

Федеральное агентство по образованию  
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГОУВПО «АмГУ»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ХиЕ

\_\_\_\_\_ Т.А.Родина

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2007г.

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

для специальности 032301 – «Регионоведение»

Составитель: И.В.Филимонова

Благовещенск

2007 г.

Печатается по решению  
редакционно-издательского совета  
инженерно-физического факультета  
Амурского государственного  
университета

И.В.Филимонова

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Концепции современного естествознания» для студентов очной формы обучения специальности 032301 «Регионоведение». - Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007. – 169 с.

Учебно-методические рекомендации ориентированы на оказание помощи студентам очной формы обучения по специальности 032301 «Регионоведение» для формирования специальных знаний о закономерностях процесса учения как усвоения знаний, а также процессов познавательного и личностного развития в обучении и воспитании.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе.....	5
2. Содержание дисциплины.....	6
2.1 Госстандарт дисциплины.....	6
2.2 Наименование тем, их содержание, объем в лекционных часах.....	6
2.3 Темы и содержание семинарских занятий.....	10
2.4 Самостоятельная работа студентов.....	12
2.5 Темы и требования к выполнению рефератов.....	13
2.6 Вопросы для подготовки к зачету. Критерии оценки знаний.....	16
3. Учебно-методическая карта дисциплины.....	18
4. Методические рекомендации по проведению семинарских занятий.....	19
5. Конспекты лекций.....	24
6. Контролирующие материалы (примерные тестовые и контрольные задания).....	.....146
7. Рекомендуемая литература.....	168

Учебно-методический комплекс составлен в соответствии с Государственным стандартом для студентов очной формы обучения специальности 032301 «Регионоведение».

Комплекс включает цели и задачи дисциплины; содержание лекционных и семинарских занятий; методические рекомендации по проведению семинарских занятий; задания для контроля изученного материала; вопросы для самостоятельной работы; темы реферативных работ и методические указания по их выполнению; вопросы для итоговой оценки знаний; контрольные задания для итогового контроля и проверки остаточных знаний; список рекомендуемой литературы.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Программа дисциплины «Концепции современного естествознания» (часть II) составлена в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования для специальности 032301-«Регионоведение».

**Цель** преподавания учебной дисциплины – вооружить студентов знаниями, соответствующими современному уровню развития естествознания и расширить их представления о направлениях и путях развития в различных сферах деятельности человека, о месте человека в эволюции Земли, об использовании новых подходов к достижению более высокого уровня выживания в современных условиях, сформировать умения и навыки поиска и обработки необходимой информации.

**Задачи** изучения дисциплины – ознакомить студентов с основными концепциями современного естествознания, общими закономерностями развития природы и общества; сформировать умения и навыки практического использования достижений науки; привить умение не пассивно воспринимать материал, а обосновывать факты появления тех или иных знаний о природе, выражая свою мировоззренческую позицию.

Прослушав часть II курса «Концепции современного естествознания», студент должен иметь представление:

- об основных концептуальных уровнях познания в химии;
- о химической форме организации материи и закономерностях протекания химических процессов;
- о происхождении, строении и геологическом развитии Земли;
- о самоорганизации в живой и неживой природе;
- об уровнях организации живых систем;
- о принципах эволюции, воспроизводства и развития живых систем;
- о биологических основах психики, социального поведения и здоровья человека;
- о взаимодействии организмов и среды, сообществах организмов, экосистемах;
- о месте человека в эволюции Земли;
- о ноосфере.

**Перечень дисциплин**, усвоение которых студентами необходимо для изучения данной дисциплины: философия (развитие представлений о материи, основные законы диалектики, сознание и познание), удовлетворительная база знаний по физике, химии, математике, биологии, географии, обществознанию и экологии после завершения образования в средней школе.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **2.1 Госстандарт дисциплины (Часть II)**

Химические процессы, реакционная способность веществ; внутреннее строение и история геологического развития Земли; современные концепции развития геосферных оболочек; литосфера как абиотическая основа жизни; экологические функции литосферы: ресурсная, геодинамическая, геофизико-геохимическая; географическая оболочка Земли; особенности биологического уровня организации материи; принципы эволюции, воспроизводства и развития живых систем; многообразие живых организмов – основа организации и устойчивости биосферы; генетика и эволюция; человек: физиология, здоровье, эмоции, творчество, работоспособность; биоэтика, человек, биосфера и космические циклы; ноосфера, необратимость времени, самоорганизация в живой и неживой природе; принципы универсального эволюционизма; пути к единой культуре.

### **2.2 Наименование тем, их содержание, объем в лекционных часах (18 ч.)**

#### **1. Химия в системе естественных наук (1 ч.)**

Естествознание как единая наука о природе. Предмет познания и задачи химической науки. Фундаментальные основы химии. Концептуальные системы современной химии: учение о составе, структурная химия, учение о химических процессах, эволюционная химия.

#### **2. Основные понятия и законы химии. Химическая связь (1 ч.)**

Основные понятия химии. Атомно-молекулярное учение. Стехиометрия и количественные законы химии. Закон постоянства состава. Закон кратных отношений. Закон объемных отношений. Закон Авогадро. Периодический закон и периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева. Основные законы диалектики и их реализация на примере периодического закона и периодической системы химических элементов.

Теории химической связи. Химическая связь, ее типы и свойства. Ковалентная химическая связь (полярная и неполярная), механизмы образования, свойства. Ионная связь. Металлическая связь. Водородная связь. Межмолекулярные взаимодействия.

#### **3. Химические процессы (2 ч.)**

*(химическая термодинамика и химическая кинетика)*

Основные понятия и величины в химической термодинамике. Внутренняя энергия, теплота и работа. Первое начало термодинамики и его применение к различным химическим процессам. Энтальпия. Закон Гесса и следствия из него. Второе начало термодинамики для обратимых и необратимых процес-

сов. Изменение энтропии в различных химических процессах. Энергия Гиббса и самопроизвольное протекание химических реакций.

Скорость химической реакции. Факторы, влияющие на скорость химических реакций: концентрация, температура, природа реагирующих веществ. Кинетика гомогенных и гетерогенных реакций. Катализ.

Обратимые и необратимые реакции. Константа равновесия химической реакции. Смещение химического равновесия. Факторы, влияющие на смещение равновесия. Принцип Ле-Шателье.

#### ***4. Происхождение, строение и геологическое развитие Земли (4 ч.)***

Земля в космическом пространстве. Гипотезы происхождения Земли и Солнечной системы: небулярные и катастрофические.

Методы исследования и направления геологии. Гипотезы формирования геосферных оболочек Земли: гомогенная, гетерогенная, частичная гетерогенная аккумуляции. Внутреннее строение Земли. Возраст горных пород и геологическое время. Виды горных пород. Факторы, влияющие на рельефообразование: эндогенные и экзогенные процессы. Климат Земли. Природные ресурсы Земли и проблема их рационального использования.

#### ***5. Особенности биологического уровня организации материи (1 ч.)***

Концептуальные уровни современной биологии. Сущность жизни.

Свойства живых систем: особенности химического состава, обмен веществ, самовоспроизведение, наследственность, изменчивость, рост и развитие, раздражимость, дискретность, саморегуляция, ритмичность, энергозависимость.

Уровни организации живой материи: молекулярный, клеточный, тканевый, органнй, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический, биосферный.

#### ***6. Белки и нуклеиновые кислоты – фундаментальные основы жизни***

Классификация и состав белков. Аминокислоты – составляющие белка: их состав, строение, изомерия, химические свойства. Пептидная связь. Первичная, вторичная, третичная, четвертичная структуры белка. Свойства белков. Биологические функции белков. Белки-ферменты: особенности их строения и механизм действия.

Нуклеиновые кислоты, их строение. Роль ДНК и РНК в живых организмах: хранение информации, самовоспроизведение (репликация) и реализация информации в процессе роста новых клеток (транскрипция и трансляция).

#### ***7. Клеточный уровень организации живой материи***

История открытия и исследования клетки. Методы изучения клеток. Химические элементы в составе клетки: макроэлементы, микроэлементы, ультрамикроэлементы, органогенные элементы. Неорганические и органические соединения в составе клетки. Структурно-функциональная организация прокариотических и эу-

кариотических клеток. Различия в строении клеток растений, животных и грибов. Размножение клеток. Обеспечение клеток энергией. Важнейшие свойства клетки.

### ***8. Возникновение и развитие жизни на Земле (2 ч.)***

Гипотезы происхождения жизни: креационизм, самопроизвольное зарождение, стационарного состояния, панспермия. Историческая обусловленность событий на примере появления теории биохимической эволюции. Сущность теории биохимической эволюции А.И. Опарина и Дж. Холдейна. Исследования, направленные на доказательство идеи биохимической эволюции. Предполагаемая роль РНК в зарождении жизни на Земле.

Гипотеза биопоэза Дж. Бернала. Начальные этапы развития жизни. Переход химической эволюции в биологическую. Геохронологическая шкала. Характеристика эр и периодов развития органического мира.

### ***9. Эволюция органического мира (2 ч.)***

Понятие биологической эволюции. Развитие эволюционных идей в биологии. Представления о развитии живой природы в древности и средневековье. Становление эволюционного учения в 18-19 веках. Эволюционная теория Ж.-Б. Ламарка. Эволюционная теория Ч. Дарвина. Факторы эволюции по Дарвину. Естественный и искусственный отбор. Формы борьбы за существование. Развитие эволюционных представлений в синтетической теории эволюции. Необратимость эволюции и биологическая стрела времени.

Исследование закономерностей биологического прогресса в работах А.Н. Северцова. Направления биологической эволюции: арогенез, аллогенез, катагенез. Доказательства эволюции: биохимические, эмбриологические, морфологические, палеонтологические, биогеографические.

### ***10. Основы генетики (1 ч.)***

Задачи и основные этапы развития генетики. Основные понятия генетики. Закономерности наследования признаков. Закономерности изменчивости. Достижения и основные направления современной генетики. Генная инженерия, ее возможности и проблемы. Программа «Геном человека». Сущность проблем биоэтики и их взаимосвязь с развитием естественных наук и медицины.

### ***11. Происхождение и эволюция человека (1 ч.)***

Биосоциальная природа человека. Положение человека в системе животного мира. Естествознание XVII – первой половины XIX века о происхождении человека. Предпосылки антропосоциогенеза: абиотические, биологические и социальные. Этапы антропогенеза.

Понятие о психике. Сознание человека. Возникновение и развитие сознания. Формы проявления психики: эмоции, способности, талант, творчество. Биоэтика и поведение человека. Мотивация человеческого поведения. Работоспособность. Здоровье человека. Валеология; валеологические уровни здоровья.

### ***12. Биосфера. Ноосфера (1 ч.)***

Концепция В. И. Вернадского о биосфере. Составные части биосферы. Круговороты веществ в биосфере. Многообразие живых организмов – основа организации и устойчивости биосферы. Функции живого вещества в биосфере Земли. Космические циклы. Солнечная активность и биосфера. Влияние человека на биосферу. Ноосфера. Экосистемы: структура, типы, свойства. Закономерности развития экосистем.

### ***13. Самоорганизация в живой и неживой природе (2 ч.)***

Особенности систем, способных к самоорганизации: открытость, неравновесность. Особенности неравновесных систем. Точка бифуркации. Положительные и отрицательные обратные связи. Сущность теории самоорганизации (синергетики, неравновесной термодинамики). Примеры самоорганизующихся систем в физике, химии, биологии, геологии. Роль синергетики в современном мире. Синергетика и принцип универсального эволюционизма – основа создания новой естественнонаучной картины будущего.

## **2.3 Темы и содержание семинарских занятий (18 ч.)**

### ***Семинар № 1. Введение в дисциплину***

Требования к дисциплине, выполнению реферативной и домашней работы. Проверка уровня базовой подготовки студентов (входящее тестирование).

### ***Семинар № 2. Введение в химию***

1. Основные понятия химии.
2. Положения атомно-молекулярного учения.
3. Стехиометрия и количественные законы химии.
4. Периодический закон и периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева.
5. Современные представления о строении атома. Правила заполнения электронных оболочек в многоэлектронных атомах: принцип наименьшей энергии, Принцип Паули, правило Хунда.
6. Химическая связь, ее типы и свойства.

