21^\circ\text{C}$.

Наблюдаемая средняя температура земной поверхности равна в настоящее время $+15^\circ\text{C}$, т.е. на 36 больше. Это объясняется свойствами земной атмосферы задерживать тепловое длинноволновое. Это свойство получило название “оранжерейный эффект” (парниковый эффект). Именно благодаря оранжерейному эффекту на Земле имеются столь благоприятные условия для развития органической жизни тепловые и световые режимы.

2. Воздействие солнечной радиации на биосферу.

Вся совокупность биохимических, физиологических реакций, протекающих в организме при участии энергии света, носит название фотобиологических процессов. Условно их разделяют на три группы:

- 1) синтез биологически важных соединений (фотосинтез),
- 2) получение информации и ориентирование в окружающей обстановке (зрение, фототаксис — движение простейших организмов к источнику света, фотопериодизм — реакция организмов на смену дня и ночи, которая проявляется в колебаниях интенсивности физиологических процессов, и др.)
- 3) разрушение белков, витаминов, ферментов, мутации, канцерогенный эффект.

Ультрафиолетовое излучение по биологическим свойствам и воздействию на человека принято делить на три области:

1. область А – длинноволновое, с длинами волн от 0,40 до 0,32 мкм. Она характеризуется сравнительно слабо выраженным биологическим действием, она вызывает лишь флюорисценцию ряда органических веществ, у человека способствует образованию пигмента в коже (т.н. безэритремный загар) и слабую эритрему (покраснение кожи).
2. область В – средневолновое, с длинами волн от 0,32 до 0,28 мкм. Вызывает местные изменения тканевых и клеточных белков, а воздействия на рецепторы кожи рефлекторным путем влияют на весь организм. Под воздействием УФР, оказывающего фотохимический эффект, образуются биологически активные вещества (гистамин, серотонин и др.). Они стимулируют многие физиологические функции, что проявляется в обще оздоровительном, тонизирующем и профилактическом действии солнечного излучения на организм.
3. область С – коротковолновое, с длинами волн менее 0,28 мкм. Лучи области С оказывают мощное бактерицидное воздействие на живые клетки. При воздействии коротковолновой УФР на микробы вначале происходит заметное раздражение бактерий, утрата способности к многократному воспроизведению, вследствие нарушения структуры нуклеиновых кислот; затем происходит коагуляция белков и наступает гибель. Под действием УФР погибают стафилококки, стрептококки, вирусы гриппа, холерный вибрион, палочка туберкулеза, грибы и их споры, кишечная палочка. УФР разрушает токсины столбняка, дизентерии, брюшного тифа и др.

Это свойство УФР относят к одному из механизмов самоочищения окружающей среды, которое связано с санацией воздуха, воды и почвы.

Но под воздействием больших доз УФР радиации происходят мутагенные изменения, снижается продуктивность отдельных видов животных и урожайность отдельных культур. Наиболее изученными в настоящее время следствиями повышения доз УФР радиации являются уменьшение фотосинтетической активности, снижение высоты роста, уменьшение поверхности листьев растений, объема сухой массы. Эта часть УФР у людей вызывает фототоксикозы (поражение кожи), фотоофтальмии (поражения органов зрения— воспаление слизистой глаз, слезотечение, светобоязнь).

Увеличению УФР в коротковолновой области (С) может быть вызвано уменьшение озонового слоя, что в перспективе может привести к уменьшению биомассы не только наземных, но и водных экосистем. Расчеты показывают, что в случае 2,5 снижения глобальной концентрации озона следует ожидать 35%-ного снижения первичной продуктивности в поверхностном слое океана и 10% снижения во всем слое активного фотосинтеза.

По степени интенсивности ультрафиолетового (УФИ) излучения на земном шаре выделяют несколько зон:

а) зона дефицита УФИ, которая расположена в северном и южном полушариях, занимая площадь от полюсов до 57,5 северной и южной широт. В этой зоне самая низкая интенсивность УФИ. В пределах этой зоны в зимний период отмечают "биологические сумерки". Среди населения этих областей

вследствие ультрафиолетового голода могут возникать патологические реакции, затрагивающие как физическое состояние, так и сферу психики. Ухудшается фосфорно-кальцевый обмен, а вместе с ним растет утомляемость, снижаются умственные способности, ухудшается течение хронических заболеваний.

б) зона УФИ комфорта располагается между 57.5 и 42.5 северной и южной широт. Уменьшение УФИ в этой зоне наблюдается в середине зимнего сезона;

в) зона избыточного УФИ располагается к северу и югу от 42.5.

В этой зоне проблемой является повышенная частота заболеваний, в том числе раком кожи и заболеванием глаз (воспалением роговой и слизистой оболочки), слабо пигментированного местного и приезжего населения.

В условиях сильного загрязнения атмосферы УФР легко рассеивается и поглощается загрязнителями. Поэтому нередко жители промышленных городов могут испытывать УФголодание. Недостаточность УФ проявляется при работе в темных помещениях, в горнорудной и угольной промышленности, на Крайнем Севере.

Инфракрасное излучение в диапазоне от 0,76 до 2.5 мкм оказывает на организм тепловое воздействие, которое в значительной степени определяется степенью поглощения лучей тканями растений и животных. Меняется кинетическая энергия молекул, происходит ускорение электрических и химических процессов. При непродолжительном воздействии на ткани ИК вызывает расширение сосудов, ускоряет рост клеток, усиливает их питание. При длительном воздействии могут возникнуть ожоги, рак кожи. При воздействии лучей с длиной волны от 1.31.7 мкм возможно поражение органов зрения (тепловая катаракта).

Видимый свет, на долю которого приходится большая часть энергии солнечного излучения достигающего земной поверхности имеет особенно большое значение для живых организмов. Видимый свет является основным источником энергии для процессов фотосинтеза. ФАР – фотосинтетически активная радиация (0,38-0.71 мкм). При недостатке освещения у растений оказываются угнетенными процессы усвоения минерального питания, снижается содержание сахара и жиров, ослабевают стебли и образование семян.

Наличие цветового зрения и цветовой ориентации является важным фактором выживания для животных. У человека цветное зрение является одним из наиболее психоэмоциональных и оптимизирующих факторов жизни. Видимый свет оказывает специфическое воздействие не только на органы зрения, но и на функциональное состояние центральной нервной системы, на реактивность организма.

Изучению влияния солнечной радиации на биосферу посвятил свою научную деятельность выдающийся русский ученый Александр Леонидович Чижевский (1897-1964 гг.). Его исследования влияния космических факторов на процессы в биосфере и обоснование положения о зависимости между

циклами Солнца и многими явлениями в живой природе заложили основы современной отечественной космической биологии и гелиобиологии.

Планета Земля. Форма размеры Земли. Ее движение вокруг Солнца

План

1.Общая характеристика планеты Земля

2.Фигура Земли

1.Общая характеристика планеты Земля

Земля, третья от Солнца планета Солнечной системы (группа внутренних планет с небольшими размерами, высокой средней плотностью вещества и медленным вращением вокруг оси).

Основные параметры Земли: среднее расстояние от Земли до Солнца (астрономическая единица) - 149,6 млн. км,

Эксцентриситет земной орбиты составляет 0,017

Точка перигелия - декабре-начало января, точка афелия - июнь, начало июля

Средняя скорость движения Земли по орбите -29,76 км/сек (в перигелии быстрее, в афелии – медленнее).

Один оборот вокруг своей оси она совершает за 23 часа, 56 мин., 4,09 сек.

Земная ось образует с плоскостью эклиптики угол в $66^{\circ} 31' 22''$.

Средний радиус Земли (т.е. радиус шара, одинакового по объему с земным сфероидом) составляет 6371,110 км,

Объем Земли - $1,083 \times 10^{12}$ км³,

Площадь поверхности - 510 млн. км²,

Средняя плотность 5,52 г/см³, масса - $5,976 \times 10^{21}$ т.

Ускорение силы тяжести на полюсе - 983 см/сек², на экваторе -978 см/сек².

Наиболее распространенными элементами вещества Земли являются следующие 11 химических элементов: кислород, водород, кремний, алюминий, натрий, магний, кальций, железо, калий, углерод, титан (99,5% всех атомов земного вещества).

Возраст Земли оценивают в 4,5-5 млрд лет.

Оболочечное строение, возникшее в процессе развития и дифференциации первичного вещества: концентрические оболочки: ядро, мантия, земная кора, гидросфера, атмосфера, биосфера, особая, объединяющая оболочка - географическая оболочка.

Географическое значение размеров и массы Земли:

1. данный радиус Земли позволяет ей иметь постоянное магнитное поле, которого не было бы при маленьком радиусе;

2. сила тяжести планеты позволяет ей удерживать протяженную и достаточно плотную атмосферу, что определяет возможность возникновения и существования жизни;

3. устойчивое магнитное поле, простирающееся на 20-25 земных радиусов, разное по напряжению в различных точках Земли, вместе с атмосферной образует как бы «защитный пояс» планеты: захватывает

подлетающие к Земле космические частицы и мешает им как ускользнуть обратно в космическое пространство, так и проникнуть в нижние слои атмосферы. Беспрепятственно вторгаться в атмосферу космические частицы могут только в районе магнитных полюсов. Свойства магнитного поля являются причиной существования вокруг Земли радиационного пояса - замкнутой зоны заряженных частиц, заполненной протонами и электронами.

2. Фигура Земли

История становления представлений о форме Земли (Пифагор и его учеником Парменид, V в. до н.э. Аристотель (IV в. до н.э.), Эратосфеном (276-196 гг. до н.э.), Исаак Ньютон.

Идеальный шар, эллипсоид вращения, трехосный кардиоид вращения, геоид.

Геоид - геометрически неправильное тело, ограниченное уровенной поверхностью). Поднятия геоида над эллипсоидом не превышают 136 м, опускания - 162 м.

Установленные в настоящее время средние величины экваториальных и полярных радиусов составляют:

экваториальный (средний)- 6378,245 км,

северный полярный 6356,863 км,

южный полярный короче северного на 100 м и составляет 6356, 763 км, экваториальные радиусы различаются на 213 м.

Одна десятиmillionная часть четверти длины парижского меридиана.— метр - единица длины на поверхности Земли.

Форма Земли зависит от целого ряда факторов:

- от размеров планеты,
- от распределения в ней плотностей,
- от скорости осевого вращения.

Эти факторы непостоянны и нестабильны. Вследствие глубинного сжатия Земли, радиус ее сокращается примерно на 5 см в столетие. Это приводит к уменьшению объема Земли. Однако это вековое уменьшение носит пульсирующий характер. Чередование периодов сжатия и расширения определяют ход глобальных тектонических процессов на Земле.

Сжатие и расширение планеты отражаются также на скорости вращения Земли. Современная форма Земли (Белоусов В.В.) отвечает не сегодняшней скорости, а той, которая была приблизительно 10 млн. лет назад.

Изменения формы Земли определяет размещение материков и океанов на планете. Современное распределение океанов и материков в северном полушарии отражает тенденцию ослабления полярного сжатия, в южном - тенденцию увеличения этого сжатия.

Планета Земля. Форма размеры Земли. Ее движение вокруг Солнца

План

1. Движение Земли вокруг Солнца.
2. Вращение Земли вокруг своей оси.
3. Географические следствия формы, размеров и движения Земли.
4. Поясное и местное время.

1. Движение Земли вокруг Солнца

Небесная сфера - сфера большого радиуса, на которую спроецированы все наблюдаемые объекты. Центром этой сферы является наблюдатель.

Диаметр небесной сферы, проходящий параллельно оси вращения Земли называется осью мира. Вокруг оси мира происходит видимое суточное вращение небесной сферы.

Ось мира пересекает небесную сферу в двух точках - полюсах мира - северном и южном.

Небесный экватор - большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна оси мира и параллельна плоскости земного экватора.

Истинный горизонт - большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна отвесной линии в точке наблюдения. Небесный экватор делит небесную сферу на два полушария и пересекает истинный горизонт в точках востока и запада.

Эклиптика - видимый годичный путь Солнца среди звезд, проходящий по созвездиям Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей и Рыбы. Эклиптика наклонена к небесному экватору под углом $23^{\circ} 27'$. Эклиптика пересекает небесный экватор в двух противоположных точках называемых точками равноденствия.

Точка, в которой Солнце, двигаясь по эклиптике, переходит из южного полушария в северное, называется точкой весеннего равноденствия, противоположная ей точка - осеннего равноденствия. Через точку весеннего равноденствия Солнце проходит 21 марта, через точку осеннего равноденствия - 23 сентября. 21 марта и 23 сентября солнечные лучи в полдень падают отвесно над экватором и, в связи с суточным вращением Земли, на всех широтах день равен ночи.

Точки эклиптики, равноудаленные от точек равноденствия носят название точек солнцестояния - зимнего и летнего. Эти точки Солнце проходит соответственно 22 декабря и 22 июня.

22 июня солнечные лучи в полдень падают отвесно над параллелью в $23^{\circ} 27'$, (северным тропиком или тропиком Рака). За северным полярным кругом ($66^{\circ} 33'$) Солнце не заходит за горизонт (полярный день). За южным полярным кругом ($66^{\circ} 33'$ южной широты) не освещается Солнцем (полярная ночь).

22 декабря солнечные лучи отвесно падают над параллелью в $23^{\circ} 27'$ южной широты (южным тропиком или тропиком Козерога). К северу от северного полярного круга — полярная ночь, а к югу от южного полярного круга — полярный день.

Астрономические границы тепловых поясов: между тропиками - жаркий пояс, от тропиков до полярных кругов - два умеренных пояса, а севернее и южнее полярных кругов — холодные пояса.

Движение Земли вокруг Солнца является сложным движением. Прецессия - долгопериодические вращения оси Земли по малому кругу со сферическим радиусом $23^{\circ} 27'$ около некой неподвижной оси. Нутация -

периодические перемещения ось вращения Земли в перпендикулярной плоскости.

2. Вращение Земли вокруг своей оси.

Земля совершает полный оборот за 23 часа, 56 минут и 4 секунды. Время обращения Земли вокруг своей оси, определяемое астрономическими наблюдениями, называется астрономическим.

Движения Земли вокруг своей оси неравномерны. Выделяют три типа неравномерности вращения Земли: вековое замедление, сезонные колебания и нерегулярные изменения скорости вращения Земли.

Механическим следствием вращения Земли вокруг своей оси является действие отклоняющей силы вращения Земли. Действие этой силы проявляется тем, что все тела, движущиеся горизонтально, отклоняются в северном полушарии вправо, а в южном полушарии — влево относительно наблюдателя, смотрящего в сторону движения тела (закон Бэра-Кориолиса). Величина силы Кориолиса ($P_{\sim}$) определяется формулой:

$$F_k = 2 V \sin \varphi,$$

где φ - угловая скорость вращения Земли, V - скорость движущегося тела и

φ - широта местности.

3. Географические следствия формы, размеров и движения Земли.

Следствия формы и размеров Земли:

- Сфероидальность Земли является главной причиной географической зональности.

- Отступление от сфероидальности является одной из причин нарушения географической зональности. Неоднородное строение земной коры приводит к неравномерному распределению материков и океанов, гор и равнин по земной поверхности.

Следствия годового и суточного вращения Земли и наклона оси вращения:

- Основным следствием наклона оси вращения Земли к плоскости эллипсоидной орбиты является смена условий освещенности разных полушарий Земли.

- Изменение количества приходящей солнечной радиации приводит к смене времен года, которая определяет сезонную ритмику процессов.

- Важнейшим следствием суточного вращения Земли является суточный ритм явлений и процессов в географической оболочке.

- В результате суточного вращения Земли в один и тот же момент местное время на разных меридианах разное и разница составляет 4 минуты на каждый градус долготы.

- Суточное вращение Земли обуславливает существование отклоняющей силы (силы Кориолиса) и приливообразующей силы, вызывающей деформацию земной поверхности.

4. Поясное и местное время.

Время на Земле принято определять по высоте Солнца над горизонтом. Вследствие вращения Земли вокруг своей оси на разных меридианах высота

Солнца в один и тот же момент времени различна, соответственно различно время. Это время называется местным.

Мировое или всемирное время. Введено в 1883-84 годах в США, а затем в Европе. В России с 1 июля 1919 года. Принцип расчета: весь земной шар разделен на 24 пояса или зоны 24 меридианами, отстоящими один от другого на 15' по долготе. Началом отсчета является меридиан обсерватории в Гринвиче (пригород Лондона). Он является срединным меридианом нулевого пояса. Внутри следующего пояса, лежащего к востоку, все часы поставлены по солнечному времени среднего меридиана этого пояса, т.е. ровно на час вперед против гринвичского времени. При движении на запад — часы передвигаются на час назад.

По 180 меридиану проведена линия перемены дат. При пересечении линии перемены дат с запада на восток, в счете календарных дат возвращаются на один день, при движении с востока на запад — прибавляют 1 день.

Для перевода местного времени в поясное и обратно используют следующую формулу:

$$T_{\text{п}} = T_{\text{м}} + \text{п}$$

где $T_{\text{п}}$ - поясное время, $T_{\text{м}}$ - местное время, п- номер пояса, - географическая долгота, выраженная в часовой мере. Если известно время по Гринвичу, то поясное время определяется следующим образом:

$$T_{\text{п}} = T_{\text{вс}} + \text{п}$$

где $T_{\text{п}}$ - поясное время, $T_{\text{вс}}$ - всемирное время, п- номер пояса.

В России с 1930 года с целью наиболее рационального использования населением светлой части суток было введено декретное время. От поясного отличается на 1 час (стрелки часов переведены на 1 час вперед по сравнению с поясным). Декретное время московского часового пояса называется московским временем. С 1981 года на летний период (с последнего воскресенья марта до последнего воскресенья сентября) стрелки часов переводятся еще на один час вперед – наступает летнее время. Осенью стрелки возвращаются на час назад.

Форма и движение Земли.

План

1. Земля как планета.
2. Форма и размеры Земли.
3. Вращение Земли вокруг оси.
4. Движение Земли вокруг Солнца.
5. Основные виды изображения Земли.

1. Земля как планета.

Весь существующий мир, не имеющий границ во времени и пространстве и бесконечно разнообразный, называется Вселенной. Большая часть вещества Вселенной содержится в звездах - гигантских шарообразных самосветящихся плазменных телах. Звездные системы, состоящие из сотен млрд. звезд, образуют галактики. Солнце - типичная звезда и центральное тело Солнечной системы, которая находится в галактике Млечного пути или просто Галактике (с большой буквы). Солнце существенно больше Земли - в 333 тыс.

раз по массе и в 109 раз по диаметру. Ядерные реакции в недрах Солнца обеспечивают высокую температуру (около 6000 °C на поверхности и порядка 10-15 млн. °C в недрах) и сильнейшее электромагнитное и корпускулярное излучение, которое называется солнечной радиацией и является основным источником энергии всех процессов на поверхности Земли.

Земля - это планета, т.е. небесное тело, движущееся по эллиптической орбите вокруг звезды (Солнца) и светящееся отраженным светом. В Солнечной системе кроме Земли вокруг Солнца движутся еще 8 крупных и десятки тысяч малых планет, в межпланетном газе проносятся кометы и метеорные тела. Диаметр Солнечной системы 12 млрд. км. Земля вместе с Меркурием, Венерой и Марсом образует внутреннюю группу планет, для которых характерны небольшие размеры, высокая плотность, твердая поверхность и газообразная оболочка (самая маленькая планета Меркурий не в силах удерживать свою атмосферу). Планеты внешней группы - планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун) представляют огромные шарообразные тела, состоящие из водорода и гелия. Самая далекая от Солнца планета Плутон по размерам больше походит на планеты внутренней группы и потому стоит особняком. У семи из девяти планет есть спутники, всего их открыто более 50.

Спутник Земли - Луна отличается большими размерами (пятый по величине и первый по отношению к массе планеты) и вызывает приливно-отливные движения, охватывающие всю Землю от ядра до поверхности.

Среднее расстояние от Земли до Солнца 149,6 млн. км - принято за астрономическую единицу, которой измеряют расстояния в Солнечной системе. Если бы это расстояние было меньше, на Земле было бы слишком жарко - многие жидкости кипели бы и испарялись (как на Венере); при большем расстоянии, поверхность Земли покрыли бы льды. Земля движется по орбите вокруг Солнца с запада на восток то немного приближаясь к нему в январе - до 147 млн. км (в перигелии), то немного удаляясь - до 152 млн. км (в афелии).

Из всех планет Солнечной системы только на Земле сложились условия необходимые для развития жизни: наличие атмосферы, задерживающей потоки космических частиц и ультрафиолетовое излучение и содержащей кислород и углекислый газ, тепловой режим, обеспечивающий жидкое состояние воды и приемлемый для белковых тел.

Жизнь на Земле, возникновение и существование на ней географической оболочки в значительной мере определяется расстоянием до Солнца, а также формой и размерами нашей планеты.

1. Форма и размеры Земли.

Подобно другим планетам Солнечной системы, Земля имеет шарообразную форму и для всех географических построений можно принимать Землю за шар. Основными доказательствами шарообразности Земли считают сейчас круглую тень, образуемую Землей во время лунных затмений, фотографии и измерения из Космоса с искусственных спутников

Земли с разных расстояний и точек траектории полетов; градусные измерения по поверхности Земли.

Земля вращается вокруг так называемой земной оси. Точки пересечения земной оси с земной поверхностью называются полюсами. Различают Северный и Южный полюса. Линия сечения поверхности Земного шара плоскостью проходящей через центр Земли перпендикулярно земной оси - это экватор. Плоскости, секущие земную поверхность параллельно плоскости экватора образуют параллели, а плоскости проходящие через два полюса - меридианы.

Для определения положения точки на поверхности Земли пользуются специальными величинами - географическими координатами. Географическая широта - это величина дуги меридиана от экватора до заданной точки в градусах, географическая долгота - величина дуги параллели от нулевого меридиана до заданной точки. В большинстве стран за нулевой принят меридиан, проходящий через Гринвичскую обсерваторию, восточнее Лондона - он так и называется Гринвичским.

Из-за вращения вокруг своей оси и возникающей при этом центробежной силы, Земля немного сплюснута у полюсов и ее большая полуось (экваториальный радиус) почти на 21,4 км больше, чем расстояние от центра Земли до полюсов. Такой равномерно сплюснутый у полюсов шар называется сфероидом или эллипсоидом вращения. Эта фигура имеет точное математическое выражение и используется для построения географических карт.

Для геодезических и картографических работ используется эллипсоид Ф. Н. Красовского (назван в честь ученого, под руководством которого велись расчеты): его экваториальный радиус $a = 6378,2$ км, полярный радиус $b = 6356,8$, длина меридиана равна 40008,5 км, длина экватора 40075,7 км, площадь поверхности Земли - 510 млн. км².

Однако фигура Земли сложнее. Она отклоняется от правильной формы сфероида из-за неоднородного строения недр, неравномерного распределения масс. Истинная геометрическая фигура Земли называется геоидом ("землеподобным") и определяется как фигура, поверхность которой всюду перпендикулярна направлению силы тяжести, т.е. отвесу. Поверхность геоида совпадает с уровенной поверхностью Мирового океана (мысленно продолженной под материками и островами). Поднятия и опускания геоида над сфероидом составляют $\pm 50 \dots 100$ м.

Физическая же поверхность Земли, осложненная горами и впадинами не совпадает и с поверхностью геоида, отступая от него на несколько километров. Сила тяжести все время стремится выровнять поверхность Земли, привести ее в соответствие с поверхностью геоида

Географическое значение формы и размеров Земли чрезвычайно велико. Вследствие ее шарообразной формы угол падения солнечных лучей на земную поверхность уменьшается от экватора к полюсам, формируются пояса освещенности, тепловые пояса и вообще все природные процессы и явления закономерно изменяются по направлению от экватора к полюсам.

Масса и размеры Земли определяют силу земного притяжения, способную удерживать атмосферу определенного состава и гидросферу, без которых невозможна жизнь.

1. Вращение Земли вокруг оси.

Как и другие планеты Солнечной системы, Земля участвует одновременно в нескольких видах движения. Вместе с Солнечной системой Земля делает один оборот вокруг центра Галактики за галактический год (около 230 млн. лет), а вокруг общего с Луной центра масс она обращается за 27,32 суток. Однако гораздо больше все живущие на Земле ощущают её суточное вращение вокруг оси и годовое движение по орбите вокруг Солнца. С вращением Земли связаны естественные единицы измерения времени.

Земля вращается вокруг оси с запада на восток, т. е. против часовой стрелки, если смотреть на Землю с Полярной звезды (с Северного полюса), делая полный оборот за сутки или 24 часа.

Для учета влияния вращения подвижной системы отсчета (каковой является Земля) на относительное движение тела в физике вводят специальную силу инерции - силу Кориолиса (по имени французского ученого Г. Кориолиса). На Земле это явление, которое правильнее называть ускорением Кориолиса, проявляется в том, что все тела, движущиеся относительно земной поверхности в Северном полушарии получают ускорение, направленное вправо, а в Южном - влево от направления их движения. Ускорение Кориолиса влияет на направление движения воздушных масс, морских течений, вызывает подмыв соответствующих берегов рек. На экваторе ускорение Кориолиса равно нулю, а к полюсам нарастает.

Время полного оборота Земли вокруг земной оси относительно звезд, между двумя последовательными кульминациями (наиболее высоким положением какой-либо звезды) называют звездными сутками и используют при астрономических наблюдениях. Звездные сутки равны 23 ч 56 мин. Однако употребляя термин сутки - обычно имеют в виду равные 24 часам солнечные сутки - время полного оборота Земли вокруг оси относительно Солнца. Поскольку Земля вращается вокруг оси в том же направлении, в котором движется вокруг Солнца, за солнечные сутки она совершает оборот чуть более, чем на 360° и солнечные сутки длиннее звездных.

Для измерения времени всю поверхность земного шара разделили на 24 часовых пояса по 15° каждый и пользуются поясным временем - т. е. местным временем среднего меридиана каждого пояса. Границы поясов приспособляются к государственным или административным границам, естественным рубежам. За нулевой принят пояс, по середине которого проходит гринвичский меридиан, его время называется всемирным. Счет поясов ведется на восток, и в соседних поясах время отличается на 1 ч. Например столица Австралии г. Канберра живет по местному времени меридиана 150° в. д., на 10 часов сдвинутому вперед относительно всемирного. По 180-му меридиану проходит линия перемены дат, по обе стороны от которой часы и минуты совпадают, а календарные даты отличаются на одни сутки.

Смена дня и ночи создает суточную ритмику живой и неживой природы, связанную с изменениями световых и термических условий. Наиболее яркие проявления такой ритмики - суточный ход температуры и влажности, дневной и ночной брызги и горно-долинные ветры, оживление днем зеленых растений (поскольку только на свету возможен фотосинтез) и ночная жизнь многих хищников, летучих мышей и бабочек. Социальная жизнь человека тоже подчиняется суточному ритму. Осевое вращение Земли позволяет выделить полюса - неподвижные точки, которые используют при построении на шаре градусной сети из параллелей и меридианов.

1. Движение Земли вокруг Солнца.

Земля делает полный оборот по эллиптической орбите вокруг Солнца за 365,24 солнечных суток. В ходе этого движения Солнце проходит видимый путь по небосводу среди звезд через зодиакальные созвездия, совершая полный круг за год. Плоскость орбиты называется плоскостью эклиптики.

Земная ось наклонена к ней под углом $66,5^\circ$ и перемещается в пространстве параллельно самой себе в течение года. Поэтому освещается то северная, то южная полярные области Земли, что приводит к смене времен года и неравенству дня и ночи в течение года на всех широтах, кроме экватора. Со сменой времен года связана сезонная ритмика природы. Мы можем наблюдать её в колебаниях температуры, влажности воздуха и других метеорологических элементов, в режиме выпадения осадков и колебаниях уровней водоемов. Все эти изменения приводят к переменам в жизни растений, животных и человека.

Началом астрономической весны и осени считаются дни весеннего и осеннего равноденствий (когда солнечные лучи под углом 90° падают на экватор и касаются полюсов - 21 марта и 23 сентября). А началом лета и зимы - дни соответствующих солнцестояний (когда высота Солнца над горизонтом в полдень наибольшая - 22 июня и 22 декабря).

В день летнего солнцестояния - 22 июня земная ось северным концом обращена к Солнцу - солнечные лучи в полдень отвесно падают на $23,5^\circ$ параллель северной широты - так называемый северный тропик (тропик Рака). Все параллели севернее экватора до $66,5^\circ$ с. ш. большую часть суток освещены, на этих широтах день длиннее ночи. Параллель $66,5^\circ$ с. ш. является границей, с которой начинается полярный день - это северный полярный круг. В этот же день на всех параллелях южнее экватора до $66,5^\circ$ ю. ш. день короче ночи. Южнее $66,5^\circ$ ю. ш. - территория на освещена совсем - там полярная ночь. Параллель $66,5^\circ$ ю. ш. - южный полярный круг.

В день зимнего солнцестояния - 22 декабря земная ось южным концом обращена к Солнцу, и солнечные лучи в полдень отвесно падают на $23,5^\circ$ параллель южной широты - так называемый южный тропик (тропик Козерога). На всех параллелях южнее экватора до $66,5^\circ$ ю. ш. день длиннее ночи. Начиная с южного полярного круга солнце не заходит за горизонт - устанавливается полярный день. За северным полярным кругом все погружено во мрак - господствует полярная ночь.

Наклон оси вращения Земли к плоскости орбиты и её движение вокруг Солнца приводят к формированию на Земле пяти поясов освещения, которые являются основой зональной дифференциации географической оболочки. Они отличаются высотой полуденного стояния Солнца над горизонтом, продолжительностью дня и соответственно тепловыми условиями и ограничены тропиками и полярными кругами.

Около 40 % поверхности Земли занимает лежащий между тропиками жаркий пояс. День и ночь здесь мало отличаются по продолжительности, а солнце бывает в зените дважды в году.

52 % территории Земного шара приходится на расположенные между тропиками и полярными кругами умеренные пояса, где солнце никогда не бывает в зените. Продолжительность дня и ночи зависит от широты и времени года. Около полярных кругов (с 60° до $66,5^\circ$) летом Солнце ненадолго и неглубоко уходит за горизонт, вечерняя и утренняя зори сливаются и наблюдаются, так называемые белые ночи.

Холодные пояса занимают всего 8 % земной поверхности к северу и югу от полярных кругов. Зимой здесь наблюдаются полярные ночи, когда Солнце не показывается из-за горизонта, а летом - полярные дни, когда Солнце не заходит за горизонт. Продолжительность их увеличивается от одних суток - на полярных кругах до полугода - на полюсах.

1. Основные виды изображения Земли.

Одной из важнейших задач географии во все времена была фиксация полученных знаний о Земле, о распределении объектов и явлений во времени и пространстве в виде изображений. При изображении шарообразной Земли на плоскости (на листе бумаги) неизбежно возникают искажения. Чтобы свести их к минимуму, используют специальные математические правила - масштаб и проекцию.

Масштабом называется отношение длины отрезка на изображении к его длине в натуре. Это отношение может выражаться дробью - (численный масштаб), словами (именованный) или наглядно (линейный).

Способы перехода от объемных тел к плоскости задаются проекцией. Картографическая проекция - это математически определенное отображение на плоскости поверхности эллипсоида или шара. При этом на карте передаются положения и очертания объектов, сетка меридианов и параллелей. Закон, описывающий картографическую проекцию, может быть выражен уравнениями, указанием графического построения, таблицей координат и т. п.

Основные виды географического (в отличие от художественного) изображения Земли - глобус, карта и план - модели реальной действительности и одновременно мощнейшие средства познания в науках о Земле.

Глобус - это шарообразная модель Земли. Обычно на глобусах изображают очертания суши и водных объектов, рельеф материков и дна Мирового океана, реки, границы государств, города. Кроме глобусов Земли, существуют глобусы небесной сферы, Луны и других планет. Очертания природных объектов на глобусе передаются довольно точно и измерения можно производить, не вводя поправок, кроме масштабных пересчетов.

Карта - уменьшенное и обобщенное изображение на плоскости поверхности Земли, другого космического тела или космического пространства, показывающее расположенные или спроецированные на них объекты в принятой системе условных знаков. Объектами, изображаемыми на картах могут быть любые предметы, явления или процессы. Изображение на карте должно быть математически определено, то есть выполнено в определенном масштабе и проекции. Карты Земли называются географическими.

Среди других картографических произведений назовем рельефные карты (объемное трехмерное изображение местности), фотокарты (совмещающие карты с фотопланами), блок-диаграммы (где изображение поверхности соединено с продольными и поперечными вертикальными разрезами), атласы (систематические собрания карт, выполненных по общей программе, как единое целостное произведение).

Одно из древнейших изображений, напоминающее план местности относится к III тыс. до н. э. - на серебряной вазе из Майкопского кургана показаны две реки, стекающие с залесенных гор и впадающие в озеро, а так же пасущиеся вокруг животные. На территории Греции найдены изображения долины реки с богатой растительностью, дикими животными и плывущей флотилией - им 3500 лет. Впервые с использованием масштаба Анаксимандром (VII-VI вв. до н. э.) была создана круглая карта, на которой помещенную в центр Грецию окаймляет океан. Математическая картография родилась стараниями Клавдия Птолемея, одна из глав его "Руководства по географии" называлась "Способ правильно изображать Земной шар на плоскости", созданные им проекции известны и сейчас, а карта мира Птолемея и есть первая настоящая карта.

Первый глобус был изготовлен немецким географом М. Бехаймом в 1492 году.

План местности. Горизонт. Стороны горизонта.

План

1. План местности.
2. Условные обозначения.
3. Способы ориентации на местности.
4. Масштабы и его виды.
5. Абсолютная и относительная высота местности.

1. План местности.

План местности - простейший вид карты, это чертеж небольшого (порядка 0,5 км) участка местности в крупном масштабе в условных знаках. План напоминает вид сверху и похож на аэрофотоснимок, но предметы здесь показываются условными знаками и сопровождаются надписями. В отличие от карты на план наносятся все объекты (для карты отбираются самые существенные), изображаются значительно меньшие территории, для которых искажения за счет кривизны поверхности настолько малы, что могут не учитываться. На планах нет градусной сетки, а направлением на север считается направление вверх.

Определение своего местоположения относительно сторон горизонта (стран света) называется ориентированием. Ориентирование по карте (плану) предусматривает нахождение и узнавание на местности указанных на карте объектов, определение на карте точки своего нахождения.

Горизонтом называют часть земной поверхности, наблюдаемую на открытой местности. Кроме того различают математический или истинный горизонт (большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна отвесной линии в месте наблюдения) и видимый горизонт (линия, по которой небо кажется сливающимся с земной поверхностью). На ровной поверхности видимый горизонт представляет собой окружность, диаметр которой пропорционален квадратному корню из высоты наблюдения ($D = 3860 \cdot H^{1/2}$). У человека, стоящего на ровной местности, диаметр этой окружности составляет 4,5-5 км, при подъеме на 100 м увеличивается до 40 км. Для ориентирования на местности используют четыре главные точки горизонта (или соответствующие четверти) - стороны горизонта или страны света. Направление к точке горизонта относительно стран света называют румбом, в метеорологии применяют обычно 8 или 16 румбов, в морском деле - 32.

Основные стороны горизонта (румбы) - север, восток, юг и запад, промежуточные - северо-восток, юго-восток, юго-запад, северо-запад. В полдень, когда Солнце находится в южной стороне небосвода (для жителей нашей страны это справедливо всегда), тень от предметов (она при этом самая короткая) падает строго на север. Если встать лицом к северу, сзади будет юг, справа - восток, слева - запад. Полярная звезда - наиболее яркая звезда в созвездии Малой Медведицы. Она сохраняет почти постоянное положение на небе при видимом суточном вращении небесной сферы и в ясные ночи удобна для определения направления на север и широты места, приблизительно равной её высоте над горизонтом.

В любую погоду и время суток направление на север показывает стрелка компаса, прибора указывающего направление магнитного меридиана. Географический и магнитный меридианы не совпадают, как не совпадают соответствующие полюса, поэтому чтобы найти точное направление на север, надо учитывать угол между северным направлением географического меридиана и направлением северного конца магнитной стрелки - магнитное склонение. Если северный (обычно синий) конец магнитной стрелки компаса отклоняется к востоку от географического меридиана склонение называется восточным и имеет знак плюс (положительное), при отклонении к западу - западным и имеет знак минус (отрицательное). Магнитное склонение указывается на топографических картах. Например, магнитное склонение Москвы $+8^\circ$.

Точное направление на объект показывает географический (истинный) азимут - угол, который отсчитывают от северного конца географического меридиана по часовой стрелке до направления на предмет (от 0 до 360°).

При отсутствии компаса направление на север можно определить по местным признакам, отмечающим северные и, значит, получающие меньше

солнечного тепла места. Например, влажные стороны зданий, камней, замшелые стволы деревьев, пятна-снежинки на склонах (весной). С северной стороны у деревьев, растущих на открытой местности, беднее крона; у пней меньше толщина годовых колец; а муравейники, напротив, обычно располагаются к югу от пней и деревьев, с юга на стволах хвойных деревьев выделяется больше смолы.

2. Условные обозначения

Для изображения различных объектов и процессов, их качественных и количественных характеристик, реальных (например, населенные пункты) или абстрактных (например, плотность населения) на картах используют особый искусственный язык условных знаков. Условные знаки выполняют сразу две функции - определяют пространственное положение объектов и указывают их вид и некоторые характеристики. Различают площадные или масштабные, линейные, немасштабные и пояснительные условные знаки. Перечень всех используемых на карте условных знаков и их объяснения (иногда довольно подробные) содержит легенда к карте. Из чтения легенды можно составить представление о карте, не глядя на неё.

На тематических картах применяют самые разнообразные способы изображения. Если нужно показать, как делится территория по какому-нибудь качественному признаку (почвам, типам лесов) применяют способ качественного фона, и части территории с разным качеством окрашивают различными цветами или штриховкой, а из легенды видно, что означает каждый площадной условный знак. Область распространения какого-либо явления (вечная мерзлота, плавучие льды, гнездовья птиц, места обитания видов животных или растений) показывается способом ареалов. Области внутри границ ареалов закрашиваются, а сами ареалы разных явлений могут перекрываться. На картах, выполненных способом картограмм, территории закрашиваются по среднему показателю явления (процент распаханности, плотность населения, потребление продуктов), обычно в политико-административных границах. Применяя картодиаграммы, можно отразить изменение явления во времени, абсолютные величины, или относительные величины по нескольким параметрам. Для этого в пределах контура помещают график, столбчатую или круговую диаграмму, характеризующую территорию, этим контуром ограниченную. Способом изолиний показывают величину явлений - температуру воздуха, давление, количество осадков - распространенных на всей (или почти всей) изображаемой территории. Пункты на карте с одинаковыми величинами соединяют тонкими линиями - изолиниями. На общегеографических картах рельеф изображают отметками высот и горизонталями (на суше это изогипсы, на дне морей и океанов линии равных глубин - изобаты), подкрашивая участки суши по мере увеличения абсолютной высоты в зеленые, желтоватые и коричневые цвета, а море - в голубые тона (чем глубже, тем синее). На топографических картах направление склонов отмечается короткими черточками - бергштрихами, проставляемыми перпендикулярно горизонтали в направлении понижения высоты. На мелкомасштабных картах не так точно отображают детали

рельефа, как на топографических, и сечение горизонталей и интервал высоты у них существенно больше.

Способ знаков движения применяют для показа перемещения воздуха, вод и других явлений вдоль поверхности Земли. Это полосы или стрелки разной формы и цвета, показывающие направление и осевые линии движения, его характер и интенсивность

Географическая карта изображает поверхность Земли с сильным уменьшением и не все объекты (города и села, реки и ручьи, дороги) могут быть на ней зафиксированы - чем меньше масштаб, тем меньше объектов. Поэтому объекты и явления для показа на картах специальным образом отбираются и обобщаются в соответствии с масштабом, назначением карты, особенностями территории. Этот процесс и его продукт называется генерализацией. Основные методы генерализации - отбор, укрупнение рисовки контуров и укрупнение характеристик.

1. Способы ориентации на местности

Ориентирование на местности включает определение своего местоположения относительно сторон горизонта и выделяющихся объектов местности (ориентиров), выдерживание заданного или выбранного направления движения и уяснение положения на местности ориентиров, рубежей, и других объектов.

Ориентироваться можно :

1. По карте,
2. С помощью компаса,
3. По небесным светилам и местным предметам (по различным признакам).

По карте можно определить свое местонахождение, выбрать путь движения с учетом соблюдения маскировки и преодоления возможных препятствий, а также заранее измерить азимуты для движения по бездорожью и в условиях ограниченной видимости.

Чтобы ориентироваться по карте на местности, надо прежде всего сориентировать карту и определить точку своего стояния.

Для ориентирования карты применяются следующие способы:

1. Ориентирование карты по линиям местности. В этом случае необходимо выйти на дорогу (просеку, берег реки или другую линию), отыскать ее на карте и затем поворачивать карту до тех пор, пока направление дороги (линии) на карте не совпадет с направлением дороги (линии) на местности, затем проверить, чтобы предметы, расположенные справа и слева от дороги (линии), на местности находились с тех же сторон, что и на карте.

2. Ориентирование карты по компасу применяется преимущественно на местности, затруднительной для ориентирования (в лесу, в пустыне, в тундре), а также при плохой видимости. В этих условиях компасом определяют направление на север, а затем карту поворачивают (направляют) верхней стороной рамки в сторону севера так, чтобы вертикальная линия координатной сетки карты совпадала с продольной осью магнитной стрелки компаса.

Карту по компасу можно ориентировать более точно с учетом склонения магнитной стрелки. Для этого нужно дополнительно повернуть ее так, чтобы северный конец магнитной стрелки отклонился от штриха 0° шкалы компаса на величину поправки направления, указанную в левом нижнем углу данного листа карты.

Следует помнить, что компасом нельзя пользоваться вблизи железных предметов, боевой техники и линий электропередачи, так как они вызывают отклонение магнитной стрелки.

Определить на карте точку своего стояния легче, когда находишься на местности рядом с ориентиром (местным предметом), изображенным на карте.

В этом случае расположение условного знака будет совпадать с точкой стояния.

Если в точке стояния на местности таких ориентиров нет, то ее можно определить одним из следующих способов :

1. По близлежащим местным предметам (рельефу). Для этого необходимо ориентировать карту и опознать на ней и соответственно на местности 1-2 местных предмета, определить глазомерно свое местонахождение на местности относительно этих предметов и наметить также глазомерно свою точку стояния на карте.

2. Промером расстояний. Двигаясь по дороге (по просеке в лесу или другой линии на местности), обозначенной на карте, замерить парами шагов (по спидометру машины) пройденное расстояние от ближайшего ориентира. Для определения точки своего стояния достаточно лишь отложить измеренное (пройденное) расстояние по масштабу на карте в нужном направлении.

3. Засечками. При движении по дороге (по просеке, вдоль телеграфной линии) свое местонахождение можно определить по местным предметам, расположенным по сторонам дороги. Для этого ориентировать карту по направлению дороги и опознать на ней и на местности какой-либо ориентир. Затем приложить линейку или карандаш к выбранному ориентиру на карте и, не сбивая ориентировки карты, поворачивать линейку вокруг условного знака ориентира до тех пор, пока ее направление не совпадет с направлением на ориентир. То место, где линейка пересечет дорогу, и будет точкой стояния.

При движении по бездорожью, когда точка стояния ничем не обозначена на карте, ее можно определить обратной засечкой по двум-трем направлениям. Для этого надо выбрать на карте и на местности 2-3 ориентира. Затем ориентировать карту по компасу и аналогично предыдущему способу провизировать и прочертить по линейке направления на каждый из выбранных ориентиров. Место пересечения прочерченных линий и будет точкой стояния.

Ориентирование без карты

Заключается в определении сторон горизонта (направлений на север, восток, юг, запад) и своего местонахождения на местности относительно назначенных (выбранных) ориентиров и применяется обычно на ограниченной территории.

При определении сторон горизонта по компасу ему придается горизонтальное положение, тормоз стрелки освобождается. После прекращения колебаний ее светящийся конец укажет направление на север.

Для определения сторон горизонта по Солнцу и часам необходимо встать лицом к Солнцу. Положить часы, показывающие местное время так, чтобы часовая стрелка была направлена на Солнце. Линия, делящая угол между часовой стрелкой и направлением на цифру "1" по зимнему времени или на "2" по летнему времени (только для территории СНГ) пополам, покажет направление на юг

По Луне и часам ориентируются, когда плохо просматривается звездное небо. В полнолуние стороны горизонта можно определить по Луне с помощью часов так же, как и по Солнцу.

Если Луна неполная (прибывает или убывает), то нужно:

- разделить на глаз радиус диска Луны на шесть равных частей, определить, сколько таких частей содержится в поперечнике видимого серпа Луны, и заметить по часам время;
- из этого времени вычесть (если Луна прибывает) или прибавить (если Луна убывает) столько частей, сколько содержится в поперечнике видимого серпа Луны.

Полученная сумма или разность покажет час, когда в том направлении, где находится Луна, будет находиться Солнце;

- направить на Луну то место на циферблате, которое соответствует полученному после сложения или вычитания времени. Биссектриса угла между направлением на Луну и на час (по зимнему времени) или на два часа (по летнему времени) покажет направление на юг.

Определение сторон горизонта по местным предметам.

Производится в сочетании с другими способами. В основе его лежит знание следующих признаков:

- кора большинства деревьев грубее и темнее на северной стороне, тоньше и эластичнее (у березы светлее) - на южной;
- у сосны вторичная (бурая, потрескавшаяся) кора на северной стороне ствола поднимается выше, чем на южной;
- на деревьях хвойных пород смола более обильно накапливается с южной стороны;
- годовые кольца на свежих пнях деревьев расположены гуще с северной стороны;
- с северной стороны деревья, камни, деревянные, черепичные и шиферные кровли раньше и обильнее покрываются лишайниками, грибами;
- муравейники располагаются с южной стороны деревьев, пней и кустов, кроме того, южный скат муравейников пологий, северный - крутой;
- ягоды и фрукты раньше краснеют (желтеют) с южной стороны;
- летом почва около больших камней, строений, деревьев и кустов более сухая с южной стороны, что можно определить на ощупь;
- у отдельно стоящих деревьев кроны пышнее и гуще с южной стороны;

- снег быстрее подтаивает на южных склонах, в результате подтаивания на снегу образуются зазубрины (шипы), направленные на юг;
- алтари православных церквей, часовен и лютеранских кирок обращены на восток, а главные входы расположены с западной стороны;
- приподнятый конец нижней перекладины креста церквей обращен на север.

4. Масштабы и его виды.

Масштаб карты - это отношение длины отрезка на карте к его действительной длине на местности.

Масштаб (от немецкого — мера и Stab — палка) — отношение длины отрезка на карте, плане, аэро- или космическом снимке к его действительной длине на местности.

Численный масштаб — масштаб, выраженный в виде дроби, где числитель — единица, а знаменатель — число, показывающее во сколько раз уменьшено изображение.

Именованный (словесный) масштаб — вид масштаба, словесное указание того, какое расстояние на местности соответствует 1 см на карте, плане, снимке.

Линейный масштаб — вспомогательная мерная линейка, наносимая на карты для облегчения измерения расстояний.

Именованный масштаб выражается именованными числами, обозначающими длины взаимно соответствующих отрезков на карте и в натуре.

Например, в 1 сантиметре 5 километров (в 1 см 5 км). Численный масштаб - масштаб, выраженный дробью, в которой: числитель равен единице, а знаменатель равен числу, показывающему во сколько раз уменьшены линейные размеры на карте. Далее приведены численные масштабы карт и соответствующие им именованные масштабы.

Масштаб плана одинаков во всех его точках.

Масштаб карты в каждой точке имеет свое частное значение, зависящее от широты и долготы данной точки. Поэтому его строгой числовой характеристикой является частный масштаб — отношение длины бесконечно малого отрезка D на карте к длине соответствующего бесконечно малого отрезка на поверхности эллипсоида земного шара. Однако при практических измерениях на карте используют ее главный масштаб.

Формы выражения масштаба

Обозначение масштаба на картах и планах имеет три формы: численного, именованного и линейного масштабов.

Численный масштаб выражают дробью, в которой числитель — единица, а знаменатель M — число, показывающее, во сколько раз уменьшены размеры на карте или плане (1: M)

В Украине для топографических карт приняты стандартные численные масштабы:

1:1 000 000;

1:500 000;

1: 300 000;
1: 200 000;
1: 100 000;
1 : 50 000;
1 :25 000;
1 : 10 000.

Для специальных целей создают также топографические карты в масштабах 1 : 5 000 и 1 : 2 000.

Основными масштабами топографических планов в Украине являются: 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500.

Однако в землеустроительной практике планы землепользований чаще всего составляют в масштабах 1 : 10 000 и 1 :25 000, а иногда— 1 : 50 000.

При сравнении различных численных масштабов более мелким является тот, у которого больше знаменатель M , и, наоборот, чем меньше знаменатель M , тем крупнее масштаб плана или карты.

Так, масштаб 1 : 10 000 крупнее, чем масштаб 1 : 100 000, а масштаб 1 : 50 000 мельче масштаба 1 : 10 000.

Именованный масштаб

Так как длины линий на местности принято измерять в метрах, а на картах и планах — в сантиметрах, то масштабы удобно выражать в словесной форме, например:

В одном сантиметре 50 метров. Это соответствует численному масштабу 1 : 5000. Поскольку 1 метр равен 100 сантиметрам, то число метров местности, содержащееся в 1 см карты или плана, легко определяют путем деления знаменателя численного масштаба на 100.

Линейный масштаб

Представляет собой график в виде отрезка прямой, разделенного на равные части с подписанными значениями соразмерных им длин линий местности. Линейный масштаб позволяет без вычислений измерять или строить расстояния на картах и планах.

Точность масштаба

Предельная возможность измерения и построения отрезков на картах и планах ограничена величиной 0,01 см. Соответствующее ей число метров местности в масштабе карты или плана представляет собой предельную графическую точность данного масштаба. Поскольку точность масштаба выражает длину горизонтального проложения линии местности в метрах, то для ее определения следует знаменатель численного масштаба разделить на 10 000 (1 м содержит 10 000 отрезков по 0,01 см). Так, для карты масштаба 1: 25 000 точность масштаба равна 2,5 м; для карты 1 : 100 000— 10 м и т. д.

5. Абсолютная и относительная высота местности

Высота местности, отчислена от уровня моря. С древних времен людей интересовали не только формы земной поверхности, но и их высота и взаимное расположение. Поэтому они искали способы определения высоты местности и всестороннего изучения форм рельефа, на которых строили свое жилье или хозяйственные объекты.

За начало отсчета высот на Земле принят уровень Балтийского моря. Высоту местности, определенную от уровня Балтийского моря, называют абсолютной высотой. Абсолютная высота точек, расположенных выше уровня моря, - положительная, а ниже - отрицательная. Так, выше расположены горы суши, ниже - отдельные низменности. Например, абсолютная положительная высота самых высоких гор мира Гималаев равна 8848 м над уровнем моря, а абсолютная отрицательная высота составляет -395 м. Это уровень Мертвого моря.

С давних времен для выяснения вопроса, выше или ниже расположен объект, использовали прибор - уровень. Более ста лет назад люди соединили уровень с трубой и получили новый геодезический инструмент - нивелир. Это слово французского происхождения, в переводе означает «выравнивать».

Чтобы определить абсолютную высоту какой точки, не обязательно каждый раз ехать к Балтийскому морю. На отдельных сооружениях при нивелировании устанавливают специальные знаки. Высоту данной местности. Вне населенных пунктов по линиям нивелирования примерно через 5-8 км закладывают грунтовые реперы.

Превышение одной точки земной поверхности над другой. Кроме абсолютной высоты местности, большое практическое значение имеет относительная высота. Эта высота показывает, на сколько одна точка на земной поверхности выше другой по вертикали. Другими словами, относительная высота равна разности абсолютных высот этих точек, например между высотой горной вершины и уровнем дна ближайшей долины.

Определить относительную высоту между точками в своей местности вы можете с помощью простого нивелира - деревянной рейки высотой 1 м с визгом. Например, вы с приятелем решили определить превышение точек от подножия до вершины холма. Для этого нивелир установить в нижней точке у подножия холма так, чтобы отвес не отклонялся.

Это является своеобразной проверкой того, что нивелир стоит вертикально. Вашему приятелю с рейкой и колышком нужно стать выше по склону, а вы с помощью нивелира заметьте место нижнего края рейки. Если высота нивелира равна 1 м, то точка, где размещен край рейки, будет на 1 м выше того места, где стоит нивелир. В эту точку, чтобы ее не потерять, нужно убить колышек или обозначить ее иначе. Теперь нивелир надо перенести в точку, где стоял ваш приятель, и осуществить нивелирование на другую точку, выше по склону. Конечно, ее высота будет уже на 2 м выше от подножия. Так, пройдя весь склон, можно определить относительную высоту между отдельными точками по склону холма.

Умение определять относительную высоту местности нужно человеку в его хозяйственной деятельности, в частности при строительстве дорог, высотных сооружений, прокладке тоннелей, мостов через реки и т.д.

Географическая карта.

План

1. Понятие о географической карте. Основные виды географических карт.
2. Основные отличия географической карты от плана местности.

3. Градусная сетка на карте и ее элементы.
4. Глазомерная съемка местности.

1. Понятие о географической карте. Основные виды географических карт.

Географическая карта — изображение земной поверхности, содержащее координатную сетку с условными знаками на плоскости в уменьшенном виде, отображающее размещение, состояние и связи различных природных и общественных явлений, их изменения во времени, развитие и перемещение.

Имеющие общий замысел карты могут объединяться в атлас.

Общие определения карты пространства (местности):

Карта — это построенное в картографической проекции, уменьшенное, обобщенное изображение поверхности Земли, другого небесного тела или внеземного пространства, показывающее расположенные на ней объекты или явления в определенной системе условных знаков.

Карта — математически определённая образно-знаковая модель действительности.

Все многообразие географических карт можно систематизировать по следующим признакам: по содержанию, масштабу, назначению, по охвату территории.

По содержанию карты бывают общегеографические и тематические. На общегеографических картах все изображаемые объекты равноправны, в основном это рельеф, реки, озера, населенные пункты, дороги и т. д. Тематические карты (физико-географические - геологические, климатические, почвенные, ботанические, природного районирования и социально-экономические - политические, политико-административные, экономические, карты населения и др.) с большей подробностью передают один или несколько определенных элементов, в зависимости от темы карты.

По масштабу выделяют: крупномасштабные, среднемасштабные и мелкомасштабные карты. Крупномасштабные (топографические) карты масштаба 1:200 000 и крупнее создаются в результате обработки аэрофотоснимков и при непосредственной съемке местности; искажения на топокартах весьма незначительны и они точно передают основные особенности территории.

Среднемасштабные (обзорно-топографические) карты (1:200 000 - 1 000 000 включительно) создаются по крупномасштабным картам путем генерализации. Часть объектов изображается внемасштабными знаками. Мелкомасштабные (обзорные) карты (мельче 1:1000000) предназначены для изучения больших территорий и часто используются в качестве основы для тематических карт. Большинство школьных карт - мелкомасштабны.

По назначению карты делятся на научно-справочные, учебные, туристические и др.

По величине (охвату территории) создаются карты мира, полушарий, материков и их частей, океанов и морей, государств и их частей - республик, областей, районов и т. д.

Часто для отображения наиболее характерных черт какого-либо явления, облегчения его понимания (особенно в учебных целях) применяют чертежи, рисунки земной поверхности, построенные без строгого соблюдения масштаба, без градусной сетки. Такие рисунки называются картосхемами; они непригодны для измерений, но часто показывают соотношения между объектами более наглядно, чем карта. В последнее время, особенно для изображения социально-экономических явлений, применяются анаморфированные карты, или анаморфозы. Это картографические изображения, построенные по строгим математическим законам, но не в обычных пространственных координатах, а в координатах рассматриваемого явления или в масштабе времени, цен и т. д. Знакомые очертания объектов на анаморфированных картах порой сильно искажаются.

2. Основные отличия географической карты от плана местности.

План — это чертеж, изображающий в условных знаках на плоскости (в масштабе Г. 10 000 и крупнее) часть земной поверхности.

Географические карты — уменьшенные, обобщенные изображения земной поверхности на плоскости с использованием специальных картографических обозначений. Карты разнятся между собой по территориальному охвату, содержанию, назначению, масштаб[^]] Различают карты мира, океанов и морей, материков, частей материков, государств, областей, районов и т. д.; общегеографические (изображается земная поверхность со[^]в[^]еми~бо[^]с"кта-ми) и тематические. Среди тематических выделяют карты природных явлений (геологические, климатические, почвенные, геоботанические и др.) и социально-экономические карты (населения, промышленности, сельского хозяйства, транспорта и т. д.).

По назначению карты бывают, учебные, научные, сельскохозяйственные, туристские и др. По масштабу они делятся на мелкомасштабные — масштаб мельче 1:1 000 000 (в 1 см 10 км) — обзорные карты; средне-масштабные (от 1:1 000 000 до 1:200 000 — в 1 см 2 км) — обзорно-топографические; крупномасштабные — от 1:10 000 (в 1 см 0,1 км) до 1:200 000. Крупномасштабные карты называются топографическими. На этих картах географические объекты и их очертания изображаются наиболее подробно. При уменьшении масштаба карты детали обобщают или исключают, отбирают те объекты, которые могут быть выражены в масштабе данной карты. Учитывается также назначение карты. Так, на научно-справочной карте объектов и надписей значительно больше, чем на школьной учебной карте. Отбор и обобщение изображаемых на карте объектов соответственно назначению, масштабу карты и особенностям картографируемой территории называется картографической генерализацией.

Для изображения различных географических объектов на картах используются специальные условные знаки: масштабные (площадные, линейные), немасштабные и пояснительные. Площадными знаками показывают лесные массивы, луга, болота, озера, линейными — реки, дороги, трубопроводы; в немасштабными знаками изображают заводы, фабрики, мельницы, электростанции, памятники, отдельные деревья, валуны, колодцы,

т. е. «точечные» объекты или площади, которые не выражаются в масштабе карты. К пояснительным условным знакам относят стрелки на реке, показывающие направление течения, рисунки деревьев и др.

Земную поверхность на плоскости изображают с помощью математических способов, которые отражают в картографических проекциях. При разворачивании шаровой поверхности Земли на плоскости углы, длины линий, площади, геометрические формы географических объектов искажаются. По характеру искажений картографические проекции делят на равноугольные (не искажаются углы и направления, но искажаются расстояния и площади), равновеликие, или равно'площадные (не искажаются площади, но искажаются углы и формы), и произвольные (искажаются и углы, и площади). Картографические проекции различаются и по построению. Чтобы перенести поверхность шара на плоскость, применяют вспомогательные геометрические поверхности (цилиндр, конус и др.). В зависимости от использования вспомогательных поверхностей при переносе поверхности Земли на плоскость картографические проекции подразделяются на цилиндрические, конические и азимутальные.

Основные отличия плана от географической карты следующие: 1) планы составляют в крупных масштабах (1:10 000 и крупнее), карты — в более мелких; 2) градусной сети на планах нет, ориентированы они по стрелке север — юг; 3) планы составляют на небольшие участки местности, отдельные сооружения. На них с большей детализацией показывают объекты; 4) на плане не учитывается кривизна Земли, на карте учитывается.

По географическим картам можно измерять расстояния, длину рек, береговой линии, вычислять площади отдельных территорий, определять высоты точек над уровнем океана, глубины океанов и морей.

Расстояния по карте измеряют с помощью линейки, циркуля и полученный результат умножают на масштаб карты. Для измерения длин кривых линий (рек, береговой линии) используют циркуль-измеритель маленького раствора (2—3 мм), тонкую влажную нитку или специальный прибор курвиметр, длина окружности колесика которого известна. Величина ошибок измерений зависит от масштаба карты и картографической проекции. Чем крупнее масштаб карты, тем меньше генерализация и тем точнее измерение. Высоты и глубины на картах определяют по шкале высот и глубин, горизонталям, или изогипсам (линиям одинаковых высот), и изобатам (линиям одинаковых глубин), а также по отметкам высот и глубин.

Карты широко используются в практической деятельности: для ориентирования на местности, при навигации, на транспорте, в туристских походах, экспедициях, при передвижении войск и т. д.; они служат основой для размещения различных хозяйственных объектов (плотин, каналов, водохранилищ, тоннелей, гидроэлектростанций, населенных пунктов, санаториев, железнодорожных и автомагистральных линий и т. д.), для оценки природных условий в интересах народного хозяйства, преобразования и охраны окружающей среды.

Карта является хорошим средством научных исследований, помогает прогнозировать многие явления. Так, изучая по ней геологическое строение территории, можно выявить закономерности в размещении полезных ископаемых.

3. Градусная сетка на карте и ее элементы.

Порой людям в их хозяйственной деятельности или в исследованиях очень важно определить точное местонахождение каких-либо географических объектов на поверхности Земли. Это можно сделать с помощью градусной сетки, которая есть на каждой карте или глобусе. Она состоит из линий параллелей и меридианов.

Точки пересечения земной оси с поверхностью земного шара называются полюсами (Северный и Южный). Вокруг этой оси Земля за 24 часа совершает один оборот.

На одинаковом расстоянии от полюсов проведена окружность, которая называется экватором.

Параллель — линии, условно проведенные по поверхности Земли параллельно экватору. Параллели на карте и глобусе направлены на запад и восток. Они не равны между собой по длине. Самая длинная параллель — экватор. **Экватор** — воображаемая линия на земной поверхности, полученная при мысленном рассечении эллипсоида на две равные части (Северное и Южное полушарие). При таком рассечении все точки экватора оказываются равноудаленными от полюсов. Плоскость экватора перпендикулярна оси вращения Земли и проходит через ее центр. Всего на Земле 180 меридианов, 90 из них к северу от экватора, 90 — к югу.

Параллели 23,5° северной и южной широты называются тропическими кругами или просто тропиками. На каждом из них один раз в год полуденное Солнце бывает в зените, т. е. солнечные лучи падают отвесно.

Параллели 66,5° северной и южной широты называют полярными кругами.

Через Северный и Южный полюсы проведены окружности, **меридианы** — **кратчайшие линии**, условно проведенные на поверхности Земли от одного полюса к другому.

Начальный или нулевой меридиан проведен по Гринвичской обсерватории (Лондон, Великобритания). Все меридианы имеют одинаковую длину и форму полуокружностей. Всего на Земле 360 меридианов, 180 к западу от нулевого, 180 — к востоку. Меридианы на карте и глобусе направлены с севера на юг.

Для точного определения местоположения любого объекта на поверхности земли одной линии экватора недостаточно. Поэтому полушария мысленно разделены еще множеством плоскостей, параллельных плоскости экватора — это параллели. Все они, как и плоскость экватора, перпендикулярны оси вращения планеты. Параллелей можно провести сколько угодно, но обычно их проводят с интервалом 10-20°. Параллели всегда ориентированы с запада на восток. Длина окружности параллелей уменьшается от экватора к полюсам. На экваторе она самая большая, а на полюсах равна нулю:

Длина дуг параллелей

Параллели	Длина 1° в км
0	111,3
10	109,6
20	104,6
30	96,5
40	85,4
50	71,7
60	55,8
70	38, 2
80	19,4
90	0

При пересечении земного шара воображаемыми плоскостями, проходящими через ось Земли перпендикулярно плоскости экватора,

образуются большие окружности – меридианы. В переводе на русский язык слово «меридиан» означает «полуденная линия». Действительно, их направление совпадает с направлением тени от предметов в полдень. Если идти все время по направлению этой тени, то обязательно придешь к Северному полюсу. Меридианы – кратчайшая линия, условно проведенная от одного полюса к другому. Все меридианы представляют собой полуокружности. Их можно провести через любые точки на поверхности Земли. Все они пересекаются в точках полюсов. Меридианы ориентированы с севера на юг. Средняя длина дуги 1° меридиана рассчитывается так:

$$40\,008,5 \text{ км} : 360^\circ = 111 \text{ км}$$

Длина всех меридианов одинакова. Направление местного меридиана в любой точке можно определить в полдень по тени от любого предмета. В Северном полушарии конец тени всегда показывает направление на север, в Южном – на юг.

Изображение линий меридианов и параллелей на глобусе и географических картах называют градусной сеткой.

Географическая широта — это расстояние какой-либо точки земной поверхности к северу или югу от экватора, выраженное в градусах. Широта бывает северной (если точка расположена к северу от экватора) и южной (если к югу от него).

Географическая долгота — это расстояние какой-либо точки земной поверхности от начального меридиана, выраженная в градусах. К востоку от нулевого меридиана будет восточная долгота (сокращенно: в. д.), к западу — западная (з. д.).

Географические координаты — географическая широта и географическая долгота заданного объекта.

4. Глазомерная съемка местности.

Упрощенная топографическая съемка местности. Производится с помощью планшета, визирной линейки и компаса на глаз, с небольшой степенью точности и применением самых простых приборов. Краеведу надо уметь составлять такие планы местности.

Возьмите планшет—квадратную доску или папку. К нему прикрепите лист плотной бумаги размером 24х36 см, компас; необходимо также иметь трехгранную визирную линейку длиной около 30 см, простой карандаш и резинку. Тонкими карандашными линиями лист бумаги расчертите на одно- или двухсантиметровые квадраты. Линия север-юг на компасе должна быть параллельна длинному ребру планшета. Внизу справа на листе отметьте линейный масштаб в шагах или в метрах. На планшет нанесите исходную точку. Если снимаемая местность лежит от нее на север, то точку поставьте на южной, нижней части планшета. Теперь надо ориентировать планшет по странам света, поворачивая его до тех пор, пока буква «С» на компасе не совпадет с направлением темного конца магнитной стрелки, указывающего на север.

Отметив карандашом исходную точку, следует осмотреть местность, замечая отдельный холм, высокое дерево, строение, водоем, мост, насыпь и т.

д. Это ориентиры. От исходной точки карандашом прочертите, например, направление дороги до поворота. Для этого планшет поднимите на уровень глаз, нацельте визирную линейку по линии дороги и прочертите ее направление на планшете.

Удобнее работать вдвоем: один следит за положением планшета, другой визирует. Еще лучше — установить планшет на треногу, колышек, пень, камень. Далее, не меняя положения планшета, визируют и прочерчивают направления на характерные местные предметы.

Так появляются ряд линий и условные обозначения ориентиров. Но где на линии они находятся? Их местоположение определяется двумя способами: первый — измерение расстояния на глаз или шагами; второй — метод засечки: визируют на тот же ориентир с другой точки (в месте пересечения линий и будет находиться снимаемый предмет). Размер шага высчитывается на заранее отмеренном 100-метровом отрезке по среднему арифметическому из нескольких промеров.

Значительно проще и удобнее метод засечки. Провизируя и прочертив на планшете направление на предмет с исходной точки, надо двигаться по ходовой линии, измеряя расстояние шагами. Отметив остановку точкой, снова взять направление на тот же ориентир и прочертить линию. В месте пересечений и будет находиться предмет, помечаемый условным топографическим знаком. Во второй точке стояния (ТС 2) работа производится в том же порядке: засечкой определяется положение предметов, визируются и прочерчиваются направления на ориентиры. Закончив работу в ТС 2, следуют по дороге в ТС 3, и так до конца снимаемого участка.

Когда на план нанесены ориентиры, он дополняется деталями местности. Топографическими знаками изображаются кустарники, огороды, сады, болота, канавы, реки и др. Они покрывают пространство между ориентирами. В нашем случае участок снимался с дороги. Ее может заменить тропа, а если и ее нет, то можно идти и без дорог — от одного ориентира к другому.

Если имеется карта данного района, то можно скопировать нужный узкий участок, по которому пролегает маршрут похода, и затем, уже в походе, наметить на карте этот путь и прилегающие к нему дополнительные ориентиры. Такая узкая полоска карты называется маршрутной лентой. На ней обозначают страны света и надписывают, куда идут все отходящие от маршрута дороги, какое расстояние до ближайшего населенного пункта, и размечают путь в километрах. На основании наблюдений и сведений, полученных от местных жителей, карта дополняется и уточняется; на нее наносятся места стоянок, вновь появившиеся дороги, поселки, карьеры, лесные насаждения и т. п. Для удобства маршрутные ленты наклеивают на куски картона, покрытые полотняными полосками; тогда карту можно складывать.

В полевой работе часто приходится измерять высоту холмов, определять крутизну склонов. Есть несколько способов их измерения.

1. Измерение с помощью двух реек и ватерпаса. Длина рейки—2 м; на нее наносятся сантиметровые деления. Вешками или колышками обозначается направление, по которому ведется измерение. У подножия холма ставится первая рейка, вторая кладется горизонтально между рейкой и склоном. Вертикальность и горизонтальность реек выверяются ватерпасом. По первой рейке отсчитывается высота, на которую поднялась горизонтальная рейка, а по второй—расстояние от верха первой рейки до склона холма. Записав эти данные, надо перенести вертикальную рейку на точку, где горизонтальная рейка касалась склона холма. Вторую рейку опять устанавливают горизонтально... Так производятся измерения по склону холма, шаг за шагом, до его вершины. Сложив все отсчеты вертикальной рейки, получаем высоту холма. Зная отсчеты и по горизонтальной рейке, нетрудно изобразить поперечный профиль склона, отложив в масштабе вертикальные и горизонтальные расстояния, как это показано на рисунке.

2. Измерение способом «горизонтального визирования». У подножия холма или обрыва поднимают к уровню глаз на вытянутой руке полевую книжку, держа ее строго горизонтально. Визируют на какую-либо приметную точку (камень, цветок, пучок травы). Поднимаются по склону до этой точки и снова визируют. Высота вашего роста известна. По числу отсчетов определяют высоту склона берега, холма, оврага. Для большей точности рекомендуется пользоваться простейшим нивелиром, который держат рукой за кольцо.

3. Измерение отвесного или почти отвесного обрыва веревкой, размеченной на метры (мерной лентой).

4. Измерение крутизны склона самодельным эклиметром — прибором для измерения углов наклона на местности. Сделать его можно из картона размером 15х20 см, на который с помощью транспортира нанести полуокружность, разметив ее на градусы; в центре полуокружности подвесить на нитке грузик. Как им пользоваться—видно из рисунков. Отсчет градусов производят, прижимая пальцем нить отвеса.

5. Определение крутизны склона по величине отклонения отвеса от транспортира.

Высоту отдельных предметов (для записи в маршрутной книжке), например дерева, можно измерить несколькими способами.

1. При помощи точно измеренного шеста и при известном росте производящего измерение, а также, когда известно расстояние от него до дерева; высоту дерева определяют из вычисления пропорции подобных треугольников.

2. При помощи транспортира наблюдатель занимает положение, при котором отвес транспортира показывает угол в 45° . Строится прямоугольный треугольник ABC, в котором угол BAC 45° , а следовательно, и угол ABC также равен 45° ; поэтому катеты треугольника AC и BC равны. Измерив расстояние от наблюдателя до дерева, узнают величину AC и BC. Значит, высота дерева равна расстоянию от него до наблюдателя плюс высота роста наблюдателя.

После съемки местности «в поле» чертеж оформляют начисто в «домашних условиях», обычно тушью, реки и озера закрашивают акварельными красками, тщательно делают надписи.

Литосфера и рельеф.

План

1. Литосфера и рельеф.
2. Формы земной коры.
3. Типы земной коры.
4. Внутренние и внешние силы Земли.
5. Происхождение материков и океанов.

1. Литосфера и рельеф.

Слой мантии, лежащий выше астеносферы, вместе с земной корой называют литосферой. Это относительно хрупкая твердая оболочка Земли, разбитая глубинными разломами на крупные блоки - литосферные плиты. Верхняя часть литосферы - земная кора на 90 % состоит из 8 химических элементов: кислорода, кремния, алюминия, железа, кальция, калия, натрия, магния). Она также имеет слоистое строение, которое различно для материков и океанов. Континентальная земная кора имеет три слоя: осадочный, гранитный и базальтовый. Скорости распространения сейсмических волн в гранитных и метаморфических слоях близки к скоростям волн в соответствующих горных породах. Отсюда и название. В океанической земной коре гранитный слой отсутствует.

Минералы - природные тела, однородные по химическому составу и природным свойствам, образующиеся в глубинах и на поверхности Земли. Известно около 3000 видов минералов. Наиболее распространены силикаты, оксиды и гидрооксиды, сульфиды, фосфаты, карбонаты. Природные агрегаты минералов относительно постоянного минералогического состава называются горными породами. В земной коре они образуют самостоятельное геологическое тело. По происхождению различают магматические, метаморфические и осадочные породы. Магматические горные породы образуются в результате внедрения и застывания магмы на глубине (интрузивные - гранит, сиенит) или на поверхности (эффузивные - базальт, вулканическое стекло, пемза). Основными породообразующими минералами для них служат кварц, полевые шпаты, слюды. Магматические породы занимают около 60 % земной коры, с ними связаны месторождения металлических полезных ископаемых, апатитов, алмазов.

Осадочные породы образуются при осаждении и отложении различного обломочного материала. В зависимости от исходного материала различают терригенные (обломочные - их классифицируют по величине слагающих частиц, сцементированности и окатанности: алеврит, песок, песчаник, щебень, галька и т. п.), хемогенные (осажденные из химических растворов: соли, гипсы, доломиты) и биогенные (образованные при скоплении продуктов жизнедеятельности организмов: известняки, ископаемые угли, гуано, представляющее собой разложившийся помет птиц). С осадочными

горными породами связаны месторождения угля, нефти, газа, строительных материалов, чилийской селитры).

Метаморфические породы образуются из магматических или осадочных при существенном изменении их минерального состава и структуры под воздействием высоких температур, большого давления и высокотемпературных водных растворов. Этот процесс называется метаморфизмом. Так, при перекристаллизации гранитов образуются гнейсы, песчаников - кварциты, известняка или доломита - мрамор.

С метаморфическими горными породами связаны месторождения золота, руд цветных и редких металлов, урановых руд, графита, строительных и поделочных материалов, драгоценных камней.

1. **Формы земной коры.**

Под **рельефом** понимают очертания внешней поверхности Земли, формирующиеся при контакте литосферы с атмосферой или гидросферой.

Рельеф и слагающие его горные породы являются фундаментом, каркасом природных комплексов, всей природы в целом. Особенности рельефа оказывают огромное влияние на природные условия страны: определяют направление течения рек, многие черты климата, распределение почвенно-растительного покрова и животных.

Отдельные неровности этой поверхности называют формами рельефа. Различают положительные (возвышающиеся над окружающим пространством - горные хребты, возвышенности, холмы, гряды, бугры, барханы) и отрицательные формы (относительно пониженные - впадины, котловины, долины, лощины, овраги). По величине выделяют планетарные формы (материки и ложе мирового океана), мегарельеф (великие равнины и горные страны, впадины океанов и срединно-океанические хребты, материковые выступы и островные дуги), макрорельеф (горные хребты, плоскогорья, низменности и т. п.) мезорельеф (отроги хребтов, небольшие котловины, долины рек, холмы, дюны), микрорельеф (амплитуда высот несколько метров - западины, лощины, бугры) и нанорельеф (размером несколько сантиметров - кочки, песчаная рябь).

Особенности рельефа любой территории, размещение и богатство полезными ископаемыми зависят от строения земной коры, геологической истории ее развития и возраста слагающих ее горных пород.

Горы и равнины.

Горы и равнины - основные формы рельефа Земли, занимающие соответственно 40 и 60 % её поверхности.

Равнинами называют обширные участки суши с небольшими уклонами и незначительными колебаниями высот. По абсолютной высоте различают равнины, лежащие ниже уровня моря (впадина Каттара - 133 м, Турфанская впадина - 154 м, Прикаспийская низменность - 28 м), низменные - с высотой 0-200 м (Амазонская, Ла-Платская низменности, Миссисипская и Приатлантическая низменности, Месопотамская и Туранская, впадина Боделе), возвышенные - от 200 до 500 м (Большая пустыня Виктория, Руб-эль-Хали), нагорные (плато) - выше 500 м (Великие равнины Северной Америки,

Таримская впадина, плато Устюрт). Поверхность равнины может быть горизонтальной, наклонной, вогнутой или выпуклой. Различают плоские, холмистые, увалистые, волнистые, ступенчатые равнины. Чем выше равнины, тем они, как правило, более расчленены. Вид равнин зависит от истории их развития и строения. Большинство равнин приурочено к плитам древних и молодых платформ. Они сложены пластами осадочных пород большой мощности и называются пластовыми (Западно-Сибирская низменности,) наибольшие площади среди них занимают аллювиальные (Великая Китайская равнина, песчаные пустыни Каракумы, Кура-Араксинская и Индоганская), ледниковые (моренные - север Северной Америки до Великих озер, север Европы и России), водно-ледниковые (Полесье, предгорья Альп, Алтая, Кавказа). Низменные плоские морские равнины протягиваются узкой полосой вдоль побережий морей и океанов (Прикаспийская, Причерноморская, север Евразии).

Равнины, возникающие на месте гор после их разрушения, сложенные твердыми кристаллическими породами и смятые в складки называют денудационными (Казахский мелкосопочник, равнины Канадского и Балтийского щитов). Возвышенные ровные, слаборасчлененные поверхности, ограниченные уступами, называют плато (плато Устюрт, Декан, Колорадо).

Виды равнин.

Рельеф равнин не очень разнообразен. Это объясняется однородностью геологического строения платформенных участков континентальной коры и малой их подвижностью. Значительная приподнятость некоторых платформенных равнин (например, в Восточной Сибири и Северной Америке), обуславливающая большую глубину их эрозионного расчленения, - результат неотектонических движений.

Платформенные равнины занимают больше половины всей площади суши. Больше 80% всех равнин первично ровные пластовые и аккумулятивные. Аккумулятивные равнины низкие и по общей площади значительно уступают пластовым равнинам - rrra.ru. Денудационные - обычно возвышенные, с неровной поверхностью, в рельефе которой отражается неодинаковая стойкость пород к разрушению.

Поверхность равнин в общем может быть горизонтальной, наклонной, выпуклой, вогнутой; общий характер ее рельефа разнообразен: плоский, холмистый, волнистый, ступенчатый и т.д.

Типы равнин.

Равнинами называют пространства, большей частью значительные по площади, на которых колебания высот очень малы. В геологическом отношении равнины соответствуют платформам. Равнины, лежащие на небольшой высоте над уровнем моря (до 200 м абсолютной высоты), принято называть низменностями, высоко расположенные - плоскими возвышенностями или плато. Примерами плато могут служить Устюрт, плато Колорадо в Северной Америке и др.

Равнины – это понятие чисто морфографическое, и с генетической точки зрения они могут быть очень разнообразными. Итак, выделяют следующие генетические типы равнин:

Первичные равнины, или равнины морской аккумуляции - наиболее обширные по площади, формируются в результате морской аккумуляции при временном затоплении платформенных областей трансгрессиями неглубоких эпиконтинентальных морей с последующим превращением их в сушу при колебательном движении положительного знака - rrra.ru. Они представляют обнажившееся из-под воды морское дно, покрытое осадочными морскими отложениями, обычно уже одевшееся плащом элювия или каких-либо других континентальных образований — ледниковых, флювиальных, эоловых, нередко определяющих собой вторичный микро- и мезорельеф этих равнин. Примерами равнин морской аккумуляции могут служить равнины европейской части бывшего СССР, Западно-Сибирская равнина, Прикаспийская низменность.

Аллювиальные равнины образуются в результате аккумулятивной деятельности рек и сложены с поверхности слоистыми речными наносами. Толща последних в одних случаях может достигать весьма значительной мощности – в несколько десятков и даже сотен метров (низовья р. Ганга, долина р. По, Венгерская низменность), в других — образует лишь тонкую настилку поверх размытых коренных пород. Первое имеет место в дельтах рек и в областях тектонического опускания, захватывающего части речных бассейнов, второе — в нормальных поймах зрелых речных долин. К аллювиальным равнинам относятся Куро-Араксинская, Верхне-Рейнская и др. равнины.

Флювиогляциальные равнины. Перенос, сортировку и переотложение твердого обломочного материала на значительные пространства могут производить также талые воды ледников, вытекающие из-под их концов или краев. Эти воды обычно не имеют вблизи их выхода характера регулярных постоянных водотоков, изменяя часто место выхода из-под льда свою водоносность и направление течения - rrra.ru. Они бывают перегружены перемытым обломочным материалом морен, производят его сортировку по величине, перенос и отложение, широко распределяя его при своем блуждании перед фронтом ледника. В качестве примеров можно привести Мюнхенскую и другие равнины у северной подошвы Альп, Прикубанскую, Кабардинскую, Чеченскую равнины у северной подошвы Большого Кавказа.

Озерные равнины представляют плоские днища бывших озер, осушившихся или вследствие спуска вытекающими из них реками, или вследствие исчезновения плотины, или благодаря заполнению их ванн наносами. По своим окраинам такие озерные равнины часто оконтурены древними береговыми линиями, выраженными в виде невысоких абразионных уступов, береговых валов, береговых дюнных гряд или озерных террас, свидетельствующих о стояниях бывшего уровня озера. В большинстве случаев равнины озерного происхождения бывают незначительной величины и сильно

уступают по размерам первым трем типам. Примером одной из наиболее обширных озерных равнин может служить равнина четвертичного приледникового озера Агассиза в Северной Америке. Также к озерным относятся равнины Турайгыр-кобо, Джаланаши и Кеген в Казахстане.

Остаточные или предельные равнины. Под этими названиями подразумеваются пространства, имевшие первоначально большую абсолютную высоту и резко выраженный рельеф, представлявшие, возможно, некогда даже горную страну, которые приобрели равнинный характер лишь в результате длительного воздействия экзогенных факторов деструкции и сноса - rrra.ru. Эти равнины находятся, следовательно, в заключительной стадии нисходящего развития горной страны, при допущении продолжительного состояния относительного тектонического покоя, что осуществляется, по-видимому, редко. В качестве примера предельной равнины, уже несколько измененной последующими процессами, можно привести протягивающуюся вдоль восточной подошвы Аппалачских гор Северной Америки наклонную равнину, полого опускающуюся к востоку.

Вулканические нагорные плато. Возникают в тех случаях, когда по трещинам земной коры изливаются на поверхность огромные массы преимущественно основной лавы. Растекаясь благодаря своей большой подвижности на обширные пространства, лава заполняет и погребает под собой все неровности первичного рельефа и образует огромные по площади лавовые плато. Примерами могут служить Колумбийское базальтовое плато Северной Америки, трапповое плато северо-западного Декана, некоторые части Закавказского нагорья.

Различия равнин по высоте.

По сравнению с горными территориями равнины, располагающиеся, как правило, на платформенных участках земной коры, удивительно стабильны. Но их история намного древнее и подчас сложнее, чем у горных областей. Равнины различаются по своей высоте над уровнем моря.

Низменности, или низкие равнины, не достигают высот 200 м, а иногда даже лежат ниже уровня моря во внутренних областях континентов, как, например, Прикаспийская низменность (-28 м). Протяжённые низменные равнины протягиваются по побережью Мексиканского залива и Атлантического океана в США, по побережью Балтики и Северного моря в Европе. Частое явление в таких местах — заболачивание территории, подтопление.

Прибрежные равнины иногда располагаются в местах, где земная кора прогибается, испытывает погружение, например, Паданская низменность, лежащая в долине реки По. В этом районе расположена Венеция - знаменитый город с улицами-каналами, ежегодно страдающий от наводнений. Отвоёваны у моря низменные земли Нидерландов - польдеры. Жизнь заставила местное население приспособиться к постоянной угрозе затопления.

Низменности занимают долины и дельты рек. Одни из самых обширных таких низменностей Амазонская в Южной Америке (долина рек Амазонки и

её притоков) и Западно-Сибирская в Азии (между долинами рек Обь и Енисей).

Плодородные земли Месопотамской низменности (долины рек Тигр и Евфрат в Передней Азии) - место зарождения одной из древнейших цивилизаций.

Возвышенности занимают высоты около 200-500 м над уровнем моря. Это Великие Американские равнины, Среднесибирское плоскогорье, Бразильское плоскогорье, пустыни Австралии. Возвышенности - сочетание более ровных и холмистых участков. Иногда на них встречаются «островки» — низкие одиночные горы, остатки прежних горных хребтов.

Плоскогорья имеют все признаки равнин, но подняты на высоты, иногда сопоставимые с высотами гор. Как правило, глубокие крутостенные каньоны делят плоскогорья на отдельные участки. Сначала они были выровнены денудацией, затем приподняты неотектоническими движениями, как, например, Альтиплано в Андах, плато Устюрт в Казахстане, плато Колорадо в Северной Америке.

Часто на равнинах в сухих тропических поясах расположены пустыни: Сахара в Африке, пустыни Средней Азии, высокогорная пустыня Гоби, обширные пустыни Австралии.

Виды гор.

Горы - это обширные (длиной в сотни и тысячи км) высоко поднятые над равнинами и резко расчлененные участки земной поверхности со значительными перепадами высот, со складчатой или складчато-глыбовой структурой. По абсолютной высоте различают низкогорья (до 1000 м), обычно они имеют округлые склоны, пологие вершины и сравнительно широкие долины, среднегорья (1000-2000 м) и высокогорья (выше 2000 м).

Горы — это возвышенные участки земной поверхности, круто поднимающиеся над окружающей территорией. В отличие от плато, вершины в горах занимают небольшую площадь. Горы можно классифицировать по разным критериям: 1) географическому положению и возрасту, с учетом их морфологии; 2) особенностям структуры, с учетом геологического строения. В первом случае горы подразделяются на Кордильеры, горные системы, хребты, группы, цепи и одиночные горы. Название «кордильера» происходит от испанского слова, означающего «цепь» или «веревка». К Кордильерам относятся хребты, группы гор и горные системы разного возраста. Район Кордильер на западе Северной Америки включает Береговые хребты, горы Каскадные, Сьерра-Невада, Скалистые и множество небольших хребтов между Скалистыми горами и Сьерра-Невадой в штатах Юга и Невада. К Кордильерам Центральной Азии относятся, например, Гималаи, Куньлунь и Тянь-Шань. Горные системы состоят из хребтов и групп гор, сходных по возрасту и происхождению (например, Аппалачи). Хребты состоят из гор, вытянутых длинной узкой полосой. Горы Сангре-де-Кристо, простирающиеся в штатах Колорадо и Нью-Мексико на протяжении 240 км, шириной обычно не более 24 км, со многими вершинами, достигающими высоты 4000— 4300 м, являются типичным хребтом. Группа состоит из генетически тесно

связанных гор при отсутствии четко выраженной линейной структуры, характерной для хребта. Горы Генри в Юте и Бэр-По в Монтане — типичные пример н горных групп. Во многих районах земного шара встречаются одиночные горы, обычно вулканического происхождения. Таковы, например, горы Худ в Орегоне и Рейнир в Вашингтоне, представляющие собой вулканические конусы. Вторая классификация гор строится на учете эндогенных процессов рельефообразования. Вулканические горы формируются за счет накопления масс магматических пород при извержении вулканов. Горы могут возникнуть и вследствие неравномерного развития эрозионно-денудационных процессов в пределах обширной территории, испытавшей тектоническое поднятие. Горы могут образоваться и непосредственно в результате самих тектонических движений. Последняя ситуация характерна для многих крупных горных систем земного шара, где орогенез продолжается и в настоящее время. Такие горы называются складчатыми.

Складчатые горы. Изначально многие крупные горные системы были складчатыми, однако в ходе последующего развития их строение весьма существенно усложнилось. Зоны исходной складчатости ограничены геосинклинальными поясами — огромными прогибами, в которых накапливались осадки, главным образом в мелководных океанических обстановках. Перед началом складкообразования их мощность достигала 15 000 м и более. Приуроченность складчатых гор к геосинклиналям кажется парадоксальной, однако, вероятно, те же процессы, которые способствовали формированию геосинклиналей, впоследствии обеспечивали смятие осадков в складки и формирование горных систем. На заключительном этапе складкообразование локализуется в пределах геосинклинали, поскольку вследствие большой мощности осадочных толщ там возникают наименее устойчивые зоны земной коры. Классический пример складчатых гор — Аппалачи на востоке Северной Америки. Геосинклиналь, в которой они образовались, имела гораздо большую протяженность по сравнению с современными горами. В течение примерно 250 млн. лет осадконакопление происходило в медленно погружавшемся бассейне. Максимальная мощность осадков превышала 7600 м. Затем геосинклиналь подверглась боковому сжатию, в результате чего сузилась примерно до 160 км. Осадочные толщи, накопившиеся в геосинклинали, были смяты в складки и разбиты разломами, вдоль которых происходили дизъюнктивные дислокации.

На протяжении стадии складкообразования территория испытывает интенсивное поднятие, скорость которого превышала темпы воздействия эрозионно-денудационных процессов. Со временем эти процессы привели к разрушению гор и снижению их поверхности. Первичные деформации при образовании складчатых гор обычно сопровождаются значительной вулканической активностью. Вулканические извержения проявляются во время складкообразования или вскоре после его завершения, и в складчатых горах изливаются большие массы расплавленной магмы, слагающие батолиты. Многие складчатые горные системы рассечены огромными

надвигами с разломами, по которым покровы горных пород мощностью в десятки и сотни метров смещались на многие километры. В складчатых горах могут быть представлены как довольно простые складчатые структуры (например, в горах Юра), так и весьма сложные (как в Альпах).

В некоторых случаях процесс складкообразования развивается более интенсивно по периферии геосинклиналей, и в результате на поперечном профиле выделяются два краевых складчатых хребта и центральная приподнятая часть гор с меньшим развитием складчатости. От краевых хребтов в сторону центрального массива простираются надвиги. Массивы более древних и более устойчивых горных пород, ограничивающие геосинклинальный прогиб, называются форландами. Такая упрощенная схема строения не всегда соответствует действительности. Например, в горном поясе, расположенном между Нейтральной Азией и Индостаном, представлены субширотно ориентированные горы Куньлунь у его северной границы, Гималаи — у южной, а между ними Тибетское нагорье. По отношению к этому горному поясу Таримский бассейн на севере и полуостровов Индостан на юге являются форландами. Эрозионно-денудационные процессы в складчатых горах ведут к формированию характерных ландшафтов. В результате эрозионного расчленения смятых в складки пластов осадочных пород образуется серия вытянутых хребтов и долин. Хребты соответствуют выходам более устойчивых пород, долины же выработаны в менее устойчивых породах. При глубоком эрозионном расчленении складчатой горной страны осадочная толща может быть полностью разрушена, а ядро, сложенное магматическими или метаморфическими породами, может обнажиться.

Глыбовые горы. Многие крупные горные хребты образовались в результате тектонических поднятий, происходивших вдоль разломов земной коры. Горы Сьерра-Невада в Калифорнии — это огромный горст, протяженностью около 640 км и шириной от 80 до 120 км. Наиболее высоко был поднят восточный край этого горста, где высота горы Уитни достигает 418 м над уровнем моря. В строении этого горста преобладают граниты, составляющие ядро гигантского батолита, однако сохранились также и осадочные толщи, накопившиеся в геосинклинальном прогибе, в котором сформировались складчатые горы Сьерра-Невада. Современный облик Аппалачей в значительной мере сложился в результате нескольких процессов: первичные складчатые горы испытали воздействие эрозии и денудации, а затем были подняты вдоль разломов. Однако Аппалачи нельзя считать типичными глыбовыми горами. Ряд глыбовых горных хребтов находится в Большом Бассейне между Скалистыми горами на востоке и Сьерра-Невадой на западе. Эти хребты были подняты как горсты по ограничивающим их разломам, а окончательный облик сформировался под влиянием эрозионно-денудационных процессов. Большинство хребтов простирается в субмеридиональном направлении и имеет ширину от 30 до 80 км. В результате неравномерного поднятия одни склоны оказались круче других. Между хребтами пролегают длинные узкие долины, частично заполненные осадками,

снесенными с сопредельных глыбовых гор. Такие долины, как правило, приурочены к зонам погружения — грабенам. Существует предположение, что глыбовые горы Большого Бассейна образовались в зоне растяжения земной коры, поскольку для большинства разломов здесь характерны напряжения растяжения.

Сводовые горы. Во многих районах участки суши, испытавшие тектоническое поднятие, под влиянием эрозионных процессов приобрели горный облик. Там, где поднятие происходило на сравнительно небольшой площади и имело сводовый характер, образовались сводовые горы, ярким примером которых являются горы Блэк-Хилс в Южной Дакоте, имеющие в поперечнике около 160 км. Эта территория испытала сводовое поднятие, а большая часть осадочного покрова была удалена последующей эрозией и денудацией. В результате обнажилось центральное ядро, сложенное магматическими и метаморфическими породами. Оно обрамлено хребтами, состоящими из более устойчивых осадочных пород, тогда как долины между хребтами выработаны в менее стойких породах. Там, где в толщу осадочных пород внедрялись лакколиты (чечевицеобразные тела интрузивных магматических пород), кроющие отложения тоже могли испытать сводовые поднятия. Наглядный пример эродированных сводовых поднятий — горы Генри в штате Юта. В Озерном округе на западе Англии также произошло сводовое поднятие, но несколько меньшей амплитуды, чем в горах Блэк-Хилс.

Останцовые плато. Вследствие действия эрозионно-денудационных процессов на месте любой возвышенной территории формируются горные ландшафты. Степень их выраженности зависит от исходной высоты. При разрушении высоких плато, как, например, Колорадо (на юго-западе США), формируется сильно расчлененный горный рельеф. Плато Колорадо шириной в сотни километров было поднято на высоту около 3000 м. Эрозионно-денудационные процессы еще не успели целиком его трансформировать в горный ландшафт, однако в пределах некоторых крупных каньонов, например Большого каньона р. Колорадо, возникли горы высотой в несколько сотен метров. Это эрозионные останцы, которые пока еще не денудированы. По мере дальнейшего развития эрозионных процессов плато будет приобретать все более выраженный горный облик. При отсутствии повторных поднятий любая территория в конце концов будет сnivelирована и превратится в низкую монотонную равнину. Тем не менее даже там сохраняются изолированные холмы, сложенные более устойчивыми породами. Такие останцы называются монадками по названию горы Монаднок в Нью-Хэмпшире (США).

Вулканические горы бывают разных типов. Распространенные почти во всех районах земного шара, вулканические конусы образуются за счет скопления лавы и обломков горных пород, изверженных через длинные цилиндрические жерла силами, действующими глубоко в недрах Земли. Показательные примеры вулканических конусов — горы Майон на Филиппинах, Фудзияма в Японии, Попокатепетль в Мексике, Мисти в Перу, Шаста в Калифорнии и др. Пепловые конусы имеют сходное строение, но не так высоки и сложены в основном вулканическими шлаками — пористой

вулканической породой, внешне похожей на пепел. Такие конусы представлены близ Лассен-Пика в Калифорнии и на северо-востоке Нью-Мексико. Щитовые вулканы формируются при повторных излияниях лавы. Обычно они не столь высоки и имеют не столь симметричное строение, как вулканические конусы. Много щитовых вулканов на Гавайских и Алеутских островах. В некоторых районах очаги вулканических извержений были настолько сближены, что изверженные породы образовали целые хребты, соединившие первоначально обособленные вулканы. Цепи вулканов встречаются в длинных узких зонах. Наиболее известный пример — цепь вулканических Гавайских островов протяженностью свыше 1600 км. Все эти острова образовывались в результате излияний лавы и извержений обломочного материала из кратеров, располагавшихся на дне океана. Если вести отсчет от поверхности этого дна, где глубины составляют около 5500 м, то некоторые из вершин Гавайских островов войдут в число высочайших гор мира. Мощные толщи вулканических отложений могут быть отпрепарированы реками или ледниками и превратиться в изолированные горы или группы гор. Характерный пример — горы Сан-Хуан в Колорадо. Активная вулканическая деятельность здесь проявлялась во время формирования Скалистых гор. Лавы различных типов и вулканические брекчии в этом районе занимают площадь более 15,5 тыс. кв. км, а максимальная мощность вулканических отложений превышает 1830 м. Под влиянием ледниковой и водной эрозии массивы вулканических пород были глубоко расчленены и превратились в высокие горы. Вулканические породы в настоящее время сохранились только на вершинах гор. Ниже обнажаются мощные толщи осадочных и метаморфических пород. Горы такого типа встречаются на отпрепарированных эрозией участках лавовых плато, в частности Колумбийского, расположенного между Скалистыми и Каскадными горами.

По происхождению горы могут быть разделены на:

- 1) дислокационные, или тектонические,
- 2) насыпные, или аккумуляционные, и
- 3) эрозионные.

Аккумулятивные образования, за исключением вулканических конусов, редко достигают сколько-нибудь значительной величины и будут рассмотрены нами в главах о вулканах, ледниках и пустынях (формы эоловой аккумуляции).

Эрозия тоже сравнительно редко создает из первоначально ровной поверхности настоящий горный ландшафт. Чаще путем эрозионного расчленения получается лишь холмистая страна, которую удобно рассматривать как преобразованную равнину.

Сравнительное изучение геологической истории горных стран показывает, что первичным типом тектонических гор являются горы складчатые, образовавшиеся в результате смятия пластов в складки действием тангенциального горообразовательного давления.

Горы, основные черты рельефа которых обусловлены вертикальными смещениями отдельных глыб расколовшейся литосферы по плоскостям

сбросов, - сбросовые, или глыбовые, горы - возникают обычно в некогда уже смятых в складки областях в результате повторного горообразовательного процесса.

Геологическая летопись Земли.

Все горные породы имеют абсолютный и относительный возраст. По условиям залегания осадочных горных пород можно определить их относительный возраст: как правило, вышележащие слои отложились позднее слоев, залегающих ниже, и, соответственно, имеют более молодой возраст. Современными научными методами можно определить и абсолютный возраст пород, то есть количество лет, прошедшее со времени их образования. Древнейшие из известных на Земле горных пород имеют абсолютный возраст около 3,8 млрд. лет. Определить возраст можно по законсервированным в породах остаткам ископаемых растений и животных.

На основе изучения горных пород всю геологическую историю Земли ученые разделили на крупные временные отрезки и назвали их эрами. Каждой эре характерен свой этап развития земной коры и органического мира продолжительностью в несколько десятков или сотен миллионов лет. Название эры отражает время и характер существовавшей тогда жизни: архейская (древнейшая жизнь), протерозойская (время простой ранней жизни), палеозойская (эра древней жизни), мезозойская (эра средней жизни) и кайнозойская (эра новой жизни). В свою очередь эры разделены на менее длительные отрезки времени - периоды. Все эти временные отрезки сведены в единую геохронологическую шкалу - шкалу геологической истории.

Названия периодов происходят или от названия горных пород, характерных для этого времени (например, каменноугольный период в палеозое или меловой период в мезозое), или от тех местностей (например, пермский период назван по исторической Пермской Земле, находившейся в предгорьях Урала), в которых исследованы горные породы. Названия периодов - ордовик и силур - происходят от названий древних племен, обитавших на территории нынешней Великобритании еще во времена Римской империи. Геологический период, в котором мы сейчас и живем, так и называется антропогенный - это время появления человека на Земле (от греческого слова "антропос" - "человек").

Минеральные ресурсы.

Полезные ископаемые, как и рельеф, формируются в ходе геологической истории под воздействием внутренних и внешних сил. Отмечается тесная связь размещения полезных ископаемых с геологическим строением и тектоникой. Природные скопления полезных ископаемых, пригодные для разработки (добычи), называются месторождениями.

Рудные полезные ископаемые образовались в основном из магмы, проникшей в земную кору. Поэтому их больше всего в горных складчатых областях, где внедрение магмы было наиболее частым, особенно в периоды активных тектонических движений. Особенно много месторождений разрабатывается в районах разрушенных гор. Здесь их легче находить и дешевле добывать руды металлов, так как магматические породы, прежде

залегавшие на большой глубине, оказываются на самой поверхности. Осадочный чехол платформ наиболее богат полезными ископаемыми осадочного происхождения, образованными на дне древних морей, мелководных лагун и болот. К таким ископаемым относятся горючие: уголь, нефть, газ, торф, горючие сланцы, а также фосфориты, бокситы, соли и разнообразные строительные материалы.

Состав земной коры.

В настоящее время земная кора наиболее изучена на глубину до 15—20 км. По результатам анализа многочисленных образцов горных пород и минералов, выходящих на поверхность земли при горообразовательных процессах, а также взятых из горных выработок, глубоких буровых скважин и обнажений, был вычислен средний состав химических элементов земной коры.

Химический состав земной коры.

Наибольшее распространение в земной коре имеют 46 элементов, из них 8 составляют 97,2—98,8% ее массы, 2 (кислород и кремний) — 75% от общей массы Земли.

Распределение химических элементов в процентах от массы земной коры (по А. Е. Ферсману) следующее:

Кислород 49,13

Кремний 26,00

Алюминий 7,45

Железо 4,20

Кальций 3,25

Натрий 2,40

Магний 2,35

Цинк 0,020

Бор 0,010

Медь 0,010

Иттрий 0,005

Бериллий 0,003

Цезий 0,0029

Первые 13 элементов (за исключением титана), наиболее часто встречающиеся в земной коре, входят в состав органического вещества растений, участвуют во всех жизненно необходимых процессах и играют важную роль в плодородии почв. Большое количество элементов, участвующих в химических реакциях в недрах Земли, приводит к образованию самых разнообразных соединений.

Минералы.

Минералом называется всякое встречающееся в земной коре природное (естественное) однородное тело, имеющее более или менее постоянный химический состав и определенные физические свойства.

Минералы и их образование. Минерал в переводе с латинского *minera* означает руда. В настоящее время известно около 3 тыс. минералов. Минералы, встречающиеся в твердом виде, делятся на аморфные, или

некристаллические (асфальт, лед, опал), и кристаллические (полевой шпат, горный хрусталь, гипс). В аморфных минералах атомы (ионы) или молекулы расположены беспорядочно, в кристаллах — по определенному закону, образующему структуру кристалла, или его кристаллическую решетку. Наиболее часто встречающиеся минералы, входящие в существенных количествах в горные породы, называются породообразующими.

Минералы по условиям происхождения делят на эндогенные и экзогенные. Эндогенные минералы образуются в результате физико-химических процессов, проходящих в магме вблизи поверхности Земли. Примером эндогенных минералов могут быть полевые шпаты, оливин, пироксен, кварц и др. Экзогенные минералы образуются в самых верхних частях земной коры или на поверхности Земли в результате выветривания (разрушения и преобразования) эндогенных минералов. Экзогенные минералы делят на глинистые, образующиеся при выветривании (см. главу III), минералы химических осадков, образующиеся в мелких соленосных водоемах при кристаллизации (гипс, сульфит, сильвинит), и биогенные, образующиеся в результате разложения органических остатков (калиевая селитра, сера, иногда пирит, марказит).

Все минералы классифицируются в зависимости от химического состава и делятся на пять типов, которые приведены ниже (по Е. К. Лазаренко):

1. Тип простых веществ (металлы и неметаллы, группы меди и железа и др.)
2. Тип сульфидов (группы сфалерита, галенита, молибдена и др.)
3. Тип кислородных соединений (окислы, гидроокислы, силикаты, алюмосиликаты, бораты, фосфаты, карбонаты, сульфаты и др.)
4. Тип галоидов (фториды, хлориды)
5. Тип органических соединений

Физические свойства минералов. При подробном изучении минералов исследуют их химический состав, расположение атомов, образование кристаллов, форма и свойства которых зависят от закономерностей расположения атомов и молекул. При этом используют современные химические, физические и оптико-механические методы исследования. Однако минералы часто можно определять в полевых условиях, используя восемь внешних признаков, основанных на физических свойствах: цвет, цвет черты, прозрачность, блеск, твердость, плотность, спайность и излом.

Цвет зависит от химического состава и физического состояния минералов и может быть самым разным. У одного и того же минерала цвет более или менее постоянный.

Цвет черты — цвет минерала в раздробленном состоянии — обычно определяют на шероховатой поверхности фарфоровой чашки. Он может отличаться от цвета самого минерала.

Прозрачность — способность минерала пропускать свет. Различают прозрачные (хрусталь, кальцит), полупрозрачные, просвечивающие (опал) и непрозрачные (авгит, лимонит, боксит) минералы.

Блеск — способность минерала отражать свет. Различают блеск металлический (пирит, железо), стеклянный (кварц, полевой шпат), жирный (графит, тальк), шелковистый (волокнистый гипс, асбест), матовый; землистые минералы не имеют блеска.

Твердость — способность противостоять разрушению при царапании одного минерала о другой. Различают десять степеней твердости, для установления которых используют набор минералов шкалы Мооса. Твердость минерала выражается цифрой, обозначающей принадлежность его к той или иной группе шкалы твердости:

1. Тальк— $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
2. Гипс— $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
3. Кальцит — CaCO_3
4. Флюорит— CaF_2
5. Апатит— $9\text{CaO} \cdot 3\text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{Ca}[\text{F}_2, (\text{OH})_2, \text{CO}_3, \text{Cl}_2]$
6. Ортоклаз— $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ 7. Кварц— SiO_2
8. Топаз— $2(\text{Al}, \text{F})\text{OSiO}_3$
9. Корунд— Al_2O_3
10. Алмаз—C

При определении твердости на невыветренной стороне минерала чертят последовательно каждым образцовым минералом до тех пор, пока не обнаружится царапина. Твердость искомого минерала будет находиться между твердостью двух последних образцовых (из шкалы Мооса) минералов: последнего, не дающего царапины, и первого, образующего царапину на испытуемом минерале; при равной твердости минералы царапин не образуют.

Твердость можно определять предметами, находящимися под рукой, например мягким карандашом, который имеет твердость 1, ногтем — 2, бронзовой монетой — 3,5—4,0, стеклом—5, перочинным ножом — 6, напильником — 7.

Плотность определяют в лаборатории. При полевом исследовании минералы по плотности разделяют на легкие, средние и тяжелые. Легкие (до 2,5 г/см³) — графит, сера; средние (2,5 — 4,0 г/см³)—кварц, полевой шпат; тяжелые (более 4 г/см³)—гематит, магнетит и очень тяжелые — свинцовый блеск.

Спайность — свойство минералов колотья по плоскостям, имеющим строго ориентированное направление по осям и граням. При расколе по направлению плоскостей спайности возникают ровные блестящие поверхности. Таких поверхностей может быть от одной до трех. Различают спайность весьма совершенную, если минерал расщепляется на тонкие листочки или волокна (асбест, слюды); совершенную — минералы раскалываются на пластинки с блестящими плоскостями в трех направлениях и несовершенную — минералы раскалываются с образованием блестящей поверхности в одном направлении, а в других образуют излом. У значительного числа минералов образуется излом, т. е. спайность отсутствует.

Излом — характер поверхности, образующейся при раскалывании минерала. Различают изломы ровный, неровный, раковистый, занозистый, землистый.

Главнейшие минералы и их свойства. Из 3 тыс. минералов около 20 имеют наибольшее распространение, участвуя в образовании горных пород и почв. Наиболее распространенными породообразующими минералами являются полевые шпаты (60% всех минералов), кварц (около 10%), пироксены, оливин, слюды. В почвах наиболее часто встречаются кварц, полевые шпаты, гидроокислы железа, кальцит, монтмориллонит, каолинит и др. Ниже приводится краткое описание минералов, наиболее распространенных в почвах и породах.

Пирит FeS_2 (железный колчедан) — сернистое соединение, соломенно-желтый, черта черпая, непрозрачный, блеск металлический, плотность 5 г/см³, твердость 6—6,5, спайность совершенная, излом неровный. Происхождение гидротермальное.

К галоидным соединениям относятся каменная соль, сильвинит, карналлит. Каменная соль NaCl очень часто встречается в природе. Растворима в воде. Бесцветна, сероватого, белесоватого, розоватого оттенков, прозрачна, блеск стеклянный, плотность 2,1—2,2 г/см³, твердость 2,5, спайность совершенная, излом ровный, образуется в мелководных соленых водоемах, осадочный минерал химического происхождения.

Сильвинит KCl , NaCl — белый, желтый, красноватый, прозрачный, полупрозрачный, блеск стеклянный, плотность 1,97—1,99 г/см³, твердость 1,5—2, спайность совершенная, ровный, происхождение, как у каменной соли.

Карналлит KCl , $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, каинит KCl , $\text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ — применяют в качестве калийных удобрений. В форме вторичных минералов они входят в состав засоленных почв. Происхождение то же. Используются в качестве удобрений K и Mg и как источник промышленной добычи Mg и K .

В состав окислов входят кварц, лимонит, боксит и др.

Кварц SiO_2 составляет 10% всей массы земной коры. К этой же группе относятся горный хрусталь, аметист, опал. Цвет различный, прозрачный, полупрозрачный, блеск стеклянный, плотность 2,65 г/см³, твердость 7, спайность отсутствует, излом раковистый. При выветривании кварца образуются песок, пыль.

Лимонит $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ — очень часто встречающийся минерал, содержащийся в почвах. Цвет ржаво-бурый, черта ржавая, бурая, непрозрачный, излом землистый, плотность 3,4—4 г/см³, твердость 5. Встречается в виде плотных землистых масс. Имеет осадочное происхождение, образуется при выветривании магнетита и гематита. Используется в качестве железной руды.