### ***Семинар № 3. Термодинамические и кинетические особенности управления химическими реакциями***

1. Тепловые эффекты химических реакций и их определение экспериментальное и расчетное (с использованием закона Гесса и следствий из него).
2. Определение возможности самопроизвольного протекания химических реакций с помощью термодинамических функций энтропии и энергии Гиббса.
3. Скорость химических реакций и ее зависимость от концентрации реагирующих веществ, температуры и катализаторов.
4. Химическое равновесие. Принцип Ле-Шателье и его использование для выбора оптимальных параметров проведения процесса.

### ***Семинар № 4. Происхождение и строение Земли. Функции оболочек***

1. Гипотезы происхождения Земли и Солнечной системы.
2. Внутреннее строение Земли.
3. Географические оболочки Земли и их функции.
4. Возраст и виды горных пород.
5. Факторы, влияющие на рельеф планеты.

### ***Семинар № 5. Особенности биологического уровня организации материи***

1. Уровни организации живой материи.
2. Свойства живых систем.
3. Гипотезы происхождения жизни: креационизм, стационарное состояние, самозарождение, панспермия.
4. Теория биохимической эволюции: развитие идеи, сущность, доказательства.

***Семинар № 6. Белки и нуклеиновые кислоты – фундаментальные основы жизни***

1. Классификация, состав, свойства и функции белков.
2. Первичная, вторичная, третичная, четвертичная структуры белка.
3. Белки-ферменты: особенности их строения и механизм действия.
4. Нуклеиновые кислоты, их строение.
5. Роль ДНК и РНК в живых организмах.

***Семинар № 7. Принципы эволюции, воспроизводства и развития живых систем***

1. Понятие биологической эволюции. Основные этапы становления идеи развития в биологии.
2. Эволюционная теория Ламарка.
3. Теория эволюции Дарвина; основные понятия дарвинизма.
4. Общие закономерности и направления биологической эволюции.
5. Доказательства эволюции: биохимические, эмбриологические, морфологические, палеонтологические, биогеографические.
6. Развитие генетики, основные понятия современной генетики.
7. Генная инженерия. Программа «Геном человека».

***Семинар № 8. Происхождение и эволюция человека***

1. Положение человека в системе животного мира.
2. Предпосылки и этапы антропосоциогенеза.
3. Возникновение и развитие сознания.
4. Эмоции. Способности, талант, творчество.
5. Работоспособность и здоровье человека. Валеология; валеологические уровни здоровья.

***Семинар № 9. Учение о биосфере. Ноосфера***

1. История развития понятия «биосфера».
2. Учение В.И. Вернадского о биосфере.
3. Живое вещество биосферы и его функции.
4. Круговороты веществ в биосфере.
5. Ноосфера как новое эволюционное состояние биосферы.
6. Учение В.И. Вернадского о преобразовании биосферы в ноосферу.

## 2.4 Самостоятельная работа студентов (44 ч.)

№ п/п	Виды и содержание самостоятельной работы студентов	Кол-во часов	Сроки контроля	Формы контроля
1	Проработка учебного материала по лекционным конспектам, учебной и научной литературе при подготовке к семинарским занятиям	18	В соответствии с календарно-тематическим планом	Устный опрос, тестирование, контрольные работы на семинарских занятиях
2	Подготовка тематических докладов и сообщений по дополнительной литературе: <i>1. Достижения генной инженерии. Новые возможности и проблемы.</i> <i>2. Основные проблемы биоэтики.</i>	2	В соответствии с календарно-тематическим планом	Выступление с докладом на семинарском занятии, лекции или конференции
3	Написание реферата	10	Реферат на проверку необходимо сдать за месяц до окончания семестра. Сроки защиты – 16-я неделя семестра	Защита в форме собеседования во внеурочное время
4	Самостоятельное изучение рекомендуемых вопросов и конспектирование материала по темам:			Проверка конспектов, собеседование во внеурочное время
	<i>1. Геохронологическая шкала. Эры и периоды развития органического мира.</i>	6	3-я неделя семестра	
	<i>2. Природные ресурсы Земли и проблема их рационального использования.</i>			
	<i>3. Климат Земли.</i>			
	<i>4. Клеточный уровень организации живой материи.</i>	4	6-я неделя семестра	
	<i>5. Основные концепции физиологии человека.</i>			
	<i>6. Синергетика и принцип универсального эволюционизма.</i>	4	9-я неделя семестра	
	<i>7. Пути к единой культуре.</i>			

## 2.5 Темы и требования к выполнению рефератов

### Темы рефератов:

1. Моделирование в естествознании.
2. Биосфера как живая самоорганизующаяся система.
3. Ноосфера – новое эволюционное состояние биосферы.
4. Единство живого вещества и биосферы Земли.
5. Отходы и загрязнение биосферы.
6. Место человечества и человека в эволюции биосферы.
7. Активная форма природопользования и правовое регулирование.
8. Проблемы рационального природопользования.
9. Проблема оптимизации биосферы.
10. Ответственность ученых за судьбы мира.
11. Роль и место информации как характеристики процесса самоорганизации.
12. Самоорганизация и развитие науки.
13. Самоорганизующиеся системы.
14. Механизмы самоорганизации.
15. Использование идей и принципов самоорганизации в *(отрасли науки)*.
16. Ресурсная и биосферная модели предельной возможности Земли. Прогнозы «Римского клуба».
17. Триединство Вселенной: материя, энергия, информация.
18. Законы экологии.
19. Неопределенностные процессы в искусстве *(авангардизм начала XX в.)*.
20. Неопределенностные процессы в биологии, кибернетике, компьютерной связи *(возможен выбор одного направления)*.
21. Мутации – подкрепление неопределенности со стороны биологии.
22. Различие живой и неживой природы по принципам симметрии.
23. Понятие симметрии и асимметрии в биологии.
24. Принцип историзма – фундаментальный принцип науки о живом.
25. Основные этапы становления идеи развития в биологии.
26. Свидетельства эволюции.
27. Значение работ Л. Пастера для понимания особенностей мирового эволюционного процесса.
28. Биологическая вечность жизни.
29. Эволюция и становление интеллекта.
30. Закон дивергенции.
31. Биологическая целостность мира.
32. Эволюционно-экологические основы феномена здоровья.
33. Естествознание как основа прогрессивных технологий *(возможен выбор определенного направления)*.
34. Генная инженерия. Новые возможности и проблемы.
35. Здоровье без лекарств.
36. Неординарные способности и возможности человека.

37. Будущее человека и прогресс генетики.
38. Мутации. Причуды генетики.
39. Валеология.
40. Искусственный интеллект.
41. Возможности управления процессами жизнедеятельности человека.
42. Психоэмоциональная адаптация.
43. Воспитание чувств и здоровья.
44. Основные проблемы биоэтики.
45. Необходимость проведения экспериментов на человеке и этические последствия этого.
46. Мозг как орган сознания.
47. Алхимия и ее влияние на развитие химии.
48. Историческое развитие естественных наук.
49. Роль трудов (ученого) в развитии (отрасли естествознания).
50. Нерешенные проблемы естествознания
51. Прикладное естествознание и развитие новых технологий.

### **Требования к выполнению реферата**

1. Тема реферативной работы определяется преподавателем или выбирается студентом из предложенного списка таким образом, чтобы внутри одной группы темы не повторялись.
2. Реферативная работа выполняется студентом самостоятельно и предполагает подбор литературы по заданной (выбранной из предложенного списка) теме и анализ данной литературы.
3. В работе должна быть полностью раскрыта выбранная тема.
4. Реферативная работа оформляется на русском языке и не должна содержать грамматических и стилистических ошибок. Работа может быть представлена к проверке в рукописном (разборчиво и без помарок) или печатном варианте (размер шрифта – 14, интервал – 1,5, поля: верхнее – 2 см, нижнее – 2 см, левое – 3 см., правое – 1 см). Объем работы 15-20 печатных страниц.
5. Обязательными разделами реферата являются (в порядке расположения в работе):
  - титульный лист;
  - лист замечаний;
  - содержание, соответствующее тексту реферата;
  - введение;
  - основная часть;
  - заключение – собственное мнение автора о реферируемой проблеме.
6. Все страницы, за исключением титульного листа, должны быть пронумерованы.
7. Также обязательными в тексте являются ссылки на реферируемые источники. Ссылки приводятся в соответствии с библиографическим списком.

8. Количество источников, на основании которых написан реферат, должно быть не менее 5, причем в это количество не включаются учебники и учебные пособия по курсу. Не рекомендуется использовать в качестве источников газетные материалы.
9. Выполненная реферативная работа сдается на проверку не позднее, чем за 1 месяц до окончания семестра. Проверенная работа возвращается студенту, и после устранения замечаний (при наличии таковых) защищается. Защита реферата проводится в устной форме и представляет собой собеседование по теме реферата или публичное выступление (на лекции, семинаре или конференции).
10. Оценка за реферат выставляется после защиты и может быть выражена в баллах, либо как «зачтено» или «не зачтено». В последнем случае работа для допуска к зачету выполняется заново по другой теме. Если работа представляет из себя результат копирования какого-либо одного источника, она аннулируется и тема назначается преподавателем.

## ***2.6 Вопросы для подготовки к зачету***

1. Предмет познания и проблемы химической науки. Концептуальные системы химии.
2. Периодический закон и периодическая система элементов Д.И. Менделеева.
3. Типы и свойства химической связи: ковалентная связь.
4. Типы и свойства химической связи: ионная и металлическая связь.
5. Типы и свойства химической связи: водородная связь и межмолекулярные взаимодействия.
6. Кинетика химических реакций. Факторы, влияющие на скорость химической реакции.

7. Обратимые и необратимые реакции. Химическое равновесие. Факторы, влияющие на смещение химического равновесия. Принцип Ле-Шателье.
8. Основные понятия химической термодинамики. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса.
9. Определение направления самопроизвольного протекания химических реакций. Энергия Гиббса.
10. Уровни организации живой материи. Свойства живых систем.
11. Белки: состав, свойства, строение, основные функции.
12. Жиры и углеводы, их функции.
13. Нуклеиновые кислоты: строение и функции.
14. Клетка: структурно-функциональная и химическая организация.
15. Основные понятия генетики. Закономерности наследственности и изменчивости.
16. Концепции происхождения жизни: самозарождение, креационизм, стационарное состояние, панспермия.
17. Современные концепции происхождения жизни: гипотеза биохимической эволюции.
18. Теория эволюции Ч. Дарвина.
19. Синтетическая теория эволюции. Современные представления об эволюции.
20. Доказательства эволюции.
21. Главные направления и основные пути биологической эволюции.
22. Происхождение и эволюция человека.
23. Сущность проблем самоорганизации в свете современной науки.
24. Самоорганизующиеся системы, их свойства.
25. Обратная связь, механизм обратной связи. Отрицательные и положительные обратные связи.
26. Роль информации в процессе самоорганизации.
27. Учение В.И. Вернадского о биосфере.
28. Учение В.И. Вернадского о преобразовании биосферы в ноосферу – завершающее звено, объединяющее эволюцию живого вещества с неживой материей.
29. Гипотезы происхождения Земли и Солнечной системы: небулярные гипотезы.
30. Гипотезы происхождения Земли и Солнечной системы: катастрофические гипотезы.
31. Гипотезы формирования геосферных оболочек Земли: гомогенная, гетерогенная, частичная гетерогенная аккумуляции.
32. Внутреннее строение Земли.
33. Строение земной коры. Процессы, влияющие на рельефообразование.
34. Классификация горных пород и причины их разнообразия. Возраст горных пород.
35. Географические оболочки Земли, их строение и функции.

36. Природные ресурсы Земли и проблема их рационального использования.

### **Критерии оценки знаний студентов**

**Зачет** – итоговая аттестация по дисциплине. Возможны 2 варианта проведения зачета: устный ответ по билету или выполнение тестового задания. Форма сдачи зачета выбирается студентом. Билет для сдачи устного зачета включает в себя 3 вопроса по основным темам курса. Тестовое задание состоит из 27 вопросов и выполняется в течение 2 академических часов. Оценка «зачтено» ставится при выполнении студентом не менее 55 % зачетного теста.

При сдаче зачета, помимо ответа, учитывается текущая работа студента в семестре, результаты промежуточного контроля и самостоятельной работы. Вклад составляющих «ответ на зачете» – «работа в семестре» равноценен. К сдаче зачета не допускаются студенты, не выполнившие реферативную работу и (или) пропустившие более 50 % занятий в течение семестра без уважительной причины.

### **3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ**

№ лекции	Тема лекции	№ семинара	Тема семинарского занятия	Форма контроля знаний
1	Химия в системе естественных наук. Химическая связь	1	Введение в дисциплину	Входящее тестирование
2	Химическая термодинамика. Химическая кинетика и равновесие	2	Введение в химию	Опрос, тестирование

3-4	Происхождение, строение и геологическое развитие Земли	3	Термодинамические и кинетические особенности управления химическими реакциями	Контрольная работа
5	Биологический уровень организации материи.	4	Происхождение и строение Земли. Функции оболочек	Опрос, тестирование
6	Возникновение и развитие жизни на Земле	5	Особенности биологического уровня организации материи	Опрос, тестирование, разгадывание кроссворда
7	Эволюция органического мира. Основы генетики	6	Белки и нуклеиновые кислоты – фундаментальные основы жизни	Опрос, тестирование
8	Происхождение и эволюция человека. Учение о биосфере и ноосфере	7	Принципы эволюции, воспроизводства и развития живых систем	Опрос, тестирование
9	Самоорганизация в живой и неживой природе	8	Происхождение и эволюция человека	Опрос, тестирование
		9	Учение о биосфере. Ноосфера	Опрос, тестирование

#### **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

##### ***Общие требования к семинарским занятиям***

На каждом семинаре проводится опрос по теме. При ответах студентам разрешается пользоваться только собственными конспектами (лекции, конспекты к семинару). Помимо опроса на занятиях выполняются проверочные тестовые или контрольные работы. Вид проверочной работы и время ее проведения рассматриваются в каждом занятии.

### ***Семинар № 1. Введение в дисциплину***

1. Ознакомление студентов с содержанием дисциплины, требованиями к выполнению реферативной работы – 30 мин.
2. Проверка уровня базовой подготовки студентов (входящее тестирование) – 60 мин.

### ***Семинар № 2. Введение в химию***

1. Проверка усвоения основных понятий химии (тестирование по группам из 5-6 чел.) – 20 мин.
2. Обсуждение вопросов семинара (всем студентам раздаются карточки) – 40 мин.:
  1. Положения атомно-молекулярного учения
  2. Какие ученые предпринимали попытки систематизации химических элементов? На каких принципах построена каждая из них?
  3. Как сформулировал периодический закон Д.И. Менделеев?
  4. Какова современная формулировка периодического закона.
  5. Какова структура периодической системы химических элементов?
  6. Как изменяются свойства элементов и их соединений в периодах и группах?
  7. Какие экспериментальные открытия явились подтверждением теоретической стороны периодического закона Д.И. Менделеева?
  8. Почему Д.И. Менделееву не удалось до конца раскрыть глубинные причины периодичности свойств элементов?
  9. Каковы предпосылки утверждения сложной структуры атома?
  10. Какие модели строения атома существовали в науке?
  11. Каково современное представление о строении атома и на чем оно базируется?
  12. С помощью чего описывается атомная орбиталь?
  13. Каковы правила заполнения электронами атомных орбиталей?
  14. Какие типы химических связей в веществах существуют?
  15. В чем сущность ковалентной (неполярной и полярной) связи?
  16. В чем сущность ионной связи?
  17. В чем сущность металлической связи?
  18. В чем сущность водородной связи?
  19. Какие типы межмолекулярных взаимодействий существуют и как они образуются?
  20. Какие связи более сильные: внутримолекулярные или межмолекулярные и почему?
3. Индивидуальное тестирование по теме – 30 мин.

### ***Семинар № 3. Термодинамические и кинетические особенности управления химическими реакциями***

1. Обсуждение вопросов семинара (путем фронтального опроса студентов) – 45 мин.:
  1. Что подразумевается под понятием «химический процесс»?

2. Почему изучение химических процессов важно не только для химиков, но и для общества в целом?
  3. Какие вопросы решают такие разделы химии как химическая термодинамика и химическая кинетика?
  4. Дайте определение понятию «система». Какими бывают системы?
  4. Назовите и охарактеризуйте параметры и термодинамические функции системы.
  5. Дайте определение понятиям «тепловой эффект реакции» и «теплота образования». Какими могут быть реакции по тепловому эффекту?
  6. Сформулируйте закон Гесса и следствия из него?
  7. С помощью каких термодинамических функций определяется самопроизвольное протекание реакции и каким образом?
  8. Какие реакции называются обратимыми?
  9. Сформулируйте принцип Ле-Шателье. Для чего он используется?
  10. Дайте определение скорости химической реакции.
  11. От каких факторов зависит скорость реакции?
  12. Что такое катализ? Какие типы катализа известны?
2. Решение контрольной работы – 45 мин.

#### ***Семинар № 4. Происхождение и строение Земли. Функции оболочек***

1. Обсуждение вопросов семинара (индивидуальный опрос студентов, самостоятельное заполнение таблицы) – 60 мин.:
  1. Охарактеризуйте место планеты Земля в космическом пространстве.
  2. Какая наука изучает происхождение космических тел?
  3. Какие группы гипотез происхождения Солнечной системы сложились в науке? В чем их сущность?
  4. Внутреннее строение Земли и ее оболочки (студенты самостоятельно заполняют таблицу, затем комментируют):

Оболочки Земли	Состав	Протяженность	Температура	Функции

5. Под влиянием каких факторов происходит формирование рельефа земной поверхности? Приведите примеры.
2. Индивидуальное тестирование по теме – 30 мин.

#### ***Семинар № 5. Особенности биологического уровня организации материи***

1. Студенты, разбившись на группы по 3-4 человека, разгадывают кроссворд по теме «Свойства живых систем» – 20 мин.
2. Группа, раньше других справившаяся с заданием, сообщает правильные ответы и дает определение понятию жизнь и основные свойства живых систем – 10 мин.
3. Характеристика уровней организации живой материи – 10 мин.
4. Студенты делятся на 5 групп и в течение 10 мин. готовят сообщение по одной из гипотез происхождения жизни:
  - креационизм

- стационарное состояние
- самозарождение
- панспермия
- биохимическая эволюция

в соответствии с планом:

- сущность гипотезы;
- доводы в пользу ее доказательства;
- доводы в пользу ее опровержения (20 мин.).

5. Индивидуальное тестирование по теме – 20 мин.

***Семинар № 6. Белки и нуклеиновые кислоты – фундаментальные основы жизни***

1. Обсуждение вопросов семинара (индивидуальный опрос студентов) – 60 мин.:

1. Классификация белков.
2. Химическое строение и свойства белков.
3. Опишите первичную, вторичную, третичную и четвертичную структуру белков.
4. Какие функции выполняют белки?
5. Особенности строения и структуры нуклеиновых кислот.
6. Что такое генетическая информация? Где она хранится и в какой форме зашифрована?
7. Роль ДНК и РНК в живых организмах.

5. Индивидуальное тестирование по теме – 30 мин.

***Семинар № 7. Принципы эволюции, воспроизводства и развития живых систем***

1. Обсуждение вопросов семинара (индивидуальный опрос студентов) – 60 мин.:

1. Понятие биологической эволюции. Основные этапы становления идеи развития в биологии.
2. Эволюционная теория Ламарка: сущность, значение, недостатки.
3. Теория эволюции Дарвина: сущность, значение, недостатки.

Студенты в группах из 4-5 человек заполняют таблицы:

Сравнительная характеристика искусственного и естественного отборов

<b>Показатели</b>	<b>Искусственный отбор</b>	<b>Естественный отбор</b>
Исходный материал для отбора		
Отбирающий фактор		
Путь изменений: <i>Благоприятных признаков</i>		
Путь изменений: <i>Неблагоприятных</i>		

<i>признаков</i>		
Характер действия		
Результат отбора		
Формы отбора		

#### Формы борьбы за существование

Формы борьбы	Результат борьбы	Примеры из животного мира	Примеры из растительного мира
Внутривидовая			
Межвидовая			
Борьба с неблагоприятными условиями			

4. Общие закономерности и направления биологической эволюции.
  5. Доказательства эволюции: биохимические, эмбриологические, морфологические, палеонтологические, биогеографические.
  6. Развитие генетики, основные понятия современной генетики.
  7. Генная инженерия. Программа «Геном человека» (доклад).
2. Индивидуальное тестирование по теме – 30 мин.

#### **Семинар № 8. Происхождение и эволюция человека**

1. Обсуждение вопросов семинара (студентам выдаются карточки с вопросами, кроме № 4, к которому выдаются таблицы; для подготовки дается 15 мин.) – 60 мин.:

1. Какие ученые занимались проблемой антропогенеза и какой вклад они внесли в решение этой проблемы?
2. В чем заключается сходство человека и животных?
3. В чем заключается различие человека и животных?
4. Охарактеризуйте основные стадии антропосоциогенеза, заполнив таблицу:

#### «Основные стадии эволюции человека»

Стадия антропогенеза	Время появления	Представители среди ископаемых форм	Характерные особенности (образ жизни, умения, навыки)	Объем головного мозга, см <sup>3</sup>	Распространение по планете	Основной фактор эволюции

5. Назовите и охарактеризуйте стадии эволюции психики животных.
6. Возникновение и развитие сознания.
7. Характеристика эмоций и их виды.

8. Определение понятия способностей и их виды.
  9. Формирование способностей. Талант. Творчество.
  10. Работоспособность и здоровье человека. Валеология; валеологические уровни здоровья.
2. Тест «Каким полушарием вы думаете?». (Каждому студенту выдается теоретическое обоснование и инструкция определения преобладающего полушария). Обсуждение результатов – 10 мин.
  3. Индивидуальное тестирование по теме – 20 мин.

### ***Семинар № 9. Учение о биосфере. Ноосфера***

1. Обсуждение вопросов семинара (индивидуальный опрос студентов) – 60 мин.:
  1. История развития понятия «биосфера». Учение В.И. Вернадского о биосфере.
  2. Структура и составные части биосферы.
  3. Свойства и функции живого вещества биосферы.
  4. Круговороты веществ в биосфере.
  5. Ноосфера как новое эволюционное состояние биосферы.
  6. Условия, необходимые для преобразования биосферы в ноосферу.
2. Индивидуальное тестирование по теме – 30 мин.

## **5. КОНСПЕКТЫ ЛЕКЦИЙ**

### **Тема 1. Химия в системе естественных наук (1 ч.)**

#### **1. Естествознание как единая наука о природе**

*Естествознание* – это совокупность наук о природе. Задачей естествознания является познание объективных законов природы и содействие их практическому использованию в интересах человека.

В XIX веке было принято естественные науки разделять на 2 большие группы. Первая группа охватывала науки о явлениях природы (физика, химия, физиология), вторая – о предметах природы. Рассмотрение небесных тел состав-

ляет предмет астрономических наук; земля составляет предмет ряда наук, из которых наиболее разработаны геология, география и физика земли. Познание предметов, входящих в состав земной коры и на ней находящихся, составляет предмет естественной истории с ее тремя главными отделами: минералогией, ботаникой и зоологией. Человек служит предметом антропологии, наиболее важными составными частями которой являются анатомия и физиология. В свою очередь, на анатомии и физиологии базируются медицина и экспериментальная психология.

В наше время такой общепризнанной классификации естественных наук уже не существует. По объектам исследования естественные науки делятся на науки о живой и так называемой неживой природе. Важнейшие большие области естествознания (физика, химия, биология) можно отличать по формам движения материи, которые они изучают.

**Физика** – основная область естествознания, наука о свойствах и строении материи, о формах ее движения и изменения, об общих закономерностях явлений Природы.