Боксит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — красный, розовый, белый в зависимости от присутствия железа, часто глиноподобный, плотность 2 г/см³, твердость 3. Лимонит и боксит образуются в почвах в форме полугидратов окислов. Имеют осадочное происхождение.

Кальцит, или известковый шпат, CaCO_3 — белый, желтый, сероватый, полупрозрачный, матовый, блеск шелковистый или стеклянный в зависимости от степени кристаллизованности, плотность 3 г/см³, твердость 3—3,5, спайность совершенная. Углекислый кальций является основным минералом многих горных пород. К ним относятся известняки, ракушечники, мраморы. Происхождение CaCO_3 различное.

Используется в качестве известкового удобрения, поделочного и строительного камня.

Доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ — разного цвета (от белого до бурого), полупрозрачный, блеск матовый, стеклянный, шелковистый, плотность 2,8—2,9 г/см³, твердость 2,5—4,0, спайность совершенная, излом неровный. Встречается в виде мраморовидных масс, а в почвах — в форме вторичных минералов. Осадочного происхождения. Используется как удобрение.

Силикаты и алюмосиликаты составляют 80% массы земной коры. Наибольшее распространение имеют полевые шпаты: ортоклаз, анортит, альбит, микроклин и Лабрадор.

Ортоклаз $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ — розовый, кремовый, реже серый, полупрозрачный, блеск стеклянный, плотность 2,6 г/см³, твердость 6, спайность совершенная, излом ровный.

Микроклины — это ортоклаз с примесью рубидия и цезия, всегда имеет зеленоватый цвет.

Альбит $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ — имеет такие же свойства, как ортоклаз, цвет белый.

Анортит $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ — серый, полупрозрачный, блеск стеклянный, плотность 2,7 г/см³, твердость 6,0—6,5, спайность совершенная.

Мусковит $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — бесцветный, прозрачный, блеск стеклянный, плотность 2,7—3 г/см³, твердость 2—3, спайность весьма совершенная, распадается на листочки.

Биотит $\text{K}_2\text{O} \cdot 4(\text{Mg, Fe})\text{O} \cdot 2(\text{Al, Fe})_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — черная железомagneзиональная, черная или черно-зеленая слюда в толстых пластинках. Непрозрачна, блеск стеклянный или перламутровый, плотность 3 г/см³, твердость 2,5—3,0, спайность весьма совершенная в одном направлении. Входит в состав горных пород: гранитов, трахитов, гнейсов.

Оливин $2(\text{Mg, Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ — оливково-зеленый, блеск стеклянный, плотность 3,3—3,4 г/см³, твердость 6,5—7,0, спайность несовершенная, излом неровный.

Роговая обманка $\text{Ca}_3\text{Na}_2(\text{Mg, Fe})_9(\text{Al, Fe})_2\text{Si}_5\text{O}_{44}(\text{OH})_4$ — чаще всего черный, темно-зеленый, непрозрачный, блеск шелковистый, игольчатый, плотность 3—3,5 г/см³, твердость 5,5—6,0, спайность совершенная, излом занозистый. Входит в состав многих горных пород.

Авгит — $\text{Ca}(\text{Mg, Fe, Al}) \cdot (\text{Al, Si})_2\text{O}_6$ — черный, зеленовато-черный, кристаллы мелкие, сплошные, плотность 3,2—3,6 г/см³, твердость 5,5—6,0.

Из всех вышеперечисленных силикатов и алюмосиликатов образуются глинистые минералы почв.

Глауконит SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , K_2O , H_2O — от темно-зеленого до черного, оливковый, блеск матовый, плотность 2,2—2,8 г/см³, твердость 2—3. Встречается в песках, глинах, приобретающих вследствие его присутствия зеленую окраску.

Каолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — белый, непрозрачный, землистый, плотность 2,6 г/см³, твердость 1, жирный на ощупь. Кристаллы плоские, чешуйчатые. Образует землистые массы. Плохо поглощает влагу. Используется для изготовления фарфора.

Фосфорит $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ — встречается в форме конкреций, желваков. Образуется по дну мелководных частей моря. Черный, непрозрачный, матовый, излом игольчатый, землистый, плотность 2,2—3,2 г/см³, твердость 2—6, спайность — от несовершенной у землистых отложений до совершенной у конкреций, излом неровный. Используется как фосфорное удобрение.

Вивианит $3\text{FeO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ — встречается на дне заболачивающихся водоемов в форме землистых скоплений. Зеленоватый, синий, землистый, плотность 2 г/см³, твердость 1,5.

Монтмориллонит $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — розоватый, серый, мягкий, слоистый, обладает способностью сильно набухать при поглощении влаги. Широко распространен в почвах, глинах, морских осадках. Все эти минералы имеют осадочное происхождение.

Из минералов, играющих заметную роль в почвообразовании, следует назвать также апатит $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$, фтор-апатит — бесцветный, зеленый, желтоватый, белый, фиолетовый, желтый (для мелкозернистых масс), блеск стеклянный, плотность 3,2 г/см³, твердость 5, излом неровный или раковистый, спайность несовершенная. Используется для приготовления суперфосфата. Магматический минерал гидротермального или контактового происхождения.

Фосфорит, апатит и вивианит используются в качестве фосфорных удобрений длительного действия. Они могут образовываться в почвах при взаимодействии солей Ca^{2+} и Mg^{2+} с фосфорной кислотой.

Наиболее часто в природе и почвах встречается гипс $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — бесцветный, прозрачный или полупрозрачный, блеск стеклянный или шелковистый, плотность 2—3 г/см³, твердость 2. Наиболее часто образуется в почвах при засушливом климате и в засоленных почвах.

Значение минералов в жизни растений и в почвообразовании огромно. Можно считать, что мы живем в мире минералов, которые под влиянием живой природы испытывают многообразные превращения. Такие минералы, как кварц, опал, очень устойчивы и при разрушении лишь измельчаются, образуя песок и пыль. Алумосиликатные и силикатные минералы под воздействием природных кислот образуют вторичные глинистые минералы типа каолинита, монтмориллонита и др.

Многие минералы (сильвинит, карналлит, гипс, кальцит, фосфориты, апатиты и различные селитры и др.) оказываются для растений совершенно необходимыми, поскольку содержат элементы питания. Породы, содержащие эти минералы, часто используются в качестве удобрений.

Горные породы.

При различных процессах, протекающих как в недрах Земли, так и на ее поверхности, образуются соединения, сплавы, механические смеси, состоящие из нескольких минералов, называемые горными породами. Горные породы классифицируют по происхождению и химическому составу. По происхождению выделяют магматические, осадочные и метаморфические породы.

Магматические горные породы подразделяют на интрузивные — глубинные и эффузивные — излившиеся. Интрузивные горные породы образуются в недрах земли в условиях высоких давлений и очень медленного остывания. Они обычно имеют ясно выраженную кристаллическую структуру. Эффузивные горные породы образуются при излиянии на поверхность Земли расплавленной магмы, которая быстро остывает в условиях относительно невысоких температур и давления.

По химическому составу магматические горные породы делятся в зависимости от содержания в них кремнекислоты на кислые с содержанием SiO_2 более 65%, средние — 55—65%, основные — 40—55% и ультраосновные — менее 40%. Кислые породы, как правило, имеют светлый цвет, основные, наоборот, — темный. К кислым породам можно отнести граниты (глубинные), пемзы и вулканическое стекло (излившиеся), к основным — базальт и трахит (излившиеся), габбро (глубинные).

Наибольшее распространение в земной коре имеют граниты, составляющие примерно 30% массы земной коры. Граниты состоят в основном из трех минералов: кварца, полевого шпата и слюды (или роговой обманки). Кристаллы ясно выражены. Андезиты — излившиеся породы, средние по содержанию SiO_2 , с вкраплениями из полевых шпатов (альбита, анортита), роговой обманки, слюд и пироксена — составляют около 25% массы земной коры. В состав базальтов входят преимущественно полевые шпаты, пироксен, оливин. Общая масса базальтов равна приблизительно 20% массы земной коры. На долю всех остальных горных пород приходится только несколько процентов.

Осадочные горные породы образуются при механическом и химическом разрушении магматических пород под действием воды, воздуха и органического вещества.

По происхождению они делятся на три группы: обломочные, химические и органические. Обломочные горные породы образуются при процессах разрушения, переноса и отложения обломков горных пород. Это чаще всего каменистые осыпи, галечники, пески, суглинки, глины и лёссы. Обломочные породы по крупности разделяются на крупнообломочные, или грубообломочные, размером более 2 мм (остроугольные обломки — дресва, щебень, сцементированные глинистыми сланцами, образуют брекчии, а окатанные — гравий, галька — конгломераты), среднеобломочные размером от 2 до 0,5 мм (образуют пески), мелкообломочные, или пылеватые (образуют лёссы), тонкообломочные, или глинистые, размером менее 0,001 мм (при уплотнении превращаются в глинистые сланцы).

Осадочные породы химического происхождения — соли и отложения, образующиеся в насыщенных водных растворах, — имеют слоистое строение, состоят из галоидных, сернокислых и карбонатных минералов. Они могут образовываться в смеси с обломочными и органическими отложениями. К ним относятся каменная соль, гипс, карналлит, опоки, мергель, фосфориты, железо-марганцевые конкреции и т. д. Опоки представляют смесь аморфного кремнезема и глинистого вещества, легко раскалываются на острые обломки светлой окраски, нередко режутся ножом.

Мергель образуется при вымывании из известняков карбоната кальция, содержит глинистые частицы, часто плотный, светлый. Железо-марганцевые конкреции образуются из коллоидных растворов и под действием микроорганизмов создают ша-риковидные залежи железных руд. Фосфориты образуются в форме шишковидных конкреций неправильной формы, при слиянии которых возникают фосфоритные плиты — залежи фосфоритовых агглюмератов серого и буроватого цветов. Используются в качестве удобрений.

Горные породы органического происхождения широко распространены в природе — это остатки животных и растений: кораллы, известняки, ракушечники, радиоляриевые, диатомовые и различные черные органические илы, торф, каменные и бурые угли, нефть. Метаморфические горные породы — это магматические и осадочные горные породы, измененные температурой, давлением и химически активными веществами. Метаморфоз горных пород происходит под влиянием давления, возникающего при горообразовательных процессах, повышения температуры, вызванного внедряющейся в литосферу магмой, горячих водных растворов и газов, несущих новые химически активные соединения, а также давления вышележащих горных пород. Так, при накоплении осадочных горных пород мощностью 10—14 км нижние слои их испытывают огромное давление, сопровождающееся повышением температуры и перекристаллизацией всего материала. В результате из глин образуются сначала сланцы, а затем гнейсы, напоминающие по составу гранит. Состав гнейсов различен. Из песков в присутствии соединений железа сначала образуются песчаники, очень легко рассыпающиеся при приложении небольших усилий, а затем кварциты, т. е. кристаллическая горная порода. Кварциты и гнейсы сохраняют слоистое строение, характерное для осадочных пород. Известняки при перекристаллизации образуют мрамор.

Таким образом, процессы метаморфизма (превращения) как бы заключают цикл изменений, происходящих с горными породами.

3. Типы земной коры.

Земная кора — внешняя твердая оболочка Земли (геосфера). Ниже коры находится мантия, которая отличается составом и физическими свойствами — она более плотная, содержит в основном тугоплавкие элементы. Разделяет кору и мантию граница Мохоровичича, или сокращенно Мохо, на которой происходит резкое увеличение скоростей сейсмических волн. С внешней стороны большая часть коры покрыта гидросферой, а меньшая находится под воздействием атмосферы. Кора есть на Марсе и Венере, Луне и многих спутниках планет-гигантов. На Меркурии, хотя он и принадлежит к

планетам земной группы, кора земного типа отсутствует. В большинстве случаев она состоит из базальтов. Земля уникальна тем, что обладает корой двух типов: континентальной и океанической. Масса земной коры оценивается в $2,8 \cdot 10^{19}$ тонн (из них 21 % — океаническая кора и 79 % — континентальная). Кора составляет лишь 0,473 % общей массы Земли.

Океаническая кора состоит главным образом из базальтов. Согласно теории тектоники плит, она непрерывно образуется в срединно-океанических хребтах, расходуется от них и поглощается в мантию в зонах субдукции. Поэтому океаническая кора относительно молодая, и самые древние её участки датируются поздней юрой.

Толщина океанической коры практически не меняется со временем, поскольку в основном она определяется количеством расплава, выделившегося из материала мантии в зонах срединно-океанических хребтов. До некоторой степени влияние оказывает толщина осадочного слоя на дне океанов. В разных географических областях толщина океанической коры колеблется в пределах 5-7 километров.

В рамках стратификации Земли по механическим свойствам, океаническая кора относится к океанической литосфере. Толщина океанической литосферы, в отличие от коры, зависит в основном от её возраста. В зонах срединно-океанических хребтов астеносфера подходит очень близко к поверхности, и литосферный слой практически полностью отсутствует. По мере удаления от зон срединно-океанических хребтов толщина литосферы сначала растёт пропорционально её возрасту, затем скорость роста снижается. В зонах субдукции толщина океанической литосферы достигает наибольших значений, составляя 130-140 километров.

Континентальная кора имеет трёхслойное строение. Верхний слой представлен прерывистым покровом осадочных пород, который развит широко, но редко имеет большую мощность. Большая часть коры сложена под верхней корой — слоем, состоящим главным образом из гранитов и гнейсов, обладающим низкой плотностью и древней историей. Исследования показывают, что большая часть этих пород образовались очень давно, около 3 миллиардов лет назад. Ниже находится нижняя кора, состоящая из метаморфических пород — гранулитов и им подобных.

Земную кору составляет сравнительно небольшое число элементов. Около половины массы земной коры приходится на кислород, более 25% — на кремний. Всего 18 элементов: O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, H, Ti, C, Cl, P, S, N, Mn, F, Ba — составляют 99,8 % массы земной коры.

Определение состава верхней континентальной коры стало одной из первых задач, которую взялась решать молодая наука геохимия. Собственно из попыток решения этой задачи и появилась геохимия. Эта задача весьма сложна, поскольку земная кора состоит из множества пород разнообразного состава. Даже в пределах одного геологического тела состав пород может сильно варьировать. В разных районах могут быть распространены совершенно разные типы пород. В свете всего этого и возникла задача определения общего, среднего состава той части земной коры, что выходит на

поверхность на континентах. С другой стороны, сразу же возник вопрос о содержательности этого термина.

Первая оценка состава верхней земной коры была сделана Кларком. Кларк был сотрудником геологической службы США и занимался химическим анализом горных пород. После многих лет аналитических работ, он обобщил результаты анализов и рассчитал средний состав пород. Он предположил, что многие тысячи образцов, по сути, случайно отобранных, отражают средний состав земной коры (см. Кларки элементов). Эта работа Кларка вызвала фурор в научном сообществе. Она подверглась жёсткой критике, так как многие исследователи сравнивали такой способ с получением «средней температуры по больнице, включая морг». Другие исследователи считали, что этот метод подходит для такого разнородного объекта, каким является земная кора. Полученный Кларком состав земной коры был близок к граниту.

Следующую попытку определить средний состав земной коры предпринял Виктор Гольдшмидт. Он сделал предположение, что ледник,двигающийся по континентальной коре, соскребаёт все выходящие на поверхность породы, смешивает их. В результате породы, отлагающиеся в результате ледниковой эрозии, отражают состав средней континентальной коры. Гольдшмидт проанализировал состав ленточных глин, отлагавшихся в Балтийском море во время последнего оледенения. Их состав оказался удивительно близок к среднему составу, полученному Кларком. Совпадение оценок, полученных столь разными методами, стало сильным подтверждением геохимических методов.

Впоследствии определением состава континентальной коры занимались многие исследователи. Широкое научное признание получили оценки Виноградова, Ведеполья, Ронова и Ярошевского.

Некоторые новые попытки определения состава континентальной коры строятся на разделении её на части, сформированные в различных геодинамических обстановках.

Граница между верхней и нижней корой.

Для изучения строения земной коры применяются косвенные геохимические и геофизические методы, но непосредственные данные можно получить в результате глубинного бурения. При проведении научного глубинного бурения часто ставится вопрос о природе границы между верхней (гранитной) и нижней (базальтовой) континентальной корой. Для изучения этого вопроса в СССР была пробурена Саатлинская скважина. В районе бурения наблюдалась гравитационная аномалия, которую связывали с выступом фундамента. Но бурение показало, что под скважиной находится интрузивный массив. При бурении Кольской сверхглубокой скважины граница Конрада также не была достигнута. Недавно (2005) в печати обсуждалась возможность проникновения к границе Мохоровичича и в верхнюю мантию с помощью самопогружающихся вольфрамовых капсул, обогреваемых теплом распадающихся радионуклидов.

4. Внутренние и внешние силы Земли.

Внутренние силы земли.

Движение литосферных плит приводит к образованию складчатых областей, прогибов, растяжений в земной коре. Тектонические движения приводят к расколам земной коры, появлению разрывных нарушений её пластов и образованию складок. По линиям разломов поднимаются и опускаются участки поверхности. Вулканизм создаёт свои особые формы рельефа. Землетрясения могут катастрофически изменить уже созданный рельеф.

Внешние силы земли.

Деятельность внешних сил в целом ведет к разрушению горных пород, слагающих земную поверхность, и сносу продуктов разрушения с высоких мест на более низкие. Этот процесс называется денудацией. Снесённый материал накапливается в низких местах — долинах, котловинах, впадинах. Этот процесс называется аккумуляцией - прим. от geoglobus.ru. Разрушение горных пород вблизи поверхности Земли под действием разных факторов — выветривание подготавливает материал для перемещения.

Особенно велика роль воды, попавшей в трещины, почти всегда имеющиеся в горных породах. Замерзая, она расширяет, раздвигает края трещины; оттаивая, вытекает из неё, унося с собой разрушенные частицы.

Ветер, перенося песок с места на место, не только расширяет трещины, но и шлифует их, обтачивает поверхности скал, создавая причудливые фигуры. Там, где ветер стихает, в ветровой «тени», например за скалой или за кустарником, песок накапливается. Создаётся новая форма рельефа, которая со временем даст начало бархану — песчаному холму. Такие образования называют эоловыми формами рельефа, по имени древнегреческого бога Эола, повелителя ветров.

Свою лепту в изменение рельефа вносят морские волны и приливы. Они разрушают берега, уносят разрушенный материал и перемещают его на разные расстояния вдоль берега, формируя прибрежные валы и пляжи, постоянно меняют береговую линию.

На поверхности горных ледников и в их толще перемещаются обломки пород, песок, пыль с окрестных скал и склонов долин. При таянии ледника весь этот материал ложится на земную поверхность - прим. от geoglobus.ru. Сама ледяная масса способна оказывать сильное формирующее действие на рельеф. Под её воздействием образуются ледниковые долины корытообразной формы — трюги, остроконечные пики — карлинги, огромные насыпные валы — морены.

В последние столетия человек настолько активно влияет на окружающую природную среду, что сам становится мощной внешней силой. Вредные выбросы в атмосферу промышленных предприятий приводят к возникновению кислотных дождей.

Возбуждаемые энергией солнечных лучей и силой тяжести экзогенные силы, с одной стороны, разрушают формы, созданные эндогенными силами, с другой - создают новые формы. В этом процессе выделяют: 1) разрушение горных пород (выветривание - оно не создает формы рельефа, а

подготавливает материал), 2) удаление разрушенного материала, обычно это снос вниз по склону (денудация) и 3) переотложение (аккумуляция) сносимого материала. Если при этом формируется практически ровная поверхность, говорят о пенепленизации.

Важнейшими агентами проявления внешних сил являются воздух и вода. Различают физическое, химическое и биогенное выветривание.

Физическое выветривание происходит из-за неодинакового расширения и сжатия частиц горных пород при колебаниях температуры. Особенно интенсивно оно в переходные сезоны и в районах с континентальным климатом, большими суточными амплитудами температур - на нагорьях Сахары или в горах Сибири, при этом часто формируются целые каменные реки - курумы. Если в трещины пород проникает вода, а затем, застывая и расширяясь, увеличивает эти трещины, говорят о морозном выветривании.

Химическое выветривание - это разрушение горных пород и минералов под действием содержащихся в воздухе воде, породах и почвах активных веществ (кислорода, углекислоты, солей, кислот, щелочей и др.) в результате химических реакций. Для химического выветривания, напротив, благоприятны влажные и теплые условия, характерные для приморских районов, влажных тропиков и субтропиков.

Биогенное выветривание часто сводится к химическому и физическому воздействию на горные породы организмов.

Обычно наблюдается одновременно несколько видов выветривания, и когда говорят о физическом или химическом выветривании это не значит, что другие силы при этом не участвуют - просто название дается по ведущему фактору.

Вода - "скульптор лика земного" и один, из самых мощных агентов перестройки рельефа. Текучие воды воздействуют на рельеф, разрушая горные породы. Временные и постоянные водные потоки, реки и ручьи миллионы лет "вгрызаются" в земную поверхность, размывают ее (эрозия), перемещают и переоткладывают смытые частицы. Если бы не происходило постоянного поднятия земной коры, хватило бы всего 200 млн. лет, чтобы вода смыла все выступающие над морем участки и вся поверхность нашей планеты представляла бы единый безбрежный океан. Наиболее распространенными эрозионными формами рельефа являются формы линейной эрозии: речные долины, овраги и балки.

Для понимания процессов формирования таких форм важным является осознание того факта, что базис эрозии (место, куда стремится вода, уровень, на котором поток теряет свою энергию - для рек это устье или место впадения, или скальный участок в русле) изменяет свое положение с течением времени. Обычно он понижается при размывании рекой тех горных пород, по которым она протекает, особенно интенсивно это происходит при увеличении водности рек или тектонических колебаниях.

Овраги и балки образованы временными водотоками, возникающими после таяния снега или выпадения ливневых дождей. Между собой они

отличаются тем, что овраги - это постоянно растущие, врезающиеся в рыхлые породы, узкие крутосклонные рытвины, а балки - имеющие широкое днище и прекратившие свое развитие ложбины, заняты лугами или лесами.

Самые разнообразные формы рельефа создают реки. В речных долинах выделяют следующие формы: коренной берег (в его строении не участвуют речные наносы), пойму (часть долины, затопляемая в паводки или половодья), террасы (бывшие поймы, поднявшиеся над урезом в результате понижения базиса эрозии), старицы (участки реки, отделившиеся в результате меандрирования от прежнего русла).

Кроме природных факторов (наличия уклонов поверхности, легко размываемых грунтов, обильных осадков и т. д.), образованию эрозионных форм способствует нерациональная деятельность человека - сплошная вырубка лесов и распашка склонов.

Кроме воды важным фактором экзогенных сил является ветер. Обычно он обладает меньшей, чем вода силой, но работая с рыхлым материалом может творить чудеса. Формы, созданные ветром, называются эоловыми. Они преобладают в засушливых районах, или там, где засушливые условия были в прошлом (реликтовые эоловые формы). Это барханы (песчаные холмы серповидной формы) и дюны (холмы овальной формы), обточенные скалы.

Работа ледников.

Ледник – природное скопление движущегося льда территории суши. Ледниками занято более 11% площади суши Земли. Возникают они благодаря скоплению и последующей трансформации (метаморфизации) снега по следующей схеме: снег – фирн (зернистый лед) – глетчер (ледниковый лед).

Такие преобразования идут длительное время за счет следующих процессов: скопление и уплотнение снега; промачивание снега талыми водами, уплотнение и промерзание; сублимация (сухая возгонка льда и новая кристаллизация водяного пара). В итоге глетчерный лед приобретает структуру плотно упакованных равновеликих кристаллов, чем резко отличается ото льда озерного и морского. Для накопления 1 куб. метра глетчерного льда расходуется около 10 – 11 куб. метров снега. Существуют три главных типа ледников: горные, покровные и промежуточные. В строении каждого из них можно выделить две группы областей: области питания, где накапливаются снег и лед, и области стока, где лед движется и тает.

Горные ледники бывают четырех видов. Долинные (альпийские) имеют четко разделенные области питания и стока. В свою очередь, долинные ледники подразделяются на простые (одна область питания и одна стока) и сложные (языки из нескольких областей питания сливаются в одну общую область стока). Переметные ледники растекаются по разным склонам горы или хребта из одной, расположенной на вершине, области питания. Каровые ледники являются небольшими, залегают в мелких кресло-образных углублениях (карах) на затененной части склона, не имеют области стока. Висячие ледники также формируются в карах, но обладают короткой, нависающей над обрывом зоной стока.

Покровные (материковые, щитовые) ледники характеризуются огромной мощностью и площадью; рельеф подледной суши не влияет на распространение ледника и щитообразный рельеф его поверхности; область питания располагается в центре ледника, где его мощность максимальна; область стока расположена на периферии ледника, а само движение носит радиальный характер.

Промежуточные ледники бывают двух видов. Плоскогорные (скандинавские) залегают и движутся подобно материковым ледникам, но гораздо меньше их по объему. Предгорные ледники формируются в приполярье. Типично горные в горах, они спускаются к подножьям, где растекаются веером. Сливающиеся конусы выноса этих ледников и образуют сплошной предгорный ледник.

Всякий ледник сочетает в себе качества как хрупкого, так и пластичного тела. Движение ледников подобно движению воды, только происходит неизмеримо медленнее. Так, скорость сползания горных ледников обычно составляет несколько десятков сантиметров в сутки, хотя изредка она может достигать 100 – 150 м/сут. Ледники движутся благодаря приобретению пластических свойств, возникающих при давлении вышележащих ледовых масс на нижележащие. Чем толще лед (и выше давление), тем пластичнее становятся его нижние слои. Таким образом, ледник движется за счет выдавливания нижних слоев из-под верхних. В силу этого, ледник может даже преодолевать некоторые возвышения рельефа, перетекая через них. На движение горных ледников влияет еще и уклон поверхности суши. Трение о подстилающие горные породы сильнее всего тормозит движение маломощных краев ледникового потока. Поэтому быстрее всего наступает центральная часть – своеобразная стремнина ледника. Силы трения и разная скорость движения обуславливают возникновение многочисленных горизонтальных и вертикальных трещин в теле ледника. Эти трещины направлены как поперек, так и по движению ледника. В итоге, движущийся ледник по вертикали можно разделить на два слоя. Верхний хрупкий слой, толщиной до 50 – 60 метров, разбит трещинами на глыбы (блоки), которые скользят по нижележащему льду. В нижнем слое, где благодаря давлению ледник становится пластичным, трещин гораздо меньше, и движение льда носит характер пластического течения, хотя и здесь скорости потоков также отличаются (хотя бы из-за трения подошвы ледника о подстилающие породы, или из-за разной насыщенности слоев обломками переносимых пород). В результате, нижняя часть также разбивается внутренними сколами (преимущественно наклонными или горизонтальными трещинами), по которым с разной скоростью скользят и выдавливаются пластины и чешуи льда. Таким образом может происходить перемешивание как самого льда, так и переносимого ледником материала. Трещины, возникшие на поверхности и в теле ледника, играют роль каналов стока талых вод. Очевидно, что пленка жидкой воды, благодаря трению, существует и под днищем ледника.

Процессы работы ледников, накопленные ими отложения, и созданные ледниками формы рельефа называются гляциальными.

Разрушительная работа ледников называется экзарацией. Она осуществляется за счет воздействия на горные породы как самого льда, так и переносимых ледником обломков. Огромное значение при этом играют процессы морозного выветривания и эрозионной деятельности талых вод. Давление ледника и активное морозное выветривание в области питания ведут к дроблению пород. Обломки вмерзают в днище ледника и начинают вместе с ним перемещаться, царапая подстилающие породы. Так образуются ледниковые шрамы, указывающие направление движения ледника. Продолжающийся вынос обломков из области питания ведет к образованию кара – кресло-образного углубления на горном склоне. В результате роста или слияния каров возникают ледниковые цирки – обширные, подобные амфитеатрам впадины, окруженные крутыми склонами. Если кары или цирки опоясывают горную вершину, то она приобретает заостренную, с крутыми склонами форму, подобную обелиску. Такие горные вершины в областях оледенения называются пирамидальными. Наибольшая активность выпахающей работы ледника наблюдается там, где дно или склоны долины стока неровные, или где резко изменяется крутизна долины. Естественно, быстрее разрушаются участки, сложенные податливыми породами. Если ледник движется по ранее созданной речной долине, то и она подвергается коренной перестройке: поперечный профиль долины, из типичного для горных рек V-образного, становится U-образным, с широким дном и крутыми, часто отвесными склонами. Такие долины называются троговыми. За счет шлифовки в области стока ледника образуются бараньи лбы – выступы твердых пород, у которых обращенный в сторону ледника склон пологий и гладкий, а противоположный склон крутой и шероховатый. Если бараньи лбы занимают большую площадь, то возникает рельеф курчавых скал. В областях развития четвертичных покровных ледников, на территориях, сложенных мощным комплексом осадочных пород, к экзарационной работе ледника добавлялась еще и активная эрозионная деятельность талых ледниковых вод. В результате, речные долины, по которым полз ледник, углублялись. Происходили также многочисленные деформации пород ледникового ложа (смятие слоев в складки, образование разрывов и сбросов и др.). Такие нарушения ледником первоначального залегания пород называют гляциодислокациями.

Транспортная работа ледников заключается в переносе обломков самого разного размера: от глинистых частиц до глыб. Благодаря трению и морозному выветриванию форма и размеры переносимых частиц постепенно изменяются. На поверхности грубых обломков часто можно наблюдать ледниковые шрамы. Совокупность обломков, переносимых или отложенных ледником называется мореной. В зависимости от расположения в теле ледника, выделяют пять типов движущейся морены. Из них на поверхности ледника могут возникнуть три типа. Боковая морена, формирующаяся в горах, представлена насыпями, вытянутыми параллельно трущимся о горные склоны краям ледникового языка. Она образуется за счет поступления обломков с надледных частей горных склонов (скатывание продуктов выветривания, осыпи, обвалы).

Срединная морена также имеет вид насыпей, валов, но располагается в осевой части ледникового языка. Она возникает в горах при слиянии двух ледниковых потоков, во время которого соединяются две боковых морены. Следовательно, число валов срединной морены может сообщить о количестве слившихся воедино ледниковых потоков. Сплошная поверхностная морена полностью перекрывает поверхность ледника. Ее формирование может быть вызвано как перемешиванием материала при движении ледника по внутренним сколам, так и другими причинами. Кроме поверхностных, известны и другие типы движущихся морен. Внутренняя морена представлена внутри ледникового тела. Она накапливается либо в зоне питания ледника, когда обломки, скатывающиеся в ледниковый цирк с горных склонов, засыпаются новыми порциями снега. Либо поверхностная морена по трещинам попадает внутрь ледника. Донная морена выстилает подошву ледника. Возникает путем экзарации и вмораживания обломков в лед.

Ледниковая аккумуляция происходит по мере движения, а наиболее активно – при остановке и таянии ледника. При этом на территориях, занятых ледником и прилегающих к нему, формируется целый ряд генетических типов отложений, из которых наибольший объем занимают комплексы собственно-ледниковых, водно-ледниковых и озерно-ледниковых пород. Все они на земной поверхности распространены в зонах современного и древнего (четвертичного) оледенения.

Собственно-ледниковые (моренные, гляциальные) отложения представлены двумя главными генетическими типами: донной и конечной моренами. Их объединяет неотсортированность слагающего материала, наличие как грубых, так и мельчайших обломков, отсутствие или плохая выраженность слоистости, преобладание угловатых или плохо окатанных обломков. Вещественный состав морен зависит от состава подстилающих пород, мощности и особенностей динамики ледника и от других факторов. В горных областях абсолютно преобладают крупные обломки, а на равнинах, по мере удаления от гор, все большее значение принадлежит песчано-глинистым породам. Донная (основная) морена накапливается под днищем ледника только во время его наступания. Поэтому количество горизонтов донной морены на какой-либо территории свидетельствует о числе имевших здесь место ледниковых покровов. Осаждение материала донной морены на поверхность происходит из-за перенасыщения подошвы ледника обломками или по другим причинам. Содержащиеся в ней грубые обломки обычно вытянуты по направлению движения ледника. В рельефе равнинных областей донная морена древних оледенений представлена полого-волнистыми, реже полого-холмистыми или плоскими равнинами. Конечная (краевая) морена отлагается при остановке и таянии ледника. Накопление ее происходит путем осыпания обломков с края тающего ледника, или путем выдавливания горных пород из-под тела или края ледника. В последних случаях отложения конечной морены характерны гляциодислокации. В рельефе данный тип осадков представлен крупными холмами, группирующимися в гряды, вытянутые вдоль края ледника. С областями развития гляциальных отложений

связано наличие на дневной поверхности эрратических (блуждающих) валунов, по составу которых возможно определение местоположения зоны питания или траектории движения ледника.

Водно-ледниковые (флювиогляциальные) отложения накапливаются талыми ледниковыми водами. В зависимости от места формирования, они подразделяются на внутриледниковые и приледниковые. Всех их объединяет высокая степень отсортированности слагающего материала, ярко выраженная слоистость, хорошая окатанность крупных обломков. Петрографический состав грубообломочных пород в целом совпадает с составом одновозрастной моренной толщи. Формирование флювиогляциальных отложений происходило как при наступании и остановках ледника, так и, особенно активно, при его таянии. Внутриледниковые накопления представлены озами и камами. Первоначально они отлагались талыми водами в различных углублениях на поверхности или в теле ледника, а затем, по мере таяния, проецировались на земную поверхность. При этом краевые части оседающих массивов обрушивались, следовательно, озам и камам в разрезе характерны многочисленные сбросы. Озовые отложения накапливались в ледниковых трещинах, поэтому в рельефе озы имеют вид крутосклонных, узких и длинных (до нескольких километров) насыпей, обычно вытянутых по направлению движения ледника. Сложены озы наклонно- и горизонтально-слоистыми галечно-гравийно-песчаными породами. Камовые отложения накапливались в изометричных озеровидных углублениях, поэтому в рельефе камы представляют собою холмы более или менее правильной куполовидной формы. Литологический состав их разнообразен: наряду с галечно-гравийно-песчаными породами присутствуют прослои и линзы алевроитов и глин, а иногда и не отсортированного, с валунами и глыбами, моренного материала. Такие особенности объясняются тем, что изменение интенсивности выпадающих в ледниковый водоем потоков вызывало смену диаметра приносимых и отлагаемых обломков. Кроме того, в ледниковое озеро могли соскальзывать глыбы льда со всей содержащейся в них мореной. Отложения камов и озов обычно подстилаются донной мореной, территориально они часто приурочены к поясам конечной морены. В этом случае все три типа отложений объединяют в комплекс краевых ледниковых образований. Среди приледниковых наибольшим распространением пользуются зандровые отложения. Они возникают за пределами распространения ледника, у самого его края. Формируются они потоками талых вод, которые, вырываясь из рассекающих ледник трещин, разливаются в виде веера. Следовательно, зандры, по сути, являются конусами выноса, самая высокая часть которых располагается у края ледника, а самая низкая на удалении от него. В вершине конуса размер слагающих обломков больший, чем во внешней его части. В горах, где мощность водных потоков огромна, зандры сложены галечно-валунным материалом. Наоборот, на равнинных территориях областей распространения покровных ледников скорость потока талых вод была мала, поэтому в составе зандров здесь преобладают отсортированные наклонно-слоистые пески с примесью гравия. Благодаря слиянию конусов выноса друг

с другом, за пределами пояса краевых ледниковых образований возникал шлейф зандровых отложений, представленный в рельефе пологоволнистой равниной. По мере таяния ледника, накопление зандровых осадков продолжается, следуя за его отступающим краем. Тот же процесс происходит и с поясами краевых образований, возникающими поверх донной морены при всякой остановке уходящего ледника.

Озерно-ледниковые (лимногляциальные) отложения преимущественно накапливались в приледниковых озерах. Такие бассейны возникали, если рельеф создавал препятствия для стока талых вод. В этом случае на дне озера у края ледника осаждались более крупные обломки (гравий, песок), а в центральной части озера – горизонтальные слои самых мелких частиц. Наиболее характерными отложениями приледниковых озер являются ленточные глины, представленные ритмичным чередованием слоев глин и алевроитов. Указанная ритмичность объясняется климатическим фактором: летом талые воды и ветер приносят в озеро основную массу обломков, и на дно оседают сравнительно тяжелые алевроиты. Зимой обломочный материал в водоем не поступает: озеро покрывается льдом, таяние ледника прекращается. Следовательно, зимой, в неподвижной воде осаждаются мельчайшие глинистые частицы, до того удерживавшиеся в воде во взвешенном состоянии. Итак, летний слой алевроитовый, а зимний глинистый, то есть каждая пара слоев формируется за год. Значит, по числу пар слоев (лент) можно определить продолжительность существования водоема. Приледниковое озеро существует до тех пор, пока его воды не размоют в каком-либо месте сдерживающее их препятствие. Возникший таким образом поток создает долину прорыва, через которую стекают озерные воды, оставляя на поверхности лимногляциальные отложения. Последние в рельефе имеют вид плоской равнины.

В конечном итоге, идеализированная последовательность залегания ледниковых отложений может иметь следующий вид. В основании лежат водно-ледниковые (зандровые) отложения времени наступания ледника. Выше залегает донная морена. Еще выше лежат пояса краевых ледниковых образований (конечная морена, озы, камы). Между этими поясами на поверхности донной морены представлены озерно-ледниковые осадки и водно-ледниковые (зандровые) отложения времени отступления ледника. За внешней границей распространения морен залегают водно-ледниковые (зандровые) и озерно-ледниковые породы.

Установлено несколько **этапов глобального похолодания климата**, во время которых огромные территории Земли захватывались покровными ледниками. Об этом свидетельствуют **тиллиты** – переуплотненные, иногда метаморфизированные древние морены. Тиллиты найдены, в частности, в слоях позднего протерозоя, силура, карбона на материках северного и южного полушарий. Во время последнего, четвертичного этапа оледенений, ледники занимали до 30% площади суши (в три раза больше, чем ныне). Крупнейшие из них располагались в северном полушарии: Северной Америке, Европе, Азии. Доказано, что холодные ледниковые отрезки времени сменялись

теплыми межледниковыми. На территории Беларуси признается пять четвертичных оледенений: наревское, березинское, днепровское, сожское, поозерское. Последний, поозерский ледник покинул пределы Беларуси примерно 15 тыс. лет назад, а полностью растаял 10 тыс. лет назад. Деятельность четвертичных оледенений привела к широкому распространению ледниковых отложений, а также к изменению рельефа и других составляющих географической оболочки. Причины периодических похолоданий климата не установлены. Есть гипотезы тектонические (рост площади и высоты суши ведет к охлаждению), биологические (развитие биосферы ведет к потреблению CO₂ из атмосферы и к исчезновению парникового эффекта) и другие. Наибольшим признанием пользуются астрономические гипотезы о циклических вариациях солнечной активности, а также о периодическом изменении ориентировки Земли относительно Солнца (гипотеза Миланковича).

Вулканы и землетрясения.

При дальнейшем повышении температуры в недрах Земли горные породы, несмотря на высокое давление, расплавляются, образуя магму. При этом выделяется много газов. Это еще больше увеличивает и объем расплава, и его давление на окружающие породы. В результате очень плотная, насыщенная газами магма стремится туда, где давление меньше. Она заполняет трещины в земной коре, разрывает и приподнимает пласты слагающих ее пород. Часть магмы, не достигнув земной поверхности, застывает в толще земной коры, образуя магматические жилы и лакколиты. Иногда же магма вырывается на поверхность, и происходит ее извержение в виде лавы, газов, вулканического пепла, обломков горных пород и застывших сгустков лавы.

Вулканы. У каждого вулкана имеется канал, по которому происходит извержение лавы (). Это жерло, которое всегда заканчивается воронкообразным расширением – кратером. Диаметр кратеров колеблется от нескольких сот метров до многих километров. Например, диаметр кратера Везувия – 568 м. Очень большие кратеры называют кальдерами. Например, кальдера вулкана Узон на Камчатке, которую заполняет озеро Кроноцкое, достигает 30 км в поперечнике.

Форма и высота вулканов зависят от вязкости лавы. Жидкая лава быстро и легко растекается и не образует горы конусообразной формы. Примером может служить вулкан Килауза на Гавайских островах. Кратер этого вулкана представляет собой округлое озеро диаметром около 1 км, заполненное клокочущей жидкой лавой. Уровень лавы, подобно воде в чаше родника, то опускается, то поднимается, выплескиваясь через край.

Более широко распространены вулканы с вязкой лавой, которая, остывая, образует вулканический конус. Конус всегда имеет слоистое строение, которое свидетельствует о том, что излияния происходили многократно, а вулкан вырастал постепенно, от извержения к извержению.

Высота вулканических конусов колеблется от нескольких десятков метров до нескольких километров. Например, вулкан Аконкагуа в Андах имеет высоту 6960 м.

Гор-вулканов, действующих и потухших, насчитывается около 1500. Среди них такие гиганты, как Эльбрус на Кавказе, Ключевская Сопка на Камчатке, Фудзияма в Японии, Килиманджаро в Африке и многие другие.

Большая часть действующих вулканов расположена вокруг Тихого океана, образуя Тихоокеанское «огненное кольцо», и в Средиземноморско-Индонезийском поясе. Только на Камчатке известно 28 действующих вулканов, а всего их более 600. Распространены действующие вулканы закономерно – все они приурочены к подвижным зонам земной коры.

Зоны вулканизма и землетрясений.

В геологическом прошлом Земли вулканизм был более активным, чем теперь. Кроме обычных (центральных) извержений происходили трещинные излияния. Из гигантских трещин (разломов) в земной коре, протянувшихся на десятки и сотни километров, лава извергалась на земную поверхность. Создавались сплошные или пятнистые лавовые покровы, выравнивающие рельеф местности. Толща лавы достигала 1,5–2 км. Так образовались лавовые равнины. Примером таких равнин служат отдельные участки Среднесибирского плоскогорья, центральной части плоскогорья Декан в Индии, Армянское нагорье, плато Колумбия.

Землетрясения. Причины землетрясений бывают разные: извержение вулканов, обвалы в горах. Но наиболее сильные из них возникают в результате движений земной коры. Такие землетрясения называют тектоническими. Зарождаются они обычно на большой глубине, на границе мантии и литосферы. Место зарождения землетрясения называется гипоцентром или очагом. На поверхности Земли, над гипоцентром, находится эпицентр землетрясения (•). Здесь сила землетрясения наиболее велика, а при удалении от эпицентра она ослабевает.

Земная кора сотрясается непрерывно. В течение года наблюдается свыше 10 000 землетрясений, но большая часть из них настолько слаба, что не ощущается человеком и фиксируется только приборами.

Сила землетрясений измеряется в баллах – от 1 до 12. Мощные 12-балльные землетрясения бывают редко и носят катастрофический характер. При таких землетрясениях происходят деформации в земной коре, образуются трещины, сдвиги, сбросы, обвалы в горах и провалы на равнинах. Если они происходят в густонаселенных местах, то возникают большие разрушения и многочисленные человеческие жертвы. Крупнейшими землетрясениями в истории являются Мессинское (1908), Токийское (1923), Ташкентское (1966), Чилийское (1976) и Спитакское (1988). В каждом из этих землетрясений погибли десятки, сотни и тысячи человек, а города были разрушены почти до основания.

Нередко гипоцентр находится под океаном. Тогда возникает разрушительная океаническая волна – цунами.

5. Происхождение материков и океанов.

В 20-е годы XX века Альфредом Вегенером была предложена гипотеза дрейфа материков. Он заметил, что некоторые материки имеют сходные очертания по береговой линии, как будто раньше они представляли единое целое. Изначально гипотеза столкнулась с большим количеством критики, а потому долгое время не признавалась, однако, во второй половине прошлого века с развитием технических средств появились доказательства, подтверждающие её правомерность. На сегодняшний день измерения, производимые со спутников, подтверждают, что отдельные участки земной коры движутся относительно-друг-друга со скоростью несколько сантиметров в год. Эти небольшие расстояния, конечно же, неощутимы на протяжении человеческой жизни и даже всей истории цивилизации, однако, за миллионы лет литосферные плиты перемещаются на столь значительные расстояния, что география планеты меняется до неузнаваемости.

Считается, что около 200 миллионов лет назад на Земле существовал единый суперматерик - Пангея. Он включал в свой состав все современные материки, однако, постепенно он начал раскалываться. В начале он раскололся на два материка: Лавразию (в её составе оказалась современная Северная Америка и Евразия) и Гондвану (она включала Африку, Южную Америку, Индостан, Австралию и Антарктиду). За последующие миллионы лет материки постепенно приняли современные очертания и месторасположение, однако, они не прекратили своего движения. В будущем они продолжат перемещаться, пока рано или поздно снова не образуется новая Пангея, но это произойдет не раньше, чем еще через 200-250 миллионов лет.

Не стоит думать, что материки всегда имели такую форму, как сейчас. Если обратить внимание на карту геологических складчатостей, то можно заметить, что разные участки материков сформировались в разные временные промежутки. В будущем существующие сейчас горы превратятся в равнины, при столкновении литосферных плит на материках сформируются новые горы, а очертания континентов полностью изменятся. По всей видимости, движение литосферных плит происходит из-за циркуляции раскаленной мантии нашей планеты и будет продолжаться до полного её остывания.

Литосферные плиты - большие части литосферы. Земная кора не является сплошной. Она разделена разломами на отдельные огромные блоки - литосферные плиты, которые вглубь достигают верхних слоев мантии. Крупнейшие плиты - Евразийская, Африканская, Североамериканская, Южноамериканская, Индо-Австралийская, Антарктическая, Тихоокеанская, Аравийская (рис. 56). Почти все они состоят как из материковой, так и океанической коры. Земная кора легче от мантии. Поэтому она как бы «плавает» на астеносфере. Итак, литосферные плиты медленно, но непрерывно перемещаются в горизонтальном направлении.

Наука утверждает, что и полуострова путешествуют. Аравийская литосферная плита, на которой расположен крупнейший полуостров Евразии, непрерывно движется на север. И хотя это движение достаточно медленно - около 24 мм в год, его последствия уже ощутимы. Под давлением крепкого

полуострова участки земной коры, в частности на Кавказе, в Турции, на территории Ирана, сжимаются, что чревато опасными землетрясениями.

Материки и океаны - следствие движения литосферных плит.

Предполагают, что привычные ныне очертания материков и океанов в далеком прошлом имели совсем другой вид. Более полумиллиарда лет назад существовал только один материк - Пангея, что на греческом языке означает «вся земля», и один океан.

Позже, в результате движения литосферных плит, Пангея раскололась, и в Северном полушарии возник огромный сухопутный массив - материк Лавразия. В него входили нынешняя Евразия и Северная Америка. Одновременно в Южном полушарии образовалась материк Гондвана, который объединял современные территории Африки, Южной Америки, Антарктиды, Австралии и часть Южной Азии.

Около 250 млн лет назад Гондвана распалась на отдельные части, которые постепенно приобрели очертания нынешних материков Южного полушария - Южной Америки, Африки, Австралии и Антарктиды. Лавразия также раскололась, но на две части - нынешние Северную Америку и Евразию. Вместе с образованием современных материков начали формироваться и котловины нынешних океанов. создание современных материков и океанов можно сравнить с тем, как под действием определенных сил огромная льдина раскололась на отдельные части, и они поплыли в разные стороны. Полюньи, возникшие после этого, стали океаническими впадинами.

Рельеф дна Мирового океана.

Рельеф дна Мирового океана погребен под толщей воды. Различить неровности на нем можно по глубинам. Измеряют их эхолотом. Этот прибор с судна посылает воду звуковые сигналы. Они достигают дна, отражаются от него и возвращаются обратно. Исследователи фиксируют время, за которое звук прошел до дна и обратно. Зная скорость распространения звука в воде (1500 м / с), можно определить глубину океана. Сейчас на помощь пришли космические и подводные аппараты, способные фотографировать дно океанов.

Это позволило составить карты рельефа дна морей и океанов. Они дают возможность видеть, что рельеф океанического дна не менее сложный, чем на суше. На каждой физической карте вместе со шкалой высот содержат и шкалу глубин. Пользуясь ею, можно определить глубины морей и океанов. Выяснилось, что на дне, как и на суше, крупнейшими формами рельефа есть подводные равнины и горы. Кроме того, четко прослеживаются части океанического дна: подводная окраина материков, ложе и срединно-океанические хребты.

Действительно мелководный: до 200 м глубиной. Шельф является подводным слабо наклоненной равниной. Его ширина разная. Шельф покрыт осадочными обломочными породами, принесенными реками с суши.

Глубже, до 3000 м, располагается материковый склон. Это довольно крутой уступ. Во многих местах он изрезан глубокими долинами. Нижняя часть склона имеет вид волнистой наклоненной равнины.

Там, где материковый склон переходит к ложу океана, располагаются глубоководные моря. Со стороны океана их обрамляют цепи островов. Такие острова являются огромными подводными хребтами, вершины которых поднимаются над водой. К островам прилегающих глубоководных желобов. Это длинные и узкие впадины с крутыми склонами, имеют значительные глубины (свыше 6 000 м). Ярким примером такого сочетания является Охотское море, Курильские острова и Курило-Камчатский желоб. Переходные зоны являются поясами высокой сейсмичности. Там часто бывают землетрясения и извержения вулканов. И только за желобами начинается ложе океана.

Ложе океана - это центральная наибольшая часть дна Мирового океана. Его глубины достигают 4 000-6 000 м. Ложе имеет земную кору океанического типа.

Рельеф ложа является сочетанием гигантских равнин - **котловин**. В их центральных частях слой осадочных пород очень тонкий. Он образован вулканической пылью, скелетами морских организмов. Накапливается он очень медленно: 1 мм за тысячу лет. Иногда в котловинах возвышаются конусы подводных вулканов. **Действующие - извергают лаву, которая оседает на дне. Потухшие** вулканы имеют плоские вершины, их выравнивают морские течения. Котловины разделены горными хребтами. Например, на дне Северного Ледовитого океана вздымаются хребты Ломоносова и Менделеева.

Срединно-океанические хребты. Почти посередине океанов проходят валообразные поднятия океанической коры. Их называют срединно-океаническими хребтами. Это грандиозные горные сооружения. Они непрерывной широкой полосой простираются дном всех океанов, образуя цепь длиной почти 70 000 км. Высота хребтов относительно дна превышает 3 000 м. Срединноатлантический хребет разделяет ложе Атлантического океана на две части.

Срединно-океанические хребты рассечены вдоль глубоким ущельем с крутыми склонами. Его дно пересекают трещины, из которых выливается лава. На склонах скапливаются вулканы. Вершины вулканических гор иногда достигают поверхности океана и образуют острова из застывшей лавы (например, о. Исландия). Это свидетельство того, что срединно-океанические хребты являются зонами вулканизма и землетрясений.

Изменения рельефа дна океана. Рельеф дна океанов, как суши, формируют внутренние и внешние процессы. Внутренние процессы образуют подводные хребты, вулканы, глубоководные желоба. Наибольшие изменения поверхности дна связанные с землетрясениями и извержениями вулканов.

Внешние процессы обеспечивают снос и накопления осадочных пород на дне. Это приводит к выравниванию подводных форм рельефа. Больше осадочных пород накапливается у материкового склона. В центральных частях Океана они накапливаются очень медленно: слой в 1 мм - за тысячу лет.

Атмосфера.

План

1. Понятие атмосферы. Высота, границы, ее строение. Общая циркуляция атмосферы. Солнечная радиация. Нагрев атмосферы.

2. Нагревания атмосферы. Изменение температуры воздуха в зависимости от географической широты, высоты над уровнем океана.

3. Понятие об атмосферном давлении.

4. Движение воздуха. Ветры и их происхождения. Виды ветров. Большие атмосферные вихри. Воздушные массы и атмосферные фронты.

5. Вода в атмосфере. Погода.

6. Климат. Основные типы климата. Климат и широта. Мезо- и микроклиматы. Климатообразующие факторы.

1. Понятие атмосферы. Высота, границы, ее строение. Общая циркуляция атмосферы. Солнечная радиация. Нагрев атмосферы.

Атмосфера (от. греч. *ατμός* — «пар» и *σφαῖρα* — «сфера») - газовая оболочка небесного тела, удерживаемая около него гравитацией. Поскольку не существует резкой границы между атмосферой и межпланетным пространством, то обычно атмосферой принято считать область вокруг небесного тела, в которой газовая среда вращается вместе с ним как единое целое. Глубина атмосферы некоторых планет, состоящих в основном из газов (газовые планеты), может быть очень большой.

Атмосфера - это воздушная оболочка, окружающая Землю и связанная с ней силой тяжести. Атмосфера участвует в суточном вращении и годовом движении нашей планеты.

Воздух атмосферы - смесь газов, в котором находятся во взвешенном состоянии жидкие (капельки воды) и твердые частицы (дым, пыль). Газовый состав атмосферы является неизменным до высоты 100-110 км, что обусловлено равновесием в природе. Объемные доли газов составляют: азот - 78%, кислород - 21%, инертные газы (аргон, ксенон, криптон) - 0,9%, углерод - 0,03%. Кроме того, в атмосфере всегда присутствует водяной пар.

Кроме биологических процессов, кислород, азот и углерод активно участвуют в химическом выветривании горных пород. Очень важна роль озона, который поглощает большую часть ультрафиолетового излучения Солнца, что в больших дозах опасно для живых организмов. Твердые частицы, которых особенно много над городами, служат ядрами конденсации (вокруг них образуются капли воды и снежинки).

Следует отметить, что атмосфера имеет очень большое экологическое значение. Она защищает все живые организмы Земли от губительного влияния космических излучений и ударов метеоритов, регулирует сезонные температурные колебания, уравнивает и выравнивает суточные. Если бы атмосферы не существовало, то колебание суточной температуры на Земле достигло бы ± 200 °С. Атмосфера есть не только животворным «буфером» между космосом и поверхностью нашей планеты, носителем тепла и влаги, через нее происходят также фотосинтез и обмен энергии - главные процессы биосферы. Атмосфера влияет на характер и динамику всех экзогенных процессов, которые происходят в литосфере (физическое и химическое выветривания, деятельность ветра, природных вод, мерзлоты, ледников).

Развитие гидросферы также в значительной мере зависел от атмосферы из-за того, что водный баланс и режим поверхностных и подземных бассейнов и акваторий формировались под влиянием режима осадков и испарений. Процессы гидросферы и атмосферы тесно связанные между собой.