Нынешняя физика вполне равноценна давнишней натурфилософии, из которой возникло большинство современных наук. Одной из таких наук является **астрономия** – наука о происхождении, строении и законах движения космических тел. Астрономия старше физики, фактически физика и возникла из нее, когда астрономия заметила поразительную простоту движения звезд и планет. Объяснение этой простоты и стало началом физики. На современном этапе развития астрономия и физика так сильно переплетаются, а их влияние друг на друга так огромно, что порой трудно отличить, где кончается астрономия и начинается физика.

С физикой тесно связана и химия. В свои младенческие годы химия почти целиком сводилась к тому, что мы сейчас называем **неорганической химией**, т.е. химии веществ, не связанных с живыми телами. Со временем возникла еще одна область химии – **органическая химия**, т.е. химия веществ, связанных с жизненными процессами. В настоящее время **химия** – это одна из основных областей естествознания, наука о строении, составе, свойствах и взаимном превращении веществ. Провести границу между химией и другими науками естественного профиля, такими как астрономия, физика, биология, геология очень трудно. Эти границы практически полностью размыты в смежных науках, таких как космохимия, химическая физика, биохимия, геохимия и т.д., подтверждая, что *природа едина и разделение естествознания на различные науки является весьма условным*. Само это разделение произошло в 20-ом веке, и было вызвано тем, что «нельзя объять необъятное».

Неорганическая химия тесней всего, пожалуй, связана с **геологией** – совокупностью наук о Земле, к которым относятся **минералогия** (наука о минералах Земли); **метеорология** (наука о погоде); **сейсмология** (наука о процессах, протекающих в толще земной коры: горообразование, землетрясения и т.п.) и др. науки.

Органическая химия неразрывно связана с **биологией** – наукой о строении и законах функционирования живых организмов, наукой о процессах, которые

лежат в основе жизни. Биология – это система наук, включающая **зоологию**, изучающую животный мир; **ботанику**, изучающую мир растений; **физиологию**, изучающую процессы, протекающие в живых организмах; **психологию**, изучающую процессы, связанные с деятельностью сознания, и др.

Таким образом, все естественные науки оказывают огромное взаимное влияние друг на друга, они все взаимосвязаны. Деление единой Природы на «предметы изучения» люди придумали для того, чтобы облегчить ее познание.

## 2. Предмет познания и задачи химической науки

*Химия* является наукой, исследующей закономерности, проявляющиеся на атомно-молекулярном уровне организации материи.

*Химия* – наука, изучающая свойства и превращения веществ, сопровождающиеся изменением их состава и строения. Она изучает химические элементы, природу и свойства различных химических связей, энергетику химических реакций, реакционную способность веществ, свойства катализаторов, способы получения новых веществ с заданными свойствами и способы управления этими свойствами.

**Фундаментальными основами химии** являются квантовая механика, атомная физика, термодинамика, статистическая физика, а также физическая кинетика. На основе физики построена теоретическая химия.

На химическом уровне мы имеем дело с очень большим числом частиц, участвующих в квантово-механических процессах обмена электронами (**химических реакциях**). Это обуславливает макроскопичность проявления законов квантовой физики в химических процессах. Результаты химического взаимодействия могут быть вычислены с помощью методов физики. Однако даже в простых случаях эти расчеты были бы чрезвычайно сложны. На основе методов, выработанных в химии, используя для описания вещества и его превращения язык химических формул и уравнений, химик решает эти проблемы намного проще и быстрее. **Эмпирическая химическая формула** соединения показывает, какие элементы и в каком соотношении входят в состав химического соединения. Эмпирическая формула устанавливается опытным путем. На основе эмпирической формулы некоторого вещества с помощью определенных правил может быть найдена его **молекулярная формула**. Молекулярные формулы позволяют отобразить химические превращения. Для этого используются **химические уравнения**, которые являются эффективным и простым способом описания химических процессов. Методика составления уравнений химических реакций с учетом характера конкретных веществ и взаимодействий хорошо разработана современной химией. Язык химии разнообразен; он содержит возможности отображения особенностей химических реакций и различных свойств веществ. Например, **структурные формулы** показывают последовательность и пространственный порядок соединения атомов в молекулах.

Таким образом, атомно-молекулярный уровень организации материи, чрезвычайно сложно описываемый на фундаментальном уровне, на уровне квантовой механики, потребовал выработки своего химического языка. Сегодня физика, составляющая ядро теоретической химии, служит базой дальнейшего разви-

тия этой науки. Развитие современной химии, ее основные концепции оказались тесно связанными не только с физикой, но и с другими естественными науками, особенно с биологией.

**Основная цель** современной химии, вокруг которой строится вся исследовательская работа, заключается в получении веществ с заданными свойствами. Это и определяет содержание двуединой центральной **задачи химии**: исследование генезиса (то есть происхождения) свойств веществ и разработка на этой основе методов получения веществ с заранее заданными свойствами.

Химические знания до определенного времени накапливались эмпирически, пока не назрела необходимость в их классификации и систематизации, т.е. в теоретическом обобщении. Основоположителем *системного освоения химических знаний* явился русский ученый Д.И. Менделеев. Попытки объединения химических элементов в группы предпринимались и ранее, однако не были найдены определяющие причины изменений свойств химических веществ.

Д.И. Менделеев исходил из принципа, что любое точное знание представляет систему. Такой подход позволил ему в 1869 г. открыть периодический закон и разработать Периодическую систему химических элементов. В его системе основной характеристикой элементов являются *атомные веса*, в периодической зависимости от которых находятся свойства простых веществ и соединений.

Это обобщение давало новые представления об элементах, но в силу того, что еще не было известно строение атома, физический смысл его был недоступен. Позднее, в связи с успехами квантовой теории, физика помогла составить представление об атоме элемента как о сложной квантово-механической системе. Место элемента получило новый смысл, оказавшись обусловленным *зарядом ядра атома (Z)*. На этой основе были выяснены особенности строения электронных орбит всех элементов и раскрыт физический смысл Периодического закона. **Химический элемент** — это вид атомов с одинаковым зарядом ядра, то есть совокупность изотопов. Под это современное определение попадают как отдельные атомы, так и атомы, находящиеся в химической связи с другими атомами.

Практически все элементы проявляются в земных условиях в составе тех или иных химических систем — химических соединений. Какие из многокомпонентных тел следует отнести к химическому соединению, а что считать простыми смесями?

Проблема химического соединения традиционно решалась с позиций атомистической концепции. В начале XIX в. английский химик Дж. Дальтон обосновал **закон постоянства состава**, отражающий неизменное соотношение компонентов данного вещества. Долгое время не допускалось отклонения от этого закона. Однако уже современник Дальтона французский химик К.Бертолле указывал на возможность существования соединений переменного состава в форме растворов и расплавов. Впоследствии были найдены доказательства существования химических соединений переменного состава.

Суть проблемы химического соединения, как оказалось, состоит не столько в постоянстве или непостоянстве химического состава, сколько в физической

природе сил, объединяющих атомы в молекулу. Эти силы символизируются **химическими связями**. В общем случае химические связи обусловлены проявлением волновых свойств валентных электронов: перекрыванием электронных облаков, обобществлением электронов. В результате выяснения физической сущности химической связи понятие молекулы претерпело изменение. Теперь в категорию молекулы вошли и такие квантово-механические системы, как монокристаллы, а также полимеры, образованные за счет водородных связей. Но это уже макроскопические молекулы (**макромолекулы**). Прежде к макромолекулам относили только гигантские органические молекулы (полимеры), имеющие молекулярную массу порядка  $10^6$ , построенные из многих повторяющихся частей — более простых органических систем (мономеров).

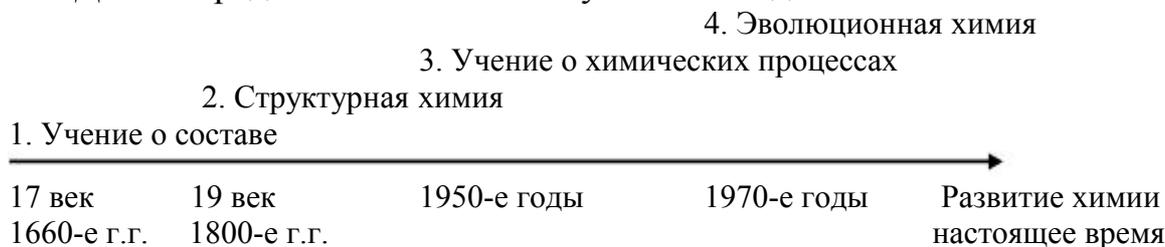
В соответствии с современной точкой зрения, **химическое соединение** — это вещество, атомы которого за счет химических связей объединены в молекулы, комплексы, макромолекулы, монокристаллы или иные квантово-механические системы. В настоящее время состав любого вещества в строго математическом смысле переменен. Ясно, что классификация некоторого конкретного вещества целиком зависит от точности методов определения состава.

Современное содержание понятия «химическое соединение» сопряжено с новыми направлениями в химии. Появилась, например, **химия твердого тела**. Отдельную область химических соединений непостоянного состава образовали так называемые поверхностные соединения, которыми стала заниматься **химия поверхности**.

До системного подхода в химии Д.И. Менделеева учебники по химии были очень громоздкими и состояли из многих томов по несколько сот страниц. Учебник Д.И. Менделеева «Основы химии», выпущенный в 1868-1871 г.г. и построенный на системных обобщениях, логично излагал в одной книге стройную систему химических знаний того времени. С тех пор в химии эмпирический материал возрос неимоверно, появились новые отрасли химических знаний.

### 3. Концептуальные системы современной химии

По мере развития химии до ее современного уровня в ней сложились четыре совокупности подходов к решению основной задачи. Развитие этих подходов обусловило формирование четырех концептуальных систем химических знаний. Для их представления воспользуемся наглядной схемой.



На схеме показано последовательное появление новых концепций в химической науке, которые опирались на предыдущие достижения, сохраняя в себе все необходимое для дальнейшего развития.

**1) Учение о составе** в полностью научном смысле зарождается в 1661 г. с появлением в книге Бойля «Химик-скептик» принципиально нового представления об элементах, как о неразложимых далее телах (частицах), из которых состоят все «смешанные тела» (соединения). Основной тезис учения о составе состоит в следующем: *свойства вещества определяются его составом, т.е. тем, из каких элементов и в каком их соотношении образовано данное вещество*. Объектом учения о составе является вещество как совокупность атомов. На этом уровне решались вопросы определения химического элемента, химического соединения и получения новых материалов на базе более широкого использования химических элементов. Предпринимаются попытки систематизации химических элементов (Лавуазье, Доберейнер, Менделеев) Изучение состава веществ связано с производством новых материалов, с включением в их состав новых химических элементов.

**2) Структурная химия** появляется в первой половине XIX-го века и исходит из следующего тезиса: *свойства вещества определяются структурой молекулы вещества, т.е. её элементным составом, порядком соединения атомов между собой и их расположением в пространстве*. Как видим, новая концептуальная система никоим образом не отвергает предшествующую и не означает завершения познавательного процесса на данном уровне; её появление представляет собой создание ряда теорий более высокой степени общности. Появление новой концептуальной системы означало в данном случае превращение химии из науки преимущественно *аналитической* в науку главным образом *синтетическую*. Объектом структурной химии является молекула химического вещества как единое целое. В рамках этого подхода возникло понятие **«реакционная способность»**, включающая представление о химической активности отдельных фрагментов молекулы – отдельных ее атомов (и даже отдельных химических связей) или целых атомных групп. С возникновением структурной химии у химической науки появились неизвестные ранее возможности целенаправленного качественного влияния на преобразование вещества. Еще в 1857 г. нем. химик Ф.А. Кекуле показал, что углерод четырехвалентен, и это дает возможность присоединить к нему до четырех одновалентных элементов. Азот может присоединить до трех одновалентных элементов, кислород – до двух. Эта схема Кекуле натолкнула исследователей на понимание механизма получения новых химических соединений. А.М. Бутлеров заметил, что в таких соединениях большую роль играет энергия, с которой вещества связываются между собой. В настоящее время достижения структурной химии используются для синтеза органических и неорганических соединений с заданными свойствами.

**3) Учение о химических процессах**, зародившееся во второй половине XIX в., исходит из посылки, что *свойства вещества определяются его составом, структурой и организацией системы, в которой это вещество находится*. В рамках этой концепции с помощью методов физической кинетики и термодинамики были выявлены факторы, влияющие на направленность и скорость протекания химических превращений и на их результат. Химия вскрыла механизмы управления реакциями и предложила способы изменения свойств получаемых веществ. Предметом изучения химии на этом уровне становится вся кинетиче-

ская система, в которой структура молекулы вещества представлена лишь как частность. Учение о химическом процессе выделяется в самостоятельную концепцию химии, когда накапливаются экспериментальные факты, указывающие на то, что законы, управляющие химическими реакциями, не могут быть сведены к составу вещества и структуре его молекулы. Химические процессы представляют собой сложнейшее явление, как в неживой, так и в живой природе. Эти процессы изучают химия, физика, биология. Перед химической наукой стоит задача – научиться управлять химическими процессами (ускорять или замедлять процессы, смещать равновесие). Этим занимаются химическая термодинамика и химическая кинетика.

4) Последний этап концептуального развития химии – **эволюционная химия** – связан с использованием в ней некоторых принципов, реализованных в химизме живой природы. Одна из задач эволюционной химии – понять, как из неорганической материи возникает органическая как основа жизни. Поэтому эволюционную химию можно назвать «предбиологией». И.Я. Берцелиус первым установил, что основой живого является биокатализ, т.е. присутствие различных природных веществ в химической реакции, способных управлять ею, замедляя или ускоряя ее протекание. В эволюционной химии существенное место отводится проблеме «самоорганизации» систем, осуществляется поиск таких условий, при которых в процессе химических превращений идет самосовершенствование катализаторов реакций. По существу речь идет об изучении и применении *самоорганизации* химических систем, происходящих в клетках живых организмов. Теория самоорганизации отражает законы такого существования динамических систем, которое сопровождается их восхождением на все более высокие уровни сложности в системной упорядоченности, или материальной организации. Химическая наука на ее высшем эволюционном уровне углубляет представления о мире. Концепции эволюционной химии, в том числе о химической эволюции на Земле, о самоорганизации и самосовершенствовании химических процессов, о переходе от химической эволюции к биогенезу, являются убедительным аргументом, подтверждающим научное понимание происхождения жизни во Вселенной. Химическая эволюция создала все предпосылки для появления живой и неживой природы. А Земля оказалась в таких специфических условиях, что эти предпосылки смогли реализоваться.

Теория саморазвития элементарных *открытых* каталитических систем, выдвинутая в 1964 г. А.П. Руденко, по существу представляет собой единую теорию хемо- и биогенеза. Она решает в комплексе вопросы о движущих силах и механизме эволюционного процесса, то есть о законах химической эволюции, об отборе элементов и структур, о сложности химической организации и иерархии химических систем как следствия эволюции. Сущность этой теории состоит в том, что химическая эволюция представляет собой саморазвитие каталитических систем, и, следовательно, эволюционирующим веществом являются катализаторы.

Эта теория является в настоящее время основанием эволюционной концепции в химии. Одно из важнейших следствий этой теории – установление пределов химической эволюции и перехода от хемогенеза к биогенезу.

Таким образом, эволюционная химия совместно с другими естественными науками, постепенно подступает к расшифровке механизма предбиологической эволюции и зарождения живого, а вместе с этим – и к созданию новейших технологий на принципах, позаимствованных у живой природы.

Итак, история развития химии представляет собой ряд химических революций, каждая из которых знаменует появление новой концепции, нового способа решения основной задачи химии. Экспериментальные факты, противоречащие старым теориям, приводят к появлению новых, которые либо отвергают старые, либо включают их в себя как частный случай. Каждая новая концептуальная ступень в развитии химии, означает не отрицание подходов, использовавшихся ранее, а опору на них как на основание.

## **Тема 2. Химическая связь (1 ч.)**

### **1. Развитие представлений о природе химической связи**

После построения периодической системы элементов Д.И.Менделеева и определения периодичности свойств атомов встал вопрос о взаимодействии между этими атомами, то есть необходимо было выяснить, что такое химическое сродство или химическая связь.

На всех этапах развития химии вопросам химической связи уделялось большое внимание, и создавались теории в соответствии с научными представлениями своего времени. В начале XIX в., когда была известна только одна количественная характеристика атома – масса, возникновение химических сил объяснялось на основе гравитационной теории Бертолле взаимодействием масс атомов.

Гравитационная теория сменилась электрохимической теорией химической связи, предложенной шведским ученым Берцелиусом. В соответствии с этой теорией все атомы имеют положительный и отрицательный полюса, причем у одних атомов преобладает положительный заряд (электроположительные атомы), у других – отрицательный (электроотрицательные атомы). Атомы с противоположными зарядами притягиваются, образуя молекулу.

Теория Берцелиуса – это первая научная теория химической связи, которой приписывается электрическая природа. Но уже к середине XIX в. был накоплен большой экспериментальный материал, который противоречил этой теории. Например, она не могла объяснить существование двухатомных молекул, образованных одинаковыми атомами с одноименными зарядами ( $H_2$ ,  $O_2$  и др.). Противоречило теории замещение в органических соединениях электроположительного водорода на электроотрицательный хлор. Поэтому от этой теории пришлось отказаться.

Фундаментальной основой для объяснения химической связи явилась теория химического строения А.М.Бутлерова, согласно которой свойства соединений зависят от природы и числа составляющих их частиц и химического строения.

Согласно теории Бутлерова, основные положения которой сформулированы в 1861 г.:

- все атомы в молекуле (органической) соединяются между собой в определенном порядке в соответствии с их валентностью, что и обуславливает химическое строение молекул;
- молекулы с одинаковым составом могут иметь разное химическое строение и соответственно обладать различными свойствами. Такие молекулы называют изомерами. Для каждой эмпирической формулы можно вывести определенное число теоретически возможных изомеров;
- атомы в молекуле оказывают взаимное влияние друг на друга, то есть их свойства могут изменяться в зависимости от других атомов соединения. Взаимное влияние испытывают не только связанные, но и непосредственно не связанные атомы;
- каждое органическое соединение имеет лишь одну химическую формулу.

Эта теория нашла подтверждение не только для органических, но и для неорганических веществ, поэтому ее считают фундаментальной теорией химии. Далее следовало определить, каким же образом происходит образование химических соединений, то есть, установить природу химической связи. Решение вопроса о природе химической связи стало возможным только после открытия электронного строения атомов, так как это позволило установить фундаментальную роль электронов в образовании химической связи. Первыми учеными, попытавшимися ответить на этот вопрос, были Коссель и Льюис.

## **2. Химическая связь, ее типы и свойства**

Под *химической связью* понимают различные виды взаимодействий, с помощью которых реализуется устойчивое существование двух- и многоатомных соединений: молекул, ионов, кристаллических веществ, и т.п.

Основными чертами химической связи являются:

1. Снижение общей энергии двух- или многоатомной системы по сравнению с суммарной энергией изолированных частиц, образующих данную систему.
2. Перераспределение электронной плотности в области химической связи по сравнению с простым наложением электронных плотностей несвязанных атомов, сближенных на расстояние связи.

Природа химической связи обусловлена взаимодействием положительно заряженного ядра с отрицательно заряженными электронами, а также электронов друг с другом.

Химическая связь может быть ионной, ковалентной (полярной и неполярной), металлической. Помимо этого, между молекулами в химическом соединении могут возникать более слабые взаимодействия: водородная связь и ван-дер-ваальсовы силы.

В 1916 г. немецкий ученый Коссель высказал идею о том, что при взаимодействии атомы отдают или получают электроны, превращаясь в катионы

(положительно заряженные ионы) или анионы (отрицательно заряженные ионы) устойчивой электронной конфигурации. Их взаимное притяжение обуславливает устойчивую химическую связь. Идеи Косселя легли в основу теории ионной химической связи.

В том же году американец Льюис предположил, что внешние электронные конфигурации молекул возникают в результате обобществления электронов. Такая связь, полученная в результате обобществления пары электронов, называется ковалентной.

В результате образования химической связи атомы могут приобретать такую же электронную конфигурацию, как у благородных газов, которые (за исключением гелия) имеют на внешней оболочке восемь электронов - октет. Стремление к созданию такой устойчивой электронной конфигурации называется **правилом октета**. Это правило справедливо и для ионной, и для ковалентной связи.

Электроны внешней оболочки, участвующие в образовании химической связи, могут изображаться точками (формула Льюиса), а связи – черточками.

<i>Молекула</i>	HJ	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>
<i>Связь</i>	H – J	H – C = C – H     H H	N ≡ N
<i>Формула Льюиса</i>	H : J	H : C :: C : H .. .. H H	N :: N ..
<i>Название</i>	Одинарная	Двойная	Тройная

Для простых веществ можно изображать химическую связь с помощью квантовых ячеек:

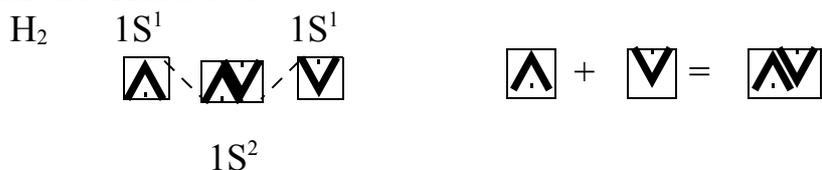


Схема показывает, что химическая связь образуется двумя электронами с противоположно направленными спинами, а молекулярный энергетический уровень ниже исходных атомных уровней, следовательно, молекулярное состояние более устойчиво.

Поскольку при образовании связи происходит понижение общей энергии системы, можно сделать вывод о том, что часть энергии выделяется. Такая энергия, выделившаяся при образовании одной связи (т.е. выигрыш в энергии при образовании соединения из отдельных атомов) или затраченная на разрушение связи, называется **энергией связи** ( $E_{св}$ , кДж). Для многоатомных соединений с одинаковыми связями, энергия одной связи равна отношению энергии образования молекулы к количеству связей в этой молекуле. Чем выше энергия связи, тем устойчивее образованная молекула. Другой важной характеристикой является **длина связи** ( $l_{св}$ ) – расстояние между ядрами атомов, образующих молекулу.

лекулу. По длине химической связи можно косвенно судить о такой важной ее характеристике как прочность. Чем ближе располагаются взаимодействующие атомы, тем полнее перекрываются их атомные орбитали. Следовательно, химическая связь тем прочнее, чем меньше ее длина. Энергия связи также зависит от степени перекрывания электронных оболочек и их размеров. Чем меньше длина связи, тем устойчивее молекула (больше  $E_{св}$ ).

## 2.1 Ковалентная связь

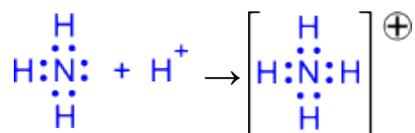
Химическая связь, образованная путем обобществления пары электронов двумя атомами, называется **ковалентной**.

Различают обменный и донорно-акцепторный механизм образования ковалентной связи.

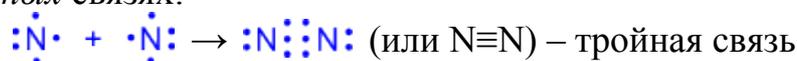
1) *Обменный механизм*. Каждый атом дает по одному неспаренному электрону в общую электронную пару:



2) *Донорно-акцепторный механизм*. Один атом (донор) предоставляет электронную пару, а другой атом (акцептор) предоставляет для этой пары свободную орбиталь;



Два атома могут обобществлять несколько пар электронов. В этом случае говорят о *кратных* связях:



Число общих электронных пар, связывающих атом данного элемента с другими атомами, или, иначе говоря, число образуемых атомом ковалентных связей, называется **ковалентностью** элемента в соответствующем соединении.

Характерные свойства ковалентной связи - направленность, насыщенность, полярность, поляризуемость – определяют химические и физические свойства органических соединений.