Одной из главнейших составных атмосферы есть водный пар, который имеет большую пространственно-временную изменчивость и сосредоточенный преимущественно в тропосфере. Важной изменчивой составной атмосферы есть также углекислый газ, изменчивость содержания которого связана с жизнедеятельностью растений, его растворимостью в морской воде и деятельностью человека (промышленные и транспортные выбросы). В последнее время все более большую роль в атмосфере сыграют аэрозольные пылеватые частицы - продукты человеческой деятельности, которые можно обнаружить не только в тропосфере, но и на больших высотах (что правда, в мизерных концентрациях). Физические процессы, которые происходят в тропосфере, оказывают большое влияние на климатические условия разных районов Земли.

Атмосфера имеет слоистую структуру.

От поверхности Земли вверх эти слои:

Тропосфера

Стратосфера

Мезосфера

Термосфера

Экзосфера

Границы между слоями не резкие и их высота зависит от широты и времени года. Слоистая структура - результат температурных изменений на разных высотах. Погода формируется в тропосфере (нижние примерно 10 км: около 6 км над полюсами и более 16 км над экватором). И верхняя граница тропосферы выше летом, чем зимой.

Тропосфера - нижняя часть атмосферы, до высоты 10-15 км, в которой сосредоточено 4/5 всей массы атмосферного воздуха. Для нее характерно, что температура здесь с высотой падает в среднем на $0.6^{\circ}/100$ м (в отдельных случаях распределение температуры по вертикали варьирует в широких пределах). В тропосфере содержится почти весь водяной пар атмосферы и возникают почти все облака. Сильно развита здесь и турбулентность, особенно вблизи земной поверхности, а также в так называемых струйных течениях в верхней части тропосферы. Высота, до которой простирается тропосфера, над каждым местом Земли меняется изо дня в день. Кроме того, даже в среднем она различна под разными широтами и в разные сезоны года. В среднем годовом тропосфера простирается над полюсами до высоты около 9 км, над умеренными широтами до 10-12 км и над экватором до 15-17 км. Средняя годовая температура воздуха у земной поверхности около $+26^{\circ}$ на экваторе и около -23° на северном полюсе. На верхней границе тропосферы над экватором средняя температура около -70° , над северным полюсом зимой около -65° , а летом около -45° . Давление воздуха на верхней границе тропосферы соответственно ее высоте в 5-8 раз меньше, чем у земной

поверхности. Следовательно, основная масса атмосферного воздуха находится именно в тропосфере. Процессы, происходящие в тропосфере, имеют непосредственное и решающее значение для погоды и климата у земной поверхности.

В тропосфере сосредоточен весь водяной пар и именно поэтому все облака образуются в пределах тропосферы. Температура уменьшается с высотой.

Солнечные лучи легко проходят через тропосферу, а тепло, которое излучает нагретая солнечными лучами Земля, накапливается в тропосфере: такие газы, как углекислый газ, метан а также пары воды удерживают тепло. Такой механизм прогрева атмосферы от Земли, нагретой солнечной радиацией, называется **парниковый эффект**. Именно потому, что источником тепла для атмосферы является Земля, температура воздуха с высотой уменьшается

Граница между турбулентной тропосферой и спокойной стратосферой называется **тропопауза**. Здесь образуются быстро движущиеся ветры, называемые "**реактивные потоки**".

Над тропосферой до высоты 50-55 км лежит **стратосфера**, характеризующаяся тем, что температура в ней в среднем растет с высотой. Переходный слой между тропосферой и стратосферой (толщиной 1-2 км) носит название **тропопаузы**.

Выше были приведены данные о температуре на верхней границе тропосферы. Эти температуры характерны и для нижней стратосферы. Таким образом, температура воздуха в нижней стратосфере над экватором всегда очень низкая; притом летом много ниже, чем над полюсом.

Нижняя стратосфера более или менее изотермична. Но, начиная с высоты около 25 км, температура в стратосфере быстро растет с высотой, достигая на высоте около 50 км максимальных, притом положительных значений (от +10 до +30°). Вследствие возрастания температуры с высотой турбулентность в стратосфере мала.

Водяного пара в стратосфере ничтожно мало. Однако на высотах 20-25 км наблюдаются иногда в высоких широтах очень тонкие, так называемые перламутровые облака. Днем они не видны, а ночью кажутся светящимися, так как освещаются солнцем, находящимся под горизонтом. Эти облака состоят из переохлажденных водяных капелек. Стратосфера характеризуется еще тем, что преимущественно в ней содержится атмосферный озон, о чем было сказано выше

Стратосфера очень важна для жизни на Земле, так именно в этом слое находится небольшое количество озона, которое поглощает сильное ультрафиолетовое излучение, вредное для жизни. Поглощая ультрафиолетовое излучение озон нагревает стратосферу.

Над стратосферой лежит слой мезосферы, примерно до 80 км. Здесь температура с высотой падает до нескольких десятков градусов ниже нуля . Вследствие быстрого падения температуры с высотой в мезосфере сильно развита турбулентность. На высотах, близких к верхней границе мезосферы

(75-90 км), наблюдаются еще особого рода облака, также освещаемые солнцем в ночные часы, так называемые серебристые. Наиболее вероятно, что они состоят из ледяных кристаллов.

На верхней границе мезосферы давление воздуха раз в 200 меньше, чем у земной поверхности. Таким образом, в тропосфере, стратосфере и мезосфере вместе, до высоты 80 км, заключается больше чем 99,5% всей массы атмосферы. На вышележащие слои приходится ничтожное количество воздуха.

На высоте около 50 км над Землей температура снова начинает падать, обозначая верхнюю границу стратосферы и начало следующего слоя - мезосферы. Мезосфера имеет самую холодную температуру в атмосфере: от - 2 до - 138 градусов Цельсия. Здесь же находятся самые высокие облака : в ясную погоду их можно видеть при закате. Они называются *noctilucent* (светящиеся ночью).

Верхняя часть атмосферы, над мезосферой, характеризуется очень высокими температурами и потому носит название **термосферы**. В ней различаются, однако, две части: ионосфера, простирающаяся от мезосферы до высот порядка тысячи километров, и лежащая над нею внешняя часть - экзосфера, переходящая в земную корону.

Воздух в ионосфере чрезвычайно разрежен. Ионосфера характеризуется очень сильной степенью ионизации воздуха - содержание ионов здесь во много раз больше, чем в нижележащих слоях, несмотря на сильную общую разреженность воздуха.

От степени ионизации зависит электропроводность атмосферы. Поэтому в ионосфере электропроводность воздуха в общем в 10¹² раз больше, чем у земной поверхности. Радиоволны испытывают в ионосфере поглощение, преломление и отражение. Волны длиной более 20 м вообще не могут пройти сквозь ионосферу: они отражаются уже электронными слоями небольшой концентрации в нижней части ионосферы (на высотах 70- 80 км). Средние и короткие волны отражаются вышележащими ионосферными слоями. Именно вследствие отражения от ионосферы возможна дальняя связь на коротких волнах. Многократное отражение от ионосферы и земной поверхности позволяет коротким волнам зигзагообразно распространяться на большие расстояния, огибая поверхность Земного шара. Так как положение и концентрация ионосферных слоев непрерывно меняются, меняются и условия поглощения, отражения и распространения радиоволн. Поэтому для надежной радиосвязи необходимо непрерывное изучение состояния ионосферы. Наблюдения над распространением радиоволн как раз являются средством для такого исследования.

В ионосфере наблюдаются полярные сияния и близкое к ним по природе свечение ночного неба - постоянная люминесценция атмосферного воздуха, а также резкие колебания магнитного поля - ионосферные магнитные бури.

Ионизация в ионосфере обязана своим существованием действию ультрафиолетовой радиации Солнца. Ее поглощение молекулами атмосферных газов приводит к возникновению заряженных атомов и свободных электронов, о чем говорилось выше. Колебания магнитного поля в

ионосфере и полярные сияния зависят от колебаний солнечной активности. С изменениями солнечной активности связаны изменения в потоке корпускулярной радиации, идущей от Солнца в земную атмосферу.

Температура в ионосфере растет с высотой до очень больших значений. На высотах около 800 км она достигает 1000°.

Термосфера находится выше мезосферы на высоте от 90 до 500 км над поверхностью Земли. Молекулы газа здесь сильно рассеяны, поглощают рентгеновское излучение (X rays) и коротковолновую часть ультрафиолетового излучения. Из-за этого температура может достигать 1000 градусов Цельсия. Термосфера в основном соответствует ионосфере, где ионизированный газ отражает радиоволны обратно к Земле - это явление дает возможным устанавливать радиосвязь.

Выше 800-1000 км атмосфера переходит в **экзосферу** и постепенно в межпланетное пространство. Скорости движения частиц газов, особенно легких, здесь очень велики, а вследствие чрезвычайной разреженности воздуха на этих высотах частицы могут облетать Землю по эллиптическим орбитам, не сталкиваясь между собою. Отдельные частицы могут при этом иметь скорости, достаточные для того, чтобы преодолеть силу тяжести. Для незаряженных частиц критической скоростью будет 11,2 км/сек. Такие особенно быстрые частицы могут, двигаясь по гиперболическим траекториям, вылетать из атмосферы в мировое пространство, "ускользать", рассеиваться. Поэтому экзосферу называют еще сферой рассеяния.

Ускользанию подвергаются преимущественно атомы водорода, который является господствующим газом в наиболее высоких слоях экзосферы.

Недавно предполагалось, что экзосфера, и с нею вообще земная атмосфера, кончается на высотах порядка 2000-3000 км. Но из наблюдений с помощью ракет и спутников создано представление, что водород, ускользающий из экзосферы, образует вокруг Земли так называемую земную корону, простирающуюся более чем до 20 000 км.

С помощью спутников и геофизических ракет установлено существование в верхней части атмосферы и в околоземном космическом пространстве радиационного пояса Земли, начинающегося на высоте нескольких сотен километров и простирающегося на десятки тысяч километров от земной поверхности. Этот пояс состоит из электрически заряженных частиц - протонов и электронов, захваченных магнитным полем Земли и движущихся с очень большими скоростями. Их энергия - порядка сотен тысяч электрон-вольт. Радиационный пояс постоянно теряет частицы в земной атмосфере и пополняется потоками солнечной корпускулярной радиации.

Солнечная радиация. Нагрев атмосфер.

Солнце излучает огромное количество энергии, лишь маленькую долю которой получает Земля.

Излучение Солнцем света и тепла называют **солнечной радиацией**. Солнечная радиация, прежде чем достичь земной поверхности, проходит долгий путь в атмосфере. Преодолевая его, она поглощается и

рассеивается воздушной оболочкой. Радиацию, непосредственно достигает земной поверхности в виде прямых лучей, называют **прямой радиацией**. Часть радиации, рассеивается в атмосфере, также попадая на поверхность Земли в форме рассеянной радиации.

Совокупность прямой и рассеянной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, называют **суммарной солнечной радиацией**. Атмосфера поглощает около 20% солнечной радиации, поступающей на ее верхнюю границу. Еще 34% радиации отражается от поверхности Земли и атмосферы (отражена радиация); 46% солнечной радиации поглощает земная поверхность. Такое радиацию называют **поглощенной (впитанной)**.

Отношение интенсивности отраженной солнечной радиации к интенсивности всей лучистой энергии Солнца, поступающей на верхнюю границу атмосферы, называют **альбедо Земли и выражают в процентах**.

Табл. 1. - Строение атмосферы

Название слоя	Высота верхней границы	Характеристика слоя
Тропосфера	8—10 км в полярных, 10—12 км в умеренных и 16—18 км в тропических широтах; зимой ниже, чем летом	Нижний основной слой атмосферы. Содержит более 80% всей массы атмосферного воздуха и около 90% всего имеющегося в атмосфере водяного пара. В тропосфере сильно развиты турбулентность и конвекция, возникают облака, развиваются циклоны и антициклоны. Температура убывает с ростом высоты, со средним вертикальным градиентом 0,65°/100 м.
Тропопауза	Переходной слой между тропосферой и стратосферой; толщина колеблется от нескольких сотен метров до 1-2 км.	Зимой тропопауза ниже, чем летом; кроме того, высота тропопаузы колеблется при прохождении циклонов и антициклонов. Средняя температура над полюсом зимой около -65 °С, летом около -45 °С; над экватором весь год около -70 °С и ниже.
Стратосфера	50-55 км	Температура с ростом высоты возрастает до уровня 0 °С. Малая турбулентность, ничтожное содержание водяного пара, повышенное по сравнению с ниже- и вышележащими слоями содержание озона (максимальная концентрация озона на высотах 20-25 км).
Стратопауза	-	Пограничный слой атмосферы между стратосферой и мезосферой. В

		вертикальном распределении температуры имеет место максимум (около 0 °С) .
Мезосфера	80—85км	Температура с высотой понижается со средним вертикальным градиентом (0,25-0,3)°/100 м. Основным энергетическим процессом является лучистый теплообмен. Сложные фотохимические процессы с участием свободных радикалов, колебательно возбуждённых молекул и т. д. обуславливают свечение атмосферы.
Мезопауза	-	Переходной слой между мезосферой и термосферой. В вертикальном распределении температуры имеет место минимум (около -90 °С).
Термосфера	Ок. 800 км	Температура растёт до высот 200 — 300 км, где достигает значений порядка 1500 К, после чего остаётся почти постоянной до больших высот. Под действием ультрафиолетовой и рентгеновской солнечной радиации и космического излучения происходит ионизация воздуха — основные области ионосферы лежат внутри термосферы. На высотах свыше 300 км преобладает атомарный кислород.
Экзосфера (сфера рассеяния)	-	Внешний слой атмосферы, из которого, быстро движущиеся лёгкие атомы водорода могут вылетать (ускользать) в космическое пространство. Температура достигает уровня более 3000 К. На больших расстояниях от Земли (2 - 3 тыс. км и более) нейтральную экзосферу образуют почти исключительно атомы водорода, на более низких высотах заметную долю составляют атомы гелия, а ещё ниже — также и атомы кислорода.

2. Нагревания атмосферы. Изменение температуры воздуха в зависимости от географической широты, высоты над уровнем океана.

Климат Земли всего зависит от трех основных факторов: географической широты, подстилающей поверхности, циркуляции атмосферы. Географическая широта местности влияет на угол падения

солнечных лучей и соответственно вызывает неодинаковое нагревание земной поверхности. На разных широтах климат неодинаков, меняется по сезонам года, когда Земля возвращается к Солнцу то Северной (июнь-август), то Южной (декабрь-февраль) полушариями.

На территории, расположены между тропиками Земли, Солнце бывает в зените 22 июня - над Северным тропиком, 21 марта и 23 сентября - над экватором, 22 декабря - над Южным тропиком. Поэтому температуры на Земле высокие между тропиками. 22 июня и 22 декабря - дни летнего и зимнего солнцестояния, когда наблюдаются длинные дни и короткие ночи. 21 марта и 23 сентября - дни весеннего и осеннего равноденствия. В это время день равен ночи на всей территории Земли, кроме полюсов. На территориях, находящихся за полярными кругами, наблюдают полярный день и ночь продолжительностью от одного дня до полугода. Учитывая неодинаковые угол падения солнечных лучей на земную поверхность, продолжительность освещения и температуру воздуха на Земле, определяют пять тепловых поясов: жаркий, два умеренных и два холодных. Они ограничены линиями тропиков и полярных кругов.

Рельеф суши существенно нарушает закономерности распределения температур на континенте. Горные хребты задерживают воздушные массы. Например, Крымские горы не пропускают зимой холодный воздух северных широт. Поэтому на южном берегу Крыма морозов почти не бывает. С высотой температура воздуха снижается. В тропосфере происходит понижение температуры в среднем на $6,5^{\circ}\text{C}$ на 1 км высоты. В местах, расположенных высоко над уровнем моря, климат холоднее. Лето там короче, зима длиннее. На вершине горы Килиманджаро в Африке, размещенном недалеко от экватора, весь год лежат снег и лед. Равнины, наоборот, свободно пропускают похолодание на территорию, куда дуют холодные ветры.

На Памире, который находится на крайнем юге Средней Азии, зимой такие же холодные, как и за полярным кругом. Иногда здесь температура зимой понижается до -46°C . Средняя многолетняя температура января на Памире - 18°C , июля -15°C . На юге Туранской низменности температура января -2°C , а июля $+30^{\circ}\text{C}$.

Самые высокие в мире горы Гималаи задерживают влажный воздух, поступающий из Индийского океана на север. Поэтому у подножия южного склона гор климат не только теплый, но и очень влажный. В восточной части бывает очень много осадков - в поселке Чероспунджи в среднем около 12 000 мм в год. А к северу от Гималаев протянулись безводные пустыни.

Количество солнечного тепла не объясняет причин распределения температур и осадков по одной широте. Париж, Киев, Алматы и Южно-Сахалинск размещены почти на одной параллели, но климат их имеет большие различия.

Неравномерное распределение солнечного тепла на земной поверхности обуславливает образование различных поясов давления. От положения поясов атмосферного давления зависят доминирующие ветры, поскольку воздух всегда движется из зоны высокого давления в зону пониженного.

Океан нагревается и охлаждается медленнее суши, поэтому в умеренных широтах воздух имеет разную температуру: зимой выше над океаном, летом - над сушей. С удалением от Атлантического океана зима холоднее, а лето-теплее, растут годовые амплитуды температур, а также уменьшается годовое количество осадков. Климат с теплой зимой, прохладным летом, небольшой амплитудой температур воздуха и значительным количеством осадков называют морским.

Континентальным называют климат с холодной зимой, жарким летом и сравнительно небольшим количеством осадков, уменьшается с удалением от моря. Такой тип климата характерен для территорий, лежащих в глубине континентов. Есть климат умеренно-континентальный (Киев и почти вся Украина), континентальный (север Казахстана), резко континентальный (большая часть Сибири).

3. Понятие об атмосферном давлении.

Вес воздуха обуславливает **атмосферное давление** (1 м³ воздуха весит 1,033 кг). На каждый метр земной поверхности воздух давит с силой 10033 кг. Это столб воздуха от уровня моря до верхних слоев атмосферы. Для сравнения: столб воды такого же диаметра имел бы высоту всего 10 м. Иначе говоря, собственная масса воздуха создает атмосферное давление, величина которого на единицу площади соответствует массе находящегося над ней воздушного столба. При этом уменьшение воздуха в этом столбе приводит к уменьшению (падению) давления, а увеличение воздуха — к увеличению (росту) давления. За нормальное атмосферное давление принято давление воздуха на уровне моря на широте 45° и при температуре 0°C. В этом случае атмосфера давит на каждый 1 см² земной поверхности с силой 1,033 кг, а масса этого воздуха уравнивается ртутным столбиком высотой 760 мм. На этой зависимости построен принцип измерения давления. Оно измеряется в миллиметрах (мм) ртутного столба (или в миллибарах (мб): 1 мб = 0,75 мм ртутного столба) и в гектопаскалях (гПа), когда 1 мм = 1 гПа.

Давление атмосферы измеряется при помощи **барометров**. Существуют два типа барометров: **ртутный и металлический (или aneroid)**.

Ртутный чашечный барометр состоит из запаянной сверху стеклянной трубки, погруженной нижним открытым концом в металлическую чашку с ртутью. Столбик ртути в стеклянной трубке уравнивает своим весом давление воздуха, действующего на ртуть в чашке. При изменении давления изменяется и высота ртутного столба. Эти изменения фиксируются наблюдателем по шкале, прикрепленной рядом со стеклянной трубкой барометра. **Металлический барометр, или aneroid**, состоит из герметически закрытой тонкостенной гофрированной металлической коробки, внутри которой воздух разрежен. При изменении давления стенки коробки колеблются и вдавливаются или выпячиваются. Эти колебания системой рычагов передаются стрелке, которая перемещается по шкале с делениями.

Для записи изменений давления применяются самопишущие барометры - **барографы**. Работа барографа основана на том, что колебания стенок

анероидной коробки передаются перу, которое чертит линию на ленте вращающегося вокруг своей оси барабана.

Давление на земном шаре может изменяться в широких пределах. Так, максимальная величина атмосферного давления 815,85 мм рт.ст. (1087 мб) зарегистрирована зимой в Туруханске, минимальная — 641,3 мм рт.ст. (854 мб) — в урагане “Ненси” над Тихим океаном.

Давление изменяется с высотой. Принято считать **средним значением атмосферного давления давление над уровнем моря — 1013 мб (760 мм рт.ст.)**. С увеличением высоты воздух становится все более разреженным и давление уменьшается. В нижнем слое тропосферы до высоты 10 м - оно понижается на 1 мм рт.ст. на каждые 10 м, или на 1 мб (гПа) на каждые 8 м. На высоте 5 км оно уже меньше в два раза, 15 км — в 8 раз, 20 км — в 18 раз.

Атмосферное давление непрерывно меняется в связи с изменением температуры и перемещением воздуха. В течении суток оно повышается дважды (утром и вечером), дважды понижается (после полудня и после полуночи). В течении года на материках максимальное давление наблюдается зимой, когда воздух переохлажден и уплотнен, а минимальное — летом.

Распределение атмосферного давления по земной поверхности носит хорошо выраженный **зональный характер**, что обусловлено неравномерным нагреванием земной поверхности, а следовательно, и изменением давления. Изменение давления объясняется перемещением воздуха. Оно высокое там, где воздуха становится больше, низкое там, откуда воздух уходит. Нагреваясь от поверхности, воздух устремляется вверх и давление на теплую поверхность понижается. Но на высоте воздух охлаждается, уплотняется и начинает опускаться на соседние холодные участки, где давление возрастает. Таким образом, нагревание и охлаждение воздуха от поверхности Земли сопровождается его перераспределением и изменением давления.

В экваториальных широтах температуры воздуха постоянно высокие, воздух, нагреваясь, поднимается и уходит в сторону тропических широт. Поэтому в экваториальной зоне давление постоянно пониженное. В тропических широтах в результате притока воздуха создается повышенное давление. Над постоянно холодной поверхностью полюсов (в Арктике и Антарктике) давление повышенное, его создает воздух, приходящий из умеренных широт. Вместе с тем в умеренных широтах отток воздуха формирует пояс пониженного давления. В результате на Земле формируются пояса пониженного (экваториальный и два умеренных) и повышенного (два тропических и два полярных) давления. В зависимости от сезона они несколько смещаются в сторону летнего полушария (вслед за Солнцем).

Полярные области высокого давления зимой расширяются, летом сокращаются, но существуют весь год. Пояса пониженного давления весь год сохраняются близ экватора и в умеренных широтах южного полушария. Иная картина в северном полушарии. Здесь зимой в умеренных широтах над материками давление сильно повышается и поле низкого давления как бы “разрывается”: оно сохраняется только над океанами в виде замкнутых областей пониженного давления — Исландского и Алеутского минимумов. Но

над материками, где давление заметно повысилось, образуются так называемые зимние максимумы: Азиатский (Сибирский) и Северо-Американский (Канадский). Летом в умеренных широтах северного полушария поле пониженного давления восстанавливается. При этом обширная область пониженного давления формируется над Азией — Азиатский минимум.

В тропических широтах — поясе повышенного давления — материка всегда нагреваются сильнее, чем океаны, и давление над ними ниже. Это обуславливает субтропические максимумы над океанами: Северо-Атлантический (Азорский), Северо-Тихоокеанский, Южно-Атлантический, Южно-Тихоокеанский и Индийский.

Иначе говоря, пояса повышенного и пониженного давления Земли, несмотря на крупномасштабные сезонные изменения своих показателей, являются довольно устойчивыми образованиями.

4. Движение воздуха.

Воздух движется непрерывно: он поднимается (сходящее движение), опускается (нисходящее движение) и перемещается в горизонтальном направлении (**ветер**).

Причина, вызывающая образования ветра - разница атмосферного давления. Ветер дует из области более высокого атмосферного давления, в область с более низким. Чем больше разница в атмосферном давлении, тем сильнее ветер. Распределение атмосферного давления на Земле определяет направление ветров, господствующих в тропосфере на разных широтах.

Ветры и их происхождение.

Воздух непрерывно движется: он поднимается — восходящее движение, опускается — нисходящее движение. **Движение воздуха в горизонтальном направлении называется ветром.** Причиной возникновения ветра является неравномерное распределение давления воздуха на поверхность Земли, которое вызвано неравномерным распределением температуры. При этом воздушный поток движется от мест с большим давлением в сторону, где давление меньше.

При ветре воздух движется не равномерно, а толчками, порывами, особенно у поверхности Земли. Существует много **причин**, которые влияют на движение воздуха: трение воздушного потока о поверхность Земли, встреча с препятствиями и др. Кроме того, воздушные потоки под влиянием вращения Земли отклоняются в северном полушарии вправо, а в южном — влево.

Ветер характеризуется скоростью, направлением и силой.

Скорость ветра измеряется в метрах в секунду (м/с), километрах в час (км/ч), баллах (по шкале Бофорта от 0 до 12, в настоящее время до 13 баллов). Скорость ветра зависит от разницы давления и прямо пропорциональна ей: чем больше разность давления (горизонтальный барический градиент), тем больше скорость ветра. Средняя многолетняя скорость ветра у земной поверхности 4-9 м/с, редко более 15 м/с. В штормах и ураганах (умеренных широт) — до 30 м/с, в порывах до 60 м/с. В тропических ураганах скорости ветра доходят до 65 м/с, а в порывах могут достигать 120 м/с.

Направление ветра определяется той стороной горизонта, с которой дует ветер. Для его обозначения применяется восемь основных направлений (румбов): С, СЗ, З, ЮЗ, Ю, ЮВ, В, СВ. Направление зависит от распределения давления и от отклоняющего действия вращения Земли.

Сила ветра зависит от его скорости и показывает, какое динамическое давление оказывает воздушный поток на какую-либо поверхность. Сила ветра измеряется в килограммах на квадратный метр (кг/м²).

Ветры чрезвычайно разнообразны по происхождению, характеру и значению. Так, в умеренных широтах, где господствует западный перенос, преобладают ветры западных направлений (СЗ, З, ЮЗ). Эти области занимают обширные пространства — примерно от 30 до 60° в каждом полушарии. В полярных областях ветры дуют от полюсов к зонам пониженного давления умеренных широт. В этих областях преобладают северо-восточные ветры в Арктике и юго-восточные в Антарктике. При этом юго-восточные ветры Антарктики, в отличие от Арктических, более устойчивые и имеют большие скорости.

Самая обширная зона ветров земного шара находится в тропических широтах, где дуют пассаты.

На Земле ветер является потоком воздуха, который движется преимущественно в горизонтальном направлении; на других планетах он является потоком свойственным этим планетам атмосферных газов. Сильнейшие ветры Солнечной системы наблюдаются на Нептуне и Сатурне. Солнечный ветер является потоком разряженных газов от звезды, а планетарный ветер является потоком газов, отвечающих за дегазацию планетарной атмосферы в космическое пространство. Ветры, как правило, классифицируют по масштабам, скорости, видам сил, которые их вызывают, местам распространения и воздействию на окружающую среду.

Ветры классифицируют, в первую очередь, **по их силе, продолжительности и направлению**. Таким образом, порывами принято считать кратковременные (несколько секунд) и сильные перемещения воздуха. Сильные ветры средней продолжительности (примерно 1 минута) называются **шквалами**. Названия более продолжительных ветров зависят от силы, например, такими названиями являются бриз, буря, шторм, ураган, тайфун и др.

Ветры всегда влияли на человеческую цивилизацию, они вдохновляли на мифологические рассказы, влияли на исторические действия, расширяли диапазон торговли, культурного развития и войн, поставляли энергию для разнообразных механизмов производства энергии и отдыха. Благодаря парусным судам, которые плыли за счет ветра, впервые появилась возможность преодолевать большие расстояния по морям и океанам. Воздушные шары, которые тоже двигались с помощью ветра, впервые позволили отправляться в воздушные путешествия, а современные летательные аппараты используют ветер для увеличения подъемной силы и экономии топлива. Однако, ветры могут быть и небезопасными, так градиентные колебания ветра могут вызвать потерю контроля над самолетом,

быстрые ветры, а также вызванные ими большие волны, на больших водоемах часто приводят к разрушению штучных построек, а в некоторых случаях ветры способны увеличивать масштабы пожара.

Ветры могут влиять и на формирование рельефа, вызывая эоловые отложения, которые формируют различные виды грунтов (например, лёсс) или эрозию. Они могут переносить пески и пыль из пустынь на большие расстояния. Ветры разносят семена растений и помогают передвижению летающих животных, которые приводят к расширению видов на новой территории. Связанные с ветром явления разнообразными способами влияют на живую природу.

Ветер возникает в результате неравномерного распределения атмосферного давления и направлен от зоны высокого давления к зоне низкого давления. Вследствие непрерывного изменения давления во времени и пространстве скорость и направление ветра постоянно меняются. С высотой скорость ветра меняется из-за убывания силы трения.

Для визуальной оценки скорости ветра служит **шкала Бофорта**. Метеорологическое направление ветра указывается **азимутом точки**, откуда дует ветер; тогда как аэронавигационное направление ветра - куда дует, таким образом, значения различаются на 180° . Многолетние наблюдения за направлением и силой ветра изображают в виде графика - розы ветров.

Скорость ветра измеряют в метрах в секунду. При штиле скорость ветра не превышает 0 м/с. Ветер, скорость которого более 29 м/с, называется ураганом.

Самые сильные ураганы отмечены в Антарктиде, где скорость ветра достигала 100 м/с.

Силу ветра измеряют в баллах, она зависит от его скорости и плотности воздуха. По шкале Бофорта штилю соответствует 0 баллов, а урагану максимальное количество баллов – 12.

На береговых станциях **направление и силу ветра** определяют по флюгеру и анемометру.

Зная общие закономерности распределения атмосферного давления, можно установить направление основных потоков воздуха в нижних слоях атмосферы Земли.

Роза ветров (в большинстве языков она называется «**Роза компаса**»), - векторная диаграмма, характеризующая в метеорологии и климатологии режим ветра в данном месте по многолетним наблюдениям и выглядит как многоугольник, у которого длины лучей, расходящихся от центра диаграммы в разных направлениях (румбах горизонта), пропорциональны повторяемости ветров этих направлений («откуда» дует ветер). Розу ветров учитывают при строительстве взлётно-посадочных полос аэродромов, автомобильных дорог, планировке населенных мест (целесообразной ориентации зданий и улиц), оценке взаимного расположения жилмассива и промзоны (с точки зрения направления переноса примесей от промзоны) и множества других

хозяйственных задач (агрономия, лесное и парковое хозяйство, экология и др.).

Роза ветров, построенная по реальным данным наблюдений, позволяет по длине лучей построенного многоугольника выявить направление господствующего, или преобладающего ветра, со стороны которого чаще всего приходит воздушный поток в данную местность. Поэтому настоящая роза ветров, построенная на основании ряда наблюдений, может иметь существенные различия длин разных лучей. То, что в геральдике традиционно называют «розой ветров» — с равномерным и регулярным распределением лучей по азимутам сторон света в данной точке является распространённой метеорологической ошибкой; на самом деле это всего лишь географическое обозначение основных географических азимутов сторон горизонта в виде лучей.

Роза ветров помимо направления ветра может демонстрировать частоту ветров (дискретизированную по определённому признаку - в день, в месяц, в год), а также силу ветра, продолжительность ветра (минут в день, минут в час). Причём могут существовать розы ветров как для обозначения средних значений, так и для обозначения максимальных значений. Также возможно создание комплексной розы ветров, на которой будут присутствовать диаграммы двух и более параметров.

Вертикальное движение воздуха называется восходящим или нисходящим потоком.

Виды ветров.

Постоянные ветры.

1. Пассаты - постоянные ветры, дующие с довольно постоянной силой трёх-четырёх баллов; направление их практически не меняется, лишь слегка отклоняясь.

Пассаты - постоянные ветры тропических широт. Они распространены в зоне от 30°с.ш. до 30°ю.ш., то есть ширина каждой зоны 2-2,5 тыс. км. Это устойчивые ветры умеренной скорости (5-8 м/с). У земной поверхности они вследствие трения и отклоняющего действия суточного вращения Земли имеют преобладающее северо-восточное направление в северном полушарии и юго-восточное в южном. Образуются они потому, что в экваториальном поясе нагретый воздух поднимается вверх, а на его место с севера и юга приходит тропический воздух. Пассаты имели и имеют большое практическое значение в мореплавании, особенно раньше для парусного флота, когда их называли “торговыми ветрами”. Эти ветры образуют устойчивые поверхностные течения в океане вдоль экватора, направленные с востока на запад. Именно они привели к Америке каравеллы Колумба.

2. Западные ветры умеренного пояса - преобладающие ветры, дующие в умеренном поясе примерно между 35 и 65 градусами северной и южной широты, от субтропического хребта до полярного фронта, часть глобальных процессов циркуляции атмосферы и приповерхностная часть ячейки Феррела. Эти ветры дуют преимущественно с запада на восток, точнее с юго-запада в Северном полушарии и с северо-запада в Южном полушарии и могут

образовывать внетропические циклоны на своих границах, где градиент скорости ветра высок. Тропические циклоны, которые проникают в зону этих ветров через субтропический хребет, теряя силу, вновь усиливаются благодаря градиенту скорости западных ветров умеренного пояса.

Западные ветры умеренного пояса сильнее дуют зимой, когда давление над полюсами ниже, и слабо — летом. Эти ветры наиболее сильны в Южном полушарии, где меньше суши, которая имеет свойство отклонять или задерживать ветер. Полоса сильных западных ветров умеренного пояса расположена между 40 и 50 градусами южной широты и известна как «ревущие сороковые». Эти ветры играют важную роль в образовании океанических течений, переносящих теплые экваториальные воды к западным берегам континентов, особенно в Южном полушарии.

3. Северо - восточные ветры (в Северном полушарии) и **юго – восточные ветра** (в Южном полушарии) – дуют из областей повышенного давления на полюсах.

Сезонные ветры.

4. Муссоны - периодический ветер, несущий большое количество влаги, дующий зимой с суши на океан, летом - с океана на сушу. Муссоны наблюдаются главным образом в тропическом поясе.

Со сменой муссонов происходит смена сухой малооблачной зимней погоды на дождливую летнюю. Однако неодинаковый характер циркуляции атмосферы в разных районах земного шара определяет и различия в причинах и характере муссонов. **Различают внетропические и тропические муссоны.**

Внетропические муссоны - муссоны умеренных и полярных широт. Они образуются в результате сезонных различий давления над морем и сушей. Наиболее типичная зона их распространения - Дальний Восток, Северо-Восточный Китай, Корея, в меньшей степени - Япония и северо-восточное побережье Евразии.

Тропические муссоны - муссоны тропических широт. Они обусловлены сезонными различиями в нагревании и охлаждении Северного и Южного полушарий. В результате зоны давления смещаются по сезонам относительно экватора в то полушарие, в котором в данное время лето, а пассаты проникают в “летнее” полушарие. При этом характерный для тропиков режим пассатов заменяется зимним муссоном, совпадающим по направлению с пассатом и летним муссоном, более или менее противоположным по направлению (чаще с западной составляющей). Этой смене направления ветра в летнем тропическом муссоне немало способствует западное течение воздуха в зоне экваториальной области низкого давления, которая смещается вместе с другими зонами. Тропические муссоны наиболее типичны и устойчивы в северной части бассейна Индийского океана, включая Индию и сопредельные с нею тропические районы. Этому в немалой мере способствует сезонная смена режима атмосферного давления над Азиатским материком. С южно-азиатскими муссонами связаны коренные особенности климата этого региона. Образование тропических муссонов в других районах

земного шара происходит менее характерно, когда более четко выражается один из них - зимний или летний муссоны. Такие муссоны отмечаются в тропической Африке, в северной Австралии и в приэкваториальных районах Южной Америки.

5. Бриз - тёплый ветер, дующий с берега на море ночью и с моря на берег днём; в первом случае называется береговым бризом, а во втором - морским.

Дневной (морской) бриз образуется в результате того, что днем суша нагревается быстрее, чем море, и над ней устанавливается более низкое давление. В это время над морем (более охлажденным) давление выше и воздух начинает перемещаться с моря на сушу. Ночной (береговой) бриз дует с суши на море, так как в это время суша охлаждается быстрее, чем море, и пониженное давление оказывается над водной поверхностью — воздух перемещается с берега на море.

Смена берегового бриза на морской происходит незадолго до полудня, а морского на береговой — вечером. Слой воздуха, охваченный бризом, может распространяться на высоту до нескольких сот метров, а выше, как правило, отмечается движение воздуха в обратном направлении — антибриз. Антибризы вместе с бризами образуют замкнутую циркуляцию.

Бризы могут образовываться по берегам не только морей, но и больших озер, крупных водохранилищ, а также на некоторых больших реках, на опушке леса, на окраине города и могут проникать на сушу от береговой черты на десятки километров. Бризы особенно часты летом при ясной и тихой (антициклональной) погоде. Они наблюдаются также на Балтийском море, когда долго стоит ясная и жаркая погода.

6. Бора - холодный резкий ветер, дующий с гор на побережье или долину.

Бора - холодный порывистый местный ветер, возникающий в случае, когда поток холодного воздуха встречает на своём пути возвышенность; преодолев препятствие, бора с огромной силой обрушивается на долину. Вертикальные размеры боры — несколько сот метров. Охватывает, как правило, небольшие районы, где невысокие горы непосредственно граничат с морем. В России особенно сильны боры Новороссийской бухты, где имеют северо-восточное направление и дуют свыше 40 дней в году, Новой Земли, берегов Байкала. В Европе наиболее известны боры Адриатического моря (Триест, Риека и др.). Продолжительность боры — от суток до недели. Суточный перепад температур во время боры может достигать 40 °С.

Перед появлением боры у вершин гор можно наблюдать густые облака, которые жители Новороссийска называют «борода». Первоначально ветер крайне неустойчив, меняет направление и силу, но постепенно приобретает определённое направление и огромную скорость — до 60 м/с на Маркотхском перевале близ Новороссийска. Иногда бора вызывает значительные разрушения в прибрежной полосе (так, в Новороссийске в 2002 бора стала причиной гибели нескольких десятков человек); на море ветер способствует сильному волнению; усилившиеся волны затапливают берега и также приносят разрушения; при сильных морозах (в Новороссийске — 20-24° ниже

нуля) они застывают, и образуется ледяная корка. Иногда бора ощущается и далеко от берега.

7. Фён (фен) - сильный тёплый и сухой ветер, дующий с гор на побережье или долину.

Разновидностями фена, но только приносящими зимой холодную погоду, являются нордост (бора) в Новороссийске, бора в Триесте и мистраль в Провансе.

Летом новороссийская бора представляет, подобно фену, сухой знойный ветер. Зимой, когда в наших южных степях стоит антициклон с низкой температурой и высоким давлением, а к юго-западу от Кавказского хребта на Черном море сравнительно высокая температура и низкое давление, холодный воздух вследствие разности давления притекает к Кавказскому хребту. Высокая стена Кавказских гор защищает Закавказье от этого холодного ветра, но в западной части хребта, около Новороссийска, где хребет невысок, холодный воздух переваливает через хребет и вследствие своей большой плотности, подобно лавине, обрушивается вниз к теплему побережью. Вследствие этого температура быстро падает, водяные пары конденсируются и в виде инея оседают на снастях судов, мачтах, телеграфных проволоках и т. д. Брызги волн, поднятые силой ветра на поверхности моря, замерзают. Вывали случаи, когда суда тонули под тяжестью осевшего на них инея и льда, двери в каютах пароходов настолько примерзали, что приходилось их вырубать. В приморской части города здания покрывались инеем и льдом и принимали весьма фантастический вид вследствие такого убора.

Для наглядности возьмем такой пример. Предположим, что в Новороссийске температура у моря 5° , тогда как на северном склоне Кавказа - 20° , что не представляет ничего необычного. При поднятии на 500 м воздух охладится на $0^{\circ},5 \cdot 5 = 2^{\circ},5$, а при опускании на южном склоне он нагревается на 5° , так что в результате воздух придет в Новороссийск, имея температуру - $20^{\circ} + 5^{\circ} - 2^{\circ},5 = -17^{\circ},5$. Естественно, что это вызовет сильное понижение температуры. Мы видим, что и в этом случае воздух, перевалив через хребет, нагрелся, но для Черноморского побережья он явится очень холодным. При такой громадной разнице температур воздуха вверху - на хребте - и внизу - у уровня моря - естественно, что воздух, как снежная лавина, стремительно падает вниз, и сила его падения так велика, что сваливает людей с ног. Этот ветер ощущается не только в Новороссийске, но и далее к югу, в Геленджике и до Туапсе, но южнее горы поднимаются настолько высоко, что защищают побережье от норд-оста.

При аналогичных условиях возникают бора в Триесте, на берегу Адриатического моря, мистраль в Провансе, сарма на Байкале.

8. Сирокко - итальянское название сильного южного или юго-западного ветра, зарождающегося в Сахаре. Это сильный южный или юго-западный ветер в Италии, а также это название применяется к ветру всего Средиземноморского бассейна, зарождающегося в Северной Африке, на Ближнем Востоке и имеющего в разных регионах своё название и свои особенности.

Отличие этого регулярного воздушного потока некоторыми особенностями от главного характера общей циркуляции атмосферы, а также заметное влияние на режим погоды в регионе Средиземного моря, позволяет отнести сирокко к местным ветрам. Направление южное, юго-восточное или восточное (иногда даже юго-западное). В очагах формирования, и когда переваливает через горы на юге Европы, на подветренной стороне приобретает характер фёна. Возникает во все времена года; летом — реже, весной и осенью — чаще. Наибольшей силы он достигает в марте и ноябре. В некоторых регионах иногда развивает скорость до 100 км/ч (55 узлов — сила урагана), достигая штормовой силы (от 2 до 9 баллов по шкале Бофорта), хотя кое-где считается ветром средней силы. Обычно усиливается после полудня, а вечером и ночью ослабевает. Дует по 2—3 дня подряд, но может продолжаться и полдня, и множество дней. Действует на людей угнетающе.

Сирокко зарождается в глубинах аравийских и североафриканских пустынь. Он возникает в тёплых, сухих, тропических воздушных массах, которые двигаются на север в направлении низкого давления к востоку через Средиземное море. Горячий сухой континентальный воздух смешивается с более холодным, влажным воздухом морского циклона, и, двигаясь против часовой стрелки, перемещается к южному побережью Европы. По пути через Средиземное море он становится более влажным, но тем не менее часто иссушает растительность юга Европы, принося к тому же большие массы пыли.

Обычно считается, что сирокко — это удушающий, обжигающий, очень пыльный ветер с высокой температурой (до 35 °С ночью) и низкой относительной влажностью (см. суховеи), однако, в некоторых районах Средиземноморья он является тёплым влажным морским ветром. Иногда он служит причиной пыльной, сухой погоды вдоль северного побережья Африки, штормов в Средиземном море и холодной, влажной погоды в Европе. Он вызывает сухие туманы и пыльную мглу.

9. Суховей - ветер с высокой температурой и низкой относительной влажностью воздуха в степях, полупустынях и пустынях. Суховей отмечается в условиях антициклона по его краям. Температура воздуха в суховеи в тени может иногда превышать 40 °С, а влажность - быть менее 30%.

Скорость суховея обычно умеренная, но иногда может достигать ураганной силы. Относительная влажность в суховеи всегда невелика (менее 30%). Суховеи характерны для Прикаспия и Казахстана, юга Украины, а иногда могут наблюдаться и в лесостепной и даже лесной зоне. Суховей — иссушающий ветер со скоростью от 5 до 20 м/с, исходящий от периферии антициклонов летом преимущественно при вторжении тропических масс воздуха (аналоги хамсин, сирокко и др.). При высокой температуре (20—25°С) воздуха суховеи имеют большой дефицит влаги при незначительной относительной влажности (менее 30%), что вызывает резкое усиление испарения с почв. Малая подвижность антициклонов вызывает устойчивую продолжительность суховея (несколько суток), который при недостаточной влажности почв вызывает засуху, порчу урожаев зерновых и плодовых

культур, гибель растений. Тропические воздушные массы зарождаются над пустынями Африки, Малой Азии, а также и в Южном Казахстане, а с ними суховеи распространяются до лесостепей России и Казахстана, но чаще вторгаются в полупустыни и степи. Защитой от суховеев служат лесозащитные полосы, орошение почвы и мелиорация.

10. Штиль - затишье, безветренная или тихая погода со слабым ветром, скорость которого по шкале Бофорта не более 0,5 м/с. Обычно штили наблюдаются в экваториальной зоне затишья, в области Азиатского антициклона зимой, чаще в котловинах, чем на открытой местности.

11. Ледниковый ветер – ветер, дующий вниз по леднику в горах.

12. Ветры склонов – ветры, что характеризуются дневным подъёмом или ночным опусканием воздуха по горным склонам; одна из причин возникновения горно-долинных ветров.

13. Горно-долинные ветры – ветра с суточной периодичностью, схожие с бризами, что наблюдаются в горных системах.

14. Солнечный ветер - поток ионизированных частиц (в основном гелиево-водородной плазмы), истекающий из солнечной короны в окружающее космическое пространство. Является одним из основных компонентов межпланетной среды.

15. Микропорыв - сильное кратковременное нисходящее движение воздуха, связанное с грозовой деятельностью.

16. Тропический циклон - атмосферный вихрь с пониженным атмосферным давлением в центре, образовавшийся в тропических широтах. Часто сопряжён со штормовыми скоростями ветра.

17. Афганец - сухой, пекущий местный ветер с пылью, который дует в Центральной Азии. Дует от нескольких суток до нескольких недель. Очень агрессивен. В Афганистане называется кара-буран, что означает чёрная буря.

18. Баргузин - могучий байкальский ветер. Дует ровно, с постепенно нарастающей мощностью. Обычно предваряет устойчивую солнечную погоду.

19. Зефир - ветер, господствующий на востоке Средиземья. Он тёплый, но часто приносит с собой дожди и даже бури, тогда как на западе Средиземного моря Зефир является почти всегда лёгким, приятным ветром.

20. Погон - на Волге - попутный ветер.

21. Самум - знойный сухой ветер в пустынях. Обычно перед налетающим шквалом самума пески начинают «петь» — слышен звук трущихся друг о друга песчинок. Поднятые «тучи» песка затмевают Солнце. Ветер несёт раскалённый песок и пыль и иногда сопровождается грозой.

22. Торнадо - в Северной Америке сильный атмосферный вихрь над сушей, отличающийся исключительно частой повторяемостью.

23. Сарма - «падающий» северо-западный ветер, дующий на западном берегу озера Байкал со скоростью до 40 м/с.

24. Бакинский норд - обычно сильный, сухой и холодный северный ветер, достигающий скорости 20-40 м/с.

25. Мистраль - очень тёплый и влажный ветер, сопровождающийся значительной облачностью и осадками и наблюдаемый в Италии, Аравии,

Палестине и Месопотамии, называют сирокко, в Испании - **левеш**, в Алжире и Тунисе - **самум**, в Египте - **шамсин**.

26. Стоковые ветры – формируются в условиях горных ледников и особенно ледников Гренландии и Антарктиды. Они возникают в центральных, наиболее высоких частях ледниковых куполов, где температура подстилающей поверхности минимальна. Холодный воздух непрерывно стекает вниз, набирая, по мере движения под уклон, очень высокую скорость. Поскольку условия на ледниках почти неизменны, стоковые ветры дуют почти непрерывно.

Большие атмосферные вихри.

Воздушной массой называется большое количество воздуха, имеющего сравнительно однородные свойства в горизонтальных направлениях, порой на протяжении тысяч километров.

Воздушная масса,двигающаяся над более теплой подстилающей поверхностью, называется холодной;двигающаяся над более холодной подстилающей поверхностью — теплой; находящаяся в тепловом равновесии с окружающей средой — местной.

Воздушная масса, формирующаяся в Арктике, называется арктическим воздухом, который сильно охлажден по всей толще, обладает малой абсолютной и большой относительной влажностью, несущий с собой туманы и дымки. В умеренных широтах формируется полярный воздух. Зимой массы такого воздуха близки по своим свойствам к арктическому; летом полярный воздух сильно запылен и отличается пониженной видимостью. Формирующийся в субтропиках и тропиках тропический воздух сильно прогрет, запылен, отличается большой абсолютной влажностью, нередко вызывающий явления опалесценции (красноватое солнце и далекие предметы в голубой дымке). Континентальный тропический воздух днем неустойчив (конвекция, пыльные вихри и бури, смерчи). Видимость понижена.

Экваториальный воздух имеет в общем те же свойства, что и тропический, но некоторые из них выражены еще в большей степени.

Место соприкосновения двух воздушных масс, обладающих различными физическими свойствами, называется поверхностью раздела (фронтом). Линия пересечения такой поверхности с подстилающей поверхностью (моря или земли) называется **линией фронта**. Фронты разделяются на **подвижные и стационарные**.

Главный арктический фронт отделяет арктический воздух от полярного; главный полярный фронт — полярный воздух от тропического; главный тропический фронт — тропический воздух от экваториального.

Теплый фронт возникает при наплыве теплой воздушной массы на холодную. Давление перед таким фронтом падает. Предвестником теплого фронта служат также перистые облака в виде «коготков». Перед теплым фронтом наблюдаются предфронтные туманы. Пересекая зону теплого фронта, судно попадает в широкую полосу обложного дождя или снега с пониженной видимостью.

Холодный фронт возникает когда холодные воздушные массы вклиниваются под теплые. Он наступает «стеной» ливневых облаков. Давление перед фронтом значительно падает. При встрече с холодным фронтом судно попадает в зону ливней, гроз, шквалов и сильного волнения. Однако если клин холодного воздуха «подсекает» теплые массы медленно, то за линией такого холодного фронта судно попадает в зону обложных осадков.

Фронт окклюзии возникает при взаимодействии двух масс воздуха — теплого и холодного. Если догоняющая масса имеет температуру ниже впереди идущей, то фронт называют фронтом холодной окклюзии; если догоняющая масса имеет температуру выше впереди идущей — фронт теплой окклюзии. Проходя фронты окклюзии, судно может попасть в условия пониженной видимости, осадков, сильного ветра, сопровождаемого волнением.

Циклон — область приземного слоя атмосферы с низким атмосферным давлением, где ветры дуют от периферии к центру. Диаметр циклона колеблется от нескольких сот до 5000 км; средняя скорость перемещения 30—60 км/ч.

В отличие от зарождающихся в умеренных широтах циклонов, циклонические возмущения, возникающие между тропиками, называются **тропическими циклонами**. В Вост- Индии они называются ураганами; к востоку от Азии — тайфунами; в Индийском океане — циклонами; в южной части Индийского океана — арканами. Тропические циклоны обычно менее 100—300 миль в поперечнике с диаметром центральной части 20—30 миль. Барический градиент в тропическом циклоне порой превышает 40 мб, а скорость ветра достигает 100 км/час, причем эти показатели, в отличие от циклонов умеренных широт, сохраняются практически во всей области урагана (тайфуна и т. Д.).

Антициклоны — область повышенного атмосферного давления, где воздух растекается от центра до периферии.

Антициклоны — области повышенного атмосферного давления бывают, как и циклоны, стационарными и подвижными.

Антициклон, проникший с севера, в холодное время года приносит понижение температуры, ясную погоду и хорошую видимость; в теплое время года — грозы, Антициклон, приходящий с юга, в холодное время года несет длительную пасмурную погоду; в теплое — дожди с грозами, а по ночам — росу и поземные туманы. Явным признаком антициклонической погоды является резкий суточный ход температуры воздуха, влажности и других метеозлементов.

Воздушные массы и атмосферные фронты.

Над большими площадями земной поверхности формируются обширные и разнообразные воздушные течения, из которых складывается общая циркуляция атмосферы.

В нижних слоях атмосферы выделяют воздушные массы, которые объединяются общим происхождением, сходными свойствами и движутся как одно целое. Они занимают большие пространства над материками и океанами.

Каждая такая масса простирается на тысячи километров. Температура, влажность, прозрачность и другие свойства каждой воздушной массы меняются медленно. Но над водной поверхностью или влажной почвой воздух становится влажным, над пустынями или другими запыленными территориями — мутным и т. д. При движении воздушных масс из одних широт в другие, с океана на материк или наоборот их физические свойства изменяются весьма существенно. Идет преобразование, трансформация воздушных масс.

Перемещение воздушных масс определяет изменение погоды: теплые вызывают потепление, так как массы движутся с более теплой подстилающей поверхности; холодные — приносят похолодание, перемещаясь с более холодной поверхности на более теплую. Подстилающая поверхность — море, горы или равнины, лес или поле — влияет на состояние воздушных масс, так как каждая из этих поверхностей по-разному поглощает, накапливает и отражает лучистую энергию Солнца.

В зависимости от места формирования, т. е. от географического очага, различают 4 основных типа воздушных масс.

1. Арктический (антарктический) воздух (АВ) формируется над ледяной поверхностью полярных стран; характеризуется низкими температурами, малым содержанием влаги, небольшим количеством пыли, большой прозрачностью. Вторгаясь в низкие широты, этот воздух значительно понижает температуры. Он может проникнуть далеко от области своего возникновения, задерживаясь только горными цепями. По своим свойствам АВ подразделяется на континентальный и морской. От континентального морской воздух отличается повышенным содержанием влаги.

2. Полярный воздух (ПВ) — воздух умеренных широт. Название не совсем точное и сохраняется, скорее, по традиции. Очаги ПВ располагаются в средних и субполярных, т. е. во внетропических, широтах обоих полушарий. Он также бывает континентальным и морским. Зимой континентальный ПВ сильно охлажден. Он отличается небольшим содержанием влаги. С вторжением континентального ПВ устанавливается ясная, морозная погода. Летом он сильно нагрет. Морской ПВ обычно формируется над океанами; он влажный, умеренной температуры; зимой приносит оттепели; летом — пасмурную погоду и похолодание.

3. Тропический воздух (ТВ) - воздушная масса, круглый год формирующаяся в тропиках и субтропиках, а летом над сушей на юге умеренных широт (юг Европы, Казахстан, Средняя Азия, Забайкалье и др.). Обычно ТВ вторгается из низких широт в более высокие, вызывая резкое повышение температуры — оттепели зимой и жаркую погоду летом. Морской ТВ отличается высокой влажностью и температурой, континентальный — запыленностью и более высокой температурой.

4. Экваториальный воздух (ЭВ) - формируется в экваториальной зоне, перемещаясь в северное и южное полушария. И над морем, и над сушей всегда имеет высокую температуру и влажность; поэтому на морской и континентальный не подразделяется. При переходе с океана на более нагретую

сушу из экваториального воздуха выпадают тропические дожди. За пределы тропиков экваториальный воздух (ЭВ) не распространяется.

При сближении разнородных воздушных масс возникают переходные, или фронтальные, зоны, которые непрерывно зарождаются, обостряются и разрушаются; скорость и сила этих процессов зависят от разности температур встречающихся масс. Здесь усиливается ветер, достигающий ураганных скоростей на высоте 9—12 км (200 км/ч и более), возникают большие атмосферные вихри — циклоны и антициклоны, а также выявляются поверхности разделов между холодными и теплыми воздушными массами, которые называются **атмосферными фронтами**. Ширина этой зоны незначительна — несколько десятков километров, толщина по вертикали — несколько сотен метров. Наклон фронтальной поверхности к земной очень незначительный, менее 1° . Этот клин при таких малых углах наклона фронтов очень трудно изобразить на чертеже; во всяком случае, горизонтальный масштаб приходится уменьшать в 100 раз. Нагляднее будет представить себе следующее: если удалиться на 300 км от линии фронта у поверхности Земли, то фронтальная поверхность будет на высоте 2—3 км; когда мы отъедем на 600 км, она поднимется на высоту только 4—6 км и т. д. Если фронт перемещается в сторону высоких температур, это означает, что наступает холодный воздух. Он более тяжелый и подтекает под теплый, который, не успевая отступать, скользит вверх. Такой фронт называется холодным; его прохождение вызывает похолодание. При наступлении теплого воздуха фронт перемещается в сторону низких температур и теплый воздух натекает на холодный. Такой фронт называется теплым, и после его прохождения наступает потепление. Линия фронтов извилистая: их изгибы к северу обычно вызваны языками теплого воздуха, изгибы к югу — языками холодного воздуха. Когда изгибы фронтальной линии смыкаются, возникают циклоны и антициклоны — мощные атмосферные вихри.

Вместе с воздушными массами фронты перемещаются со скоростью 30—35 км/ч, проходя за сутки свыше 600—800 км. Иногда скорость их замедляется, и они могут подолгу почти не передвигаться. Так как во фронтальной зоне происходит подъем воздуха и образование облаков, то погода здесь всегда облачная и выпадают осадки.

5. Вода в атмосфере.

Вода в атмосфере содержится в виде молекул (пар), капелек и кристалликов. Влажность воздуха характеризуется содержанием водяного пара в 1 м. куб. воздуха. **Абсолютная влажность** — количество водяного пара, которое может содержаться в 1 м. куб. воздуха при данной температуре. Чем выше температура, тем больше влаги в нем может содержаться.

Относительная влажность - процентное отношение количества водяного пара, содержащегося в воздухе, к тому количеству, которое может содержаться при данной температуре (%). Она показывает степень насыщения воздуха водяным паром.

Облака образуются при конденсации водяного пара в поднимающемся воздухе вследствие его охлаждения.

Вода в жидком или твердом состоянии, выпадающая на земную поверхность, называется **атмосферными осадками**.

По происхождению выделяют **два вида осадков**:

- выпадающие из облаков (дождь, снег, крупа, град);
- образующиеся у поверхности Земли (туман, роса, гололед, изморозь).

Измеряются осадки слоем воды (в мм.), который образуется, если выпавшая вода не стекает и не испаряется. В среднем за год на Землю выпадает 1130 мм. осадков.

Атмосферные осадки распределены по земной поверхности очень **неравномерно**. Одни территории страдают от избытка влаги, другие от её недостатка. Особенно мало получают осадков территории, расположенные вдоль северного и южного тропиков, где температуры воздуха высоки и потребность в осадках особенно велика.

Главная причина такой неравномерности - **размещение поясов атмосферного давления**. Так, в области экватора в поясе низкого давления постоянно нагретый воздух содержит много влаги, он поднимается вверх, охлаждается и становится насыщенным. Поэтому в области экватора образуется много облаков, и идут обильные дожди. Немало осадков и в других областях земной поверхности, где низкое давление.

В поясах высокого давления преобладают нисходящие воздушные потоки. Холодный воздух, опускаясь, содержит мало влаги. При опускании он сжимается и нагревается, благодаря чему удаляется от точки насыщения, становится суше. Поэтому в областях повышенного давления над тропиками и у полюсов выпадает мало осадков.

По количеству выпадающих осадков ещё нельзя судить об обеспеченности территории влагой. Необходимо учитывать возможное испарение — испаряемость. Она зависит от количества солнечного тепла: чем больше его, тем больше влаги может испариться, если она есть. Испаряемость может быть большой, а испарение маленьким. Например, в Сахаре испаряемость (сколько влаги может испариться при данной температуре) 4500 мм/год, а испарение (сколько действительно испаряется) всего 100 мм/год. По соотношению испаряемости и испарения судят об увлажненности территории. Для определения увлажнения пользуются коэффициентом увлажнения. **Коэффициент увлажнения** — отношение годового количества осадков к испаряемости за один и тот же промежуток времени. Он выражается дробью в процентах. Если коэффициент равен 1 — увлажнение достаточное, если меньше 1, увлажнение недостаточное, а если больше 1, то увлажнение избыточное. По степени увлажнения выделяются влажные (гумидные) и сухие (аридные) области.

Погода.

Погода — совокупность значений метеорологических элементов и атмосферных явлений, наблюдаемых в определенный момент времени в той или иной точке пространства.

Выделяют **периодические и непериодические изменения погоды**. **Периодические** изменения погоды зависят от суточного и годового

вращения Земли. **Непериодические** обусловлены переносом воздушных масс. Они нарушают нормальный ход метеорологических величин (температура, атмосферное давление, влажность воздуха и т.д.). Несовпадения фазы периодических изменений с характером непериодических приводят к наиболее резким изменениям погоды.

Наука, изучающая изменения основных показателей состояния воздуха, **называется метеорологией**. Наблюдения за погодой ведут на метеорологических станциях с помощью специальных приборов. Такие станции расположены на территории всего земного шара.

Температура воздуха характеризует тепловое состояние атмосферы и измеряется в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$) и Кельвина (К). Она определяет условия формирования и характер погоды и зависит от угла падения солнечных променей. На температуру также влияют прозрачность атмосферы, облачность, направление ветра, осадки и др. Разница между самой высокой и самой низкой температурами воздуха называют амплитудой колебаний температур.

Различают **суточную амплитуду** - разность между самой высокой и самой низкой температурой в течение суток, **месячный** - разность средних температур суток в течение месяца, **летнюю** - разность между самым теплым и холодным месяцем года. Годовые амплитуды колебаний температур увеличиваются от экватора к полюсам. На экваторе они составляют около 1°C , на широте Киева - $27,7^{\circ}\text{C}$.

Атмосферное давление - сила, с которой воздух давит на земную поверхность. Давление измеряется с помощью барометра. Единицей измерения атмосферного давления является миллиметр ртутного столба или миллибары. Средняя величина атмосферного давления над уровнем моря ("**нормальное ДАВЛЕНИЕ**") около 760 мм ртутного столба или 1013 мб. Единицей измерения атмосферного давления в международной системе единиц (СИ) является паскаль (Па), который эквивалентен 0,01 мб; числовая величина атмосферного давления в гектопаскалях (гПа) равна числовой величине в миллибарах, т.е. $760\text{ мм} - 1013\text{ мб} = 1013\text{ гПа}$. С высотой давление снижается на каждые 100 м подъема на 10 мм ртутного столба. Это явление характерно только для нижних слоев тропосферы. Распределение атмосферного давления влияет на перемещение тепла и влаги, скорость и направление ветра, развитие циклонов и антициклонов.

Ветер - горизонтальное движение воздуха из области высокого давления в область низкого. Ветер характеризуется скоростью (измеряется в м / с, км / ч), направлением, определяемым по стороне горизонта, откуда он дует. Ветер со скоростью 5-8 м / с считается умеренным, до 15 м / с - сильным, более 20-25 м / с - штормовым, более 30 м / с - ураганом. Есть такие ветры: бриз - днем дует на сушу, направленный из океана на сушу, зимой - наоборот; пассаты - постоянные ветры умеренной силы (в среднем 5-8 м / с), дующие из субтропических антициклонов в сторону экватора.

Влажность воздуха - это содержание водяного пара в воздухе. Она измеряется в граммах на 1 м^3 (г / м^3). Влажность воздуха зависит от температуры: чем выше температура воздуха, тем больше водяных паров в нем.

Абсолютная влажность - это количество водяного пара в граммах, которое может содержаться на 1 м³ воздуха при данной температуре. Относительная влажность - отношение фактического содержания водяного пара в воздухе к возможному при данной температуре, выраженное в процентах. Измеряют относительную влажность прибором, который называется гигрометром.

Облачность - это степень покрытия небосвода облаками, зависит от температуры воздуха. Облака - скопления взвешенных в атмосфере мелких капель воды или кристаллов льда. Есть несколько десятков видов облаков, и на их частище встречаются перистые (образуются на высоте более 6000 м, состоят из кристалликов льда, по форме напоминают перья птицы), слоистые (расположены на высоте около 0,2-2 км, покрывая плотной пеленой небо), кучевые-образуются на высоте 2-3 км. Они напоминают куски ваты, разбросанные на небосводе.

Облачность определяется в баллах - от 0 (при ясном небе) до 10 (небо сплошь затянуто облаками). Средняя облачность Земли - 5,5 балла, над материками она меньше, над океанами - большая. Облачность влияет еще на другие показатели погоды, в частности на температуру.

Атмосферные осадки - это вода, выпадающая из облаков или непосредственно из воздуха в жидком или твердом состоянии. К жидким осадкам принадлежат дождь, роса, туман. К твердым - снег, град, иней. Измеряется количество осадков слоем воды (в мм), который образуется, если вода, выпавшая, не стекает и не испаряется.

6. Климат. Основные типы климата. Климат и широта. Мезо- и микроклиматы. Климатообразующие факторы.

Климат - многолетний режим погоды, характерный для данной местности в силу ее географического положения.

Под климатом принято понимать усредненное значение погоды за длительный промежуток времени (порядка нескольких десятилетий). То есть климат - это средняя погода. Таким образом, **погода — это мгновенное состояние некоторых характеристик (температура, влажность, атмосферное давление)**. Отклонение погоды от климатической нормы не может рассматриваться как изменение климата, например, очень холодная зима не говорит о похолодании климата. Для выявления изменений климата нужен значимый тренд характеристик атмосферы за длительный период времени порядка десятилетия.

Основные типы климата

Классификация климатов дает упорядоченную систему для характеристики типов климата, их районирования и картографирования. Типы климата, преобладающие на обширных территориях, называются макроклиматами. Макроклиматический район должен иметь более или менее однородные климатические условия, отличающие его от других районов, хотя и представляющие собой лишь обобщенную характеристику (поскольку не существует двух мест с идентичным климатом), больше отвечающую реалиям, чем выделение климатических районов только на основе принадлежности к определенному широтно-географическому поясу.

1. **Климат ледниковых покровов** господствует в Гренландии и Антарктиде, где средние месячные температуры ниже 0°C . В темное зимнее время года эти регионы совершенно не получают солнечной радиации, хотя там бывают сумерки и полярные сияния. Даже летом солнечные лучи падают на земную поверхность под небольшим углом, что снижает эффективность прогрева. Большая часть приходящей солнечной радиации отражается льдом. Как летом, так и зимой в возвышенных районах Антарктического ледникового покрова преобладают низкие температуры. Климат внутренних районов Антарктиды гораздо холоднее климата Арктики, поскольку южный материк отличается большими размерами и высотами, а Северный Ледовитый океан смягчает климат, несмотря на широкое распространение паковых льдов. Летом во время коротких потеплений дрейфующий лед иногда тает.

Осадки на ледниковых покровах выпадают в виде снега или мелких частичек ледяного тумана. Внутренние районы ежегодно получают всего 50–125 мм осадков, но на побережье может выпадать и более 500 мм. Иногда циклоны приносят в эти районы облачность и снег. Снегопады часто сопровождаются сильными ветрами, которые переносят значительные массы снега, сдувая его со скал. Сильные стоковые ветры с метелями дуют с холодного ледникового щита, вынося снег на побережья.

1. **Субполярный климат** проявляется в тундровых районах на северных окраинах Северной Америки и Евразии, а также на Антарктическом п-ове и прилегающих к нему островах. В восточной Канаде и Сибири южная граница этого климатического пояса проходит значительно южнее Полярного круга из-за сильно выраженного влияния обширных массивов суши. Это приводит к затяжным и крайне холодным зимам. Лето короткое и прохладное со средними месячными температурами, редко превышающими $+10^{\circ}\text{C}$. До некоторой степени длинные дни компенсируют непродолжительность лета, однако на большей части территории получаемого тепла недостаточно для полного оттаивания грунтов. Постоянно мерзлый грунт, называемый многолетней мерзлотой, сдерживает рост растений и фильтрацию талых вод в грунт. Поэтому летом плоские участки оказываются заболоченными. На побережье зимние температуры несколько выше, а летние – несколько ниже, чем во внутренних районах материка. Летом, когда влажный воздух находится над холодной водой или морским льдом, на арктических побережьях часто возникают туманы.

Годовая сумма осадков обычно не превышает 380 мм. Большая их часть выпадает в виде дождя или снега летом, при прохождении циклонов.

На побережье основная масса осадков может быть принесена зимними циклонами. Но низкие температуры и ясная погода холодного сезона, характерные для большей части областей с субполярным климатом, неблагоприятны для значительного снегонакопления.

3. Субарктический климат известен также под названием «климат тайги» (по преобладающему типу растительности – хвойным лесам). Этот климатический пояс охватывает умеренные широты Северного полушария – северные области Северной Америки и Евразии, расположенные

непосредственно к югу от субполярного климатического пояса. Здесь проявляются резкие сезонные климатические различия из-за положения этого климатического пояса в достаточно высоких широтах во внутренних частях материков. Зимы затяжные и крайне холодные, и чем севернее, тем дни короче. Лето короткое и прохладное с длинными днями.

Зимой период с отрицательными температурами очень продолжителен, а летом температура временами может превышать $+32^{\circ}\text{C}$. В Якутске средняя температура января -43°C , июля $+19^{\circ}\text{C}$, т.е. годовая амплитуда температур достигает 62°C . Более мягкий климат характерен для приморских территорий, например южной Аляски или северной Скандинавии.

На большей части рассматриваемого климатического пояса выпадает менее 500 мм осадков в год, причем их количество максимально на наветренных побережьях и минимально во внутренней части Сибири. Снега зимой выпадает очень мало, снегопады сопряжены с редкими циклонами. Лето обычно более влажное, причем дожди идут в основном при прохождении атмосферных фронтов. На побережьях часто бывают туманы и сплошная облачность. Зимой в сильные морозы над снежным покровом висят ледяные туманы.

4. Влажный континентальный климат с коротким летом характерен для обширной полосы умеренных широт Северного полушария. В Северной Америке она простирается от прерий на юге центральной Канады до побережья Атлантического океана, а в Евразии охватывает большую часть Восточной Европы и некоторые районы Средней Сибири. Такой же тип климата наблюдается на японском о. Хоккайдо и на юге Дальнего Востока. Основные климатические особенности этих районов определяются преобладающим западным переносом и частым прохождением атмосферных фронтов. В суровые зимы средние температуры воздуха могут понижаться до -18°C . Лето короткое и прохладное, безморозный период менее 150 дней. Годовая амплитуда температур не столь велика, как в условиях субарктического климата. В Москве средние температуры января -9°C , июля $+18^{\circ}\text{C}$. В этом климатическом поясе постоянную угрозу для сельского хозяйства представляют весенние заморозки. В приморских провинциях Канады, в Новой Англии и на о. Хоккайдо зимы теплее, чем во внутриконтинентальных районах, так как восточные ветры временами приносят более теплый океанический воздух.

Годовое количество осадков колеблется от менее 500 мм во внутренних частях материков до более 1000 мм на побережьях. На большей части района осадки выпадают преимущественно летом, часто при грозовых ливнях. Зимние осадки, в основном в виде снега, связаны с прохождением фронтов в циклонах. Метели часто наблюдаются в тылу холодного фронта.

5. Влажный континентальный климат с длинным летом.

Температуры воздуха и продолжительность летнего сезона увеличиваются к югу в районах влажного континентального климата. Такой тип климата проявляется в умеренном широтном поясе Северной Америки от

восточной части Великих Равнин до атлантического побережья, а в юго-восточной Европе – в низовьях Дуная.

Сходные климатические условия выражены также в северо-восточном Китае и центральной Японии. Здесь также преобладает западный перенос. Средняя температура наиболее теплого месяца $+22^{\circ}\text{C}$ (но температуры могут превышать $+38^{\circ}\text{C}$), летние ночи теплые. Зимы не такие холодные, как в областях влажного континентального климата с коротким летом, но температура иногда опускается ниже 0°C . Годовая амплитуда температур обычно составляет 28°C , как, например, в Пеории (шт. Иллинойс, США), где средняя температура января -4°C , а июля – $+24^{\circ}\text{C}$. На побережье годовые амплитуды температур уменьшаются.

Чаще всего в условиях влажного континентального климата с длинным летом выпадает от 500 до 1100 мм осадков в год. Наибольшее количество осадков приносят летние грозовые ливни во время вегетационного сезона. Зимой дожди и снегопады в основном сопряжены с прохождением циклонов и связанных с ними фронтов.

6. Морской климат умеренных широт присущ западным побережьям материков, прежде всего, северо-западной Европы, центральной части тихоокеанского побережья Северной Америки, югу Чили, юго-востоку Австралии и Новой Зеландии. На ход температуры воздуха смягчающее влияние оказывают преобладающие западные ветры, дующие с океанов. Зимы мягкие со средними температурами наиболее холодного месяца выше 0°C , но, когда побережий достигают потоки арктического воздуха, бывают и морозы. Лето в целом довольно теплое; при вторжениях континентального воздуха днем температура может на короткое время повышаться до $+38^{\circ}\text{C}$. Этот тип климата с небольшой годовой амплитудой температур является наиболее умеренным среди климатов умеренных широт. Например, в Париже средняя температура января $+3^{\circ}\text{C}$, июля – $+18^{\circ}\text{C}$. В районах умеренного морского климата средняя годовая сумма осадков колеблется от 500 до 2500 мм. Наиболее увлажнены наветренные склоны прибрежных гор. Во многих районах осадки выпадают довольно равномерно в течение года, исключение составляет северо-западное тихоокеанское побережье США с очень влажной зимой. Циклоны, движущиеся с океанов, приносят много осадков на западные материковые окраины. Зимой, как правило, держится облачная погода со слабыми дождями и редкими кратковременными снегопадами. На побережьях обычны туманы, особенно летом и осенью.

7. Влажный субтропический климат

Влажный субтропический климат характерен для восточных побережий материков к северу и югу от тропиков. Основные области распространения – юго-восток США, некоторые юго-восточные районы Европы, север Индии и Мьянмы, восточный Китай и южная Япония, северо-восточная Аргентина, Уругвай и юг Бразилии, побережье провинции Натал в ЮАР и восточное побережье Австралии. Лето во влажных субтропиках продолжительное и жаркое, с такими же температурами, как и в тропиках. Средняя температура самого теплого месяца превышает $+27^{\circ}\text{C}$, а максимальная – $+38^{\circ}\text{C}$. Зимы

мягкие, со средними месячными температурами выше 0°C , но случайные заморозки оказывают губительное влияние на плантации овощей и цитрусовых.

Во влажных субтропиках средние годовые суммы осадков колеблются от 750 до 2000 мм, распределение осадков по сезонам довольно равномерное. Зимой дожди и редкие снегопады приносятся главным образом циклонами. Летом осадки выпадают в основном в виде грозовых ливней, связанных с мощными заточками теплого и влажного океанического воздуха, характерными для муссонной циркуляции восточной Азии. Ураганы (или тайфуны) проявляются в конце лета и осенью, особенно в Северном полушарии.

8. Субтропический климат с сухим летом типичен для западных побережий материков к северу и югу от тропиков. В Южной Европе и Северной Африке такие климатические условия характерны для побережий Средиземного моря, что послужило поводом называть этот климат также средиземноморским. Такой же климат в южной Калифорнии, центральных районах Чили, на крайнем юге Африки и в ряде районов на юге Австралии. Во всех этих районах жаркое лето и мягкая зима. Как и во влажных субтропиках, зимой изредка бывают морозы. Во внутренних районах летом температуры значительно выше, чем на побережьях, и часто такие же, как в тропических пустынях. В целом преобладает ясная погода.

Летом на побережьях, близ которых проходят океанические течения, нередко бывают туманы. Например, в Сан-Франциско лето прохладное, туманное, а самый теплый месяц – сентябрь.

Максимум осадков связан с прохождением циклонов зимой, когда преобладающие западные воздушные потоки смещаются по направлению к экватору. Влияние антициклонов и нисходящие потоки воздуха под океанами обуславливают сухость летнего сезона. Среднее годовое количество осадков в условиях субтропического климата колеблется от 380 до 900 мм и достигает максимальных величин на побережьях и склонах гор. Летом обычно осадков не хватает для нормального роста деревьев, и поэтому там развивается специфический тип вечнозеленой кустарниковой растительности, известный под названиями маквис, чапарраль, мали, маккия и финбош.

9. Семиаридный климат умеренных широт (синоним – степной климат) характерен преимущественно для внутриматериковых районов, удаленных от океанов – источников влаги – и обычно расположенных в дождевой тени высоких гор. Основные районы с семиаридным климатом – межгорные котловины и Великие

Равнины Северной Америки и степи центральной Евразии. Жаркое лето и холодная зима обусловлены внутриматериковым положением в умеренных широтах. По крайней мере один зимний месяц имеет среднюю температуру ниже 0°C , а средняя температура самого теплого летнего месяца превышает $+21^{\circ}\text{C}$. Температурный режим и продолжительность безморозного периода существенно изменяются в зависимости от широты.

Термин «семиаридный» применяется для характеристики этого климата, потому что он менее сухой, чем собственно аридный климат. Средняя годовая

сумма осадков обычно менее 500 мм, но более 250 мм. Поскольку для развития степной растительности в условиях более высоких температур необходимо большее количество осадков, широтно-географическое и высотное положение местности определяют климатические изменения. Для семиаридного климата не существует общих закономерностей распределения осадков в течение года. Например, в районах, граничащих с субтропиками с сухим летом, отмечается максимум осадков зимой, в то время как в районах, смежных с областями влажного континентального климата, дожди выпадают в основном летом. Циклоны умеренных широт приносят большую часть зимних осадков, которые часто выпадают в виде снега и могут сопровождаться сильными ветрами. Летние грозы нередко бывают с градом.

Количество осадков сильно изменяется от года к году.

10. Аридный климат умеренных широт присущ главным образом центрально-азиатским пустыням, а на западе США – лишь небольшим участкам в межгорных котловинах. Температуры такие же, как в районах с семиаридным климатом, однако осадков здесь недостаточно для существования сомкнутого естественного растительного покрова и средние годовые суммы обычно не превышают 250 мм. Как и в семиаридных климатических условиях, количество осадков, определяющее аридность, зависит от термического режима.

11. Семиаридный климат низких широт в основном типичен для окраин тропических пустынь (например, Сахары и пустынь центральной Австралии), где нисходящие потоки воздуха в субтропических зонах высокого давления исключают выпадение осадков. От семиаридного климата умеренных широт рассматриваемый климат отличается очень жарким летом и теплой зимой. Средние месячные температуры выше 0°C , хотя зимой иногда случаются заморозки, особенно в районах, наиболее удаленных от экватора и расположенных на больших высотах. Количество осадков, необходимое для существования сомкнутой естественной травянистой растительности, здесь выше, чем в умеренных широтах. В приэкваториальной полосе дожди идут в основном летом, тогда как на внешних (северных и южных) окраинах пустынь максимум осадков приходится на зиму. Осадки большей частью выпадают в виде грозовых ливней, а зимой дожди приносятся циклонами.

12. Аридный климат низких широт. Это жаркий сухой климат тропических пустынь, простирающихся вдоль Северного и Южного тропиков и находящихся большую часть года под влиянием субтропических антициклонов. Спасение от изнуряющей летней жары можно найти лишь на побережьях, омываемых холодными океаническими течениями, или в горах. На равнинах средние летние температуры заметно превышают $+32^{\circ}\text{C}$, зимние обычно выше $+10^{\circ}\text{C}$. На большей части этого климатического района средняя годовая сумма осадков не превышает 125 мм. Бывает так, что на многих метеорологических станциях несколько лет подряд вообще не регистрируются осадки. Иногда средняя годовая сумма осадков может достигать 380 мм, но и этого все же достаточно лишь для развития разреженной пустынной растительности. Изредка осадки выпадают в форме непродолжительных

сильных грозовых ливней, но вода быстро стекает, образуя ливневые паводки. Самые засушливые районы расположены вдоль западных берегов Южной Америки и Африки, где холодные океанические течения препятствуют формированию облаков и выпадению осадков. На этих побережьях часто бывают туманы, образующиеся за счет конденсации влаги в воздухе над более холодной поверхностью океана.

13. Переменно-влажный тропический климат. Районы с таким климатом расположены в тропических субширотных поясах, на несколько градусов севернее и южнее экватора. Этот климат называется также муссонным тропическим, так как преобладает в тех частях Южной Азии, которые находятся под влиянием муссонов. Другие районы с таким климатом – тропики Центральной и Южной Америки, Африки и Северной Австралии. Средние летние температуры обычно ок. $+27^{\circ}\text{C}$, а зимние – ок. $+21^{\circ}\text{C}$. Самый жаркий месяц, как правило, предшествует летнему сезону дождей.

Средние годовые суммы осадков колеблются от 750 до 2000 мм. В течение летнего дождливого сезона определяющее воздействие на климат оказывает внутритропическая зона конвергенции. Здесь часто бывают грозы, иногда в течение длительного времени сохраняется сплошная облачность с затяжными дождями. Зима сухая, так как в этот сезон господствуют субтропические антициклоны. В некоторых районах дожди не выпадают в течение двух-трех зимних месяцев. В Южной Азии влажный сезон совпадает с летним муссоном, который приносит влагу с Индийского океана, а зимой сюда распространяются азиатские континентальные сухие воздушные массы.

14. Влажный тропический климат, или климат влажных тропических лесов, распространен в экваториальных широтах в бассейнах Амазонки в Южной Америке и Конго в Африке, на п-ове Малакка и на островах Юго-Восточной Азии. Во влажных тропиках средняя температура любого месяца не менее $+17^{\circ}\text{C}$, обычно средняя месячная температура ок. $+26^{\circ}\text{C}$. Как в переменно-влажных тропиках, из-за высокого полуденного стояния Солнца над горизонтом и одинаковой продолжительности дня в течение всего года сезонные колебания температуры невелики. Влажный воздух, облачность и густой растительный покров препятствуют ночному охлаждению и поддерживают максимальные дневные температуры ниже $+37^{\circ}\text{C}$, более низкие, чем в более высоких широтах. Среднее годовое количество осадков во влажных тропиках колеблется от 1500 до 2500 мм, распределение по сезонам обычно довольно равномерное. Осадки в основном связаны с внутритропической зоной конвергенции, которая располагается немного севернее экватора. Сезонные смещения этой зоны к северу и югу в некоторых районах приводят к формированию двух максимумов осадков в течение года, разделенных более сухими периодами. Ежедневно тысячи гроз прокатываются над влажными тропиками. В промежутках между ними солнце светит в полную силу.

15. Климаты высокогорий. В высокогорных районах значительное разнообразие климатических условий обусловлено широтно-географическим

положением, орографическими барьерами и различной экспозицией склонов по отношению к Солнцу и влагонесущим воздушным потокам. Даже на экваторе в горах встречаются снежники-перелетки. Нижняя граница вечных снегов опускается к полюсам, достигая уровня моря в полярных районах. Подобно ей и другие границы высотных термических поясов понижаются по мере приближения к высоким широтам. Наветренные склоны горных хребтов получают больше осадков. На горных склонах, открытых для вторжений холодного воздуха, возможно понижение температуры. В целом для климата высокогорий характерны более низкие температуры, более высокая облачность, большее количество осадков и более сложный ветровой режим, чем для климата равнин на соответствующих широтах. Характер сезонных изменений температур и осадков в высокогорьях обычно такой же, как и на прилегающих равнинах.

Климат и широта.

В климатических обзорах Земли целесообразно рассматривать широтные зоны.

Распределение климатических поясов в Северном и Южном полушариях симметрично. К северу и югу от экватора расположены тропическая, субтропическая, умеренная, субполярная и полярная зоны. Также симметричны барические поля и зоны преобладающих ветров. Следовательно, большую часть типов климата одного полушария можно найти на аналогичных широтах в другом полушарии.

Мезо- и микроклиматы

Территории, уступающие по размерам макроклиматическим районам, тоже имеют климатические особенности, заслуживающие специального изучения и классификации. **Мезоклиматы**— это климаты территорий размером в несколько квадратных километров, например, широких речных долин, межгорных впадин, котловин больших озер или городов. По площади распространения и характеру различий мезоклиматы являются промежуточными между **макроклиматами** и **микроклиматами**. Последние характеризуют климатические условия на небольших участках земной поверхности. **Микроклиматические** наблюдения проводятся, например, на улицах городов или на пробных площадках, заложенных в пределах однородного растительного сообщества.

Климатообразующие факторы

Климат планеты зависит от целого комплекса внешних и внутренних факторов. Большинство внешних факторов влияют на суммарное количество солнечной радиации, получаемого планетой, а изменения в количестве достигающего Земли солнечного света описаны как циклы Миланковича.

Внешние факторы

Изменение параметров земной орбиты - в ходе истории планеты Земля достаточно регулярно изменяет эксцентриситет своей орбиты, что влияет на расстояние до Солнца. Полный цикл изменения орбиты проходит за 100000

лет. Помимо этого, движение испытывает и перигелий орбиты с цикличностью в 10000 лет, а также и восходящий узел орбиты;

Изменение наклона оси вращения Земли (прецессия и нутация). Происходит с периодичностью в 41000 лет;

Солнечная активность с 11-летними, вековыми и тысячелетними циклами;

Изменение конфигурации и расположения континентов — появление континента в полярных широтах может привести к покровному оледенению, и изъятию значительного количества воды из ежедневного круговорота, также образование суперконтинентов Пангей всегда сопровождался общей аридизацией климата, нередко на фоне оледенения, также расположение континентов оказывает большое влияние на систему океанских течений;

Падения астероидов, извержения вулканов способны вызвать кратковременное изменение климата, вплоть до вулканической зимы;

географическая широта (из-за формы Земного шара на различных широтах угол падения солнечных лучей различен, что влияет на степень прогрева поверхности и следовательно, воздуха);

Скорость вращения Земли практически не изменяется, является постоянно действующим фактором. Благодаря вращению Земли существуют пассаты и муссоны, а также образуются циклоны.

Внутренние факторы

Альbedo земной атмосферы и поверхности влияет на количество отражённых солнечных лучей;

воздушные массы (в зависимости от свойств ВМ определяется сезонность выпадения осадков и состояния тропосферы);

влияние океанов и морей (если местность отдалена от морей и океанов, то увеличивается континентальность климата. Наличие рядом океанов смягчает климат местности, исключение - наличие холодных течений).

Характер подстилающей поверхности (рельеф, особенности ландшафта);

деятельность человека (сжигание топлива, выброс различных газов, сельскохозяйственная деятельность).

Изменение теплового потока планеты.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

БИОЛОГИЯ

программа подготовки специалистов среднего звена
на базе основного общего образования

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕКЦИЯ № 1. Введение	5
1. Определение жизни на современном этапе развития науки	5
2. Фундаментальные свойства живой материи	5
3. Уровни организации жизни.....	8
ЛЕКЦИЯ № 2. Химия клетки. Химический состав живых систем. Биологическая роль белков, полисахаридов, липидов и АТФ	10
1. Клеточная теория (КТ) Предпосылки клеточной теории.....	10
2. Обзор химического строения клетки.....	11
3. Биополимеры Белки	11
4. Нуклеиновые кислоты. Биосинтез белка	13
5. ДНК.....	13
6. РНК	14
7. Биосинтез белка.....	14
Лекция №3 Структура клетки.....	16
1. Функции и строение цитоплазматической мембраны	16
2. Строение и функции полуавтономных структур клетки: митохондрий и пластид ...	17
3. Строение и функции лизосом и пероксисом. Лизосомы.....	18
4. Строение и функции эндоплазматического ретикулума, комплекса Гольджи	19
ЛЕКЦИЯ №4. Одномембранные, двумембранные, немембранные органоиды цитоплазмы.	21
1. Строение и функции клеточного ядра.....	21
2. Строение и функции немембранных структур клетки	22
3. Гиалоплазма – внутренняя среда клетки. Цитоплазматические включения	23
ЛЕКЦИЯ № 5. Прокариотическая и эукариотическая клетка. Основные клеточные формы	25
1. Прокариоты.....	25
2. Общие сведения об эукариотической клетке	26
3. Неклеточные формы жизни – вирусы, бактериофаги.....	27
ЛЕКЦИЯ № 9.1. Жизненный цикл клетки	29

1. Понятие о жизненном цикле	29
2. Биологическое значение жизненного цикла	29
3. Митоз. Характеристика основных этапов	30
4. Нетипичные формы митоза	31
ЛЕКЦИЯ № 9.2. Мейоз: характеристика, биологическое значение	32
1. Стадии мейоза	32
2. Биологическое значение мейоза	33
ЛЕКЦИЯ 9.3. Бесполое размножение. Формы и биологическая роль	33
1. Биологическая роль бесполого размножения	34
2. Формы бесполого размножения	34
3. Вегетативная форма размножения	34
ЛЕКЦИЯ № 10.1. Развитие половых клеток. Строение и функции половых клеток (гамет)	36
1. Общие свойства гамет	36
2. Строение и функции яйцеклетки	36
3. Строение и функции сперматозоидов	37
4. Оплодотворение	38
ЛЕКЦИЯ 10.2. Половое размножение. Его формы и биологическая роль	40
1. Эволюционный смысл полового размножения	40
2. Виды полового размножения	41
3. Различия между гаметами	42
4. Нетипичное половое размножение	42
ЛЕКЦИЯ 10.3. Гаметогенез	43
1. Понятия гаметогенеза	43
2. Стадии гаметогенеза	44
ЛЕКЦИЯ 10.4. Онтогенез	45
1. Понятие об онтогенезе	45
2. Эмбриональное развитие	46
ЛЕКЦИЯ № 11. Основные понятия генетики. Законы наследования	48

1. Законы Г. Менделя	48
2. Ди- и полигибридное скрещивание. Независимое наследование	49
3. Взаимодействия аллельных генов	50
4. Наследование групп крови системы ABO	51
5. Наследственность. Неаллельные гены	51
6. Генетика пола	53
7. Наследственность и изменчивость	54
8. Гетероплоидия – изменение числа отдельных хромосом в кариотипе	55
9. Методы изучения наследственности человека Генеалогический метод.....	57

ЛЕКЦИЯ № 1. Введение

1. Определение жизни на современном этапе развития науки

Довольно трудно дать полное и однозначное определение понятию жизни, учитывая огромное разнообразие ее проявлений. В большинстве определений понятия жизни, которые давались многими учеными и мыслителями на протяжении веков, учитывались ведущие качества, отличающие живое от неживого. Например, Аристотель говорил, что жизнь – это «питание, рост и одряхление» организма; А. Л. Лавуазье определял жизнь как «химическую функцию»; Г. Р. Тревиранус считал, что жизнь есть «стойкое единообразие процессов при различии внешних влияний». Понятно, что такие определения не могли удовлетворить ученых, так как не отражали (и не могли отражать) всех свойств живой материи. Кроме того, наблюдения свидетельствуют, что свойства живого не исключительны и уникальны, как это казалось раньше, они по отдельности обнаруживаются и среди неживых объектов. А. И. Опарин определял жизнь как «особую, очень сложную форму движения материи». Это определение отражает качественное своеобразие жизни, которое нельзя свести к простым химическим или физическим закономерностям. Однако и в этом случае определение носит общий характер и не раскрывает конкретного своеобразия этого движения.

Ф. Энгельс в «Диалектике природы» писал: «Жизнь есть способ существования белковых тел, существенным моментом которого является обмен веществом и энергией с окружающей средой».

Для практического применения полезны те определения, в которых заложены основные свойства, в обязательном порядке присущие всем живым формам. Вот одно из них: жизнь – это макромолекулярная открытая система, которой свойственны иерархическая организация, способность к самовоспроизведению, самосохранению и саморегуляции, обмен веществ, тонко регулируемый поток энергии. Согласно данному определению жизнь представляет собой ядро упорядоченности, распространяющееся в менее упорядоченной Вселенной.

Жизнь существует в форме открытых систем. Это означает, что любая живая форма не замкнута только на себе, но постоянно обменивается с окружающей средой веществом, энергией и информацией.

2. Фундаментальные свойства живой материи

Эти свойства в комплексе характеризуют любую живую систему и жизнь вообще:

1) самообновление. Связано с потоком вещества и энергии. Основу обмена веществ составляют сбалансированные и четко взаимосвязанные процессы ассимиляции (анаболизм, синтез, образование новых веществ) и диссимиляции (катаболизм, распад). В результате

ассимиляции происходят обновление структур организма и образование новых его частей (клеток, тканей, частей органов). Диссимиляция определяет расщепление органических соединений, обеспечивает клетку пластическим веществом и энергией. Для образования нового нужен постоянный приток необходимых веществ извне, а в процессе жизнедеятельности (и диссимиляции, в частности) образуются продукты, которые нужно вывести во внешнюю среду;

2) самовоспроизведение. Обеспечивает преемственность между сменяющимися поколениями биологических систем. Это свойство связано с потоками информации, заложенной в структуре нуклеиновых кислот. В связи с этим живые структуры постоянно воспроизводятся и обновляются, не теряя при этом сходства с предыдущими поколениями (несмотря на непрерывное обновление вещества). Нуклеиновые кислоты способны хранить, передавать и воспроизводить наследственную информацию, а также реализовывать ее через синтез белков. Информация, хранимая на ДНК, переносится на молекулу белка с помощью молекул РНК;

3) саморегуляция. Базируется на совокупности потоков вещества, энергии и информации через живой организм;

4) раздражимость. Связана с передачей информации извне в любую биологическую систему и отражает реакцию этой системы на внешний раздражитель. Благодаря раздражимости живые организмы способны избирательно реагировать на условия внешней среды и извлекать из нее только необходимое для своего существования. С раздражимостью связана саморегуляция живых систем по принципу обратной связи: продукты жизнедеятельности способны оказывать тормозящее или стимулирующее воздействие на те ферменты, которые стояли в начале длинной цепи химических реакций;

5) поддержание гомеостаза (от гр. *homoios* – «подобный, одинаковый» и *stasis* – «неподвижность, состояние») – относительного динамического постоянства внутренней среды организма, физико-химических параметров существования системы;

6) структурная организация – определенная упорядоченность, стройность живой системы. Обнаруживается при исследовании не только отдельных живых организмов, но и их совокупностей в связи с окружающей средой – биогеоценозов;

7) адаптация – способность живого организма постоянно приспосабливаться к изменяющимся условиям существования в окружающей среде. В ее основе лежат раздражимость и характерные для нее адекватные ответные реакции;

8) репродукция (воспроизведение). Так как жизнь существует в виде отдельных (дискретных) живых системы (например, клеток), а существование каждой такой системы строго ограничено во времени, поддержание жизни на Земле связано с репродукцией живых

систем. На молекулярном уровне воспроизведение осуществляется благодаря матричному синтезу, новые молекулы образуются по программе, заложенной в структуре (матрице) ранее существовавших молекул;

9) наследственность. Обеспечивает преемственность между поколениями организмов (на основе потоков информации).

Тесно связана с ауторепродукцией жизни на молекулярном, субклеточном и клеточном уровнях. Благодаря наследственности из поколения в поколение передаются признаки, которые обеспечивают приспособление к среде обитания;

10) изменчивость – свойство, противоположное наследственности. За счет изменчивости живая система приобретает признаки, ранее ей несвойственные. В первую очередь изменчивость связана с ошибками при репродукции: изменения в структуре нуклеиновых кислот приводят к появлению новой наследственной информации. Появляются новые признаки и свойства. Если они полезны для организма в данной среде обитания, то они подхватываются и закрепляются естественным отбором. Создаются новые формы и виды. Таким образом, изменчивость создает предпосылки для видообразования и эволюции;

11) индивидуальное развитие (процесс онтогенеза) – воплощение исходной генетической информации, заложенной в структуре молекул ДНК (т. е. в генотипе), в рабочие структуры организма. В ходе этого процесса проявляется такое свойство, как способность к росту, что выражается в увеличении массы тела и его размеров. Этот процесс базируется на репродукции молекул, размножении, росте и дифференцировке клеток и других структур и др.;

12) филогенетическое развитие (закономерности его установлены Ч. Р. Дарвином). Базируется на прогрессивном размножении, наследственности, борьбе за существование и отборе. В результате эволюции появилось, огромное количество видов. Прогрессивная эволюция прошла ряд ступеней. Это до-клеточные, одноклеточные и многоклеточные организмы вплоть до человека.

При этом онтогенез человека повторяет филогенез (т. е. индивидуальное развитие проходит те же этапы, что и эволюционный процесс);

13) дискретность (прерывистость) и в то же время целостность. Жизнь представлена совокупностью отдельных организмов, или особей. Каждый организм, в свою очередь, также дискретен, поскольку состоит из совокупности органов, тканей и клеток. Каждая клетка состоит из органелл, но в то же время автономна. Наследственная информация осуществляется генами, но ни один ген в отдельности не может определять развитие того или иного признака.

3. Уровни организации жизни

Живая природа – это целостная, но неоднородная система, которой свойственна иерархическая организация. Иерархической называется такая система, в которой части (или элементы целого) расположены в порядке от высшего к низшему. Иерархический принцип организации позволяет выделить в живой природе отдельные уровни, что весьма удобно при изучении жизни как сложного природного явления. Можно выделить три основные ступени живого: микросистемы, мезосистемы и макросистемы.

Микросистемы (доорганизменная ступень) включают в себя молекулярный (молекулярно-генетический) и субклеточный уровни.

Мезосистемы (организменная ступень) включают в себя клеточный, тканевый, органнй, системный, организменный (организм как единое целое), или онтогенетический, уровни.

Макросистемы (надорганизменная ступень) включают в себя популяционно-видовой, биоценотический и глобальный уровни (биосферу в целом). На каждом уровне можно выделить элементарную единицу и явление.

Элементарная единица (ЭЕ) – это структура (или объект), закономерные изменения которой (элементарные явления, ЭЯ) составляют ее вклад в развитие жизни на данном уровне.

Иерархические уровни:

1) молекулярно-генетический уровень. ЭЕ представлена геном. Ген – это участок молекулы ДНК (а у некоторых вирусов-молекулы РНК), который ответствен за формирование какого – либо одного признака. Информация, заложенная в нуклеиновых кислотах, реализуется посредством матричного синтеза белков;

2) субклеточный уровень. ЭЕ представлена какой-либо субклеточной структурой, т. е. органеллой, которая выполняет свойственные ей функции и вносит свой вклад в работу клетки в целом;

3) клеточный уровень. ЭЕ – это клетка, которая является самостоятельно функционирующей элементарной биологической системой. Только на этом уровне возможны реализация генетической информации и процессы биосинтеза. Для одноклеточных организмов этот уровень совпадает с организменным. ЭЯ – это реакции клеточного метаболизма, составляющие основу потоков энергии, информации и вещества;

4) тканевый уровень. Совокупность клеток с одинаковым типом организации составляет ткань (ЭЕ). Уровень возник с появлением многоклеточных организмов с более или менее дифференцированными тканями. Ткань функционирует как единое целое и обладает свойствами живого;

5) органный уровень. Образован совместно с функционирующими клетками, относящимися к разным тканям (ЭЕ). Всего четыре основные ткани входят в состав органов многоклеточных организмов, шесть основных тканей образуют органы растений;

6) организменный (онтогенетический) уровень. ЭЕ – это особь в ее развитии от момента рождения до прекращения ее существования в качестве живой системы. ЭЯ – это закономерные изменения организма в процессе индивидуального развития (онтогенеза). В процессе онтогенеза в определенных условиях среды происходит воплощение наследственной информации в биологические структуры, т. е. на основе генотипа особи формируется ее фенотип;

7) популяционно-видовой уровень. ЭЕ – это популяция, т. е. совокупность особей (организмов) одного вида, населяющих одну территорию и свободно скрещивающихся между собой. Популяция обладает генофондом, т. е. совокупностью генотипов всех особей. Воздействие на генофонд элементарных эволюционных факторов (мутаций, колебаний численности особей, естественного отбора) приводит к эволюционно значимым изменениям (ЭЯ);

8) биоценотический (экосистемный) уровень. ЭЕ – биоценоз, т. е. исторически сложившееся устойчивое сообщество популяций разных видов, связанных между собой и с окружающей неживой природой обменом веществ, энергии и информации (круговоротами), которые и представляют собой ЭЯ;

9) биосферный (глобальный) уровень. ЭЕ – биосфера (область распространения жизни на Земле), т. е. единый планетарный комплекс биогеоценозов, различных по видовому составу и характеристике абиотической (неживой) части. Биогеоценозы обуславливают все процессы, протекающие в биосфере;

10) ноосферный уровень. Это новое понятие было сформулировано академиком В. И. Вернадским. Он основал учение о ноосфере как сфере разума. Это составная часть биосферы, которая изменена благодаря деятельности человека.

ЛЕКЦИЯ № 2. Химия клетки.

Химический состав живых систем.

Биологическая роль белков, полисахаридов, липидов и АТФ

1. Клеточная теория (КТ) Предпосылки клеточной теории

Предпосылками создания клеточной теории были изобретение и усовершенствование микроскопа и открытие клеток (1665 г., Р. Гук – при изучении среза коры пробкового дерева, бузины и др.). Работы известных микроскопистов: М. Мальпиги, Н. Грю, А. ван Левенгука – позволили увидеть клетки растительных организмов. А. ван Левенгук обнаружил в воде одноклеточные организмы. Сначала изучалось клеточное ядро. Р. Браун описал ядро растительной клетки. Я. Э. Пуркине ввел понятие протоплазмы – жидкого студенистого клеточного содержимого.

Немецкий ботаник М. Шлейден первым пришел к выводу, что в любой клетке есть ядро. Основателем КТ считается немецкий биолог Т. Шванн (совместно с М. Шлейденом), который в 1839 г. опубликовал труд «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений». Его положения:

- 1) клетка – главная структурная единица всех живых организмов (как животных, так и растительных);
- 2) если в каком-либо образовании, видимом под микроскопом, есть ядро, то его можно считать клеткой;
- 3) процесс образования новых клеток обуславливает рост, развитие, дифференцировку растительных и животных клеток. Дополнения в клеточную теорию внес немецкий ученый Р. Вирхов, который в 1858 г. опубликовал свой труд «Целлюлярная патология». Он доказал, что дочерние клетки образуются путем деления материнских клеток: каждая клетка из клетки. В конце XIX в. были обнаружены митохондрии, комплекс Гольджи, пластиды в растительных клетках. После окрашивания делящихся клеток специальными красителями были обнаружены хромосомы.

Современные положения КТ

1. Клетка – основная единица строения и развития всех живых организмов, является наименьшей структурной единицей живого.
2. Клетки всех организмов (как одно-, так и многоклеточных) сходны по химическому составу, строению, основным проявлениям обмена веществ и жизнедеятельности.
3. Размножение клеток происходит путем их деления (каждая новая клетка образуется при делении материнской клетки); в сложных многоклеточных организмах клетки имеют различные формы и специализированы в соответствии с выполняемыми функциями. Сходные клетки образуют ткани; из тканей состоят органы, которые образуют системы

органов, они тесно взаимосвязаны и подчинены нервным и гуморальным механизмам регуляции (у высших организмов).

Значение клеточной теории

Стало ясно, что клетка – важнейшая составляющая часть живых организмов, их главный морфофизиологический компонент. Клетка – это основа многоклеточного организма, место протекания биохимических и физиологических процессов в организме. На клеточном уровне в конечном итоге происходят все биологические процессы. Клеточная теория позволила сделать вывод о сходстве химического состава всех клеток, общем плане их строения, что подтверждает филогенетическое единство всего живого мира.

2. Обзор химического строения клетки

Все живые системы содержат в различных соотношениях химические элементы и построенные из них химические соединения, как органические, так и неорганические.

По количественному содержанию в клетке все химические элементы делят на 3 группы: макро-, микро– и ультрамикроэлементы.

Макроэлементы составляют до 99 % массы клетки, из которых до 98 % приходится на 4 элемента: кислород, азот, водород и углерод. В меньших количествах клетки содержат калий, натрий, магний, кальций, серу, фосфор, железо.

Микроэлементы – преимущественно ионы металлов (кобальта, меди, цинка и др.) и галогенов (йода, брома и др.). Они содержатся в количествах от 0,001 % до 0,000001 %.

Ультрамикроэлементы. Их концентрация ниже 0,000001 %. К ним относят золото, ртуть, селен и др.

Химическое соединение – это вещество, в котором атомы одного или нескольких химических элементов соединены друг с другом посредством химических связей. Химические соединения бывают неорганическими и органическими. К неорганическим относят воду и минеральные соли. Органические соединения – это соединения углерода с другими элементами.

Основными органическими соединениями клетки являются белки, жиры, углеводы и нуклеиновые кислоты.

3. Биополимеры Белки

Это полимеры, мономерами которых являются аминокислоты. В основном они состоят из углерода, водорода, кислорода и азота. Молекула белка может иметь 4 уровня структурной организации (первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры).

Функции белков:

- 1) защитная (интерферон усиленно синтезируется в организме при вирусной инфекции);
- 2) структурная (коллаген входит в состав тканей, участвует в образовании рубца);

- 3) двигательная (миозин участвует в сокращении мышц);
- 4) запасная (альбумины яйца);
- 5) транспортная (гемоглобин эритроцитов переносит питательные вещества и продукты обмена);
- 6) рецепторная (белки-рецепторы обеспечивают узнавание клеткой веществ и других клеток);
- 7) регуляторная (регуляторные белки определяют активность генов);
- 8) белки-гормоны участвуют в гуморальной регуляции (инсулин регулирует уровень сахара в крови);
- 9) белки-ферменты катализируют все химические реакции в организме;
- 10) энергетическая (при распаде 1 г белка выделяется 17 кдж энергии).

Углеводы

Это моно- и полимеры, в состав которых входит углерод, водород и кислород в соотношении 1: 2: 1.

Функции углеводов:

- 1) энергетическая (при распаде 1 г углеводов выделяется 17,6 кдж энергии);
- 2) структурная (целлюлоза, входящая в состав клеточной стенки у растений);
- 3) запасающая (запас питательных веществ в виде крахмала у растений и гликогена у животных).

Жиры

Жиры (липиды) могут быть простыми и сложными. Молекулы простых липидов состоят из трехатомного спирта глицерина и трех остатков жирных кислот. Сложные липиды являются соединениями простых липидов с белками и углеводами.

Функции липидов:

- 1) энергетическая (при распаде 1 г липидов образуется 38,9 кдж энергии);
- 2) структурная (фосфолипиды клеточных мембран, образующие липидный бислой);
- 3) запасающая (запас питательных веществ в подкожной клетчатке и других органах);
- 4) защитная (подкожная клетчатка и слой жира вокруг внутренних органов предохраняют их от механических повреждений);
- 5) регуляторная (гормоны и витамины, содержащие липиды, регулируют обмен веществ);
- 6) теплоизолирующая (подкожная клетчатка сохраняет тепло). АТФ

Молекула АТФ (аденозинтрифосфорной кислоты) состоит из азотистого основания аденина, пятиуглеродного сахара рибозы и трех остатков фосфорной кислоты, соединенных между собой макроэргической связью. АТФ образуется в митохондриях в процессе фосфорилирования. При ее гидролизе высвобождается большое количество энергии. АТФ

является основным макроэргом клетки – аккумулятором энергии в виде энергии высокоэнергетических химических связей.

4. Нуклеиновые кислоты. Биосинтез белка

Нуклеиновые кислоты – это фосфорсодержащие биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды. Цепи нуклеиновых кислот включают от нескольких десятков до сотен миллионов нуклеотидов.

Существует 2 вида нуклеиновых кислот – дезоксирибо-нуклеиновая кислота (ДНК) и рибонуклеиновая кислота (РНК). Нуклеотиды, входящие в состав ДНК, содержат углевод, дезоксирибозу, в состав РНК – рибозу.

5. ДНК

Как правило, ДНК представляет собой спираль, состоящую из двух комплементарных полинуклеотидных цепей, закрученных вправо. В состав нуклеотидов ДНК входят: азотистое основание, дезоксирибоза и остаток фосфорной кислоты. Азотистые основания делят на пуриновые (аденин и гуанин) и пиримидиновые (тимин и цитозин). Две цепи нуклеотидов соединяются между собой через азотистые основания по принципу комплементарности: между аденином и тиминем возникают две водородные связи, между гуанином и цитозином – три.

Функции ДНК:

1) обеспечивает сохранение и передачу генетической информации от клетки к клетке и от организма к организму, что связано с ее способностью к репликации;

2) регуляция всех процессов, происходящих в клетке, обеспечиваемая способностью к транскрипции с последующей трансляцией.

Процесс самовоспроизведения (авто-репродукции) ДНК называется репликацией. Репликация обеспечивает копирование генетической информации и передачу ее из поколения в поколение, генетическую идентичность дочерних клеток, образующихся в результате митоза, и постоянство числа хромосом при митотическом делении клетки.

Репликация происходит в синтетический период интерфазы митоза. Фермент репликаза движется между двумя цепями спирали ДНК и разрывает водородные связи между азотистыми основаниями. Затем к каждой из цепочек с помощью фермента ДНК-полимеразы по принципу комплементарности достраиваются нуклеотиды дочерних цепочек. В результате репликации образуются две идентичные молекулы ДНК. Количество ДНК в клетке удваивается. Такой способ удвоения ДНК называется полуконсервативным, так как каждая новая молекула ДНК содержит одну «старую» и одну вновь синтезированную полинуклеотидную цепь.

6. РНК

РНК – одноцепочечный полимер, в состав мономеров которого входят пуриновые (аденин, гуанин) и пиримидиновые (урацил, цитозин) азотистые основания, углевод рибоза и остаток фосфорной кислоты.

Различают 3 вида РНК: информационную, транспортную и рибо-сомальную.

Информационная РНК (и-РНК) располагается в ядре и цитоплазме клетки, имеет самую длинную полинуклеотидную цепь среди РНК и выполняет функцию переноса наследственной информации из ядра в цитоплазму клетки.

Транспортная РНК (т-РНК) также содержится в ядре и цитоплазме клетки, ее цепь имеет наиболее сложную структуру, а также является самой короткой (75 нуклеотидов). Т-РНК доставляет аминокислоты к рибосомам в процессе трансляции – биосинтеза белка.

Рибосомальная РНК (р-РНК) содержится в ядрышке и рибосомах клетки, имеет цепь средней длины. Все виды РНК образуются в процессе транскрипции соответствующих генов ДНК.

7. Биосинтез белка

Биосинтез белка в организме эукариот происходит в несколько этапов.