1. **Направленность** связи обуславливает молекулярное строение органических веществ и геометрическую форму их молекул. Атомные орбитали пространственно ориентированы, следовательно, перекрывание электронных облаков происходит по определенным направлениям. Это и обуславливает направленность ковалентной связи. Количественно направленность выражается в виде валентных углов между направлениями химической связи в молекулах и твердых телах.

2. **Насыщенность** – способность атомов образовывать ограниченное число ковалентных связей. Насыщенность ковалентной связи вызывается ограничением числа электронов, находящихся на внешних оболочках, которые могут участвовать в образовании ковалентной связи.

**3. Полярность** связи обусловлена неравномерным распределением электронной плотности вследствие различий в электроотрицательностях атомов. По этому признаку ковалентные связи подразделяются на *неполярные* и *полярные*.

Если электронная плотность расположена симметрично между атомами, ковалентная связь называется *неполярной*. Например, в двухатомных молекулах простых веществ ( $H_2$ ,  $F_2$ ,  $Cl_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$  и т.д.) электронные пары, образующие ковалентные связи, в равной степени принадлежат обоим атомам, то есть общая электронная пара (пары) равномерно распределяется между ними. Следовательно, можно сказать, что общая электронная пара находится посередине между атомами.

Если электронная плотность смещена в сторону одного из атомов, то ковалентная связь называется *полярной*. Такая связь образуется между различными атомами (H-F, H-O-H, H-Cl, H-S-H).

Полярность связи тем больше, чем больше разность электроотрицательностей атомов.

**Электроотрицательность** – это способность атома притягивать электронную плотность от других атомов. Чем выше ЭО у одного из образующих связь атомов, тем более вероятно смещение электронной пары в сторону ядра данного атома. Самый электроотрицательный элемент - фтор, самый электроположительный - франций.

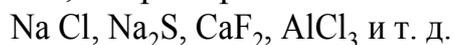
**4. Поляризуемость** связи выражается в смещении электронов связи под влиянием внешнего электрического поля, в том числе и другой реагирующей частицы. Поляризуемость определяется подвижностью электронов. Электроны тем подвижнее, чем дальше они находятся от ядер. Мерой полярности связи является ее дипольный момент.

С увеличением разности электроотрицательностей атомов, образующих молекулу, дипольный момент возрастает. Если эффективный заряд стремится к 1, то связь можно считать ионной. Но даже в случае ионной связи  $q < 1$ , поэтому любая ионная связь имеет долю ковалентности. В большинстве случаев химическая связь сочетает свойства ковалентной и ионной связи, поэтому ее можно считать ковалентной химической связью с долей ионности, которая характеризуется эффективным зарядом, возрастающим с увеличением разности ЭО.

Полярность и поляризуемость ковалентных связей определяет реакционную способность молекул по отношению к полярным реагентам.

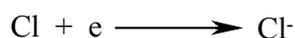
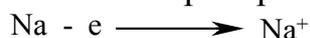
## 2.2 Ионная связь

**Ионная связь** – это электростатическое взаимодействие положительно и отрицательно заряженных ионов в химическом соединении. Ионная связь возникает при большой разности ЭО, например: катионы металлов первой и второй групп Периодической системы и анионы элементов шестой и седьмой групп (фтор, хлор, кислород). Наиболее типичными соединениями являются твердые неорганические соли, например:



Ионная связь реализуется между ионами противоположного знака. Этот тип связи можно рассматривать как крайний случай полярной ковалентной связи, имеющий место при полном перемещении электрона от менее электроотрицательного атома к более электроотрицательному. В рамках простейшей модели механизм образования ионной связи состоит из двух стадий:

- образование ионов в результате полного переноса электронов от менее электроотрицательного атома к более электроотрицательному:



- электростатическое притяжение между разноименно заряженными ионами:

**Ионы** – это заряженные частицы, в которые превращаются атомы в результате отдачи или присоединения электронов.

Электрическое поле иона имеет сферическую форму, поэтому ионная связь не обладает направленностью. Ионная связь не обладает насыщенностью, так как ион может взаимодействовать с соседними ионами. Это обуславливает склонность ионных молекул к ассоциациям (соединению друг с другом). Ионные вещества состоят не из отдельных молекул, а из большого количества ионов, связанных в кристаллическую решетку. В большинстве растворов соединений с ионной связью также нет отдельных молекул, поскольку при растворении в полярных растворителях (вода, спирты и т. д.) ионные соединения обычно распадаются (диссоциируют) на составляющие их ионы, а в неполярных растворителях органической природы они, как правило, не растворяются. Ионные молекулы существуют только в парах при очень высокой температуре. При этом в парах существуют не только простейшие молекулы, но и другие, ассоциаты из нескольких молекул и ионы. Так, в парах хлорида натрия обнаружены:  $\text{NaCl}$ ,  $(\text{NaCl})_2$ ,  $(\text{NaCl})_3$ ,  $(\text{Na}_2\text{Cl})^+$ ,  $(\text{NaCl}_2)^-$ .

Необходимо отметить, что даже в галогенидах щелочных металлов, образованных атомами элементов, наиболее отличающихся по электроотрицательности, не существует идеальной («стопроцентной») ионной связи.

### 2.3 Металлическая связь

Атомы металлов содержат на внешних уровнях мало электронов, и, следовательно, много вакантных атомных орбиталей. Протекание процессов в сторону понижения внутренней энергии системы заставляет атомы образовывать максимально возможное число химических связей - химически насыщаться. Атомы металлов могут достичь этого лишь при их тесной взаимной упаковке в кристаллические структуры. В кристалле, как в многоатомной частице, число молекулярных орбиталей равняется сумме орбиталей отдельных атомов. Энергетические уровни, отвечающие орбиталям, содержащим электроны связи, образуют валентную зону.

Суть **металлической связи** состоит в обобществлении многих электронов многими атомами. Таким образом, в отличие от «классической» двухцентровой двухэлектронной ковалентной связи металлическая связь является многоцентровой и многоэлектронной.

Упрощенно металлическую связь представляют таким образом, что металл состоит из положительных ионов, погруженных в облако свободных электронов – «электронный газ», связывающий эти ионы.

Благодаря свободному перемещению электронов по всему объему кристалла металлы имеют высокую тепло- и электропроводность, пластичность и ковкость, характерный блеск и т. д.

## 2.4 Водородная связь

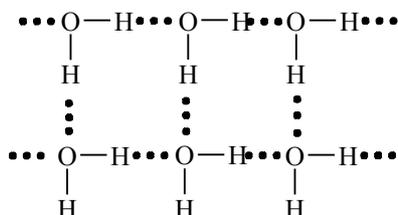
**Водородная связь** – это связь между положительно заряженным атомом водорода одной молекулы и отрицательно заряженным атомом другой молекулы. Эта связь менее прочная, чем обычная ковалентная связь. По некоторым своим свойствам (направленность, насыщенность) водородная связь напоминает ковалентную. В общем виде образование водородной связи можно представить следующим образом:



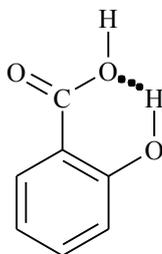
Механизм образования водородной связи в значительной степени сводится к донорно-акцепторному взаимодействию (донор электронной пары — атом электроотрицательного элемента; акцептор — атом водорода).

Энергия водородной связи тем выше, чем выше электроотрицательность атома-партнера и чем меньше его радиус. В наибольшей степени водородная связь характерна для фтора, кислорода и азота.

Водородная связь оказывает сильное влияние на физические и химические свойства соединений. Так, высокая температура кипения воды, по сравнению с гидридами других элементов VI обусловлена пространственной сеткой водородных связей:

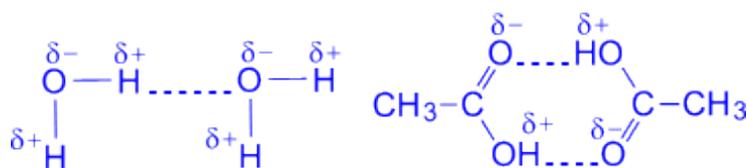


Во многих органических соединениях обнаруживают внутримолекулярную водородную связь, оказывающую сильное влияние на химические и спектральные свойства соединений:



салициловая кислота

Водородная связь имеет частично электростатический, частично донорно-акцепторный характер.



Водородная связь изображена точками

Наличие водородных связей объясняет высокие температуры кипения воды, спиртов, карбоновых кислот.

## 2.5 Межмолекулярные взаимодействия

Хотя молекулы в целом нейтральны, между ними проявляется межмолекулярное взаимодействие. Как и силы связи между атомами, межмолекулярные силы имеют электрическую природу. Они обусловлены полярностью и поляризуемостью молекул.

Различают три типа межмолекулярного взаимодействия:

1. **Ориентационное взаимодействие** двух полярных молекул. При сближении полярные молекулы ориентируются относительно друг друга противоположно заряженными концами диполей. Чем более полярны молекулы, тем прочнее связь. С повышением температуры ориентационное взаимодействие ослабляется, так как тепловое движение молекул нарушает ориентацию.

2. **Индукционное взаимодействие** между полярной и неполярной молекулами: первая деформирует электронное облако второй. В результате у неполярной молекулы возникает временный электрический момент диполя, а затем обе молекулы взаимодействуют как диполи. В отличие от ориентационного индукционное взаимодействие не зависит от температуры, оно зависит от напряженности электрического поля полярной молекулы.

3. **Дисперсионное взаимодействие** между двумя неполярными молекулами. Вследствие движения электронов внутри молекулы в одной из них происходит небольшая мгновенная деформация электронного облака, создающая асимметрию в распределении зарядов. Возникает также диполь, который существует очень короткое время. Между этим диполем и соседней молекулой происходит взаимодействие, создающее в ней мгновенный наведенный (индуцированный) диполь.

При межмолекулярном взаимодействии проявляются все три типа сил. Из таблицы 1 видно, что наименьшей составляющей является индукционный эффект. Дисперсионный эффект наиболее характерен для неполярных и мало полярных молекул. Ориентационные силы возрастают с ростом электрического момента диполя молекул.

Таблица 1. Относительное значение межмолекулярных сил (%)

Вещество	Ориентационный эффект	Индукционный эффект	Дисперсионный эффект
CH <sub>4</sub>	0	0	100
H <sub>2</sub>	0	0	100
HI	0,1	0,4	99,5
HBr	3,3	2,2	94,5

HCl	14,4	4,2	81,4
H <sub>2</sub> O	77,0	4,0	19,0

Все три типа межмолекулярного взаимодействия называют *ван-дер-ваальсовыми силами*, в честь голландского физика-химика Ван-дер-Ваальса, который впервые определил количественные характеристики этих сил для реального газа. Ван-дер-ваальсовы силы очень невелики и очень быстро уменьшаются с увеличением расстояния между молекулами. Они проявляются при переходе вещества из газообразного состояния в жидкое, при кристаллизации сжиженных газов и др. процессах.

### Тема 3. Химические процессы. Химическая термодинамика. Химическая кинетика (2 ч.)

#### 1. Учение о химических процессах

*Химические реакции* – это химическая форма движения материи, которая проявляется в превращении одних веществ в другие. *Химические процессы* состоят из множества химических реакций. Способность к взаимодействию различных химических реагентов определяется не только их атомарно-молекулярной структурой, но и условиями протекания химических реакций. К ним относятся термодинамические факторы (температура, давление и др.) и кинетические факторы (все, что связано с переносом веществ, образованием их промежуточных форм). Их влияние на химические реакции вскрывается на концептуальном уровне химии, который обобщенно называют *учением о химических процессах*.

Химические процессы изучают для того, чтобы уметь ими управлять. Для изучения закономерностей протекания химических реакций и управления ими разработаны такие разделы химии как химическая термодинамика, химическая кинетика, учение о равновесии.

Учение о химических процессах является областью глубокого взаимопроникновения физики, химии и биологии. Действительно, в основе этого учения находятся химическая термодинамика и кинетика, которые в равной степени относятся и к химии, и к физике. А живая клетка, исследуемая биологической наукой, представляет собой в то же время микроскопический химический реактор, в котором происходят превращения, изучаемые химией, и многие из которых химия пытается реализовать в макроскопическом масштабе. Таким образом, изучая условия протекания и закономерности химических процессов, человек вскрывает глубокую связь, существующую между физическими, химическими и биологическими явлениями и одновременно перенимает у живой природы опыт, необходимый ему для получения новых веществ и материалов.