1. Транскрипция – это процесс синтеза и-РНК на матрице ДНК. Цепи ДНК в области активного гена освобождаются от гистонов. Водородные связи между комплементарными азотистыми основаниями разрываются. Основной фермент транскрипции РНК-полимераза присоединяется к промотору – специальному участку ДНК. Транскрипция проходит только с одной (кодогенной) цепи ДНК. По мере продвижения РНК-полимеразы по кодогенной цепи ДНК рибонуклеотиды по принципу комплементарности присоединяются к цепочке ДНК, в результате образуется незрелая про-и-РНК, содержащая как кодирующие, так и некодирующие нуклеотидные последовательности.

2. Затем происходит процессинг – созревание молекулы РНК. На 5-конце и-РНК формируется участок (КЭП), через который она соединяется с рибосомой. Ген, т. е. участок ДНК, кодирующий один белок, содержит как кодирующие последовательности нуклеотидов – экзоны, так и некодирующие – интроны. При процессинге интроны вырезаются, а экзоны сшиваются. В результате на 5-конце зрелой и-РНК находится кодон-инициатор, который первым войдет в рибосому, затем следуют кодоны, кодирующие аминокислоты полипептида, а на 3-конце – кодоны-терминаторы, определяющие конец трансляции. Цифрами 3 и 5 обозначаются соответствующие углеродные атомы рибозы. Кодоном называется последовательность из трех нуклеотидов, кодирующая какую-либо аминокислоту – триплет. Рамка считывания нуклеиновых кислот предполагает «слова»-триплеты (кодоны), состоящие из трех «букв»-нуклеотидов.

Транскрипция и процессинг происходят в ядре клетки. Затем зрелая и-РНК через поры в мембране ядра выходит в цитоплазму, и начинается трансляция.

Трансляция – это процесс синтеза белка на матрице и РНК. В начале и-РНК 3-концом присоединяется к рибосоме. Т-РНК доставляют к акцепторному участку рибосомы аминокислоты, которые соединяются в полипептидную цепь в соответствии с шифрующими их кодонами. Растущая полипептидная цепь перемещается в донорный участок рибосомы, а на акцепторный участок приходит новая т-РНК с аминокислотой. Трансляция прекращается на кодонах-терминаторах.

Генетический код

Это система кодирования последовательности аминокислот белка в виде определенной последовательности нуклеотидов в ДНК и РНК.

Единица генетического кода (кодон) – это триплет нуклеотидов в ДНК или РНК, кодирующий одну аминокислоту.

Всего генетический код включает 64 кодона, из них 61 кодирующий и 3 не кодирующих (кодона-терминаторы, свидетельствующие об окончании процесса трансляции).

Кодоны-терминаторы в и-РНК: УАА, УАГ, УГА, в ДНК: АТТ, АТЦ, АЦТ.

Начало процесса трансляции определяет кодон-инициатор (АУГ, в ДНК – ТАЦ), кодирующий аминокислоту метионин. Этот кодон первым входит в рибосому. Впоследствии метионин, если он не предусмотрен в качестве первой аминокислоты данного белка, отщепляется.

Генетический код обладает характерными свойствами.

1. Универсальность – код одинаков для всех организмов. Один и тот же триплет (кодон) в любом организме кодирует одну и ту же аминокислоту.
2. Специфичность – каждый кодон шифрует только одну аминокислоту.
3. Вырожденность – большинство аминокислот могут кодироваться несколькими кодонами. Исключение составляют 2 аминокислоты – метионин и триптофан, имеющие лишь по одному варианту кодона.
4. Между генами имеются «знаки препинания» – три специальных триплета (УАА, УАГ, УГА), каждый из которых обозначает прекращение синтеза полипептидной цепи.
5. Внутри гена «знаков препинания» нет.

Лекция №3 Структура клетки

1. Функции и строение цитоплазматической мембраны

Элементарная мембрана состоит из бислоя липидов в комплексе с белками (гликопротеины: белки + углеводы, липопротеины: жиры + белки). Среди липидов можно выделить фосфолипиды, холестерин, гликолипиды (углеводы + жиры), липопротеины. Каждая молекула жира имеет полярную гидрофильную головку и неполярный гидрофобный хвост. При этом молекулы ориентированы так, что головки обращены наружу и внутрь клетки, а неполярные хвосты – внутрь самой мембраны. Этим достигается избирательная проницаемость для веществ, поступающих в клетку.

Выделяют периферические белки (они расположены только по внутренней или наружной поверхности мембраны), интегральные (они прочно встроены в мембрану, погружены в нее, способны менять свое положение в зависимости от состояния клетки). Функции мембранных белков: рецепторная, структурная (поддерживают форму клетки), ферментативная, адгезивная, антигенная, транспортная.

Схема строения элементарной мембраны жидкостно-мозаичная: жиры составляют жидкокристаллический каркас, а белки мозаично встроены в него и могут менять свое положение.

Важнейшая функция: способствует компартментации – подразделению содержимого клетки на отдельные ячейки, отличающиеся деталями химического или ферментного состава. Этим достигается высокая упорядоченность внутреннего содержимого любой эукариотической клетки. Компартментация способствует пространственному разделению процессов, протекающих в клетке. Отдельный компартмент (ячейка) представлен какой-либо мембранной органеллой (например, лизосомой) или ее частью (кристами, ограниченными внутренней мембраной митохондрий).

Другие функции:

- 1) барьерная (ограничение внутреннего содержимого клетки);
- 2) структурная (придание определенной формы клеткам в соответствии с выполняемыми функциями);
- 3) защитная (за счет избирательной проницаемости, рецепции и антигенности мембраны);
- 4) регуляторная (регуляция избирательной проницаемости для различных веществ (пассивный транспорт без затраты энергии по законам диффузии или осмоса и активный транспорт с затратой энергии путем пиноцитоза, эндо- и экзоцитоза, работы натрий-калиевого насоса, фагоцитоза));

5) адгезивная функция (все клетки связаны между собой посредством специфических контактов (плотных и неплотных));

6) рецепторная (за счет работы периферических белков мембраны). Существуют неспецифические рецепторы, которые воспринимают несколько раздражителей (например, холодовые и тепловые терморецепторы), и специфические, которые воспринимают только один раздражитель (рецепторы световоспринимающей системы глаза);

7) электрогенная (изменение электрического потенциала поверхности клетки за счет перераспределения ионов калия и натрия (мембранный потенциал нервных клеток составляет 90 мВ));

8) антигенная: связана с гликопротеинами и полисахаридами мембраны. На поверхности каждой клетки имеются белковые молекулы, которые специфичны только для данного вида клеток. С их помощью иммунная системы способна различать свои и чужие клетки.

2. Строение и функции полуавтономных структур клетки: митохондрий и пластид

Митохондрии (от гр. *mitos* – «нить», *chondrion* – «зернышко, крупинка») – это постоянные мембранные органеллы округлой или палочковидной (нередко ветвящейся) формы. Толщин – 0,5 мкм, длина – 5–7 мкм. Количество митохондрий в большинстве животных клеток – 150–1500; в женских яйцеклетках – до нескольких сотен тысяч, в сперматозоидах – одна спиральная митохондрия, закрученная вокруг осевой части жгутика.

Основные функции митохондрий:

1) играют роль энергетических станций клеток. В них протекают процессы окислительного фосфорилирования (ферментативного окисления различных веществ с последующим накоплением энергии в виде молекул аденозинтрифосфата – АТФ);

2) хранят наследственный материал в виде митохондриальной ДНК. Митохондрии для своей работы нуждаются в белках, закодированных в генах ядерной ДНК, так как собственная митохондриальная ДНК может обеспечить митохондрии лишь несколькими белками.

Побочные функции – участие в синтезе стероидных гормонов, некоторых аминокислот (например, глутаминовой). Строение митохондрий

Митохондрия имеет две мембраны: наружную (гладкую) и внутреннюю (образующую выросты – листовидные (кристы) и трубчатые (тубулы)). Мембраны различаются по химическому составу, набору ферментов и функциям.

У митохондрий внутренним содержимым является матрица – коллоидное вещество, в котором с помощью электронного микроскопа были обнаружены зерна диаметром 20–30 нм

(они накапливают ионы кальция и магния, запасы питательных веществ, например, гликогена).

В матриксе размещается аппарат биосинтеза белка органеллы: 2–6 копий кольцевой ДНК, лишенной гистоновых белков (как у прокариот), рибосомы, набор т-РНК, ферменты редупликации, транскрипции, трансляции наследственной информации. Этот аппарат в целом очень похож на таковой у прокариот (по количеству, структуре и размерам рибосом, организации собственного наследственного аппарата и др.), что служит подтверждением симбиотической концепции происхождения эукариотической клетки.

В осуществлении энергетической функции митохондрий активно участвуют как матрикс, так и поверхность внутренней мембраны, на которой расположена цепь переноса электронов (цитохро-мы) и АТФ-синтаза, катализирующая сопряженное с окислением фосфорилирование АДФ, что превращает его в АТФ.

Митохондрии размножаются путем перешнуровки, поэтому при делении клеток они более или менее равномерно распределяются между дочерними клетками. Так, между митохондриями клеток последовательных генераций осуществляется преемственность.

Таким образом, митохондриям свойственна относительная автономность внутри клетки (в отличие от других органоидов). Они возникают при делении материнских митохондрий, обладают собственной ДНК, которая отличается от ядерной системой синтеза белка и аккумуляции энергии.

Пластиды

Это полуавтономные структуры (могут существовать относительно автономно от ядерной ДНК клетки), которые присутствуют в растительных клетках. Они образуются из пропластид, которые имеются у зародыша растения. Отграничены двумя мембранами.

Выделяют три группы пластид:

1) лейкопласты. Имеют округлую форму, не окрашены и содержат питательные вещества (крахмал);

2) хромопласты. Содержат молекулы красящих веществ и присутствуют в клетках окрашенных органов растений (плодах вишни, абрикоса, помидоров);

3) хлоропласты. Это пластиды зеленых частей растения (листьев, стеблей). По строению они во многом схожи с митохондриями животных клеток. Наружная мембрана гладкая, внутренняя имеет выросты – ламеллосомы, которые заканчиваются утолщениями – тилакоидами, содержащие хлорофилл. В строме (жидкой части хлоропласта) содержатся кольцевая молекула ДНК, рибосомы, запасные питательные вещества (зерна крахмала, капли жира).

3. Строение и функции лизосом и пероксисом. Лизосомы

Лизосомы (от гр. lysis – «разложение, растворение, распад» и soma – «тело») – это пузырьки диаметром 200–400 мкм. (обычно). Имеют одномембранную оболочку, которая снаружи иногда бывает покрыта волокнистым белковым слоем. Содержат набор ферментов (кислых гидролаз), которые осуществляют при низких значениях pH гидролитическое (в присутствии воды) расщепление веществ (нуклеиновых кислот, белков, жиров, углеводов). Основная функция – внутриклеточное переваривание различных химических соединений и клеточных структур.

Выделяют первичные (неактивные) и вторичные лизосомы (в них протекает процесс переваривания). Вторичные лизосомы образуются из первичных. Они подразделяются на гетеролизосомы и аутолизосомы.

В гетеролизосомах (или фаголизосомах) протекает процесс переваривания материала, который поступает в клетку извне путем активного транспорта (пиноцитоза и фагоцитоза).

В аутолизосомах (или цитолизосомах) подвергаются разрушению собственные клеточные структуры, которые завершили свою жизнь.

Вторичные лизосомы, которые уже перестали переваривать материал, называются остаточными тельцами. В них нет гидролаз, содержится непереваренный материал.

При нарушении целостности мембраны лизосом или при заболевании клетки гидролазы поступают внутрь клетки из лизосом и осуществляют ее самопереваривание (автолиз). Этот же процесс лежит в основе процесса естественной гибели всех клеток (апоптоза).

Микротельца

Микротельца составляют сборную группу органелл. Они представляют собой пузырьки диаметром 100–150 нм, отграниченные одной мембраной. Содержат мелкозернистый матрикс и нередко белковые включения.

К таким органеллам можно отнести и пероксисомы. В них содержатся ферменты группы оксидаз, которые регулируют образование пероксида водорода (в частности, каталаза).

Так как пероксид водорода – токсичное вещество, оно подвергается расщеплению под действием пероксидазы. Реакции образования и расщепления пероксида водорода включены во многие метаболические циклы, особенно активно протекающие в печени и почках.

Поэтому в клетках этих органов количество пероксисом достигает 70–100.

4. **Строение и функции эндоплазматического ретикулума, комплекса Гольджи**

Эндоплазматическая сеть

Эндоплазматический ретикулум (ЭПС) – система сообщающихся или отдельных трубчатых каналов и уплощенных цистерн, расположенных по всей цитоплазме клетки. Они отграничены мембранами (мембранными органеллами). Иногда цистерны имеют расширения

в виде пузырьков. Каналы ЭПС могут соединяться с поверхностной или ядерной мембранами, контактировать с комплексом Гольджи.

В данной системе можно выделить гладкую и шероховатую (гранулярную) ЭПС.

Шероховатая ЭПС

На каналах шероховатой ЭПС в виде полисом расположены рибосомы. Здесь протекает синтез белков, преимущественно продуцируемых клеткой на экспорт (удаление из клетки), например, секретов железистых клеток. Здесь же происходят образование липидов и белков цитоплазматической мембраны и их сборка. Плотные упакованные цистерны и каналы гранулярной ЭПС образуют слоистую структуру, где наиболее активно протекает синтез белка. Это место называется эргастоплазмой.

Гладкая ЭПС

На мембранах гладкой ЭПС рибосом нет. Здесь протекает в основном синтез жиров и подобных им веществ (например, стероидных гормонов), а также углеводов. По каналам гладкой ЭПС также происходит перемещение готового материала к месту его упаковки в гранулы (в зону комплекса Гольджи). В печеночных клетках гладкая ЭПС принимает участие в разрушении и обезвреживании ряда токсичных и лекарственных веществ (например, барбитуратов). В поперечно-полосатой мускулатуре каналы и цистерны гладкой ЭПС депонируют ионы кальция.

Комплекс Гольджи

Пластинчатый комплекс Гольджи – это упаковочный центр клетки. Представляет собой совокупность диктиосом (от нескольких десятков до сотен и тысяч на одну клетку). Диктиосома – стопка из 3—12 уплощенных цистерн овальной формы, по краям которых расположены мелкие пузырьки (везикулы). Более крупные расширения цистерн дают вакуоли, содержащие резерв воды в клетке и отвечающие за поддержание тургора. Пластинчатый комплекс дает начало секреторным вакуолям, в которых содержатся вещества, предназначенные для вывода из клетки. При этом просекрет, поступающий в вакуоль из зоны синтеза, (ЭПС, митохондрии, рибосомы), подвергается здесь некоторым химическим превращениям.

Комплекс Гольджи дает начало первичным лизосомам. В диктиосомах также синтезируются полисахариды, гликопротеиды и гликолипиды, которые затем идут на построение цитоплазматических мембран.

ЛЕКЦИЯ №4. Одномембранные, двумембранные, немембранные органоиды цитоплазмы.

1. Строение и функции клеточного ядра

Ядро есть в любой эукариотической клетке. Ядро может быть одно, или в клетке могут быть несколько ядер (в зависимости от ее активности и функции).

Клеточное ядро состоит из оболочки, ядерного сока, ядрышка и хроматина. Ядерная оболочка состоит из двух мембран, разделенных перинуклеарным (околоядерным) пространством, между которыми находится жидкость. Основные функции ядерной оболочки: обособление генетического материала (хромосом) от цитоплазмы, а также регуляция двусторонних взаимоотношений между ядром и цитоплазмой.

Ядерная оболочка пронизана порами, которые имеют диаметр около 90 нм. Область поры (поровый комплекс) имеет сложное строение (это указывает на сложность механизма регуляции взаимоотношений между ядром и цитоплазмой). Количество пор зависит от функциональной активности клетки: чем она выше, тем больше пор (в незрелых клетках пор больше).

Основа ядерного сока (матрикса, нуклеоплазмы) – это белки. Сок образует внутреннюю среду ядра, играет важную роль в работе генетического материала клеток. Белки: нитчатые или фибриллярные (опорная функция), гетероядерные РНК (продукты первичной транскрипции генетической информации) и мРНК (результат процессинга).

Ядрышко – это структура, где происходят образование и созревание рибосомальных РНК (р-РНК). Гены р-РНК занимают определенные участки нескольких хромосом (у человека это 13–15 и 21–22 пары), где формируются ядрышковые организаторы, в области которых и образуются сами ядрышки. В метафазных хромосомах эти участки называются вторичными перетяжками и имеют вид сужений. Электронная микроскопия выявила нитчатый и зернистый компоненты ядрышек. Нитчатый (фибриллярный) – это комплекс белков и гигантских молекул-предшественниц р-РНК, которые дают в последующем более мелкие молекулы зрелых р-РНК. При созревании фибриллы превращаются в рибонуклеопротеиновые гранулы (зернистый компонент).

Хроматин получил свое название за способность хорошо прокрашиваться основными красителями; в виде глыбок он рассеян в нуклеоплазме ядра и является интерфазной формой существования хромосом.

Хроматин состоит в основном из нитей ДНК (40 % массы хромосомы) и белков (около 60 %), которые вместе образуют нуклеопротеидный комплекс. Выделяют гистоновые (пять классов) и негистоновые белки.

Гистонам (40 %) принадлежат регуляторная (прочно соединены с ДНК и препятствуют считыванию с нее информации) и структурная функции (организация пространственной

структуры молекулы ДНК). Негистоновые белки (более 100 фракций, 20 % массы хромосомы): ферменты синтеза и процессинга РНК, репарации редупликации ДНК, структурная и регуляторная функции. Кроме этого, в составе хромосом обнаружены РНК, жиры, полисахариды, молекулы металлов.

В зависимости от состояния хроматина выделяют эухроматин-новые и гетерохроматиновые участки хромосом. Эухроматин отличается меньшей плотностью, и с него можно производить считывание генетической информации. Гетерохроматин более компактен, и в его пределах информация не считывается. Выделяют конститутивный (структурный) и факультативный гетерохроматин.

2. Строение и функции немембранных структур клетки

В эту группу органоидов входят рибосомы, микротрубочки и микрофиламенты, клеточный центр. Рибосома

Это округлая рибонуклеопротеиновая частица. Диаметр ее составляет 20–30 нм. Состоит рибосома из большой и малой субъединиц, которые объединяются в присутствии нити м-РНК (матричной, или информационной, РНК). Комплекс из группы рибосом, объединенных одной молекулой м-РНК наподобие нитки бус, называется полисомой. Эти структуры либо свободно расположены в цитоплазме, либо прикреплены к мембранам гранулярной ЭПС (в обоих случаях на них активно протекает синтез белка).

Полисомы гранулярной ЭПС образуют белки, выводимые из клетки и используемые для нужд всего организма (например, пищеварительные ферменты, белки женского грудного молока). Кроме этого, рибосомы присутствуют на внутренней поверхности мембран митохондрий, где также принимают активное участие в синтезе белковых молекул.

Микротрубочки

Это трубчатые полые образования, лишенные мембраны. Внешний диаметр составляет 24 нм, ширина просвета – 15 нм, толщина стенки – около 5 нм. В свободном состоянии представлены в цитоплазме, также являются структурными элементами жгутиков, центриолей, веретена деления, ресничек. Микротрубочки построены из стереотипных белковых субъединиц путем их полимеризации. В любой клетке процессы полимеризации идут параллельно процессам деполимеризации. Причем соотношение их определяется количеством микротрубочек. Микротрубочки имеют различную устойчивость к разрушающим их факторам, например, к колхицину (это химическое вещество, вызывающее деполимеризацию). Функции микротрубочек:

- 1) являются опорным аппаратом клетки;
- 2) определяют формы и размеры клетки;
- 3) являются факторами направленного перемещения внутриклеточных структур. Микрофиламенты

Это тонкие и длинные образования, которые обнаруживаются по всей цитоплазме.

Иногда образуют пучки. Виды микро-филаментов:

1) актиновые. Содержат сократительные белки (актин), обеспечивают клеточные формы движения (например, амебоидные), играют роль клеточного каркаса, участвуют в организации перемещений органелл и участков цитоплазмы внутри клетки;

2) промежуточные (толщиной 10 нм). Их пучки обнаруживаются по периферии клетки под плазмалеммой и по окружности ядра. Выполняют опорную (каркасную) роль. В разных клетках (эпителиальных, мышечных, нервных, фибробластах) построены из разных белков.

Микрофиламенты, как и микротрубочки, построены из субъединиц, поэтому их количество определяется соотношением процессов полимеризации и деполимеризации.

Клетки всех животных, некоторых грибов, водорослей, высших растений характеризуются наличием клеточного центра. Клеточный центр обычно располагается рядом с ядром.

Он состоит из двух центриолей, каждая из которых представляет собой полый цилиндр диаметром около 150 нм, длиной 300–500 нм.

Центриоли расположены взаимоперпендикулярно. Стенка каждой центриоли образована 27 микротрубочками, состоящими из белка тубулина. Микротрубочки сгруппированы в 9 триплетов.

Из центриолей клеточного центра во время деления клетки образуются нити веретена деления.

Центриоли поляризуют процесс деления клетки, чем достигается равномерное расхождение сестринских хромосом (хроматид) в анафазе митоза.

3. Гиалоплазма – внутренняя среда клетки. Цитоплазматические включения

Внутри клетки находится цитоплазма. Она состоит из жидкой части – гиалоплазмы (матрикса), органелл и цитоплазматических включений.

Гиалоплазма

Гиалоплазма – основное вещество цитоплазмы, заполняет все пространство между плазматической мембраной, оболочкой ядра и другими внутриклеточными структурами. Гиалоплазму можно рассматривать как сложную коллоидную систему, способную существовать в двух состояниях: золеобразном (жидком) и гелеобразном, которые взаимно переходят одно в другое. В процессе этих переходов осуществляется определенная работа, затрачивается энергия. Гиалоплазма лишена какой-либо определенной организации. Химический состав гиалоплазмы: вода (90 %), белки (ферменты гликолиза, обмена сахаров, азотистых оснований, белков и липидов). Некоторые белки цитоплазмы образуют

субъединицы, дающие начало таким органеллам, как центриоли, микрофиламенты.

Функции гиалоплазмы:

- 1) образование истинной внутренней среды клетки, которая объединяет все органеллы и обеспечивает их взаимодействие;
- 2) поддержание определенной структуры и формы клетки, создание опоры для внутреннего расположения органелл;
- 3) обеспечение внутриклеточного перемещения веществ и структур;
- 4) обеспечение адекватного обмена веществ как внутри самой клетки, так и с внешней средой.

Включения

Это относительно непостоянные компоненты цитоплазмы. Среди них выделяют:

- 1) запасные питательные вещества, которые используются самой клеткой в периоды недостаточного поступления питательных веществ извне (при клеточном голоде), – капли жира, гранулы крахмала или гликогена;
- 2) продукты, которые подлежат выделению из клетки, например, гранулы зрелого секрета в секреторных клетках (молоко в лактоцитах молочных желез);
- 3) балластные вещества некоторых клеток, которые не выполняют какой-либо конкретной функции (некоторые пигменты, например, липофусцин стареющих клеток).

ЛЕКЦИЯ № 5. Прокариотическая и эукариотическая клетка.

Основные клеточные формы

1. Прокариоты

Все живые организмы на Земле принято подразделять на до-клеточные формы, которые не имеют типичного клеточного строения (это вирусы и бактериофаги), и клеточные, имеющие типичное клеточное строение. Эти организмы в свою очередь подразделяют на две категории:

1) доядерные прокариоты, которые не имеют типичного ядра. К ним относят бактерии и сине-зеленые водоросли;

2) ядерные эукариоты, которые имеют типичное четко оформленное ядро. Это все остальные организмы. Прокариоты возникли гораздо раньше эукариот (в архейскую эру). Это очень маленькие клетки размером от 0,1 до 10 мкм. Иногда встречаются гигантские клетки до 200 мкм.

Типичная бактериальная клетка снаружи окружена клеточной стенкой, основой которой является вещество муреин (полисахарид – сложный углевод). Клеточная стенка определяет форму бактериальной клетки. Поверх клеточной стенки имеется слизистая капсула, или слизистый слой, который выполняет защитную функцию.

Под клеточной стенкой располагается плазматическая мембрана (см. ее строение у эукариот). Вся клетка внутри заполнена цитоплазмой, которая состоит из жидкой части (гиалоплазмы, или матрикса), органелл и включений.

Гиалоплазма представляет собой коллоидный раствор биомолекул, который может существовать в двух состояниях: золя (в благоприятных условиях) и геля (при плохих условиях, когда увеличивается плотность гиалоплазмы). Наследственный аппарат: одна крупная «голая», лишенная защитных белков, молекула ДНК, замкнутая в кольцо, – нуклеоид. В гиалоплазме некоторых бактерий есть также короткие кольцевые молекулы ДНК, не ассоциированные с хромосомой или нуклеоидом, – плазмиды.

Мембранных органелл в прокариотических клетках мало. Есть мезосомы – внутренние выросты плазматической мембраны, которые считаются функциональными эквивалентами митохондрий эукариот. В автотрофных прокариотах – цианобактериях и иных – обнаруживают ламеллы и ламелосомы – фотосинтетические мембраны. На них находятся пигменты хлорофилл и фикоцианин.

Обнаруживается много немембранных органелл. Рибосомы, как и у эукариот, состоят из двух субъединиц: большой и малой. Они имеют маленькие размеры, распложены беспорядочно в гиалоплазме. Рибосомы ответственны за синтез бактериальных белков.

Некоторые бактерии имеют органеллы движения – жгутики, которые построены из микрофиламентов. Бактерии имеют органеллы узнавания – пили (фимбрии), которые

расположены снаружи клетки и представляют собой тонкие волосовидные выросты.

В гиалоплазме также имеются непостоянные включения: гранулы белка, капли жиров, молекулы полисахаридов, соли.

2. Общие сведения об эукариотической клетке

Каждая эукариотическая клетка имеет обособленное ядро, в котором заключен отграниченный от матрикса ядерной мембраной генетический материал (это главное отличие от прокариотических клеток). Генетический материал сосредоточен преимущественно в виде хромосом, имеющих сложное строение и состоящих из нитей ДНК и белковых молекул. Деление клеток происходит посредством митоза (а для половых клеток – мейоза). Среди эукариотов есть как одноклеточные, так и многоклеточные организмы.

Существует несколько теорий происхождения эукариотических клеток, одна из них – эндосимбионтическая. В гетеротрофную анаэробную клетку проникла аэробная клетка типа бактерио-подобной, которая послужила базой для появления митохондрий. В эти клетки начали проникать спирохетоподобные клетки, которые дали начало формированию центриолей. Наследственный материал отгородился от цитоплазмы, возникло ядро, появился митоз. В некоторые эукариотические клетки проникли клетки типа сине-зеленых водорослей, которые положили начало появлению хлоропластов. Так впоследствии возникло царство растений.

Размеры клеток тела человека варьируются от 2–7 мкм (у тромбоцитов) до гигантских размеров (до 140 мкм у яйцеклетки).

Форма клеток обусловлена выполняемой ими функцией: нервные клетки – звездчатые за счет большого количества отростков (аксона и дендритов), мышечные клетки – вытянутые, так как должны сокращаться, эритроциты могут менять свою форму при продвижении по мелким капиллярам.

Строение эукариотических клеток животных и растительных организмов во многом схоже. Каждая клетка снаружи ограничена клеточной оболочкой, или плазмалеммой. Она состоит из цитоплазматической мембраны и слоя гликокаликса (толщиной 10–20 нм), который покрывает ее снаружи. Компоненты гликокаликса – комплексы полисахаридов с белками (гликопротеины) и жирами (гликолипиды).

Цитоплазматическая мембрана – это комплекс бислоя фосфолипидов с протеинами и полисахаридами.

В клетке выделяют ядро и цитоплазму. Клеточное ядро состоит из мембраны, ядерного сока, ядрышка и хроматина. Ядерная оболочка состоит из двух мембран, разделенных перинуклеарным пространством, и пронизана порами.

Основу ядерного сока (матрикса) составляют белки: нитчатые, или фибриллярные

(опорная функция), глобулярные, гетероядерные РНК и мРНК (результат процессинга).

Ядрышко – это структура, где происходит образование и созревание рибосомальных РНК (р-РНК).

Хроматин в виде глыбок рассеян в нуклеоплазме и является интерфазной формой существования хромосом.

В цитоплазме выделяют основное вещество (матрикс, гиало-плазму), органеллы и включения.

Органеллы могут быть общего значения и специальные (в клетках, выполняющих специфические функции: микроворсинки всасывающего эпителия кишечника, миофибриллы мышечных клеток и т. д.).

Органеллы общего значения – эндоплазматическая сеть (гладкая и шероховатая), комплекс Гольджи, митохондрии, рибосомы и полисомы, лизосомы, пероксисомы, микрофибриллы и микротрубочки, центриоли клеточного центра.

В растительных клетках есть еще и хлоропласты, в которых протекает фотосинтез.

3. Неклеточные формы жизни – вирусы, бактериофаги

Вирусы – доклеточные формы жизни, которые являются облигатными внутриклеточными паразитами, т. е. могут существовать и размножаться только внутри организма хозяина. Вирусы были открыты Д. И. Ивановским в 1892 г. (он изучал вирус табачной мозаики), но доказать их существование удалось намного позднее.

Многие вирусы являются возбудителями заболеваний, таких как СПИД, коревая краснуха, эпидемический паротит (свинка), ветряная и натуральная оспа.

Вирусы имеют микроскопические размеры, многие из них способны проходить через любые фильтры. В отличие от бактерий, вирусы нельзя выращивать на питательных средах, так как вне организма они не проявляют свойств живого. Вне живого организма (хозяина) вирусы представляют собой кристаллы веществ, не имеющих никаких свойств живых систем.

Строение вирусов

Зрелые вирусные частицы называются вирионами. Фактически они представляют собой геном, покрытый сверху белковой оболочкой. Эта оболочка – капсид. Она построена из белковых молекул, защищающих генетический материал вируса от воздействия нуклеаз – ферментов, разрушающих нуклеиновые кислоты.

У некоторых вирусов поверх капсида располагается супер-капсидная оболочка, также построенная из белка. Генетический материал представлен нуклеиновой кислотой. У одних вирусов это ДНК (так называемые ДНК-овые вирусы), у других – РНК (РНК-овые вирусы).

РНК-овые вирусы также называют ретровирусами, так как для синтеза вирусных белков в этом случае необходима обратная транскрипция, которая осуществляется ферментом – обратной транскриптазой (ревертазой) и представляет собой синтез ДНК на базе РНК.

Размножение вирусов

При внедрении вируса внутрь клетки-хозяина происходит освобождение молекулы нуклеиновой кислоты от белка, поэтому в клетку попадает только чистый и незащищенный генетический материал. Если вирус ДНК, то молекула ДНК встраивается в молекулу ДНК хозяина и воспроизводится вместе с ней. Так появляются новые вирусные ДНК, неотличимые от исходных. Все процессы, протекающие в клетке, замедляются, клетка начинает работать на воспроизводство вируса. Так как вирус является облигатным паразитом, то для его жизни необходима клетка-хозяин, поэтому она не погибает в процессе размножения вируса. Гибель клетки происходит только после выхода из нее вирусных частиц.

Если это ретровирус, внутрь клетки-хозяина попадает его РНК. Она содержит гены, обеспечивающие обратную транскрипцию: на матрице РНК строится одноцепочечная молекула ДНК. Из свободных нуклеотидов достраивается комплементарная цепь, которая и встраивается в геном клетки-хозяина. С полученной ДНК информация переписывается на молекулу и-РНК, на матрице которой затем синтезируются белки ретровируса.

Бактериофаги

Это вирусы, паразитирующие на бактериях. Они играют большую роль в медицине и широко применяются при лечении гнойных заболеваний, вызванных стафилококками и др. Бактериофаги имеют сложное строение. Генетический материал находится в головке бактериофага, которая сверху покрыта белковой оболочкой (капсидом). В центре головки находится атом магния. Далее идет полый стержень, который переходит в хвостовые нити. Их функция – узнавать свой вид бактерий, осуществлять прикрепление фага к клетке. После прикрепления ДНК выдавливается в бактериальную клетку, а оболочки остаются снаружи.

ЛЕКЦИЯ № 9.1. Жизненный цикл клетки

1. Понятие о жизненном цикле

Жизненный цикл клетки отражает все закономерные структурно-функциональные изменения, происходящие с клеткой во времени. Жизненный цикл – это время существования клетки от момента ее образования путем деления материнской клетки до собственного деления или естественной гибели.

У клеток сложного организма (например, человека) жизненный цикл клетки может быть различным. Высокоспециализированные клетки (эритроциты, нервные клетки, клетки поперечнополосатой мускулатуры) не размножаются. Их жизненный цикл состоит из рождения, выполнения предназначенных функций, гибели (гетерокаталитической интерфазы).

Важнейшим компонентом клеточного цикла является митотический (пролиферативный) цикл. Он представляет собой комплекс взаимосвязанных и согласованных явлений во время деления клетки, а также до и после него. Митотический цикл – это совокупность процессов, происходящих в клетке от одного деления до следующего и заканчивающихся образованием двух клеток следующей генерации. Кроме этого, в понятие жизненного цикла входят также период выполнения клеткой своих функций и периоды покоя. В это время дальнейшая клеточная судьба неопределенна: клетка может начать делиться (вступает в митоз) либо начать готовиться к выполнению специфических функций.

Митоз – это основной тип деления соматических эукариотических клеток. Процесс деления включает в себя несколько последовательных фаз и представляет собой цикл. Его продолжительность различна и составляет у большинства клеток от 10 до 50 ч. При этом у клеток тела человека продолжительность самого митоза составляет 1–1,5 ч, в2-периода интерфазы – 2–3 ч, S-периода интерфазы – 6–10 ч.

2. Биологическое значение жизненного цикла

Обеспечивает преемственность генетического материала в ряду клеток дочерних генераций; приводит к образованию клеток, равноценных как по объему, так и по содержанию генетической информации.

Основные стадии митоза.

1. Редупликация (самоудвоение) генетической информации материнской клетки и равномерное распределение ее между дочерними клетками. Это сопровождается изменениями структуры и морфологии хромосом, в которых сосредоточено более 90 % информации эукариотической клетки.

2. Митотический цикл состоит из четырех последовательных периодов: пресинтетического (или постмитотического) G1, синтетического S, постсинтетического (или премитотического) G2 и собственно митоза. Они составляют автокаталитическую интерфазу (подготовительный период).

Фазы клеточного цикла:

1) пресинтетическая (G1). Идет сразу после деления клетки. Синтеза ДНК еще не происходит. Клетка активно растет в размерах, запасает вещества, необходимые для деления: белки (гистоны, структурные белки, ферменты), РНК, молекулы АТФ. Происходит деление митохондрий и хлоропластов (т. е. структур, способных к ауторепродукции). Восстанавливаются черты организации интерфазной клетки после предшествующего деления;

2) синтетическая (S). Происходит удвоение генетического материала путем репликации ДНК. Она происходит полуконсервативным способом, когда двойная спираль молекулы ДНК расходится на две цепи и на каждой из них синтезируется комплементарная цепочка.

В итоге образуются две идентичные двойные спирали ДНК, каждая из которых состоит из одной новой и старой цепи ДНК. Количество наследственного материала удваивается. Кроме этого, продолжается синтез РНК и белков. Также репликации подвергается небольшая часть митохондриальной ДНК (основная же ее часть реплицируется в G2 период);

3) постсинтетическая (G2). ДНК уже не синтезируется, но происходит исправление недочетов, допущенных при синтезе ее в S период (репарация). Также накапливаются энергия и питательные вещества, продолжается синтез РНК и белков (преимущественно ядерных).

S и G2 непосредственно связаны с митозом, поэтому их иногда выделяют в отдельный период – препрофазу.

После этого наступает собственно митоз, который состоит из четырех фаз.

3. Митоз. Характеристика основных этапов

Деление клетки включает в себя два этапа – деление ядра (митоз, или кариокинез) и деление цитоплазмы (цитокинез).

Митоз состоит из четырех последовательных фаз – профазы, метафазы, анафазы и телофазы. Ему предшествует период, называемый интерфазой (см. характеристику митотического цикла).

Фазы митоза:

1) профаза. Центриоли клеточного центра делятся и расходятся к противоположным полюсам клетки. Из микротрубочек образуется веретено деления, которое соединяет

центриоли разных полюсов. В начале профазы в клетке еще видны ядро и ядрышки, к концу этой фазы ядерная оболочка разделяется на отдельные фрагменты (происходит демонтаж ядерной мембраны), ядрышки распадаются. Начинается конденсация хромосом: они скручиваются, утолщаются, становятся видимыми в световой микроскоп. В цитоплазме уменьшается количество структур шероховатой ЭПС, резко сокращается число полисом;

2) метафаза. Заканчивается образование веретена деления.

Конденсированные хромосомы выстраиваются по экватору клетки, образуя метафазную пластинку. Микротрубочки веретена деления прикрепляются к центромерам, или кинетохорам (первичным перетяжкам), каждой хромосомы. После этого каждая хромосома продольно расщепляется на две хроматиды (дочерние хромосомы) которые оказываются связанными только в участке центромеры;

3) анафаза. Между дочерними хромосомами разрушается связь, и они начинают перемещаться к противоположным полюсам клетки со скоростью 0,2–5 мкм/мин. В конце анафазы на каждом полюсе оказывается по диплоидному набору хромосом. Хромосомы начинают деконденсироваться и раскручиваться, становятся тоньше и длиннее; 4) телофаза. Хромосомы полностью деспирализуются, восстанавливается структура ядрышек и интерфазного ядра, монтируется ядерная мембрана. Разрушается веретено деления. Происходит цитокинез (деление цитоплазмы). В животных клетках этот процесс начинается с образования в экваториальной плоскости перетяжки, которая все более углубляется и в конце концов полностью делит материнскую клетку на две дочерние.

При задержке цитокинеза образуются многоядерные клетки. Это наблюдается при размножении простейших путем шизогонии. У многоклеточных организмов так образуются синцитии – ткани, в которых отсутствуют границы между клетками (поперечно-полосатая мышечная ткань у человека).

Продолжительность каждой фазы зависит от типа ткани, физиологического состояния организма, воздействия внешних факторов (света, температуры, химических веществ) и пр.

4. Нетипичные формы митоза

К нетипичным формам митоза относятся амитоз, эндомиоз, политения.

1. Амитоз – это прямое деление ядра. При этом сохраняется морфология ядра, видны ядрышко и ядерная мембрана. Хромосомы не видны, и их равномерного распределения не происходит. Ядро делится на две относительно равные части без образования митотического аппарата (системы микротрубочек, центриолей, структурированных хромосом). Если при этом деление заканчивается, возникает двухъядерная клетка. Но иногда перешнуровывается и цитоплазма.

Такой вид деления существует в некоторых дифференцированных тканях (в клетках

скелетной мускулатуры, кожи, соединительной ткани), а также в патологически измененных тканях. Амитоз никогда не встречается в клетках, которые нуждаются в сохранении полноценной генетической информации, – оплодотворенных яйцеклетках, клетках нормально развивающегося эмбриона. Этот способ деления не может считаться полноценным способом размножения эукариотических клеток.

2. Эндомитоз. При этом типе деления после репликации ДНК не происходит разделения хромосом на две дочерние хроматиды. Это приводит к увеличению числа хромосом в клетке иногда в десятки раз по сравнению с диплоидным набором. Так возникают полиплоидные клетки. В норме этот процесс имеет место в интенсивно функционирующих тканях, например, в печени, где полиплоидные клетки встречаются очень часто. Однако с генетической точки зрения эндомитоз представляет собой геномную соматическую мутацию.

3. Политения. Происходит кратное увеличение содержания ДНК (хромонем) в хромосомах без увеличения содержания самих хромосом. При этом количество хромонем может достигать 1000 и более, хромосомы при этом приобретают гигантские размеры. При политении выпадают все фазы митотического цикла, кроме репродукции первичных нитей ДНК. Такой тип деления наблюдается в некоторых высокоспециализированных тканях (печеночных клетках, клетках слюнных желез двукрылых насекомых). По-литенные хромосомы дрозофил используются для построения цитологических карт генов в хромосомах.

ЛЕКЦИЯ № 9.2. Мейоз: характеристика, биологическое значение

Мейоз – это вид деления клеток, при котором происходит уменьшение числа хромосом вдвое и переход клеток из диплоидного состояния в гаплоидное.

Мейоз представляет собой последовательность двух делений.

1. Стадии мейоза

Первое деление мейоза (редукционное) приводит к образованию из диплоидных клеток гаплоидных. В профазу I, как и в митозе, происходит спирализация хромосом. Одновременно гомологичные хромосомы сближаются своими одинаковыми участками (конъюгируют), образуя биваленты. Перед вступлением в мейоз каждая хромосома имеет удвоенный генетический материал и состоит из двух хроматид, поэтому бивалента содержит 4 нити ДНК. В процессе дальнейшей спирализации может происходить кроссинговер – перекрест гомологичных хромосом, сопровождающийся обменом соответствующими участками между их хроматидами. В метафазе I завершается формирование веретена

деления, нити которого прикрепляются к центромерам хромосом, объединенных в биваленты таким образом, что от каждой центромеры идет только одна нить к одному из полюсов клетки. В анафазе I хромосомы расходятся к полюсам клетки, при этом у каждого полюса оказывается гаплоидный набор хромосом, состоящий из двух хроматид. В телофазе I восстанавливается ядерная оболочка, после чего материнская клетка делится на две дочерние.

Второе деление мейоза начинается сразу после первого и сходно с митозом, однако вступающие в него клетки несут гаплоидный набор хромосом. Профаза II по времени очень короткая. За ней наступает метафаза II, при этом хромосомы располагаются в экваториальной плоскости, образуется веретено деления. В анафазе II происходит разделение центромер, и каждая хроматида становится самостоятельной хромосомой. Отделившиеся друг от друга дочерние хромосомы направляются к полюсам деления. В телофазе II происходит деление клеток, в котором из двух гаплоидных клеток образуется 4 дочерние гаплоидные клетки.

Таким образом, в результате мейоза из одной диплоидной клетки образуются четыре клетки с гаплоидным набором хромосом.

В ходе мейоза осуществляются два механизма рекомбинации генетического материала.

Непостоянный (кроссинговер) представляет собой обмен гомологичными участками между хромосомами. Происходит в профазе I на стадии пахитены. Результат – рекомбинация аллельных генов.

1. Постоянный – случайное и независимое расхождение гомологичных хромосом в анафазе I мейоза. В результате гаметы получают разное число хромосом отцовского и материнского происхождения.

2. Биологическое значение мейоза

- 1) является основным этапом гаметогенеза;
- 2) обеспечивает передачу генетической информации от организма к организму при половом размножении;
- 3) дочерние клетки генетически не идентичны материнской и между собой.

ЛЕКЦИЯ 9.3. Бесполое размножение. Формы и биологическая роль

Размножение – универсальное свойство всех живых организмов, способность воспроизводить себе подобных. С его помощью происходит сохранение во времени видов и жизни в целом. Оно обеспечивает смену поколений. Жизнь клеток, составляющих организм, намного короче жизни самого организма, поэтому его существование поддерживается только

за счет размножения клеток. Различают два способа размножения – бесполое и половое. При бесполом размножении главным клеточным механизмом, обеспечивающим увеличение числа клеток, является митоз. Родителем является одна особь. Потомство представляет собой точную генетическую копию родительского материала.

1. Биологическая роль бесполого размножения

Поддержание наибольшей приспособленности в малоизменяющихся условиях окружающей среды. Оно усиливает значение стабилизирующего естественного отбора; обеспечивает быстрые темпы размножения; используется в практической селекции. Бесполое размножение встречается как у одно-, так и у многоклеточных организмов. У одноклеточных эукариот бесполое размножение представляет собой митотическое деление, у прокариот – деление нуклеоида, у многоклеточных форм – вегетативное размножение.

2. Формы бесполого размножения

У одноклеточных организмов выделяют следующие формы бесполого размножения: деление, эндогонию, шизогонию (множественное деление) и почкование, спорообразование.

Деление характерно для таких одноклеточных, как амёбы, инфузории, жгутиковые. Сначала происходит митотическое деление ядра, затем цитоплазма делится пополам все более углубляющейся перетяжкой. При этом дочерние клетки получают примерно одинаковое количество цитоплазмы и органоидов.

Эндогония (внутреннее почкование) характерно для токсоплазмы. При образовании двух дочерних особей материнская дает лишь двух потомков. Но может быть внутреннее множественное почкование, что приведет к шизогонии.

Шизогония развивается на основе предыдущей формы. Встречается у споровиков (малярийного плазмодия) и др. Происходит многократное деление ядра без цитокинеза. Затем вся цитоплазма разделяется на части, которые обособляются вокруг новых ядер. Из одной клетки образуется очень много дочерних.

Почкование (у бактерий, дрожжевых грибов и др.). При этом на материнской клетке первоначально образуется небольшой бугорок, содержащий дочернее ядро (нуклеоид). Почка растет, достигает размеров материнской особи, а затем отделяется от нее.

Спорообразование (у высших споровых растений: мхов, папоротников, плаунов, хвощей, водорослей). Дочерний организм развивается из специализированных клеток – спор, содержащих гаплоидный набор хромосом. В царстве бактерий тоже встречается спорообразование. Споры, покрытые плотной оболочкой, защищающей ее от неблагоприятных воздействий окружающей среды, не способ размножения, а способ переживания неблагоприятных условий.

3. Вегетативная форма размножения

Характерна для многоклеточных организмов. При этом новый организм образуется из группы клеток, отделяющихся от материнского организма. Растения размножаются клубнями, корневищами, луковцами, корнеклубнями, корнеплодами, корневой порослью, отводками, черенками, выводковыми почками, листьями. У животных вегетативное размножение встречается у самых низкоорганизованных форм. У губок и гидр оно идет путем почкования. За счет размножения группы клеток на материнском теле образуется выпячивание (почка), состоящее из клеток экто- и энтодермы. Почка постепенно увеличивается, на ней возникают щупальца, и отделяется от материнского организма. Ресничные черви делятся на две части, и в каждой из них восстанавливаются недостающие органы за счет неупорядоченного деления клеток. Кольчатые черви могут восстанавливать целый организм из одного членика. Этот вид деления лежит в основе регенерации – восстановления утраченных тканей и частей тела (у кольчатых червей, ящериц, саламандр). Особая форма бесполого размножения – стробиляция (у полипов). Полипоид-ный организм довольно интенсивно растет, при достижении определенных размеров начинает делиться на дочерние особи. В это время он напоминает стопку тарелок. Образовавшиеся медузы отрываются и начинают самостоятельную жизнь.

ЛЕКЦИЯ № 10.1. Развитие половых клеток.

Строение и функции половых клеток (гамет)

1. Общие свойства гамет

По сравнению с другими клетками гаметы выполняют уникальные функции. Они обеспечивают передачу наследственной информации между поколениями особей, что поддерживает жизнь во времени. Гаметы – это одно из направлений дифференцировки клеток многоклеточного организма, направленное на процесс размножения. Это высокодифференцированные клетки, ядра которых содержат всю необходимую наследственную информацию для развития нового организма.

По сравнению с соматическими клетками (эпителиальными, нервными, мышечными) гаметы имеют ряд характерных особенностей. Первое отличие – наличие в ядре гаплоидного набора хромосом, что обеспечивает воспроизведение в зиготе типичного для организмов данного вида диплоидного набора (гаметы человека, например, содержат по 23 хромосомы; при слиянии гамет после оплодотворения формируется зигота, которая содержит 46 хромосом – нормальное количество для человеческих клеток).

Второе отличие – необычное ядерно-цитоплазматическое соотношение (т. е. отношение объема ядра к объему цитоплазмы). У яйцеклеток оно снижено за счет того, что имеется много цитоплазмы, где содержится питательный материал (желток) для будущего зародыша. В сперматозоидах, наоборот, ядерно-цитоплазматическое соотношение высокое, так как мал объем цитоплазмы (почти вся клетка занята ядром). Этот факт находится в соответствии с основной функцией сперматозоида – доставкой наследственного материала к яйцеклетке.

Третье отличие – низкий уровень обмена веществ в гаметах. Их состояние похоже на анабиоз. Мужские половые клетки вообще не вступают в митоз, а женские гаметы получают эту способность только после оплодотворения (когда они уже перестают быть гаметами и становятся зиготами) или воздействия фактора, индуцирующего партеногенез.

Несмотря на наличие ряда общих черт, мужские и женские половые клетки значительно отличаются друг от друга, что обусловлено различием в выполняемых функциях.

2. Строение и функции яйцеклетки

Яйцеклетка – крупная неподвижная клетка, обладающая запасом питательных веществ. Размеры женской яйцеклетки составляют 150–170 мкм (гораздо больше мужских сперматозоидов, размер которых 50–70 мкм). Функции питательных веществ различны. Их выполняют:

1) компоненты, нужные для процессов биосинтеза белка (ферменты, рибосомы, м-РНК, т-РНК и их предшественники);

2) специфические регуляторные вещества, которые контролируют все процессы, происходящие с яйцеклеткой, например, фактор дезинтеграции ядерной оболочки (с этого процесса начинается профазы 1 мейотического деления), фактор, преобразующий ядро сперматозоида в пронуклеус перед фазой дробления, фактор, ответственный за блок мейоза на стадии метафазы II и др.;

3) желток, в состав которого входят белки, фосфолипиды, различные жиры, минеральные соли. Именно он обеспечивает питание зародыша в эмбриональном периоде. По количеству желтка в яйцеклетке она может быть алеци-тальной, т. е. содержащей ничтожно малое количество желтка, поли-, мезо– или олиголецитальной. Человеческая яйцеклетка относится к алецитальным. Это обусловлено тем, что человеческий зародыш очень быстро переходит от гистиотрофного типа питания к гематотрофному. Также человеческая яйцеклетка по распределению желтка является изолецитальной: при ничтожно малом количестве желтка он равномерно располагается в клетке, поэтому ядро оказывается примерно в центре.

Яйцеклетка имеет оболочки, которые выполняют защитные функции, препятствуют проникновению в яйцеклетку более одного сперматозоида, способствуют имплантации зародыша в стенку матки и определяют первичную форму зародыша.

Яйцеклетка обычно имеет шарообразную или слегка вытянутую форму, содержит набор тех типичных органелл, что и любая клетка. Как и другие клетки, яйцеклетка отграничена плазматической мембраной, но снаружи она окружена блестящей оболочкой, состоящей из мукополисахаридов (получила свое название за оптические свойства). Блестящая оболочка покрыта лучистым венцом, или фолликулярной оболочкой, которая представляет собой микроворсинки фолликулярных клеток. Она играет защитную роль, питает яйцеклетку.

Яйцеклетка лишена аппарата активного движения. За 4–7 суток она проходит по яйцеводу до полости матки расстояние, которое примерно составляет 10 см. Для яйцеклетки характерна плазматическая сегрегация. Это означает, что после оплодотворения в еще не дробящемся яйце происходит такое равномерное распределение цитоплазмы, что в дальнейшем клетки зачатков будущих тканей получают ее в определенном закономерном количестве.

3. Строение и функции сперматозоидов

Сперматозоид – это мужская половая клетка (гамета). Он обладает способностью к движению, чем в известной мере обеспечивается возможность встречи разнополой гамет. Размеры сперматозоида микроскопические: длина этой клетки у человека составляет 50–70 мкм (самые крупные они у тритона – до 500 мкм). Все сперматозоиды несут отрицательный

электрический заряд, что препятствует их склеиванию в сперме. Количество сперматозоидов, образующихся у особи мужского пола, всегда колоссально. Например, эякулят здорового мужчины содержит около 200 млн сперматозоидов (жеребец выделяет около 10 млрд сперматозоидов).

Строение сперматозоида

По морфологии сперматозоиды резко отличаются от всех других клеток, но все основные органеллы в них имеются. Каждый сперматозоид имеет головку, шейку, промежуточный отдел и хвост в виде жгутика. Почти вся головка заполнена ядром, которое несет наследственный материал в виде хроматина. На переднем конце головки (на ее вершине) располагается акросома, которая представляет собой видоизмененный комплекс Гольджи. Здесь происходит образование гиалуронидазы – фермента, который способен расщеплять мукополисахариды оболочек яйцеклетки, что делает возможным проникновение сперматозоида внутрь яйцеклетки. В шейке сперматозоида расположена митохондрия, которая имеет спиральное строение. Она необходима для выработки энергии, которая тратится на активные движения сперматозоида по направлению к яйцеклетке. Большую часть энергии сперматозоид получает в виде фруктозы, которой очень богат эякулят. На границе головки и шейки располагается центриоль. На поперечном срезе жгутика видны 9 пар микротрубочек, еще 2 пары есть в центре. Жгутик является органоидом активного движения. В семенной жидкости мужская гамета развивает скорость, равную 5 см/ч (что применительно к ее размерам примерно в 1,5 раза быстрее, чем скорость пловца-олимпийца). При электронной микроскопии сперматозоида обнаружено, что цитоплазма головки имеет не коллоидное, а жидкокристаллическое состояние. Этим достигается устойчивость сперматозоида к неблагоприятным условиям внешней среды (например, к кислой среде женских половых путей). Установлено, что сперматозоиды более устойчивы к воздействию ионизирующей радиации, чем незрелые яйцеклетки.

Сперматозоиды некоторых видов животных имеют акросомный аппарат, который выбрасывает длинную и тонкую нить для захвата яйцеклетки.

Установлено, что оболочка сперматозоида имеет специфические рецепторы, которые узнают химические вещества, выделяемые яйцеклеткой. Поэтому сперматозоиды человека способны к направленному движению по направлению к яйцеклетке (это называется положительным хемотаксисом).

При оплодотворении в яйцеклетку проникает только головка сперматозоида, несущая наследственный аппарат, а остальные части остаются снаружи.

4. Оплодотворение

Оплодотворение – это процесс слияния половых клеток. В результате оплодотворения

образуется диплоидная клетка – зигота, это начальный этап развития нового организма. Оплодотворению предшествует выделение половых продуктов, т. е. осеменение. Существует два типа осеменения:

1) наружное. Половые продукты выделяются во внешнюю среду (у многих пресноводных и морских животных);

2) внутреннее. Самец выделяет половые продукты в половые пути самки (у млекопитающих, человека).

Оплодотворение состоит из трех последовательных стадий: сближения гамет, активации яйцеклетки, слияния гамет (синга-мии), акросомной реакции.

Сближение гамет

Обусловлено совокупностью факторов, повышающих вероятность встречи гамет: половой активностью самцов и самок, скоординированной во времени, соответствующим половым поведением, избыточной продукцией сперматозоидов, крупными размерами яйцеклеток. Ведущий фактор – выделение гаметами гамонов (специфических веществ, способствующих сближению и слиянию половых клеток). Яйцеклетка выделяет гиногамоны, которые обуславливают направленное движение к ней сперматозоидов (хемотаксис), а сперматозоиды выделяют андрогамоны.

Для млекопитающих также важна длительность пребывания гамет в половых путях самки. Это необходимо для того, чтобы сперматозоиды приобрели оплодотворяющую способность (происходит так называемая капацитация, т. е. способность к акросомной реакции).

Акросомная реакция

Акросомная реакция – это выброс протеолитических ферментов (главным образом, гиалуронидазы), которые содержатся в акросоме сперматозоида. Под их влиянием происходит растворение оболочек яйцеклетки в месте наибольшего скопления сперматозоидов. Снаружи оказывается участок цитоплазмы яйцеклетки (так называемый бугорок оплодотворения), к которому прикрепляется только один из сперматозоидов. После этого плазматические мембраны яйцеклетки и сперматозоида сливаются, образуется цитоплазматический мостик, сливаются цитоплазмы обеих половых клеток. Далее в цитоплазму яйцеклетки проникают ядро и центриоль сперматозоида, а его мембрана встраивается в мембрану яйцеклетки. Хвостовая часть сперматозоида отделяется и рассасывается, не играя какой-либо существенной роли в дальнейшем развитии зародыша.

Активация яйцеклетки

Активация яйцеклетки происходит закономерно в результате контакта ее со сперматозоидом. Имеет место кортикальная реакция, защищающая яйцеклетку от полиспермии, т. е. проникновения в нее более одного сперматозоида. Она заключается в том,

что происходят отслойка и затвердевание желточной оболочки под влиянием специфических ферментов, выделяющихся из кортикальных гранул.

В яйцеклетке изменяется обмен веществ, повышается потребность в кислороде, начинается активный синтез питательных веществ. Завершается активация яйцеклетки началом трансляционного этапа биосинтеза белка (так как м-РНК, т-РНК, рибосомы и энергия в виде макроэргов были запасены еще в овогенезе).

Слияние гамет

У большинства млекопитающих на момент встречи яйцеклетки со сперматозоидом она находится в метафазе II, так как процесс мейоза в ней заблокирован с помощью специфического фактора. У трех родов млекопитающих (лошадей, собак и лисиц) блок осуществляется на стадии диакинеза. Этот блок снимается только после того, как в яйцеклетку проникает ядро сперматозоида. В то время как в яйцеклетке завершается мейоз, ядро проникшего в нее сперматозоида приобретает другой вид – сначала интерфазного, а затем и профазного ядра. Ядро сперматозоида превращается в мужской пронуклеус: в нем удваивается количество ДНК, набор хромосом в нем соответствует $2n$ (содержит гаплоидный набор редуплицированных хромосом).

После завершения мейоза ядро превращается в женский про-нуклеус и также содержит количество наследственного материала, соответствующее $2n$.

Оба пронуклеуса прodelывают сложные перемещения внутри будущей зиготы, сближаются и сливаются, образуя синкарион (содержит диплоидный набор хромосом) с общей метафазной пластинкой. Затем формируется общая мембрана, возникает зигота. Первое митотическое деление зиготы приводит к образованию двух первых клеток зародыша (бластомеров), каждая из которых несет диплоидный набор хромосом $2n$.

ЛЕКЦИЯ 10.2. Половое размножение. Его формы и биологическая роль

1. Эволюционный смысл полового размножения

Половое размножение встречается в основном у высших организмов. Это более поздний вид размножения (существует около 3 млрд лет). Оно обеспечивает значительное генетическое разнообразие и, следовательно, большую фенотипическую изменчивость потомства; организмы получают большие эволюционные возможности, возникает материал для естественного отбора.

Помимо полового размножения, существует половой процесс. Суть его в том, что обмен генетической информацией между особями происходит, но без увеличения числа особей. Формированию гамет у многоклеточных предшествует мейоз. Половой процесс

состоит в объединении наследственного материала от двух разных источников (родителей).

При половом размножении потомство генетически отличается от своих родителей, так как между родителями происходит обмен генетической информацией.

Основой полового размножения является мейоз. Родителями являются две особи – мужская и женская, они вырабатывают разные половые клетки. В этом проявляется половой диморфизм, который отражает различие задач, выполняемых при половом размножении мужским и женским организмами.

Половое размножение осуществляется через гаметы – половые клетки, имеющие гаплоидный набор хромосом и вырабатываемые в родительских организмах. Слияние родительских клеток приводит к образованию зиготы, из которой в дальнейшем образуется организм-потомок. Половые клетки образуются в гонадах – половых железах (в яичниках у самок и семенниках у самцов).

Процесс образования половых клеток называется гаметогенезом (овогенезом у самок и сперматогенезом у самцов).

Если мужские и женские гаметы образуются в организме одной особи, то ее называют гермафродитной. Гермафродитизм бывает истинный (особь имеет гонады обоих полов) и ложный гермафродитизм (особь имеет половые железы одного типа – мужского или женского, а наружные половые органы и вторичные половые признаки обоих полов).

2. Виды полового размножения

У одноклеточных организмов выделяют две формы полового размножения – копуляцию и конъюгацию.

При конъюгации (например, у инфузорий) специальные половые клетки (половые особи) не образуются. У этих организмов имеются два ядра – макро– и микронуклеус. Обычно инфузории размножаются делением надвое. При этом микронуклеус сначала делится митотически. Из него формируются стационарное и мигрирующее ядра, имеющие гаплоидный набор хромосом. Затем две клетки сближаются, между ними образуется протоплазматический мостик. По нему происходит перемещение в цитоплазму партнера мигрирующего ядра, которое затем сливается со стационарным. Формируются обычные микро– и макронуклеусы, клетки расходятся. Так как при этом процессе не происходит увеличения количества особей, то говорят о половом процессе, а не о половом размножении. Однако происходит обмен (рекомбинация) наследственной информацией, поэтому потомки генетически отличаются от своих родителей.

При копуляции (у простейших) происходят образование половых элементов и их попарное слияние. При этом две особи приобретают половые различия и полностью сливаются, образуя зиготу. Происходят объединение и рекомбинация наследственного

материала, поэтому особи генетически отличны от родительских.

3. Различия между гаметами

В процессе эволюции степень различия гамет нарастает. Сначала имеет место простая изогамия, когда половые клетки еще не имеют дифференцировки. При дальнейшем усложнении процесса возникает анизогамия: мужские и женские гаметы различаются, однако не качественно, а количественно (у хламидомонад). Наконец, у водоросли вольвокса большая гамета становится неподвижной и самой крупной из всех гамет. Такая форма анизогамии, когда гаметы резко различны, называется оогамией. У многоклеточных животных (в том числе у человека) имеет место исключительно оогамия. Среди растений изогамия и анизогамия встречаются только у водорослей.

4. Нетипичное половое размножение

Речь пойдет о партеногенезе, гиногенезе, андрогенезе, полиэмбрионии, двойном оплодотворении у покрытосеменных растений.

Партеногенез (девственное размножение)

Дочерние организмы развиваются из неоплодотворенных яйцеклеток. Открыт в середине XVIII в. швейцарским натуралистом Ш. Бонне.

Значение партеногенеза:

- 1) размножение возможно при редких контактах разнополых особей;
- 2) резко возрастает численность популяции, так как потомство, как правило, многочисленно;
- 3) встречается в популяциях с высокой смертностью в течение одного сезона.

Виды партеногенеза:

1) облигатный (обязательный) партеногенез. Встречается в популяциях, состоящих исключительно из особей женского пола (у кавказской скалистой ящерицы). При этом вероятность встречи разнополых особей минимальна (скалы разделены глубокими ущельями). Без партеногенеза вся популяция оказалась бы на грани вымирания;

2) циклический (сезонный) партеногенез (у тлей, дафний, коловраток). Встречается в популяциях, которые исторически вымирали в больших количествах в определенное время года. У этих видов партеногенез сочетается с половым размножением. При этом в летнее время существуют только самки, которые откладывают два вида яиц – крупные и мелкие. Из крупных яиц партеногенетически появляются самки, а из мелких – самцы, которые оплодотворяют яйца, лежащие зимой на дне. Из них появляются исключительно самки;

3) факультативный (необязательный) партеногенез. Встречается у общественных насекомых (ос, пчел, муравьев). В популяции пчел из оплодотворенных яиц выходят самки

(рабочие пчелы и царицы), из неоплодотворенных – самцы (трутни).

У этих видов партеногенез существует для регулирования численного соотношения полов в популяции.

Выделяют также естественный (существует в естественных популяциях) и искусственный (используется человеком) партеногенез. Этот вид партеногенеза исследовал В. Н. Тихомиров. Он добился развития неоплодотворенных яиц тутового шелкопряда, раздражая их тонкой кисточкой или погружая на несколько секунд в серную кислоту (известно, что шелковую нить дают только самки).

Гиногенез (у костистых рыб и некоторых земноводных). Сперматозоид проникает в яйцеклетку и лишь стимулирует ее развитие. Ядро сперматозоида при этом с ядром яйцеклетки не сливается и погибает, а источником наследственного материала для развития потомка служит ДНК ядра яйцеклетки.

Андрогенез. В развитии зародыша участвует мужское ядро, привнесенное в яйцеклетку, а ядро яйцеклетки при этом гибнет. Яйцеклетка дает лишь питательные вещества своей цитоплазмы.

Полиэмбриония. Зигота (эмбрион) делится на несколько частей бесполом способом, каждая из которых развивается в самостоятельный организм. Встречается у насекомых (наездников), броненосцев. У броненосцев клеточный материал первоначально одного зародыша на стадии бластулы равномерно разделяется между 4–8 зародышами, каждый из которых в дальнейшем дает полноценную особь.

К этой категории явлений можно отнести появление однояйцовых близнецов у человека.

ЛЕКЦИЯ 10.3. Гаметогенез

1. Понятия гаметогенеза

Гаметогенез – это процесс образования половых клеток. Протекает он в половых железах – гонадах (в яичниках у самок и в семенниках у самцов). Гаметогенез в организме женской особи сводится к образованию женских половых клеток (яйцеклеток) и носит название овогенеза. У особей мужского пола возникают мужские половые клетки (сперматозоиды), процесс образования которых называется сперматогенезом.

Гаметогенез – это последовательный процесс, который складывается из нескольких стадий – размножения, роста, созревания клеток. В процесс сперматогенеза включается также стадия формирования, которой нет при овогенезе.

2. Стадии гаметогенеза

1. Стадия размножения. Клетки, из которых в последующем образуются мужские и женские гаметы, называются сперматогониями и овогониями соответственно. Они несут диплоидный набор хромосом $2n2c$. На этой стадии первичные половые клетки многократно делятся митозом, в результате чего их количество существенно возрастает. Сперматогонии размножаются в течение всего репродуктивного периода в мужском организме. Размножение овогоний происходит главным образом в эмбриональном периоде. У человека в яичниках женского организма процесс размножения овогоний наиболее интенсивно протекает между 2 и 5 месяцами внутриутробного развития.

К концу 7 месяца большая часть овоцитов переходит в профазу I мейоза.

Если в одинарном гаплоидном наборе количество хромосом обозначить как n , а количество ДНК – как c , то генетическая формула клеток в стадии размножения соответствует $2n2c$ до синтетического периода митоза (когда происходит репликация ДНК) и $2n4c$ после него.

2. Стадия роста. Клетки увеличиваются в размерах и превращаются в сперматоциты и овоциты I порядка (последние достигают особенно больших размеров в связи с накоплением питательных веществ в виде желтка и белковых гранул). Эта стадия соответствует интерфазе I мейоза. Важное событие этого периода – репликация молекул ДНК при неизменном количестве хромосом. Они приобретают двунитчатую структуру: генетическая формула клеток в этот период выглядит как $2n4c$.

3. Стадия созревания. Происходят два последовательных деления – редукционное (мейоз I) и эквационное (мейоз II), которые вместе составляют мейоз. После первого деления (мейоза I) образуются сперматоциты и овоциты II порядка (с генетической формулой $n2c$), после второго деления (мейоза II) – сперматиды и зрелые яйцеклетки (с формулой nc) с тремя редукционными тельцами, которые погибают и в процессе размножения не участвуют. Так сохраняется максимальное количество желтка в яйцеклетках. Таким образом, в результате стадии созревания один сперматоцит I порядка (с формулой $2n4c$) дает четыре сперматиды (с формулой nc), а один овоцит I порядка (с формулой $2n4c$) образует одну зрелую яйцеклетку (с формулой nc) и три редукционных тельца.

4. Стадия формирования, или спермиогенеза (только при сперматогенезе). В результате этого процесса каждая незрелая сперматида превращается в зрелый сперматозоид (с формулой nc), приобретая все структуры, ему свойственные. Ядро сперматиды уплотняется, происходит сверхспирализация хромосом, которые становятся функционально инертными. Комплекс Гольджи перемещается к одному из полюсов ядра, формируя акросому. К другому полюсу ядра устремляются центриоли, причем одна из них принимает участие в

формировании жгутика. Вокруг жгутика спирально закручивается одна митохондрия. Почти вся цитоплазма сперматиды отторгается, поэтому головка сперматозоида ее почти не содержит.

ЛЕКЦИЯ 10.4. Онтогенез

1. Понятие об онтогенезе

Онтогенез – это процесс индивидуального развития особи от момента образования зиготы при половом размножении (или появления дочерней особи – при бесполом) до конца жизни.

В основу периодизации онтогенеза положена возможность осуществления особью полового размножения. По этому принципу онтогенез делят на три периода: дорепродуктивный, репродуктивный и пострепродуктивный.

Дорепродуктивный период характеризуется неспособностью особи к половому размножению, в связи с ее незрелостью. В этот период происходят основные анатомические и физиологические преобразования, формируя зрелый в половом отношении организм. В дорепродуктивный период особь наиболее уязвима для неблагоприятных влияний физических, химических и биологических факторов окружающей среды.

Этот период, в свою очередь, делится на 4 периода: эмбриональный, личиночный, период метаморфоза и ювенильный.

Эмбриональный (зародышевый) период длится от момента оплодотворения яйцеклетки до выхода зародыша из яйцевых оболочек.

Личиночный период встречается у некоторых представителей низших позвоночных животных, зародыши которых, выйдя из яйцевых оболочек, некоторое время существуют, не имея всех черт зрелой особи. Для личинки характерны эмбриональные черты особи, наличие временных вспомогательных органов, способность к активному питанию и размножению. Благодаря этому личинка завершает свое развитие в наиболее благоприятных для этого условиях.

Метаморфоз как период онтогенеза характеризуется структурными преобразованиями особи. При этом вспомогательные органы разрушаются, а постоянные органы совершенствуются или новообразуются.

Ювенильный период длится от момента окончания метаморфоза до вступления в репродуктивный период. В этот период особь интенсивно растет, происходит окончательное формирование структуры и функции органов и систем.

В репродуктивном периоде особь реализует свою возможность к размножению. В этот период развития она окончательно сформирована и устойчива к действию неблагоприятных внешних факторов.

Пострепродуктивный период связан с прогрессирующим старением организма. Для него характерно снижение, а затем полное исчезновение функции размножения, обратные структурные и функциональные изменения органов и систем организма. Снижается устойчивость к различным неблагоприятным воздействиям.

Постэмбриональное развитие может быть прямым и косвенным. При прямом (без личинки) развитии из яйцевых оболочек или из тела матери выходит организм, сходный со взрослым. Постэмбриональное развитие этих животных сводится в основном к росту и половому созреванию. Прямое развитие встречается у животных, размножающихся откладыванием яиц, когда яйца богаты желтком (беспозвоночные, рыбы, пресмыкающиеся, птицы, некоторые млекопитающие), и у живородящих форм. В последнем случае яйцеклетки почти лишены желтка. Зародыш развивается внутри материнского организма, и его жизнедеятельность обеспечивается посредством плаценты (плацентарные млекопитающие и человек).

Косвенное развитие – личиночное, с метаморфозом. Метаморфоз может быть неполный, когда личинка напоминает взрослый организм и с каждой новой линькой становится все более похожей на него, и полный, когда личинка отличается от взрослого организма по многим важнейшим признакам внешнего и внутреннего строения, а в жизненном цикле присутствует стадия куколки.

2. Эмбриональное развитие

Период эмбрионального развития наиболее сложен у высших животных и состоит из нескольких этапов.

Первый этап эмбрионального развития – дробление. При этом из зиготы путем митотического деления образуются сначала 2 клетки, затем 4, 8 и т. д. Образующиеся клетки называются бластомерами, а зародыш на этой стадии развития – бластулой. При этом общая масса и объем почти не увеличиваются, а новые клетки приобретают все меньшие размеры. Митотические деления происходят быстро одно за другим, характеризуясь укорочением, а иногда и выпадением некоторых стадий митоза. Так, для этого процесса характерна значительно более быстрая репликация ДНК. Стадия G1 (подготовки к синтезу ДНК и рост клеток) выпадает. Стадия G2 значительно укорочена. Такая быстрая последовательность митотических делений обеспечивается энергией и питательными веществами цитоплазмы яйцеклетки.

Иногда образовавшаяся бластула представляет собой полостное образование, в котором бластомеры располагаются в один слой, ограничивая полость – бластоцель. В случаях, когда бластула имеет вид плотного шара без полости в центре, ее называют морулой (morula – тутовая ягода).

Следующий этап эмбрионального развития – гаструляция. В это время бластомеры, продолжая быстро делиться, приобретают двигательную активность и перемещаются относительно друг друга, формируя слои клеток – зародышевые листки. Гаструляция может происходить либо путем инвагинации (впячивания) одной из стенок бластулы в полость бластоцеля, иммиграцией отдельных клеток, эпиполией (обрастанием), либо деламинацией (расщеплением на две пластинки). В итоге формируется наружный зародышевый листок – эктодерма, и внутренний – энтодерма. У большинства многоклеточных животных (кроме губок и кишечнополостных) между ними образуется третий, средний зародышевый листок – мезодерма, сформированный из клеток, лежащих на границе между наружным и внутренним листками. Затем наступает этап гисто- и органогенеза. При этом вначале образуется зачаток нервной системы – нейрула. Это происходит путем обособления группы клеток эктодермы на спинной стороне зародыша в виде пластинки, которая сворачивается в желобок, а затем в длинную трубку и уходит вглубь, под слой клеток эктодермы. После этого на передней части трубки формируется зачаток головного мозга и органов чувств, а из основной части трубки – зачаток спинного мозга и периферической нервной системы. Кроме того, из эктодермы развивается кожа и ее производные. Энтодерма дает начало органам дыхательной и пищеварительной систем. Из мезодермы формируются мышечная, хрящевая и костная ткань, органы кровеносной и выделительной систем.

ЛЕКЦИЯ № 11. Основные понятия генетики.

Законы наследования

1. Законы Г. Менделя

Наследование – это процесс передачи генетической информации в ряду поколений.

Наследуемые признаки могут быть качественными (моногенными) и количественными (полигенными). Качественные признаки представлены в популяции, как правило, небольшим числом взаимоисключающих вариантов. Например, желтый или зеленый цвет семян гороха, серый или черный цвет тела у мух дрозофил, светлый или темный цвет глаз у человека, нормальная свертываемость крови или гемофилия. Качественные признаки наследуются по законам Менделя (менделирующие признаки).

Количественные признаки представлены в популяции множеством альтернативных вариантов. К количественным относятся такие признаки, как рост, пигментация кожи, умственные способности у человека, яйценоскость у кур, содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы и т. д. Наследование полигенных признаков в целом не подчиняется законам Менделя.

В зависимости от локализации гена в хромосоме и взаимодействия аллельных генов различают несколько вариантов моногенного наследования признаков.

1. Аутосомный тип наследования. Различают доминантный, рецессивный и кодоминантный аутосомный тип наследования.

2. Сцепленный с половыми хромосомами (с полом) тип наследования. Различают X-сцепленное (доминантное либо рецессивное) наследование и Y-сцепленное наследование.

Мендель изучал наследование цвета семян гороха, скрещивая растения с желтыми и зелеными семенами, и сформулировал на основе своих наблюдений закономерности, названные впоследствии в его честь.

Первый закон Менделя

Закон единообразия гибридов первого поколения, или закон доминирования. Согласно этому закону, при моногибридном скрещивании гомозиготных по альтернативным признакам особей потомство первого гибридного поколения единообразно по генотипу и фенотипу.

Второй закон Менделя

Закон расщепления. Он гласит: после скрещивания потомков F₁ двух гомозиготных родителей в поколении F₂ наблюдалось расщепление потомства по фенотипу в отношении 3:1 в случае полного доминирования и 1:2:1 при неполном доминировании.

Применяемые Менделем приемы легли в основу нового метода изучения наследования – гибридологического.

Гибридологический анализ – это постановка системы скрещиваний, позволяющих выявить закономерности наследования признаков.

Условия проведения гибридологического анализа:

- 1) родительские особи должны быть одного вида и размножаться половым способом (иначе скрещивание просто невозможно);
- 2) родительские особи должны быть гомозиготными по изучаемым признакам;
- 3) родительские особи должны различаться по изучаемым признакам;
- 4) родительские особи скрещивают между собой один раз для получения гибридов первого поколения F₁, которые затем скрещивают между собой для получения гибридов второго поколения F₂;
- 5) необходимо проведение строгого учета числа особей первого и второго поколения, имеющих изучаемый признак.

2. Ди- и полигибридное скрещивание. Независимое наследование

Дигибридное скрещивание – это скрещивание родительских особей, различающихся по двум парам альтернативных признаков и, соответственно, по двум парам аллельных генов.

Полигибридное скрещивание – это скрещивание особей, различающихся по нескольким парам альтернативных признаков и, соответственно, по нескольким парам аллельных генов.

Георг Мендель скрещивал растения гороха, отличающиеся по окраске семян (желтые и зеленые) и по характеру поверхности семян (гладкие и морщинистые). Скрещивая чистые линии гороха с желтыми гладкими семенами с чистыми линиями, имеющими зеленые морщинистые семена, он получил гибриды первого поколения с желтыми гладкими семенами (доминантные признаки). Затем Мендель скрестил гибриды первого поколения между собой и получил четыре фенотипических класса в соотношении 9: 3: 3: 1, т. е. в результате во втором поколении появилось два новых сочетания признаков: желтые морщинистые и зеленые гладкие. Для каждой пары признаков отмечалось отношение 3: 1, характерное для моногибридного скрещивания: во втором поколении получилось 3/4 гладких и 1/4 морщинистых семян и 3/4 желтых и 1/4 зеленых семян. Следовательно, две пары признаков объединяются у гибридов первого поколения, а затем разделяются и становятся независимыми друг от друга.

На основе этих наблюдений был сформулирован третий закон Менделя.

Третий закон Менделя

Закон о независимом наследовании: расщепление по каждой паре признаков идет независимо от других пар признаков. В чистом виде этот закон справедлив только для генов, локализованных в разных хромосомах, и частично соблюдается для генов, расположенных в

одной хромосоме, но на значительном расстоянии друг от друга.

Опыты Менделя легли в основу новой науки – генетики. Генетика – это наука, изучающая наследственность и изменчивость.

Успеху исследований Менделя способствовали следующие условия:

1. Удачный выбор объекта исследования – гороха. Когда Менделю предложили повторить свои наблюдения на ястре-бинке, этом вездесущем сорняке, он не смог этого сделать.

2. Проведение анализа наследования отдельных пар признаков в потомстве скрещиваемых растений, отличающихся по одной, двум или трем парам альтернативных признаков. Велся учет отдельно по каждой паре этих признаков после каждого скрещивания.

3. Мендель не только зафиксировал полученные результаты, но и провел их математический анализ.

Мендель сформулировал также закон чистоты гамет, согласно которому гамета чиста от второго аллельного гена (альтернативного признака), т. е. ген дискретен и не смешивается с другими генами.

При моногибридном скрещивании в случае полного доминирования у гетерозиготных гибридов первого поколения проявляется только доминантный аллель, однако рецессивный аллель не теряется и не смешивается с доминантным. Среди гибридов второго поколения и рецессивный, и доминантный аллель может проявиться в своем – чистом – виде, т. е. в гомозиготном состоянии. В итоге гаметы, образуемые такой гетерозиготой, являются чистыми, т. е. гамета А не содержит ничего от аллели а, гамета а – чиста от А.

На клеточном уровне основой дискретности аллелей является их локализация в разных хромосомах каждой гомологичной пары, а дискретности генов – их расположение в разных локусах хромосом.

3. Взаимодействия аллельных генов

При взаимодействии аллельных генов возможны разные варианты проявления признака. Если аллели находятся в гомозиготном состоянии, то развивается соответствующий аллелю вариант признака. В случае гетерозиготности развитие признака будет зависеть от конкретного вида взаимодействия аллельных генов.

Полное доминирование

Это такой вид взаимодействия аллельных генов, при котором проявление одного из аллелей (А) не зависит от наличия в генотипе особи другого аллеля (А1) и гетерозиготы АА1 фенотипически не отличаются от гомозигот по данному аллелю (АА).

В гетерозиготном генотипе АА1 аллель А является доминантным. Присутствие аллеля А1 никак фенотипически не проявляется, поэтому он выступает как рецессивный.

Неполное доминирование

Отмечается в случаях, когда фенотип гетерозигот СС1 отличается от фенотипа гомозигот СС и С1С1 промежуточной степенью проявления признака, т. е. аллель, отвечающий за формирование нормального признака, находясь в двойной дозе у гомозиготы СС, проявляется сильнее, чем в одинарной дозе у гетерозиготы СС1. Возможные при этом генотипы различаются экспрессивностью, т. е. степенью выраженности признака.

Кодоминирование

Это такой тип взаимодействия аллельных генов, при котором каждый из аллелей проявляет свое действие. В результате формируется промежуточный вариант признака, новый по сравнению с вариантами, формируемыми каждым аллелем по отдельности.

Межаллельная комплементация

Это редкий вид взаимодействия аллельных генов, при котором у организма, гетерозиготного по двум мутантным аллелям гена М (М1М11), возможно формирование нормального признака М. Например, ген М отвечает за синтез белка, имеющего четвертичную структуру и состоящего из нескольких одинаковых полипептидных цепей. Мутантный аллель М1 вызывает синтез измененного пептида М1, а мутантный аллель М11 определяет синтез другой, но тоже ненормальной полипептидной цепи. Взаимодействие таких измененных пептидов и компенсация измененных участков при формировании четвертичной структуры в редких случаях может привести к появлению белка с нормальными свойствами.

4. Наследование групп крови системы АВО

Наследование групп крови системы АВО у человека имеет некоторые особенности. Формирование I, II и III групп крови происходит по такому типу взаимодействия аллельных генов, как доминирование. Генотипы, содержащие аллель IА в гомозиготном состоянии, либо в сочетании с аллелем IО, определяют формирование у человека второй (А) группы крови. Тот же принцип лежит в основе формирования третьей (В) группы крови, т. е. аллели IА и IВ выступают как доминантные по отношению к аллелю IО, в гомозиготном состоянии формирующему IОIО первую (О) группу крови. Формирование четвертой (АВ) группы крови идет по пути кодоминирования. Аллели IА и IВ, по отдельности формирующие соответственно вторую и третью группу крови, в гетерозиготном состоянии определяют IАIВ (четвертую) группу крови.

5. Наследственность. Неаллельные гены

Неаллельные гены – это гены, расположенные в различных участках хромосом и кодирующие неодинаковые белки.

Неаллельные гены также могут взаимодействовать между собой. При этом либо один ген обуславливает развитие нескольких признаков, либо, наоборот, один признак проявляется под действием совокупности нескольких генов. Выделяют три формы взаимодействия неаллельных генов:

- 1) комплементарность;
- 2) эпистаз;
- 3) полимерия.

Комплементарное (дополнительное) действие генов – это вид взаимодействия неаллельных генов, доминантные аллели которых при совместном сочетании в генотипе обуславливают новое фенотипическое проявление признаков. При этом расщепление гибридов F₂ по фенотипу может происходить в соотношениях 9: 6: 1, 9: 3: 4, 9: 7, иногда 9: 3: 3: 1.

Примером комплементарности является наследование формы плода тыквы. Наличие в генотипе доминантных генов А или В обуславливает сферическую форму плодов, а рецессивных – удлинённую. При наличии в генотипе одновременно доминантных генов А и В форма плода будет дисковидной. При скрещивании чистых линий с сортами, имеющими сферическую форму плодов, в первом гибридном поколении F₁ все плоды будут иметь дисковидную форму, а в поколении F₂ произойдет расщепление по фенотипу: из каждых 16 растений 9 будут иметь дисковидные плоды, 6 – сферические и 1 – удлинённые.

Эпистаз – взаимодействие неаллельных генов, при котором один из них подавляется другим. Подавляющий ген называется эпистатическим, подавляемый – гипостатическим.

Если эпистатический ген не имеет собственного фенотипического проявления, то он называется ингибитором и обозначается буквой I.

Эпистатическое взаимодействие неаллельных генов может быть доминантным и рецессивным. При доминантном эпистазе проявление гипостатического гена (В, b) подавляется доминантным эпистатическим геном (I > В, b). Расщепление по фенотипу при доминантном эпистазе может происходить в соотношении 12: 3: 1, 13: 3, 7: 6: 3.

Рецессивный эпистаз – это подавление рецессивным аллелем эпистатического гена аллелей гипостатического гена (i > В, b). Расщепление по фенотипу может идти в соотношении 9: 3: 4, 9: 7, 13: 3.

Полимерия – взаимодействие неаллельных множественных генов, однозначно влияющих на развитие одного и того же признака; степень проявления признака зависит от количества генов. Полимерные гены обозначаются одинаковыми буквами, а аллели одного локуса имеют одинаковый нижний индекс.

Полимерное взаимодействие неаллельных генов может быть кумулятивным и некумулятивным. При кумулятивной (накопительной) полимерии степень проявления

признака зависит от суммирующего действия генов. Чем больше доминантных аллелей генов, тем сильнее выражен тот или иной признак. Расщепление F₂ по фенотипу происходит в соотношении 1: 4: 6: 4: 1.

При некумулятивной полимерии признак проявляется при наличии хотя бы одного из доминантных аллелей полимерных генов. Количество доминантных аллелей не влияет на степень выраженности признака. Расщепление по фенотипу происходит в соотношении 15: 1.

6. Генетика пола

Наследование признаков, сцепленных с полом

Пол организма – это совокупность признаков и анатомических структур, обеспечивающих половой путь размножения и передачу наследственной информации.

В определении пола будущей особи ведущую роль играет хромосомный аппарат зиготы бикариотип. Различают хромосомы, одинаковые для обоих полов – аутосомы, и половые хромосомы.

В кариотипе человека содержится 44 аутосомы и 2 половых хромосомы – X и Y. За развитие женского пола у человека отвечают две X-хромосомы, т. е. женский пол гомогаметен. Развитие мужского пола определяется наличием X– и Y-хромосом, т. е. мужской пол гетерогаметен.

Признаки, сцепленные с полом

Это признаки, которые кодируются генами, находящимися на половых хромосомах. У человека признаки, кодируемые генами X-хромосомы, могут проявляться у представителей обоих полов, а кодируемые генами Y-хромосомы – только у мужчин.

Следует иметь в виду, что в мужском генотипе только одна X-хромосома, которая почти не содержит участков, гомологичных с Y-хромосомой, поэтому все локализованные в X-хромосоме гены, в том числе и рецессивные, проявляются в фенотипе в первом же поколении.

В половых хромосомах содержатся гены, регулирующие проявление не только половых признаков. X-хромосома имеет гены, отвечающие за свертываемость крови, цветовое восприятие, синтез ряда ферментов. В Y-хромосоме содержится ряд генов, контролирующих признаки, наследуемые по мужской линии (голандрические признаки): волосистость ушной раковины, наличие кожной перепонки между пальцами и др. Известно очень мало генов, общих для X– и Y-хромосом.

Различают X-сцепленное и Y-сцепленное (голандрическое) наследование.

X-сцепленное наследование

Так как X-хромосома присутствует в кариотипе каждого человека, то и признаки, наследуемые сцеплено с X-хромосомой, проявляются у представителей обоих полов.

Женщины получают эти гены от обоих родителей и через свои гаметы передают их потомкам. Мужчины получают X-хромосому от матери и передают ее своему потомству женского пола.

Различают X-сцепленное доминантное и X-сцепленное рецессивное наследование. У человека X-сцепленный доминантный признак передается матерью всему потомству. Мужчина передает свой X-сцепленный доминантный признак лишь своим дочерям. X-сцепленный рецессивный признак у женщин проявляется лишь при получении ими соответствующего аллеля от обоих родителей. У мужчин он развивается при получении рецессивного аллеля от матери. Женщины передают рецессивный аллель потомкам обоих полов, а мужчины – только дочерям.

При X-сцепленном наследовании возможен промежуточный характер проявления признака у гетерозигот.

Y-сцепленные гены присутствуют в генотипе только мужчин и передаются из поколения в поколение от отца к сыну.

7. Наследственность и изменчивость

Виды изменчивости

Изменчивость – это свойство живых организмов существовать в различных формах (вариантах). Виды изменчивости

Различают наследственную и ненаследственную изменчивость.

Наследственная (генотипическая) изменчивость связана с изменением самого генетического материала. Ненаследственная (фенотипическая, модификационная) изменчивость – это способность организмов изменять свой фенотип под влиянием различных факторов. Причиной модификационной изменчивости являются изменения внешней среды обитания организма или его внутренней среды.

Норма реакции

Это границы фенотипической изменчивости признака, возникающей под действием факторов внешней среды. Норма реакции определяется генами организма, поэтому норма реакции по одному и тому же признаку у разных индивидов различна. Размах нормы реакции различных признаков также варьирует. Те организмы, у которых норма реакции шире по данному признаку, обладают более высокими адаптивными возможностями в определенных условиях среды, т. е. модификационная изменчивость в большинстве случаев носит адаптивный характер, и большинство изменений, возникших в организме при воздействии определенных факторов внешней среды, являются полезными. Однако фенотипические изменения иногда утрачивают приспособительный характер. Если фенотипическая изменчивость клинически сходна с наследственным заболеванием, то такие изменения

называются фенокопией.

Комбинативная изменчивость

Связана с новым сочетанием неизменных генов родителей в генотипах потомства.

Факторы комбинативной изменчивости.

1. Независимое и случайное расхождение гомологичных хромосом в анафазе I мейоза.
2. Кроссинговер.
3. Случайное сочетание гамет при оплодотворении.
4. Случайный подбор родительских организмов. Мутации

Это редкие, случайно возникшие стойкие изменения генотипа, затрагивающие весь геном, целые хромосомы, части хромосом или отдельные гены. Они возникают под действием мутагенных факторов физического, химического или биологического происхождения.

Мутации бывают:

- 1) спонтанные и индуцированные;
- 2) вредные, полезные и нейтральные;
- 3) соматические и генеративные;
- 4) генные, хромосомные и геномные.

Спонтанные мутации – это мутации, возникшие ненаправленно, под действием неизвестного мутагена.

Индукцированные мутации – это мутации, вызванные искусственно действием известного мутагена.

Хромосомные мутации – это изменения структуры хромосом в процессе клеточного деления. Различают следующие виды хромосомных мутаций.

1. Дупликация – удвоение участка хромосомы за счет неравного кроссинговера.
2. Делеция – потеря участка хромосомы.
3. Инверсия – поворот участка хромосомы на 180°.
4. Транслокация – перемещение участка хромосомы на другую хромосому.

Геномные мутации – это изменение числа хромосом. Виды геномных мутаций.

1. Полиплоидия – изменение числа гаплоидных наборов хромосом в кариотипе. Под кариотипом понимают число, форму и количество хромосом, характерные для данного вида. Различают нуллисомию (отсутствие двух гомологичных хромосом), моносомию (отсутствие одной из гомологичных хромосом) и поли-сомию (наличие двух и более лишних хромосом).

8. Гетероплоидия – изменение числа отдельных хромосом в кариотипе

Генные мутации встречаются наиболее часто. Причины генных мутаций:

- 1) выпадение нуклеотида;

2) вставка лишнего нуклеотида (эта и предыдущая причины приводят к сдвигу рамки считывания);

3) замена одного нуклеотида на другой.

2. Сцепление генов и кроссинговер

Гены, локализованные в одной хромосоме, образуют группу сцепления и наследуются, как правило, вместе.

Число групп сцепления у диплоидных организмов равно гаплоидному набору хромосом. У женщин – 23 группы сцепления, у мужчин – 24.

Сцепление генов, расположенных в одной хромосоме, может быть полным и неполным. Полное сцепление генов, т. е. совместное наследование, возможно при отсутствии процесса кроссинговера. Это характерно для генов половых хромосом, гетеро-гаметных по половым хромосомам организмов (ХУ, ХО), а также для генов, расположенных рядом с центромерой хромосомы, где кроссинговер практически никогда не происходит.

В большинстве случаев гены, локализованные в одной хромосоме, сцеплены не полностью, и в профазе I мейоза происходит обмен идентичными участками между гомологичными хромосомами. В результате кроссинговера аллельные гены, бывшие в составе групп сцепления у родительских особей, разделяются и формируют новые сочетания, попадающие в гаметы. Происходит рекомбинация генов.

Гаметы и зиготы, содержащие рекомбинации сцепленных генов, называют кроссоверными. Зная число кроссоверных гамет и общее количество гамет данной особи, можно вычислить частоту кроссинговера в процентах по формуле: отношение числа кроссоверных гамет (особей) к общему числу гамет (особей) умножить на 100 %.

По проценту кроссинговера между двумя генами можно определить расстояние между ними. За единицу расстояния между генами – морганиду – условно принят 1 % кроссинговера.

Частота кроссинговера говорит и о силе сцепления между генами. Сила сцепления между двумя генами равна разности между 100 % и процентом кроссинговера между этими генами.

Генетическая карта хромосомы – это схема взаимного расположения генов, находящихся в одной группе сцепления. Определение групп сцепления и расстояний между генами не является конечным этапом построения генетической карты хромосомы, поскольку необходимо установить также соответствие изучаемой группы сцепления определенной хромосоме. Определение группы сцепления осуществляется гибридологическим методом, т. е. путем изучения результатов скрещивания, а исследование хромосом – цитологическим методом с проведением микроскопического исследования препаратов. Для определения

соответствия данной группы сцепления конкретной хромосоме применяют хромосомы с измененной структурой. Выполняют стандартный анализ дигибридного скрещивания, в котором один исследуемый признак кодируется геном, локализованным на хромосоме с измененной структурой, а второй – геном, локализованным на любой другой хромосоме. В случае если наблюдается сцепленное наследование этих двух признаков, можно говорить о связи данной хромосомы с определенной группой сцепления.

Анализ генетических и цитологических карт позволил сформулировать основные положения хромосомной теории наследственности.

1. Каждый ген имеет определенное постоянное место (локус) в хромосоме.
2. Гены в хромосомах располагаются в определенной линейной последовательности.
3. Частота кроссинговера между генами прямо пропорциональна расстоянию между ними и обратно пропорциональна силе сцепления.

9. Методы изучения наследственности человека Генеалогический метод

Генеалогический метод, или метод анализа родословных, включает следующие этапы:

1. Сбор сведений у пробанда о наличии или отсутствии анализируемого признака (чаще заболевания) у его родственников и составление легенды о каждом из них (словесного описания). Для более точного результата необходимо собрать сведения о родственниках в трех-четыре поколениях.

2. Графическое изображение родословной с использованием условных обозначений. Каждый родственник пробанда получает свой шифр.

3. Анализ родословной, решающий следующие задачи:

- 1) определение группы заболеваний, к которой относится исследуемая болезнь (наследственной, мультифакториальной или группы фенкопий);
- 2) определение типа и варианта наследования;
- 3) определение вероятности проявления заболевания у пробанда и других родственников.

Цитогенетические методы

Цитологические методы связаны с проведением окрашивания цитологического материала и последующей микроскопией. Они позволяют определить нарушения структуры и числа хромосом. В эту группу методов входят:

- 1) метод определения X-хроматина интерфазных хромосом путем окрашивания нефлюоресцентными или флюоресцентными красителями;
- 2) метод определения Y-хроматина интерфазных хромосом окрашиванием флюоресцентными красителями;
- 3) рутинный метод окрашивания метафазных хромосом для определения количества

и групповой принадлежности хромосом, идентификации 1, 2, 3, 9, 16 хромосом и Y-хромосомы;

4) метод дифференциального окрашивания метафазных хромосом для идентификации всех хромосом по особенностям поперечной исчерченности. В этом методе чаще всего для микроскопии используются лимфоциты, фибробласты, клетки костного мозга, половые клетки, клетки волосистой луковицы. Биохимические методы

В эту группу входят методы, применяемые в основном при дифференциальной диагностике наследственных нарушений обмена веществ при известном дефекте первичного биохимического продукта данного гена.

Все биохимические методы делят на качественные, количественные и полуколичественные. Для исследования берутся кровь, моча или амниотическая жидкость.

Качественные методы более простые, недорогие и менее трудоемкие, поэтому применяются для массового скрининга (например, исследование новорожденных в роддоме на фенилкетонурию).

Количественные методы более точные, но и более трудоемкие и дорогостоящие. Поэтому их применяют лишь по специальным показаниям и в случаях, когда скрининг, проведенный качественными методами, дал положительный результат.

Показания для применения биохимических методов:

- 1) умственная отсталость неясной этиологии;
- 2) снижение зрения и слуха;
- 3) непереносимость некоторых пищевых продуктов;
- 4) судорожный синдром, повышенный или пониженный тонус мышц.

ДНК-диагностика

Это наиболее точный метод диагностики моногенных наследственных заболеваний.

Преимущества метода:

- 1) позволяет определить причину заболевания на генетическом уровне;
- 2) выявляет минимальные нарушения структуры ДНК;
- 3) малоинвазивен;
- 4) не требует повторения.

В основе метода лежит увеличение копий фрагментов ДНК различными способами.

Близнецовый метод

Применяется в основном для определения относительной роли наследственности и факторов окружающей среды в возникновении того или иного заболевания. При этом изучаются монозиготные и дизиготные близнецы.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

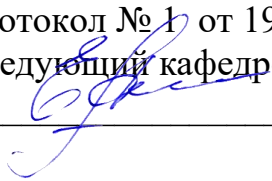
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДЕНА

На заседании кафедры геодезии и
кадастров

(протокол № 1 от 19.09.2025)

Заведующий кафедрой


_____ Е.А.Акулова

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

ОП.04 ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Специальность

21.02.19 ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

Направленность: Землеустройство и кадастры

программа подготовки специалистов среднего звена

Екатеринбург

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ЧЕРТЕЖА

Специалист по направлению «Землеустройство и кадастры» должен обладать определенными знаниями не только в избранной специальности, но и усвоить основные положения конструирования зданий и сооружений и их конструктивных элементов.

Практическая работа выполняется по индивидуальным зданиям.

Содержание работы: выполнить архитектурно-строительный чертеж индивидуального жилого дома. Фасад, план и разрез ИЖД выполняется в масштабе 1:100.

Чертежи выполняют карандашом на листах чертежной бумаги форматов А2 (420×594 мм). Поле чертежа ограничивают рамкой: слева – 20 мм от линии обреза листа, с других сторон – 5 мм.

Требования к рабочим чертежам

Основные требования к рабочим чертежам установлены ГОСТ 21.101-97 с учетом стандартов ЕСКД и СПДС, а также других нормативно-технических документов, что снижает трудоемкость в выполнении чертежа.

Правила оформления архитектурно-строительных чертежей (по ГОСТ 21.501-2011): выполнение плана здания.

Основные и рабочие чертежи выполняют в чертежно-линейной графике, применяя линии разной толщины, за счет чего достигается необходимая выразительность изображения. При этом элементы, попавшие в разрез, выделяют более толстой линией, а видимые участки за сечением — более тонкой. Наименьшая толщина линий, выполненных в карандаше, принимается ориентировочно 0,3 мм. Толщина линии выбирается в зависимости от масштаба чертежа и его содержания — плана, фасада, разреза или детали.

Масштаб: 1:100.

Координационные оси определяют положение конструктивных элементов здания, размеры шагов и пролетов. Осевые линии наносят штрихпунктирной тонкой линией с длинными штрихами и обозначают марками, которые проставляют в кружках.

На планах зданий продольные оси, как правило, выносят слева от чертежа, поперечные — снизу. Если расположение осей противоположных сторон плана не совпадает, то их маркировку располагают со всех сторон плана. При этом нумерация делается сквозной. Поперечные оси маркируют порядковыми арабскими цифрами слева направо, а продольные — прописными буквами русского алфавита (кроме Ё, З, Й, О, Х, Ы, Э) снизу вверх.

1. ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА ЗДАНИЯ

Под планом подразумевается горизонтальная проекция, которой может быть горизонтальный разрез или вид сверху. Поэтому над изображением всегда дается надпись типа «План I этажа». Планы здания, как правило, это поэтажные планы, которые представляют собой разрезы здания, выполненные на уровне оконных и дверных проемов.

Поэтажный план дает возможность судить о форме и плановых размерах здания, его отдельных помещений и их взаимном расположении, плановых размерах оконных и дверных проемов, толщине капитальных стен и перегородок, размерах лестниц и других элементов, а также размещении санитарно-технического и прочего оборудования.

Отступив от нижней и левой рамок чертежа по 80 – 90 мм, строим крайние оси сетки координационных осей несущих конструкций здания в соответствии с вариантом задания (рис.1). Оси выполняем тонкими штрихпунктирными линиями и обозначаем марками в кружках диаметром 8 – 12 мм по левой и нижней сторонам плана здания. Размер шрифта для обозначения координационных осей выбираем на 1 – 2 номера больше, чем размер шрифта чисел.

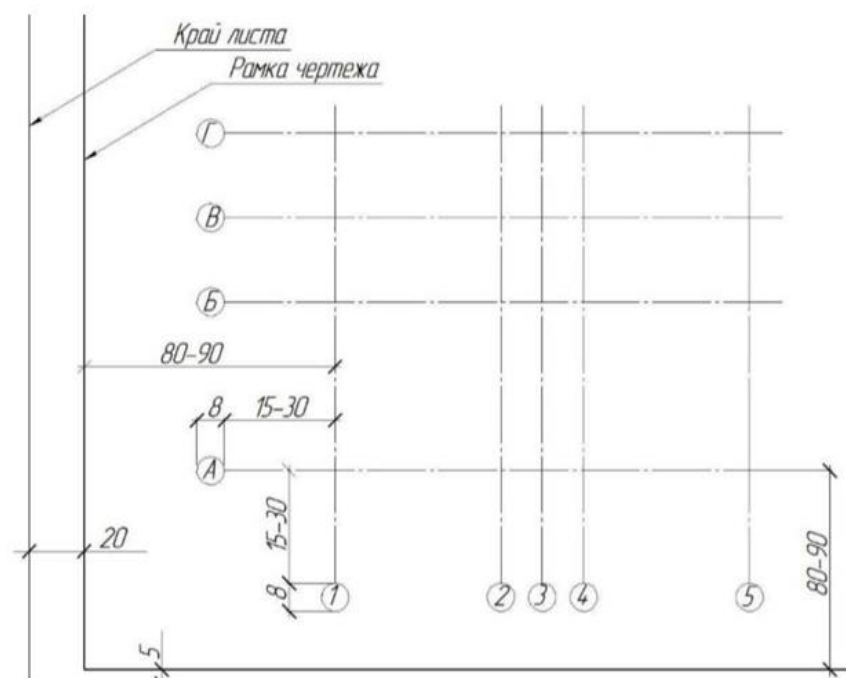


Рисунок 1 - Нанесение координационной сетки

Обозначение координационных осей (кружки), как правило, наносят по левой и нижней сторонам плана здания или сооружения.

Координационные оси не всегда должны совпадать с геометрическими осями стен. Положения оси — ее привязка — осуществляется простановкой на плане здания размеров от оси до обеих граней стены или колонны (рис.2).

Во внутренних стенах координационную ось обычно совмещают с геометрической осью (рис. 3, оси В, 2, 3, *центральная привязка*).

В наружных самонесущих стенах (рис. 3, стена по оси 1), если панели перекрытий не заходят в них, координационную ось совмещают с внутренней гранью стены, что получило наименование *нулевой привязки*.

В наружных несущих стенах (рис. 3, стена по оси А, В), если панели перекрытий заходят в них на расстояние не менее 100 мм координационную ось относят от оси на размер *a*, что получило наименование *привязки со смещением*.



Рисунок 2 – Привязки к стенам:

a – привязка со смещением, *б* – нулевая привязка, *в* – привязка для лестниц; *г* – центральная привязка

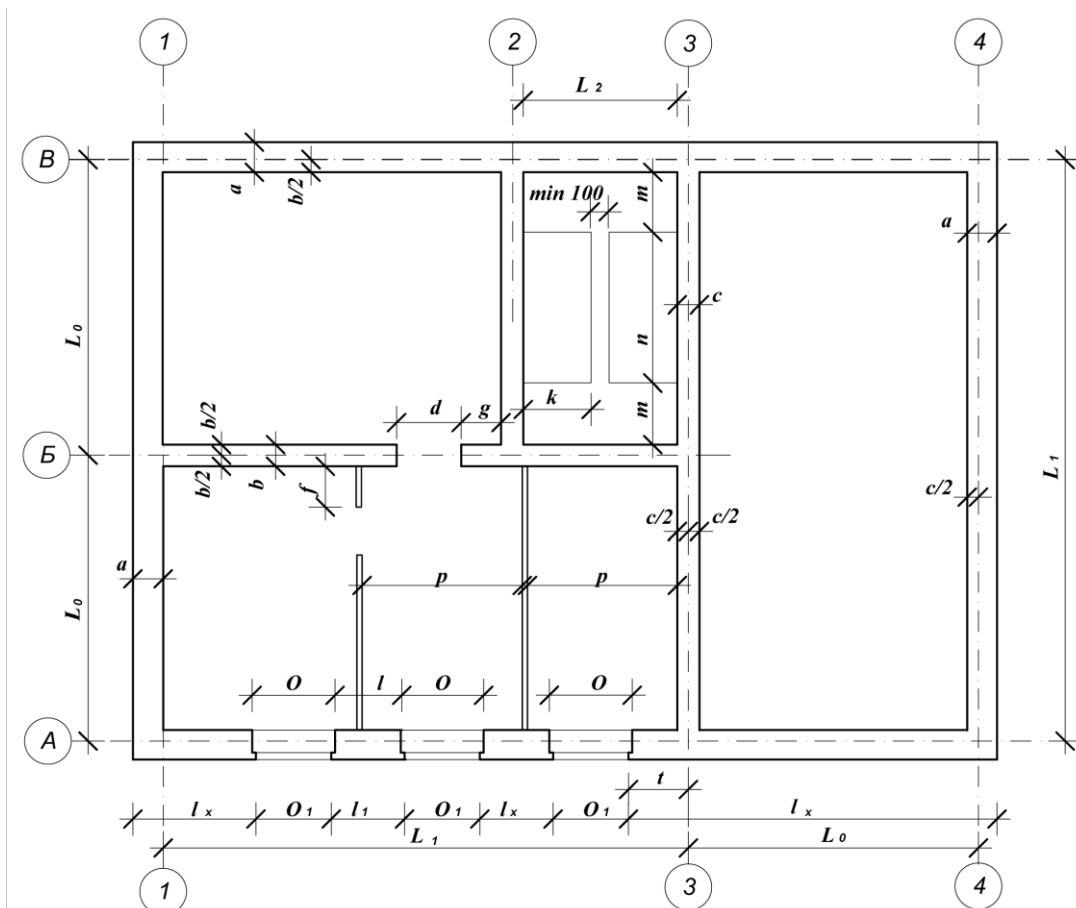


Рисунок 3 – Стены нанесенные на координационные оси

Наносим контуры наружных и внутренних капитальных стен здания и перегородок (рис. 3). Привязку стен к осям выполняем согласно варианту.

Все конструктивные элементы, попавшие в сечение, показываем основной толстой линией. Линии контуров, не попадающие в плоскость сечения, выполняем сплошной тонкой линией. Стены в сечении не штрихуем (рис. 4)

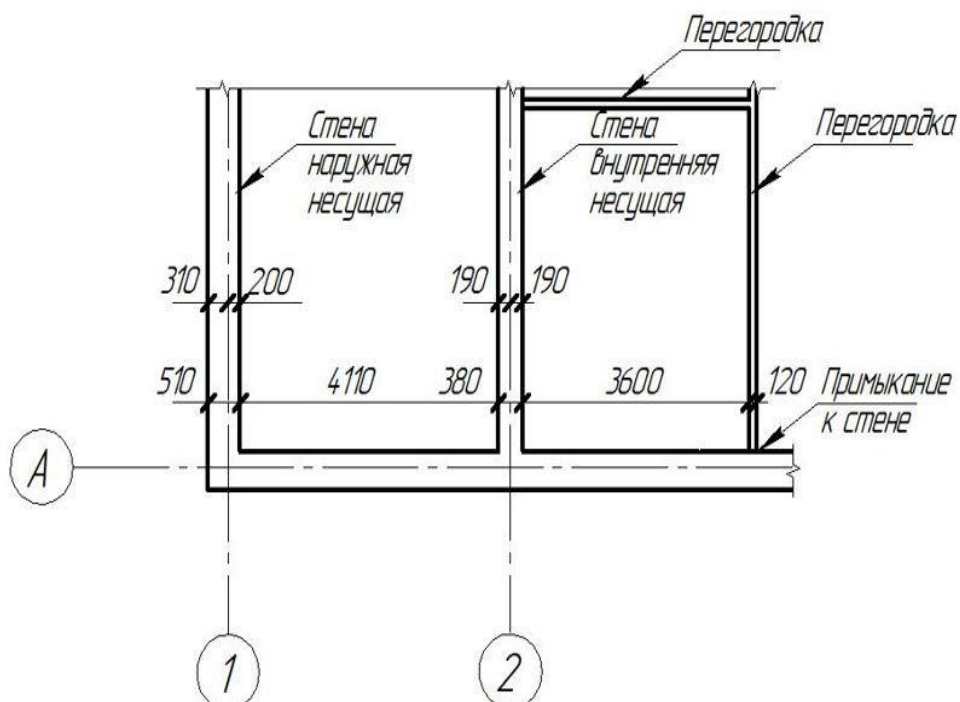


Рисунок 4 - Привязка стен к координационным осям

В наружных стенах вычерчиваем оконные проемы по размерам, указанным на рис. 5 и 8. Все оконные проемы выполняем без четвертей. Марку заполнения оконных проемов указываем с внешней стороны здания с нанесением их условных буквенных обозначений (по размерам от меньшего к большему) в порядке возрастания номеров, например, ОК I, ОК2 и т. д.; шрифт – на порядок выше, чем размерные числа на чертеже

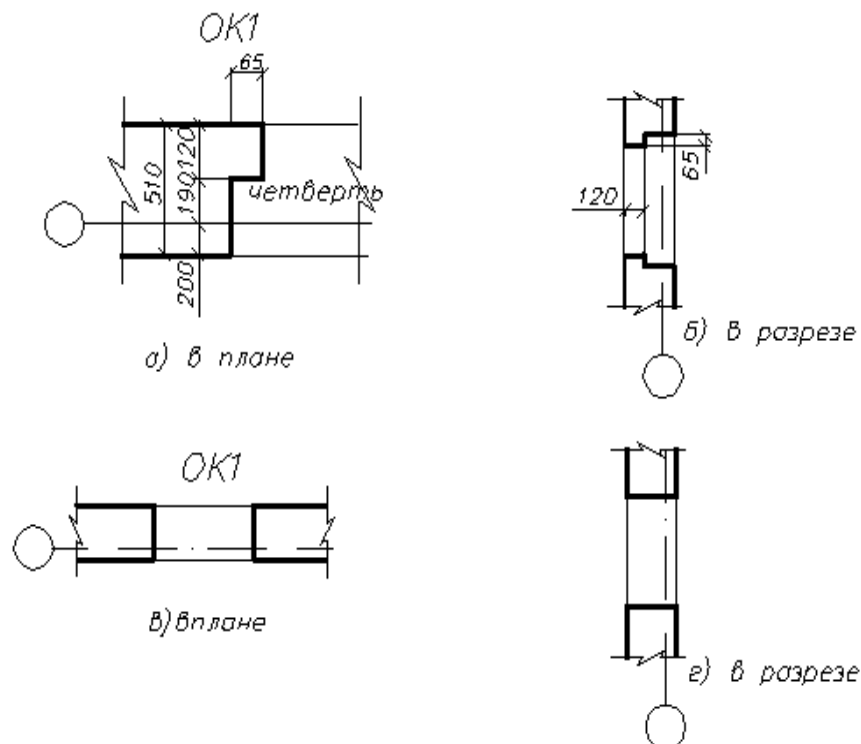


Рисунок 5 - Оконные проемы с четвертью (сверху); без четверти (снизу)

Вычерчиваем дверные проемы, учитывая следующие моменты: наружная дверь должна открываться только по направлению выхода из здания; направление открывания внутриквартирных (межкомнатных) дверей выбирается исходя из удобства эксплуатации помещений; двери, ведущие из квартир на лестницу, должны открываться вовнутрь квартиры.