#### 2. Основные понятия химической термодинамики и термохимические расчеты

Предметом *химической термодинамики* является изучение превращений энергии при химических реакциях и способности химических систем выполнять полезную работу.

*Химическая термодинамика* применяет положения и законы общей термодинамики к изучению химических явлений. Методы химической термодинамики позволяют (1) теоретически предсказать возможность протекания той или иной реакции; (2) предсказать направление, в котором пойдет реакция; (3) определить степень превращения веществ, а также (4) рассчитать величины тепловых эффектов реакций.

В химической термодинамике применяются те же понятия, термины и величины, что и в общей термодинамике.

*Система* – отдельное тело или группа тел, находящихся во взаимодействии, обособленная от окружающей среды реальной или воображаемой оболочкой (границей). Необходимым признаком *термодинамической системы* является большое число составляющих ее частиц (атомов, молекул и ионов).

В зависимости от однородности различают гомогенные и гетерогенные системы.

*Гомогенная система* – это однородная система, в которой нет частей, различающихся по свойствам и разделенных поверхностями раздела (н-р, воздух, вода, истинные растворы).

*Гетерогенная система* – это разнородная система, состоящая из двух или более частей, отличающихся по свойствам, между которыми есть поверхность раздела, где свойства системы резко меняются (н-р, эмульсии, аэрозоли, все существующие на Земле живые системы и др.).

В зависимости от характера взаимодействия с окружающей средой различают системы изолированные, закрытые и открытые.

Система, не обменивающаяся с окружающей средой ни веществом, ни энергией, называется *изолированной*. Такая идеализированная система используется как физическая абстракция при рассмотрении процессов, исключая влияние внешней среды.

Система, обменивающаяся с окружающей средой только энергией, называется *закрытой*. Закрытую систему можно создать искусственно, например, горячая жидкость в термосе.

Система, обменивающаяся с окружающей средой энергией, веществом и информацией, называется *открытой*. Открытой системой является любое живое существо, биосфера в целом, наша Земля.

Состояние системы характеризуется определенной совокупностью физических и химических величин, которые называются *параметрами системы*. Параметрами являются: масса ( $m$ ), количество вещества (число молей,  $n$ ), объем ( $V$ ), температура ( $T$ ), давление ( $p$ ), концентрация ( $c$ ).

Система характеризуется, кроме того, такими свойствами как *внутренняя энергия  $U$ , энтальпия  $H$ , энтропия  $S$ , энергия Гиббса  $G$* . Их изменение ( $\Delta$ ) в ходе химических реакций характеризует энергетику системы. Перечисленные свойства системы называются *функциями состояния*: они зависят от темпера-

туры, давления, концентрации и не зависят от пути процесса, а определяются только начальным и конечным состояниями системы.

Переход системы из одного состояния в другое, сопровождающийся изменением хотя бы одного параметра, называется **процессом**.

В зависимости от условий протекания различают следующие процессы:

- **изобарный** (при постоянном давлении);
- **изотермический** (при постоянной температуре);
- **изохорный** (при постоянном давлении);
- **адиабатический** (без обмена теплотой с внешней средой).

**Внутренняя энергия** системы – это полная энергия системы, которая равна сумме потенциальной и кинетической энергии всех частиц этой системы, в том числе на молекулярном, атомном и субатомном уровнях. Внутренняя энергия складывается из кинетической энергии движения атомов, молекул, ионов; из потенциальной энергии их взаимного притяжения и отталкивания; из энергии притяжения и отталкивания ядер и электронов ( $U = E_k + E_n + E_{хим} + E_{ядер}$ ).

Для химических реакций наиболее важна энергия, связанная с движением электронов в атомах, их притяжением к ядрам. Этот вид энергии отвечает за образование химических связей, за протекание химических реакций и часто называется просто **химической энергией**.

Абсолютное значение внутренней энергии системы определить невозможно. В химической термодинамике мы можем только определить изменение этой энергии при переходе системы из одного состояния в другое.

Согласно **первому закону термодинамики**, если система получает некоторое количество теплоты, то эта теплота расходуется на повышение внутренней энергии системы и на работу, которую система совершает против внешних сил:  $\Delta Q = \Delta U + A$

Первый закон термодинамики – это закон сохранения и превращения энергии, распространенный на тепловые явления.

Особенность процессов сохранения и превращения энергии применительно к химическим реакциям состоит в том, что если энергия исходных веществ больше, чем энергия продуктов реакции, то разница в энергиях обычно выделяется в виде тепловой энергии ( $+Q$ ). Такие реакции называются **экзотермическими**. Если же энергия исходных веществ меньше, чем энергия продуктов реакции, то недостаток химической энергии должен быть восполнен за счет тепловой энергии извне ( $-Q$ ). Такие реакции называются **эндотермическими**.

Для того, чтобы температура реакционной системы при проведении реакции в промышленности и технике оставалась постоянной, при протекании экзотермических реакций необходимо отводить избыток тепла, а при проведении эндотермических реакций необходимо подводить к системе тепло. Но для того, чтобы подводить или отводить нужное количество теплоты, надо уметь определять тепловые эффекты химических реакций.

**Тепловым эффектом** химической реакции называется теплота, которая поглощается или выделяется системой в процессе протекания реакции. Если реакция осуществляется при постоянном давлении и температуре, то ее тепловой эффект выражается в виде энтальпии ( $\Delta H = -Q$ ), т.е. знак энтальпии противо-

положен знаку теплового эффекта (энтальпия как бы учитывает интересы самой системы).

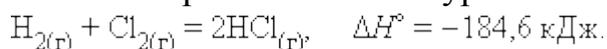
**Энтальпия** – термодинамическая функция, характеризующая полное теплосодержание системы при изобарно-изотермических условиях ( $p, T = \text{const}$ ).

$$\Delta H = \Delta U + P\Delta V$$

$$\Delta H = H_{\text{прод.}} - H_{\text{исх.}}$$

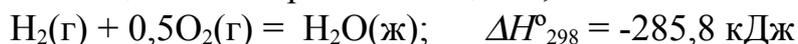
Положительная величина  $\Delta H$  означает, что в ходе химической реакции (процесса) тепло поглощается из окружающей среды ( $\Delta H > 0$ , эндотермический процесс); отрицательная величина  $\Delta H$  означает, что в ходе химической реакции (процесса) тепло выделяется в окружающую среду ( $\Delta H < 0$ , экзотермический процесс). Символ  $\Delta H^\circ_{298}$  используют для обозначения изменения энтальпии, сопровождающего процесс (химическую реакцию) при 298 К (25°C) и давлении 1 атм. ( $p = 101,325$  кПа), т.е. при стандартных условиях. Нижний индекс обычно опускают.

Уравнения химических реакций с указанием энтальпии процесса называют **термохимическими**. Численные значения энтальпии  $\Delta H$  указывают через запятую в кДж и относят ко всей реакции с учетом стехиометрических коэффициентов всех реагирующих веществ. Поскольку реагирующие вещества могут находиться в разных агрегатных состояниях, то оно указывается в скобках: (т) – твердое, (к) – кристаллическое, (ж) – жидкое, (г) – газообразное, (р) – растворенное. Например, при взаимодействии газообразных  $H_2$  и  $Cl_2$  образуются два моля газообразного  $HCl$ . Термохимическое уравнение записывается так:



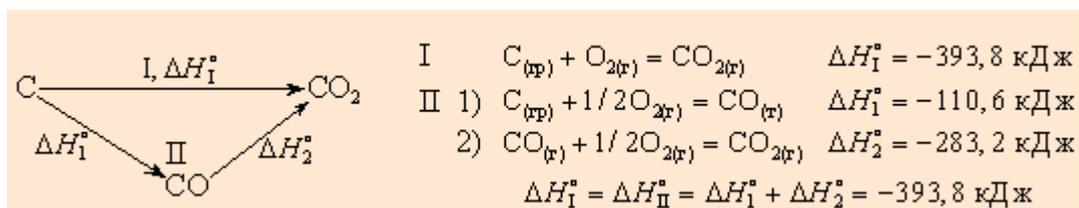
При расчетах тепловых эффектов любых реакций используют теплоты образования всех участвующих в реакции соединений как исходных, так и продуктов реакции.

**Теплота (энтальпия) образования** – тепловой эффект реакции образования одного моля вещества из простых веществ, его составляющих:



Энтальпия образования простых веществ принята равной нулю.

Теплоты образования определяют экспериментально с помощью специальных калориметров. В них проводят реакцию с точно известным количеством реагентов и измеряют количество выделившейся или поглотившейся теплоты по изменению температуры в ходе реакции. Однако подавляющее большинство химических соединений трудно или невозможно непосредственно получить из простых веществ. Энтальпии подобных реакций могут быть вычислены по известным энтальпиям других реакций, используя **закон Гесса**. Этот закон был сформулирован петербургским профессором Германом Ивановичем Гессом в 1841 г.: *Энтальпия реакции, т.е. ее тепловой эффект зависит только от природы и состояния исходных веществ и конечных продуктов и не зависит от пути, по которому протекает реакция.*



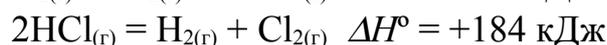
Т.е. закон Гесса утверждает, что если какое-либо превращение может быть осуществлено несколькими разными путями, то результирующее изменение энтальпии одинаково для любого пути.

В термохимических расчетах используются следствия из закона Гесса:

- изменение теплового эффекта (энтальпии) реакции равно сумме теплот (энтальпий) образования ( $\Delta H^\circ$ ) продуктов реакции за вычетом суммы теплот (энтальпий) образования исходных веществ с учетом их стехиометрических коэффициентов:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_{(\text{продукты})} - \sum \Delta H^\circ_{(\text{исх.вещ.})}$$

- изменения теплового эффекта (энтальпии) реакции, протекающей в прямом и обратном направлениях, равны по величине и противоположны по знаку:



Из вышесказанного видно, что закон Гесса позволяет обращаться с термохимическими уравнениями как с алгебраическими, т. е. складывать и вычитать их, если термодинамические функции относятся к одинаковым условиям.

Для химических процессов изменение внутренней энергии системы не является единственным критерием, по которому можно судить о возможности протекания реакции. Вторым критерием является **энтропия** (третья термодинамическая функция, в переводе с греч.- превращение).

**Энтропия (S)** – термодинамическая функция, характеризующая меру неупорядоченности системы. Это понятие было введено в науку в сер. XIX в. нем. физиком Рудольфом Клаузиусом на основании **второго закона** термодинамики, который определяет направленность и пределы протекания самопроизвольных процессов.

Одна из формулировок второго закона называется **законом возрастания энтропии**: *Любая изолированная система имеет тенденцию самопроизвольно переходить в более беспорядочное состояние, т.е. в состояние с большей энтропией.*

Самый большой порядок в идеальном кристалле при температуре абсолютного нуля (энтропия минимальна). С ростом температуры энтропия возрастает. При переходе из твердого состояния в жидкое (плавление) энтропия увеличивается резко скачком, то же самое происходит при переходе тела из жидкого состояния в газообразное (испарение).

Изменение энтропии реакции рассчитывают по разности энтропий продуктов реакции и исходных соединений. Если согласно расчетам  $\Delta S > 0$ , то идет прямая реакция, если  $\Delta S < 0$ , то идет обратная реакция. Таким образом определяют направление протекания реакции только в изолированных системах.

Направление самопроизвольно протекающих процессов в неизолированных системах определяется двумя факторами:

- Стремлением к уменьшению химической энергии с выделением теплоты. Поэтому самопроизвольно идут экзотермической реакции;
- Стремлением к максимальному беспорядку, т.е. к увеличению энтропии системы. Поэтому самопроизвольно могут идти эндотермические реакции.