Проем для наружной двери выполняем с четвертью. Дверное полотно на плане изображаем толстой сплошной линией под углом 30°. Марку заполнения проемов дверей указываем цифрой, помещенной в кружочке диаметром 5 мм (рис. 6)

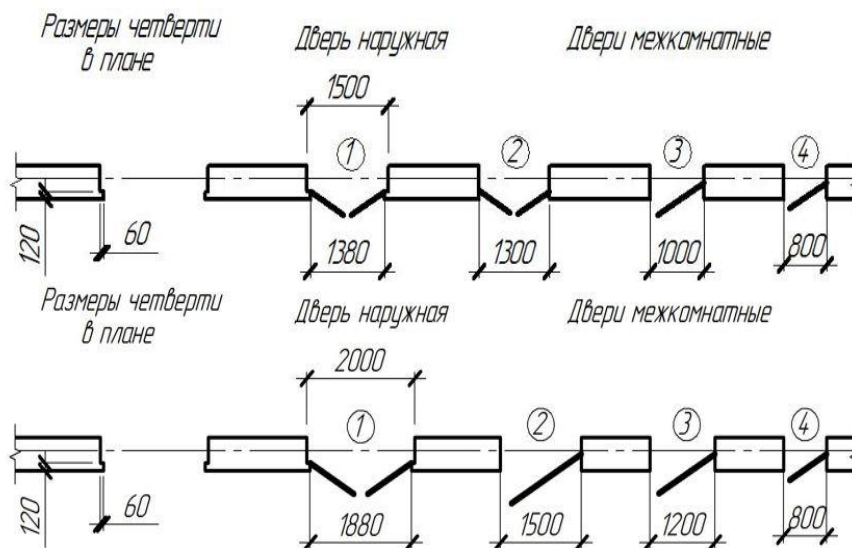


Рисунок 6 - Двери

Изображаем в санузлах и на кухне необходимое санитарно-техническое и электрическое оборудование. Размеры оборудования указаны на рис. 7.

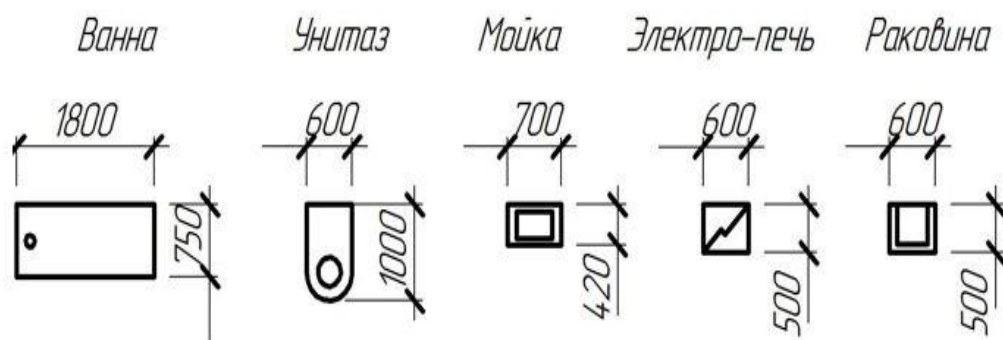


Рисунок 7 - Санитарно-техническое и электрическое оборудование

На чертеже плана здания проставляем размеры в мм. Размеры наносим в виде замкнутых цепочек, ограниченных засечками (под углом 45°). Размерные линии должны выступать за крайние выносные линии на 1 – 3 мм. Цифры проставляем над размерной линией. С внешней стороны здания проставляем три линии (цепочки) размеров.

Первую размерную линию располагаем на расстоянии 15 – 25 мм от внешнего контура здания. Между собой размерные линии располагаем на расстоянии 7 – 10 мм.

На первой размерной линии указываем размеры проемов и простенков.

На второй размерной линии проставляем размеры между разбивочными осями несущих конструкций.

На третьей размерной линии проставляем габаритные размеры (между осями наружных стен здания). Пример простановки наружных размеров представлен на рис. 8 и 9

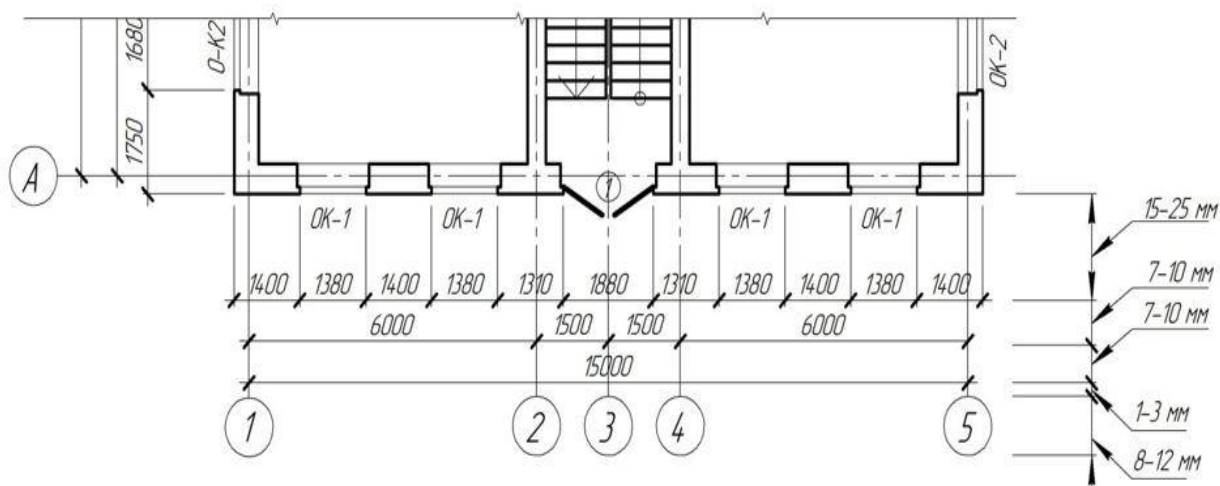


Рисунок 8 - Простановка наружных размеров

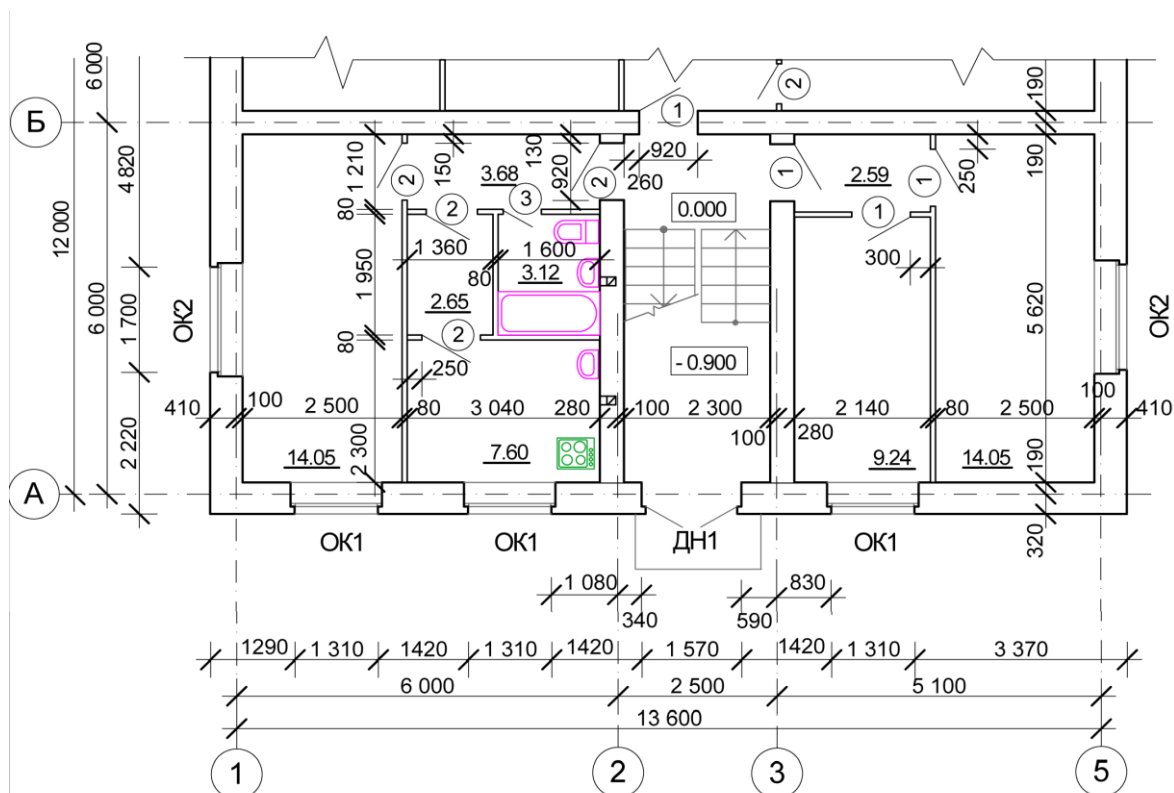


Рисунок 9 – Пример простановки внутренних и внешних размеров

Необходимые размеры, проставляемые на плане здания:

- размерные цепочки, определяющие длину и ширину помещений, толщину стен (расстояние от осей наружных стен к их внутренним граням) и перегородок, а также привязки граней капитальных стен к разбивочным осям. Расстояние от перегородок и стен до размерной линии не менее 5-7 мм.
- привязки внутренних дверных проемов в перегородках к ближайшим стенам или перегородкам. Размеры дверных проемов в перегородках на плане не указывают.
- размеры внутренних дверных проемов в капитальных стенах и их привязки проставляют цепочками
- на свободном месте, ближе к правому нижнему углу каждого помещения, проставляют и подчёркивают основной линией его площадь, рассчитанную с точностью до 0,01 м².

2. ПОСТРОЕНИЕ РАЗРЕЗА ЗДАНИЯ

Разрез (рис. 10) должен быть выполнен по направлению секущей плоскости 1 — 1, она будет обозначаться, как *Разрез 1-1*.

Расположение секущей плоскости и направление взгляда студент определяет с преподавателем.

Нижней границей архитектурного разреза служит уровень чистого пола (внутри дома) и уровень земли (за пределами дома), а технический подвал, грунт и фундамент на чертеже не изображают.

Наносим координационные оси здания, проходящие через несущие стены. Указываем марки осей соответственно обозначениям на плане. Размер шрифта для обозначения координационных осей и марок выбираем на один-два номера больше, чем размер шрифта размерных чисел на чертеже. Проставляем размеры, определяющие расстояния между осями (рис. 12).

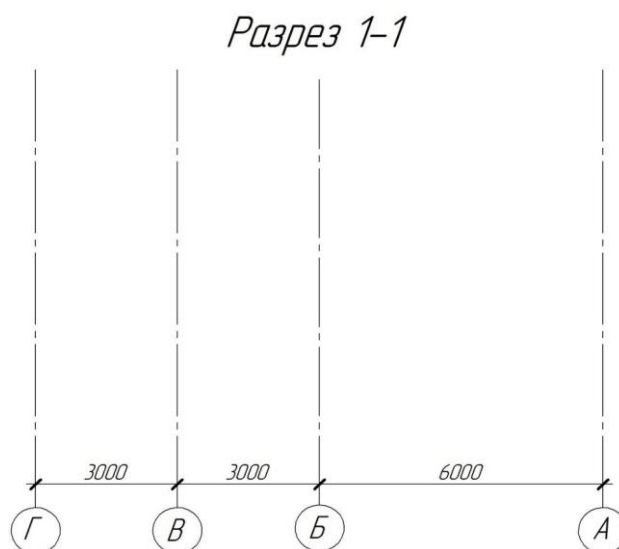


Рисунок 12 - Координационные оси здания, проходящие через несущие стены

Наносим горизонтальную линию, соответствующую уровню чистого пола 1-го этажа. Этот уровень принимают за нулевую отметку ($\pm 0,000$). Откладываем от этой линии вверх размер высоты этажа по заданию (расстояние от пола 1-го этажа до пола 2-го этажа) и проводим горизонтальную линию, которая будет являться уровнем чистого пола 2-го этажа. Намечаем линию низа перекрытия 1-го этажа, отложив от пола 2-го этажа вниз 300 мм (толщина перекрытия). Откладываем от пола 2-го этажа вверх размер высоты помещения и проводим горизонтальную линию, которая будет являться линией низа уровня перекрытия 2-го этажа (рис. 13).

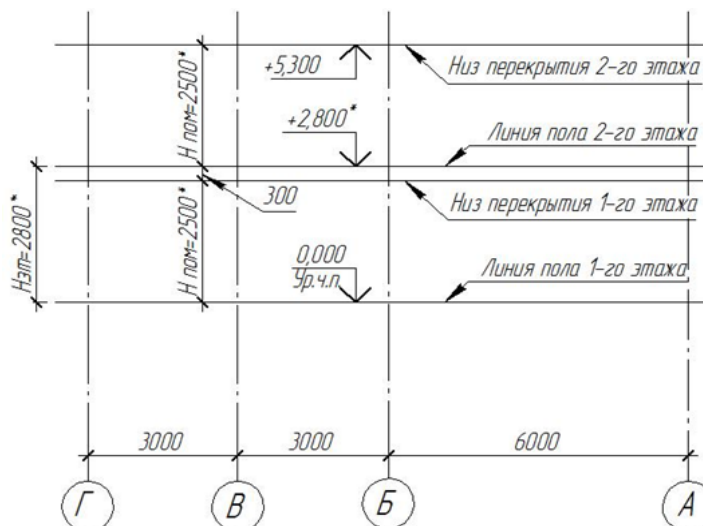


Рисунок 13 - Горизонтальные линии высоты этажа, уровня земли и чистого пола

Наносим контуры наружных и внутренних стен и перегородок. Привязки этих элементов к разбивочным осям выполняем в соответствии с принятыми толщинами данных элементов на плане. Все конструктивные элементы, попадающие в секущую плоскость, вычерчиваем толстой основной сплошной линией, видимые линии контуров и двери, находящиеся за секущей плоскостью, – тонкой основной сплошной линией. 2.4. Намечаем положение оконных и дверных проемов в наружной стене с учетом наличия в оконных и дверных проемах четвертей.

Вычерчиваем выносы карниза. Оформляем контур кровли в соответствии с заданием.

Размеры, проставляемые снаружи разреза:

На разрезе указывают координационные оси капитальных стен, попавших в секущую плоскость, и размеры между ними, и расстояние между крайними координационными осями.

На расстоянии 10—15 мм от внешнего контура разреза по обе его стороны следует провести размерные цепочки, определяющие последовательно высотные размеры проемов и простенков.

На расстоянии 10—15 мм снаружи от размерной цепочки проставляют высотные отметки уровня земли и опорной части заделываемых в стену элементов конструкций, верха стен, карнизов, конька крыши.

Размеры, проставляемые внутри разреза:

Указывают высотные размеры всех дверных проемов, попавших в разрез

На общей вертикальной линии проставляют отметки пола каждого этажа, низа панелей перекрытия и перекрытия верхнего этажа

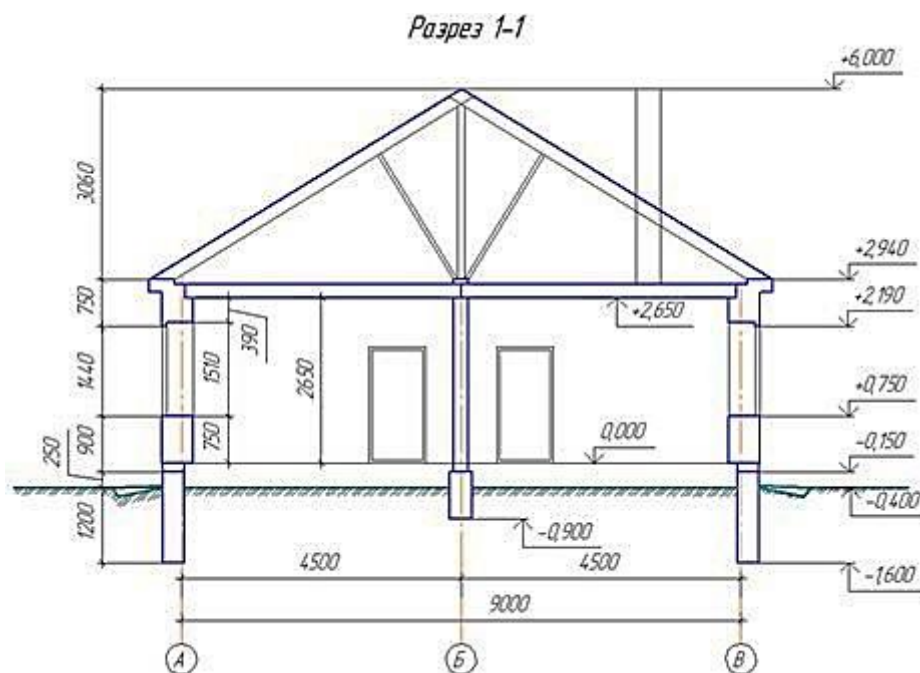


Рисунок 14 - Пример разреза здания

Количество ступеней крыльца принимаем из задания. Принимаем высоту подступенка $h = 200$ мм, длину проступи $b = 310$ мм. Таким образом определяем уровень земли.

3. ПОСТРОЕНИЕ ФАСАДА ЗДАНИЯ

Чертеж фасада строим на основании чертежей плана и разреза в проекционной связи.

Видимые линии контуров здания выполняем сплошной тонкой линией. Линию земли выполняем сплошной утолщенной основной линией.

Наносим только крайние координационные оси здания и оси, проходящие в характерных местах фасада (в местах выступа здания). Указываем марки осей.

Наносим отметки уровня земли, цоколя, низа и верха проемов (дверных и оконных), площадки входной лестницы (крыльца), балконов, козырька, конька крыши.

Выполняем рисунок оконных и дверных переплетов.

Обозначаем фасад, указав в названии марки крайних осей, между которыми расположен фасад.

Пример оформления фасада здания представлен на рис. 15

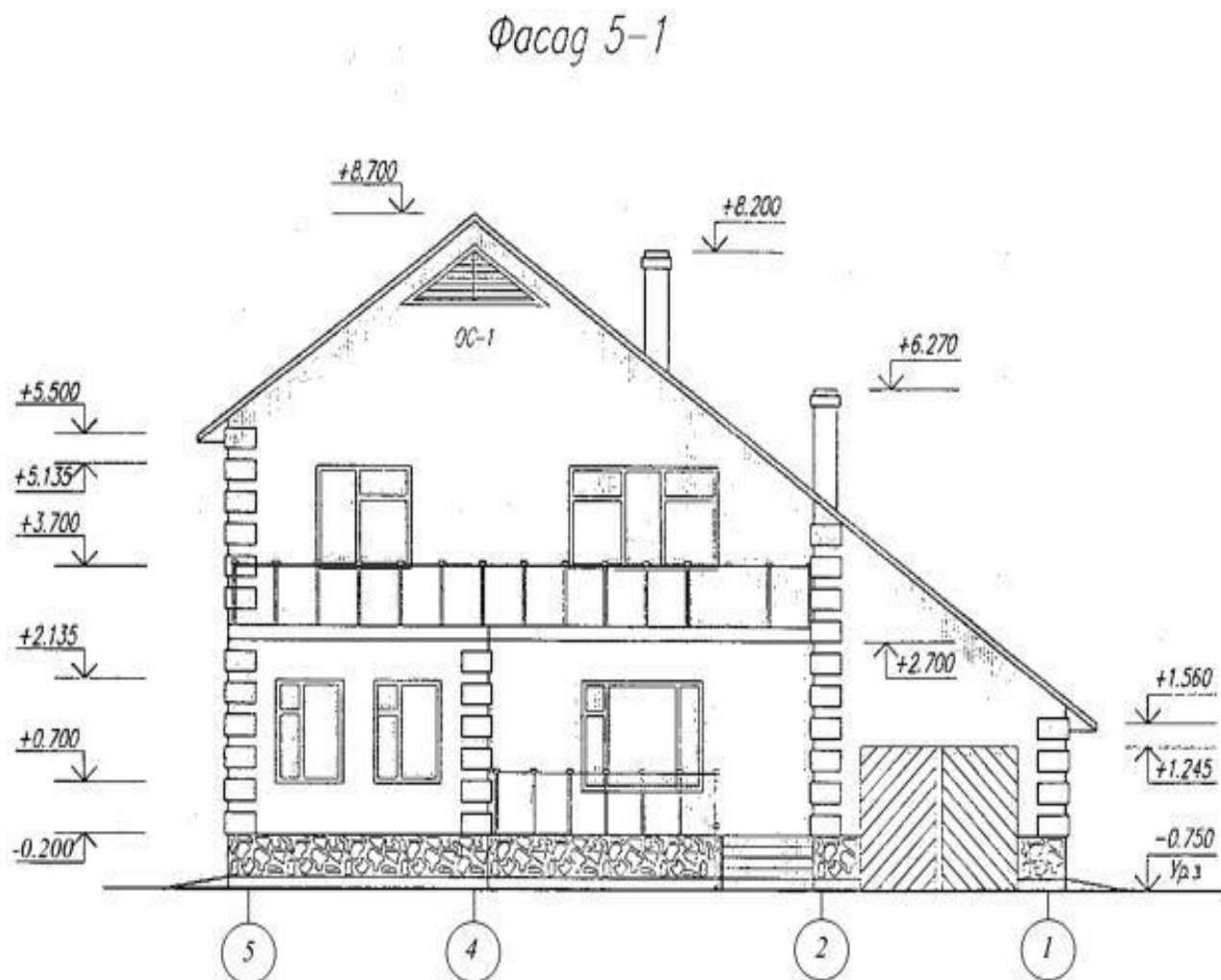


Рисунок 15 – Фасад здания

Согласно ГОСТ 21.101-97 СПДС в правом нижнем углу формата помещают основную надпись по форме 3 (рис. 16) – для архитектурно-строительных чертежей.

В строку «1» - обозначение документа - записать шифр чертежа: УГГУ.2025.07-АС, где 07 — номер варианта задания.

В строку «2» - наименование предприятия, район строительства – записать любой город.

В строку «3» - наименование здания (сооружения) - записать «Одноквартирный жилой дом».

В строку «4»- наименование изображений, помещенных на данном листе - записать название изображения, например, «План 1-го этажа». Спецификации, таблицы, текстовые указания, относящиеся к изображениям, в основной надписи не указывают.

Студенты заполняют графу «8» - общее количество листов чертежей данного здания (1), графу «7» - порядковый номер листа; графу «9» -наименование организации, разрабатывающей проектную документацию (т.е. указать группу и номер группы)

Заполняются также графы «разработал» и «проверил».

185											
7 10 23 15 10					15 15 20						
5 x 11 = 55						(1)					
						(2)					
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	(3)				
		Разраб.									
		Проверил									
							Стадия	Лист	Листов		
	Т. контр.						(7)	(8)			
						(9)					
	Н. контр.										
	Утв.										

Рисунок 16 - Основная надпись

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ПМ.01 ПОДГОТОВКА, ПЛАНИРОВАНИЕ И ВЫПОЛНЕНИЕ ПОЛЕВЫХ И КАМЕРАЛЬНЫХ РАБОТ ПО ИНЖЕНЕРНО- ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ ИЗЫСКАНИЯМ

Специальность

21.02.19 Землеустройство

программа подготовки специалистов среднего звена

Екатеринбург

Автор: Борисова Ю.С.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Оценочные материалы предназначены для выявления результатов освоения профессионального модуля в части овладения видом профессиональной деятельности.....

1.2 Оценочные материалы являются неотъемлемой частью методического обеспечения процедуры проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, входят в состав комплекта документов ОПОП.

1.3 Оценка результатов обучения и сформированности компетенций осуществляется в ходе текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

1.4 В ходе контроля и оценки по учебной дисциплине осуществляется проверка основных результатов обучения, предусмотренных рабочей программой профессионального модуля.

1.5 Показателями сформированности компетенций являются:

Наличие практического опыта (владение знаниями и умениями, как готовность самостоятельного применения их, демонстрировать, осуществлять в различных ситуациях) – обучающийся осуществляет (демонстрирует) деятельность (способы деятельности).

Наличие умений – обучающийся демонстрирует умения (с различной степенью самостоятельности), относящиеся к компетенции.

Полнота знаний - обучающийся знает теоретический материал, относящийся к компетенции, в т.ч. правила, последовательность, алгоритм выполнения действий, умений, может его воспроизвести (с разной степенью точности), ответить на уточняющие вопросы.

1.5 Оценка результатов обучения как результата сформированности компетенций производится по традиционной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» / «зачтено», «не зачтено».

Оценки «отлично/зачтено» заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, профессиональных терминов, понятий, категорий, теорий, умение свободно использовать профессиональную лексику, выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценки «хорошо/зачтено» заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе, показавший систематический характер знаний по дисциплине и способный к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Оценки «удовлетворительно/зачтено» заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованными программой, допустивший погрешности в ответе и при выполнении заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно/ не зачтено» выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий, который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине/практике.

2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

2.1 МДК.01.01 «Инженерные изыскания»

2.1.1 Оценочные средства текущего контроля междисциплинарного курса:

Наименование раздела (темы)	Планируемые образовательные результаты обучения из р. 2 программы модуля	Наименование оценочного средства (текущий контроль)
Тема 1: Введение	ОК 9, ПК 1.1, ПК 1.4 Знания:	Практико-ориентированное задание
Тема 2: Определение ИСОГД, структура ИСОГД	- устройство и принципы работы геодезических приборов и систем – техники выполнения полевых и камеральных геодезических работ;	Практико-ориентированное задание
Тема 3: Результаты и особенности инженерных изысканий	– установленный порядок сдачи отчетных материалов выполненных инженерно-геодезических изысканий в ответственные организации	Практико-ориентированное задание
Тема 4: Инженерные изыскания по стадиям развития	Умения:	Практико-ориентированное задание
Тема 5: Виды инженерных изысканий	– выполнять полевые геодезические работы;	Практико-ориентированное задание
Тема 6: Техническое задание, программа	– определять виды и состав изысканий для условий конкретного объекта	Практико-ориентированное задание
Тема 7: Продукция, технический отчет	– выполнять основные виды полевых изыскательских работ	Практико-ориентированное задание
Тема 8: Инженерно-геодезические изыскания для строительства	– производить крупномасштабные топографические съемки для создания изыскательских планов, в том числе съемку подземных коммуникаций;	Практико-ориентированное задание
Тема 9: Инженерно-геологические изыскания для строительства		Практико-ориентированное задание
Тема 10: Инженерно-экологические изыскания для строительства		Практико-ориентированное задание
Тема 11: Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства		Практико-ориентированное задание

2.1.2 Система оценивания по оценочным средствам текущего контроля

Оценочное средство	Балловая стоимость
Практико-ориентированное задание (3 шт)	0-20 баллов
Итого	60 баллов

Критерии оценивания практико-ориентированных заданий:

Критерии оценивания практической работы	Количество баллов
Правильно подобранное решение задачи	0-4
Аккуратное оформление работы	0-2
Верность выполнения расчетов	0-2
Правильность записи единиц измерения	0-2
Итого	0-20

2.1.3 Типовые задания

Практическая работа:

"Решение задач по топографический карте"

2.1.4 Сценарии выполнения заданий:

Тип задания	Последовательность действий при выполнении задания
Практико-ориентированное задание/задача	1. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. 2. Продумать логику решения. 3. Записать решение, используя четкие формулировки, необходимые формулы и проч.

Результаты текущего контроля фиксируются преподавателем.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в начале изучения дисциплины).

Проверка ответов на задания, выполненных работ.

Сообщение результатов оценивания обучающимся, обсуждение результатов.

Оформление необходимой документации.

2.2 МДК.01.02 «Составление картографических материалов»

2.2.1 Оценочные средства текущего контроля междисциплинарного курса:

Наименование раздела (темы)	Планируемые образовательные результаты обучения из р. 2 программы модуля	Наименование оценочного средства (текущий контроль)
Тема 1: Предмет картографии и картографические произведения	ПК 1.3, ПК 1.4, ПК 1.6 Знания: – техники выполнения камеральных геодезических работ; Умения: – составлять итоговые картографические материалы изысканий – производить крупномасштабные топографические съемки для создания изыскательских планов, в том числе съемку подземных коммуникаций;	Практико-ориентированное задание
Тема 2: Геодезическая и математическая основы карт		Практико-ориентированное задание
Тема 3: Изображение элементов содержания топографических карт и планов		Практико-ориентированное задание
Тема 4: Картографическая генерализация		Практико-ориентированное задание
Тема 5: Тематические карты		Практико-ориентированное задание
Тема 6: Основы цифровой картографии. Тема 7: Аналитические возможности ГИС.		Практико-ориентированное задание
Тема 8: Измерения в ГИС.		Практико-ориентированное задание
Тема 9: Наложения слоев		Практико-ориентированное задание

2.2.2 Система оценивания по оценочным средствам текущего контроля

Оценочное средство	Балловая стоимость
Практическая работа (4 шт.)	0-10 баллов
Итого	60 баллов

Критерии оценивания практических работ:

Критерии оценивания практической работы	Количество баллов
Правильно подобранное решение задачи	0-4
Аккуратное оформление работы	0-2
Верность выполнения расчетов	0-2
Правильность записи единиц измерения	0-2
Итого	0-20

2.2.3 Типовые задания

Практико-ориентированное задание «Оцифровка застроенной территории, создание пространственной базы данных»

Практико-ориентированное задание «Привязка раstra»

Практико-ориентированное задание «Настройка стилизации и формирование отчетов в ГИС»

Практико-ориентированное задание «Аналитические возможности ГИС»

2.2.4 Сценарии выполнения заданий:

Тип задания	Последовательность действий при выполнении задания
Практико-ориентированное задание/задача	1. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. 2. Продумать логику решения. 3. Записать решение, используя четкие формулировки, необходимые формулы и проч. 4. Реализовать задание в среде ГИС

Результаты текущего контроля фиксируются преподавателем.

2.2 МДК.01.03 «Дистанционное зондирование территорий»

2.2.1 Оценочные средства текущего контроля междисциплинарного курса:

Наименование раздела (темы)	Планируемые образовательные результаты обучения из р. 2 программы модуля	Наименование оценочного средства (текущий контроль)
Тема 1: Предмет и задачи фотограмметрии	ПК 1.3, ПК 1.4, ПК 1.6 Знания:	Практико-ориентированное задание
Тема 2: Аэрофототопографические съемки	технологии фотограмметрических работ и дешифрирования при создании инженерно-топографических планов;	Практико-ориентированное задание
Тема 3: Системы координат и элементы ориентирования снимков.	Умения:	Практико-ориентированное задание
Тема 4 : Теория одиночного снимка.	выполнять фотограмметрические работы и дешифрирование аэрофотоснимков и космофотоснимков;	Практико-ориентированное задание
Тема 5: Стереоскопическая съемка		Практико-ориентированное задание
Тема 6: Фотосхемы и фотопланы.		Практико-ориентированное задание

Тема 7: Дешифрирование снимков.		Практико-ориентированное задание
Тема 8: Цифровая фотограмметрия.		Практико-ориентированное задание

2.2.2 Система оценивания по оценочным средствам текущего контроля

Оценочное средство	Балловая стоимость
Практическая работа № 1	0-10 баллов
Практическая работа № 2	0-20 баллов
Итого	60 баллов

Критерии оценивания практических работ:

Критерии оценивания практической работы	Количество баллов
Правильно подобранное решение задачи	0-4
Аккуратное оформление работы	0-2
Верность выполнения расчетов	0-2
Правильность записи единиц измерения	0-2
Итого	0-20

2.2.3 Типовые задания

Практико-ориентированное задание «Обработка данных АФС в ПК Photomod»

Практико-ориентированное задание «Дешифрирование стереопары»

2.2.4 Сценарии выполнения заданий:

Тип задания	Последовательность действий при выполнении задания
Практико-ориентированное задание/задача	1. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. 2. Продумать логику решения. 3. Записать решение, используя четкие формулировки, необходимые формулы и проч.

Результаты текущего контроля фиксируются преподавателем.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в начале изучения дисциплины).

Проверка ответов на задания, выполненных работ.

Сообщение результатов оценивания обучающимся, обсуждение результатов.

Оформление необходимой документации.

2.3 Оценочные средства учебной практики: проверка хода выполнения задания, практических работ обучающимся в установленные сроки, собеседование, экспертная оценка деятельности обучающегося.

В ходе контроля и оценки практики осуществляется проверка следующих результатов практики:

Наименование практики	Планируемые образовательные результаты обучения	Наименование оценочного средства (текущий контроль)
Учебная практика	ОК 04, ПК 1.2 ПК 1.4 Знания: - устройство и принципы работы геодезических приборов и систем – техники выполнения полевых и камеральных геодезических работ; Умения: – производить крупномасштабные топографические съемки для создания изыскательских планов, в том числе съемку подземных коммуникаций;	Проверка хода выполнения задания, практических работ обучающимся в установленные сроки, собеседование, экспертная оценка деятельности обучающегося.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, опыта практической деятельности, характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в начале освоения профессионального модуля).

Проверка ответов на задания, выполненных работ.

Сообщение результатов оценивания обучающимся, обсуждение результатов.

Оформление необходимой документации.

3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Оценочные средства, используемые для промежуточной аттестации и оценки сформированности компетенций:

по междисциплинарному курсу «Инженерные изыскания» - экзамен.

по междисциплинарному курсу «Составление картографических материалов» – 3 семестр – дифф. зачет, 3 семестр – экзамен.

по междисциплинарному курсу «Дистанционное зондирование территорий» - экзамен.

по учебной практике – зачёт.

3.1 Междисциплинарный курс «Инженерные изыскания»

Экзамен по междисциплинарному курсу проводится в письменной форме (по билетам, в форме компьютерного тестирования, с использованием электронной информационно-образовательной среды).

Экзаменационное задание включает в себя тест.

Выполнение теста предполагает выбор правильного варианта (одного или нескольких) ответа из предложенных, установление соответствия, выбор нескольких ответов из предложенных с последующим объяснением своего выбора.

3.1.1 Система оценивания по оценочным средствам промежуточной аттестации

при проведении промежуточной аттестации в форме теста:

Оценочное средство	Балловая стоимость
Тест	0-40 баллов
Итого	40 баллов

3.1.2 Количество баллов за промежуточную аттестацию складывается из суммы баллов за каждое задание.

3.1.3 Итоговая оценка по дисциплине определяется по формуле:

$$P_o = P_t + P_{па},$$

где P_o – общий рейтинг (max 100 баллов);

P_t – текущий рейтинг (max 60 баллов);

$P_{па}$ – рейтинг промежуточной аттестации (max 40 баллов)

Полученные значения общего рейтинга обучающихся в баллах переводятся в оценки, выставляемые по следующей шкале:

80 - 100 баллов (80% - 100%) – оценка «отлично»

65 - 79 баллов (65% - 79%) – оценка «хорошо»

50 - 64 баллов (50% - 64 %) – оценка «удовлетворительно»

0 - 49 баллов и менее (0-49%) – оценка «неудовлетворительно».

3.1.6 Сценарии выполнения заданий:

Тип задания	Последовательность действий при выполнении задания
Задание закрытого типа на установление соответствия	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидаются пары элементов. 2. Внимательно прочитать оба списка: список 1 вопросы, утверждения, факты, понятия и т.д.; список 2 утверждения, свойства объектов и т.д. 3. Сопоставить элементы списка 1 с элементами списка 2, сформировать пары элементов. 4. Записать попарно буквы и цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа (например, А1 или Б4)
Задание закрытого типа на установление последовательности последовательности	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. 2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа. 3. Построить верную последовательность из предложенных элементов. 4. Записать буквы/цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа в нужной последовательности без пробелов и знаков препинания (например, БВА или 135).
Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов. 2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа. 3. Выбрать один ответ, наиболее верный. 4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа. 5. Записать аргументы, обосновывающие выбор ответа
Задание открытого типа с развернутым ответом	1. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. 2. Продумать логику и полноту ответа. 3. Записать ответ, используя четкие компактные формулировки. 4. В случае задачи, записать решение и ответ.
Теоретический вопрос	1. Внимательно прочитать вопрос и понять его суть. 2. Продумать логику и полноту ответа. 3. Записать ответ, используя четкие формулировки
Практико-ориентированное задание/задача	1. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. 2. Продумать логику решения. 3. Записать решение, используя четкие формулировки, необходимые нормативные правовые акты и проч..

3.1.7 Описание дополнительных материалов и оборудования, необходимых для выполнения заданий

Обучающиеся используют для выполнения заданий следующие средства обучения и воспитания: инженерный калькулятор.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания умений, знаний, характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения профессионального модуля).

Проведение предварительных консультаций.

Проверка ответов на задания письменного экзамена.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Оформление необходимой документации.

Экзамен – форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку по четырехбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзамен проводится по расписанию.

Цель экзамена – завершить курс изучения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных знаний.

Для того чтобы быть уверенным на экзамене, необходимо ответы на наиболее трудные, с точки зрения обучающегося, вопросы подготовить заранее и тезисно записать. Запись включает дополнительные ресурсы памяти.

К экзамену необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического (семинарского) занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания.

При подготовке к экзамену следует пользоваться конспектами лекций, учебниками.

3.2 Междисциплинарный курс «Составление картографических материалов»

Экзамен/ дифференцированный зачет по междисциплинарному курсу проводится в письменной форме (по билетам, в форме компьютерного тестирования, с использованием электронной информационно-образовательной среды).

Экзаменационное/зачетное задание включает в себя тест.

Выполнение теста предполагает выбор правильного варианта (одного или нескольких) ответа из предложенных, установление соответствия, выбор нескольких ответов из предложенных с последующим объяснением своего выбора.

3.2.1 Система оценивания по оценочным средствам промежуточной аттестации

при проведении промежуточной аттестации в форме теста:

Оценочное средство	Балловая стоимость
Тест	0-40 баллов
Итого	40 баллов

Оценивание тестовых заданий зависит от их типа:

Тип тестового задания	Балловая стоимость	Количество заданий каждого типа в 1 варианте	Сумма баллов за задания каждого типа
1. Задания закрытого типа, предполагающие выбор одного правильного ответа из предложенных	Полное совпадение с верным ответом – 1 балл; Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов		

2. Задания закрытого типа, предполагающие выбор нескольких ответов из предложенных	Полное совпадение с верным ответом – 1 балл; Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов		
3. Задания закрытого типа на установление соответствия	Полное совпадение с верным ответом – 1 балл; Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов		
4. Задания закрытого типа на установление последовательности	Полное совпадение с верным ответом – 1 балл; Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов		
5. Задания комбинированного типа, предполагающие выбор одного правильного ответа из предложенных с последующим объяснением своего выбора	Полное совпадение с верным ответом – 2 балла; Верный ответ и неправильное обоснование – 1 балл Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов		
6. Задания комбинированного типа, предполагающие выбор нескольких ответов из предложенных с последующим объяснением своего выбора	Полное совпадение с верным ответом и правильным обоснованием – 3 балла; Верный ответ и неправильное обоснование – 1 балл Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов		
7. Задания открытого типа с развернутым ответом	Полный правильный ответ на одно задание оценивается 3 баллами; Если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный – 2 балл; Если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует – 0 баллов		
Итого:			

3.2.2 Количество баллов за промежуточную аттестацию складывается из суммы баллов за каждое задание.

3.2.3 *Итоговая оценка по дисциплине* определяется по формуле:

$$P_o = P_t + P_{па},$$

где P_o – общий рейтинг (max 100 баллов);

P_t – текущий рейтинг (max 60 баллов);

$P_{па}$ – рейтинг промежуточной аттестации (max 40 баллов)

Полученные значения общего рейтинга обучающихся в баллах переводятся в оценки, выставаемые по следующей шкале:

80 - 100 баллов (80% - 100%) – оценка «отлично»

65 - 79 баллов (65% - 79%) – оценка «хорошо»

50 - 64 баллов (50% - 64 %) – оценка «удовлетворительно»

0 - 49 баллов и менее (0-49%) – оценка «неудовлетворительно».

3.2.5 Типовые задания для промежуточной аттестации:

Тест

1. Картография это -

1) наука о географических карта, как особом способе отображения действительности

2) область науки, техники и производства, охватывающая создание, изучение и использование географических карт и других картографических произведений (в том числе карт других планет)

3) технология создания электронных карт, баз и банков цифровой картографической информации.

2. Что не относится к картографическим произведениям?:

1) космические снимки

2) генеральный план города

3) карта административно-территориального деления территории

3. Какая наука не является базой для создания картографических произведений?
:

1) геодезия

2) математика

3) геометрия

4. Предметом картографии является:

1) приемы и техника, с помощью которой создается карта

2) отображение и познание природных и социально-экономических геосистем посредством карт и планов (как их моделей)

3) всестороннее изучение географических карт, разработку методов и процессов их создания и использования

5. Что является объектом картографии?:

1) все природные и общественные явления, которые протекают на Земле

2) картографические произведения

3) техника и технология создания и использования картографических произведений

6. Что такое математическая картография?:

1) это способы и средства измерений на картах

2) это наука, включающая в себя весь комплекс вопросов, связанных с математическим обоснованием карт (компоновка карт, расчёт рамок и т. п.)

7. Что такое геоинформационная система?

1) это специализированная система, которая необходима для того, чтобы хранить, искать и обрабатывать информацию.

2) это аппаратно-программный человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координатных данных, интеграцию информации и знаний о территории для их эффективного использования при решении научных и прикладных задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием, управлением окружающей средой и территориальной организацией общества.

3) это обширное понятие, включающее в себя средства коммуникации, способы передачи информации, а также образующую ими среду (медиапространство).

4) это текст, отображаемый на компьютере или другом электронном устройстве со ссылками (гиперссылками) на другой текст, к которому читатель может немедленно получить доступ, обычно щелчком мыши или последовательностью нажатий клавиш.

8. Что из перечисленного относится к классификации ГИС по функциональным возможностям?

1) полнофункциональные ГИС

2) фундаментальные ГИС

3) информационно-справочные ГИС

4) специализированные ГИС

9 Что такое примитив?

1) точка, полилиния, полигон в векторной цифровой карте. Является самой простой единицей для задания графического отображения в ГИС.

- 2) это цифровое представление всего объекта или его части. Способ цифрового представления явления зависит от масштаба исследования, его задач и других факторов.
- 3) это интересующее нас явление действительности, которое является последним в ряду подразделения однотипных явлений.

3.2.6 Сценарии выполнения заданий:

Тип задания	Последовательность действий при выполнении задания
Задание закрытого типа на установление соответствия	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидаются пары элементов. 2. Внимательно прочитать оба списка: список 1 вопросы, утверждения, факты, понятия и т.д.; список 2 утверждения, свойства объектов и т.д. 3. Сопоставить элементы списка 1 с элементами списка 2, сформировать пары элементов. 4. Записать попарно буквы и цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа (например, А1 или Б4)
Задание закрытого типа на установление последовательности последовательности	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. 2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа. 3. Построить верную последовательность из предложенных элементов. 4. Записать буквы/цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа в нужной последовательности без пробелов и знаков препинания (например, БВА или 135).
Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов. 2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа. 3. Выбрать один ответ, наиболее верный. 4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа. 5. Записать аргументы, обосновывающие выбор ответа
Задание открытого типа с развернутым ответом	1. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. 2. Продумать логику и полноту ответа. 3. Записать ответ, используя четкие компактные формулировки. 4. В случае задачи, записать решение и ответ.
Теоретический вопрос	1. Внимательно прочитать вопрос и понять его суть. 2. Продумать логику и полноту ответа. 3. Записать ответ, используя четкие формулировки
Практико-ориентированное задание/задача	1. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. 2. Продумать логику решения. 3. Записать решение, используя четкие формулировки, необходимые нормативные правовые акты и проч..

3.2.7 Описание дополнительных материалов и оборудования, необходимых для выполнения заданий

Обучающиеся используют для выполнения заданий следующие средства обучения и воспитания: инженерный калькулятор.

3.2 Междисциплинарный курс «Дистанционное зондирование территорий»

Экзамен по междисциплинарному курсу проводится в письменной форме (по билетам, в форме компьютерного тестирования, с использованием электронной информационно-образовательной среды).

Экзаменационное задание включает в себя тест.

Выполнение теста предполагает выбор правильного варианта (одного или нескольких) ответа из предложенных, установление соответствия, выбор нескольких ответов из предложенных с последующим объяснением своего выбора.

3.2.1 Система оценивания по оценочным средствам промежуточной аттестации

при проведении промежуточной аттестации в форме теста:

Оценочное средство	Балловая стоимость
Тест	0-40 баллов
Итого	40 баллов

Оценивание тестовых заданий зависит от их типа:

Тип тестового задания	Балловая стоимость	Количество заданий каждого типа в 1 варианте	Сумма баллов за задания каждого типа
1. Задания закрытого типа, предполагающие выбор одного правильного ответа из предложенных	Полное совпадение с верным ответом – 1 балл; Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов		
2. Задания закрытого типа, предполагающие выбор нескольких ответов из предложенных	Полное совпадение с верным ответом – 1 балл; Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов		
3. Задания закрытого типа на установление соответствия	Полное совпадение с верным ответом – 1 балл; Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов		
4. Задания закрытого типа на установление последовательности	Полное совпадение с верным ответом – 1 балл; Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов		
5. Задания комбинированного типа, предполагающие выбор одного правильного ответа из предложенных с последующим объяснением своего выбора	Полное совпадение с верным ответом – 2 балла; Верный ответ и неправильное обоснование – 1 балл Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов		
6. Задания комбинированного типа, предполагающие выбор нескольких ответов из предложенных с последующим объяснением своего выбора	Полное совпадение с верным ответом и правильным обоснованием – 3 балла; Верный ответ и неправильное обоснование – 1 балл Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов		
7. Задания открытого типа с развернутым ответом	Полный правильный ответ на одно задание оценивается 3 баллами; Если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный – 2 балл; Если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ответ отсутствует – 0 баллов		
Итого:			

3.2.6 Сценарии выполнения заданий:

Тип задания	Последовательность действий при выполнении задания
Задание закрытого типа на установление соответствия	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидаются пары элементов. 2. Внимательно прочитать оба списка: список 1 вопросы, утверждения, факты, понятия и т.д.; список 2 утверждения, свойства объектов и т.д.

	3. Сопоставить элементы списка 1 с элементами списка 2, сформировать пары элементов. 4. Записать попарно буквы и цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа (например, А1 или Б4)
Задание закрытого типа на установление последовательности последовательности	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. 2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа. 3. Построить верную последовательность из предложенных элементов. 4. Записать буквы/цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа в нужной последовательности без пробелов и знаков препинания (например, БВА или 135).
Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов. 2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа. 3. Выбрать один ответ, наиболее верный. 4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа. 5. Записать аргументы, обосновывающие выбор ответа
Задание открытого типа с развернутым ответом	1. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. 2. Продумать логику и полноту ответа. 3. Записать ответ, используя четкие компактные формулировки. 4. В случае задачи, записать решение и ответ.
Теоретический вопрос	1. Внимательно прочитать вопрос и понять его суть. 2. Продумать логику и полноту ответа. 3. Записать ответ, используя четкие формулировки
Практико-ориентированное задание/задача	1. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. 2. Продумать логику решения. 3. Записать решение, используя четкие формулировки, необходимые нормативные правовые акты и проч..

3.2.7 Описание дополнительных материалов и оборудования, необходимых для выполнения заданий

Обучающиеся используют для выполнения заданий следующие средства обучения и воспитания: инженерный калькулятор.

3.2.2 Количество баллов за промежуточную аттестацию складывается из суммы баллов за каждое задание.

3.2.3 Итоговая оценка по дисциплине определяется по формуле:

$$P_o = P_t + P_{па},$$

где P_o – общий рейтинг (max 100 баллов);

P_t – текущий рейтинг (max 60 баллов);

$P_{па}$ – рейтинг промежуточной аттестации (max 40 баллов)

Полученные значения общего рейтинга обучающихся в баллах переводятся в оценки, выставляемые по следующей шкале:

80 - 100 баллов (80% - 100%) – оценка «отлично»

65 - 79 баллов (65% - 79%) – оценка «хорошо»

50 - 64 баллов (50% - 64 %) – оценка «удовлетворительно»

0 - 49 баллов и менее (0-49%) – оценка «неудовлетворительно».

3.2.5 Типовые задания для промежуточной аттестации:

Тест

1. Фотографическое изображение местности, составленное из рабочих площадей снимков:
 - Фотосхема
 - Фотоплан
 - Ортофотоплан
 - Стереоизображение
2. Два смежных, частично перекрывающихся снимка, полученные с концов некоторого базиса образуют:
 - маршрут аэрофотосъемки
 - стереопару
 - поперечное перекрытие
 - стереоскопическую модель
2. Линии порезов проводятся:
 - Параллельно линейным объектам, стараясь обойти небольшие площадные объекты
 - Перпендикулярно линейным объектам, пересекая небольшие площадные объекты
 - Перпендикулярно линейным объектам, стараясь обойти небольшие площадные объекты
 - Обходя линейные объекты, пересекая небольшие площадные объекты
3. Фотосхемы удобны в использовании для...
 - Определения координат и геометрических характеристик крупных объектов при дешифрировании
 - Комплексной оценки территории
 - Создания ортофотопланов
 - Полевого дешифрирования, визуальной оценки территории
4. Координатная сетка может быть нанесена на...
 - Фотосхема
 - Фотоплан
 - Не наносится
 - Стереоизображение
6. Метод аэрофотосъемки, включающий наземные полевые измерения:
 - Стереотопографическая съемка
 - Камеральная съемка местности
 - Комбинированная аэрофототопографическая съемка
 - Наземная досъемка
7. Аэрофотосъемка- это...
 - Комплекс работ (процессов) выполняемых с целью получения снимков земной поверхности с помощью аэрофотоаппарата с борта воздушного судна
 - Комплекс работ (процессов) выполняемых с целью получения снимков земной поверхности с помощью аэрофотоаппарата с борта беспилотного воздушного судна
 - Комплекс работ (процессов) выполняемых с целью получения снимков земной поверхности с воздуха
 - Комплекс работ (процессов) выполняемых с целью получения снимков земной поверхности с помощью аэрофотоаппарата

характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения профессионального модуля).

Проведение предварительных консультаций.

Проверка ответов на задания письменного экзамена / дифференцированного зачета.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Оформление необходимой документации.

Экзамен – форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку по четырехбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзамен проводится по расписанию.

Цель экзамена– завершить курс изучения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных знаний.

Для того чтобы быть уверенным на экзамене, необходимо ответы на наиболее трудные, с точки зрения обучающегося, вопросы подготовить заранее и тезисно записать. Запись включает дополнительные ресурсы памяти.

К экзамену необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического (семинарского) занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания.

При подготовке к экзамену следует пользоваться конспектами лекций, учебниками.

3.3 Практика

3.3.1 Учебная практика:

Оценочное средство – проверка хода выполнения задания, практических работ обучающимся в установленные сроки, собеседование, экспертная оценка деятельности обучающегося.

Система оценивания по оценочным средствам промежуточной аттестации

Оценочное средство	Балловая стоимость
Вопросы для собеседования	0-40 баллов
Отчёт по практике	0-60 баллов
Итого	100 баллов

Оценивание ответов на вопросы при собеседовании

Критерии оценки ответов на вопросы	Количество баллов
знание назначения и целей выполняемых работ	
демонстрация умения анализировать материал, обобщать информацию	
соблюдение норм литературной речи; использование профессиональной лексики	
Итого	

Оценивание отчета по практике

Критерии оценки отчёта	Количество баллов
соответствие структуры и содержания	
соответствие выполненных работ индивидуальному заданию	
Соответствие требованиям оформления	
Итого	

Правила оценивания ответа обучающегося и документов практики

Для практики с зачетом:

49 баллов и менее (0-49%) – оценка **«не зачтено»**;
от 50 до 100 баллов (50% - 100 %) – оценка **«зачтено»**.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, опыта практической деятельности, характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения профессионального модуля).

Проведение предварительных консультаций.

Проверка отчета по практике.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Оформление необходимой документации.

Зачет– форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку «зачтено», « не зачтено».

Цель зачета– завершить курс изучения профессионального модуля, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных знаний, определить сформированность компетенций.