Критерием, позволяющим определять направление протекания реакции в открытых системах, является *энергия Гиббса* – обобщенная термодинамическая функция состояния системы, учитывающая энергетику и неупорядоченность системы ( $V, T = \text{const}$ ).

Изменения энергии Гиббса рассчитывают по формуле:

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

$\Delta H$  – энтальпийный фактор;  $T\Delta S$  – энтропийный фактор.

Энергия Гиббса учитывает не только изменение порядка в системе, но и изменение теплосодержания системы. Реакции идут в направлении уменьшения энергии Гиббса, т.е., если  $\Delta G < 0$ , то идет прямая реакция, если  $\Delta G > 0$ , то идет обратная реакция.

Для оценки знака  $\Delta G$  реакции необходимо определить знаки  $\Delta H$  и  $\Delta S$ .

- Если  $\Delta H < 0$  и  $\Delta S > 0$ , то всегда  $\Delta G < 0$ , и реакция возможна при любой температуре.
- Если  $\Delta H > 0$  и  $\Delta S < 0$ , то всегда  $\Delta G > 0$ , и реакция невозможна ни при каких условиях.
- В остальных случаях ( $\Delta H < 0, \Delta S < 0$  и  $\Delta H > 0, \Delta S > 0$ ) знак  $\Delta G$  зависит от соотношения  $\Delta H$  и  $T\Delta S$ . Реакция возможна, если она сопровождается уменьшением изобарного потенциала; при комнатной температуре, когда значение  $T$  невелико, значение  $T\Delta S$  также невелико, и обычно изменение энтальпии больше  $T\Delta S$ . Поэтому большинство реакций, протекающих при комнатной температуре, экзотермичны. Чем выше температура, тем больше  $T\Delta S$ , и даже эндотермические реакции становятся осуществляемыми.

Проиллюстрируем эти четыре случая соответствующими реакциями:

1.	$\Delta H < 0$ $\Delta S > 0$ $\Delta G < 0$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{--O--C}_2\text{H}_5(\text{r}) + 6\text{O}_{2(\text{r})} = 4\text{CO}_{2(\text{r})} + 5\text{H}_2\text{O}(\text{r}) + \text{Q}$ (реакция возможна при любой температуре)
2.	$\Delta H > 0$ $\Delta S < 0$ $\Delta G > 0$	$\text{N}_{2(\text{r})} + 2\text{O}_{2(\text{r})} = 2\text{NO}_{2(\text{r})} - \text{Q}$ (реакция невозможна при любых температурах)
3.	$\Delta H < 0$ $\Delta S < 0$ $\Delta G > 0, \Delta G < 0$	$\text{N}_{2(\text{r})} + 3\text{H}_{2(\text{r})} = 2\text{NH}_{3(\text{r})} + \text{Q}$ (реакция возможна при низкой температуре)
4.	$\Delta H > 0$ $\Delta S > 0$ $\Delta G > 0, \Delta G < 0$	$\text{N}_2\text{O}_{4(\text{r})} = 2\text{NO}_{2(\text{r})} - \text{Q}$ (реакция возможна при высокой температуре)

### 3. Скорость химической реакции

Скорости различных процессов (химических реакций, процессов растворения, кристаллизации, парообразования и т. д.) и их механизмы изучает *химическая кинетика*.

Когда говорят о скорости тела в курсе физики, то под скоростью понимают отношение пройденного телом пути за промежуток времени к этому промежутку времени. В химии реакция никуда не ходит, но в реакции по истечении некоторого времени изменяется количество реагирующих веществ (т.е. концентрация). Поэтому *скорость химической реакции* – это отношение изменения концентрации любого из реагирующих веществ в единицу времени в единице объема.

Для гомогенных реакции (реакций, протекающих в объеме фазы, в отличие от гетерогенных, происходящих на границах раздела фаз) скорость можно представить изменением концентрации во времени:

$$v = \pm \frac{\Delta c}{\Delta t},$$

где  $c = \frac{n}{V}$  — концентрация любого реагента, выражаемая в моль/л.

Поскольку концентрации исходных веществ убывают по мере прохождения реакции, то скорость при ее определении по концентрации реагентов имеет отрицательное значение. При использовании концентраций продуктов скорость реакции имеет положительное значение.

### 4. Факторы, влияющие на скорость химической реакции

Скорости химических реакций зависят от природы реагирующих веществ, концентрации реагирующих веществ, температуры и наличия или отсутствия катализатора.

#### Зависимость скорости реакции от природы реагирующих веществ

Большую роль играет характер химических связей и строение молекул реагентов. Реакции протекают в направлении разрушения менее прочных связей и образования веществ с более прочными связями. Так, для разрыва связей в молекулах  $H_2$  и  $N_2$  требуются высокие энергии; такие молекулы мало реакционно-способны. Для разрыва связей в сильнополярных молекулах ( $HCl$ ,  $H_2O$ ) требуется меньше энергии, и скорость реакции значительно выше. Реакции между ионами в растворах электролитов протекают практически мгновенно.

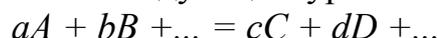
Примеры: Фтор с водородом реагирует со взрывом при комнатной температуре, бром с водородом взаимодействует медленно и при нагревании. Оксид кальция вступает в реакцию с водой энергично, с выделением тепла; оксид меди – не реагирует.

#### Зависимость скорости реакции от концентраций реагирующих веществ

Основной закон химической кинетики (закон действующих масс) устанавливает зависимость скорости химической реакции от концентраций реагентов и формулируется следующим образом:

*Скорость химической реакции пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ в степенях, равных стехиометрическим коэффициентам.*

Для реакции, выражаемой следующим уравнением



математическая запись основного закона химической кинетики (*кинетическое уравнение*) будет иметь вид

$$v = k \cdot [A]^a \cdot [B]^b \cdot \dots,$$

где  $[A]^a$  и  $[B]^b$  - концентрации реагентов в соответствующих степенях;

$k$  - коэффициент пропорциональности, характеризующий данную реакцию в данных условиях ее протекания и называемый *константой скорости реакции* (не зависит от концентрации реагентов).

Реакции происходят при столкновении молекул реагирующих веществ. Ее скорость определяется количеством столкновений и вероятностью того, что они приведут к превращению. Число столкновений определяется концентрациями реагирующих веществ, а вероятность реакции – энергией сталкивающихся молекул.

Для гетерогенных систем (когда вещества находятся в разных агрегатных состояниях), чем больше поверхность соприкосновения, тем быстрее протекает реакция. Поверхность твердых веществ может быть увеличена путем их измельчения, а для растворимых веществ – путем их растворения.

### **Зависимость скорости реакции от температуры**

Зависимость скорости реакции от температуры выражается уравнением Аррениуса.

$$k = A \cdot e^{-E/RT}, \text{ где } E - \text{ энергия активации.}$$

С повышением температуры скорость реакции увеличивается.

Объяснить повышение скорости реакции с повышением температуры можно с помощью энергии активации. Каждая реакция имеет энергию активации или энергетический барьер. Та минимальная энергия, которой должна обладать молекула или пара реагирующих молекул, чтобы вступить в хим. реакцию, называется *энергией активации*.

Чем выше энергетический барьер, тем меньше молекул, обладающих достаточной энергией, для того чтобы его «перепрыгнуть» и тем ниже выход конечного продукта. При повышении температуры увеличивается число активных молекул и скорость реакции возрастает. Поэтому часто в промышленности проводят реакции при повышенных температурах.

В первой половине 80-х годов прошлого столетия Вант-Гофф сформулировал эмпирическое правило, устанавливающее температурную зависимость скоростей химических реакций:

*При повышении температуры на каждые десять градусов скорость гомогенной химической реакции увеличивается в 2 - 4 раза.*

Правило Вант-Гоффа выражается соотношением:

$$v_{T_2} = v_{T_1} \gamma^{(T_2 - T_1)/10},$$

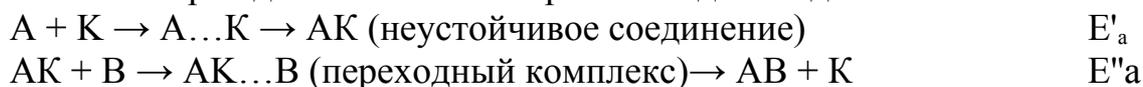
где  $v_{T_1}$  и  $v_{T_2}$  - скорости реакции при температурах  $T_1$  и  $T_2$ ;  
 $\gamma$  - температурный коэффициент, равный 2 - 4.

## 5. Механизм и виды катализа

Повысить скорость реакции можно также с помощью катализаторов.

**Катализаторами** называются вещества, которые изменяют скорость реакции, но не расходуются в процессе реакции. Процесс изменения скорости реакции с помощью катализаторов называется **катализом**. Катализ может быть положительным и отрицательным, т.е. скорость реакций можно увеличивать с помощью катализаторов и уменьшать с помощью ингибиторов. Повышение скорости реакции при участии катализаторов заключается в снижении суммарной энергии активации протекающего процесса.

Так, медленно протекающая реакция  $A + B \rightarrow A \dots B \rightarrow AB$  ( $\Delta G < 0$ ) в присутствии катализатора идет с большой скоростью в две стадии:



Т.е. образуются частицы промежуточного неустойчивого соединения АК (катализатора с реагентом), затем активный переходный комплекс АКВ и конечные продукты АВ с регенерацией катализатора К. Каталитический путь кинетически более выгодный, чем прямое взаимодействие исходных веществ.

Катализ был открыт в 1811 г. русским ученым Кирхгофом. В настоящее время почти вся химическая промышленность основана на использовании катализаторов (до 90% производства).

Катализ можно разделить на:

- **Гомогенный**, когда реагенты и катализатор находятся в одном и том же агрегатном состоянии;
- **Гетерогенный**, когда реагенты и катализатор находятся в разных агрегатных состояниях;
- **Автокатализ**, когда продукты реакции ускоряют реакцию их производящую;
- **Ферментативный** катализ, когда катализаторами являются ферменты.

### Основные закономерности действия катализаторов:

- Катализ изменяет скорость как прямой, так и обратной реакции, если реакция обратима;
- Катализатор обладает избирательным действием. Очень мало катализаторов, которые ускоряют многие химические процессы. К таким катализаторам относятся никель, платина. Большинство же катализаторов ускоряют только вполне определенные химические реакции;
- Катализатор ускоряет только термодинамически разрешенные реакции.

## 6. Химическое равновесие и факторы его смещения

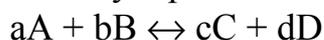
**Обратимыми** называются реакции, которые могут протекать в двух противоположных направлениях и не идут до конца.

**Необратимые реакции** – это химические реакции, протекающие до полного завершения. Это означает, что реакция протекает до тех пор, пока один из

реагентов не израсходуется полностью (т.е. не покинет реакционную среду в виде газа, осадка или малодиссоциированного вещества).

**Химическое равновесие** – это устойчивое состояние, при котором реакции в прямом и обратном направлении идут с равными скоростями. Система находится в состоянии химического равновесия, если скорость прямой реакции равна скорости обратной реакции.

Рассмотрим обратимую химическую реакцию общего вида:



$$k_1 \cdot [A]^a \cdot [B]^b = k_2 \cdot [C]^c \cdot [D]^d \text{ (для состояния равновесия)}$$

В результате экспериментальных исследований было установлено (Гульдберг и Ваге, 1864-1867), что в состоянии равновесия выполняется следующее соотношение:

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

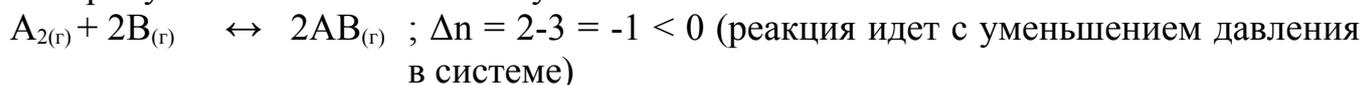
(квадратные скобки означают концентрацию). Приведенное соотношение представляет собой математическое выражение закона действующих масс для обратимых реакций (или закона химического равновесия), согласно которому *в состоянии химического равновесия при определенной температуре произведение концентраций продуктов реакции в степенях, соответствующих стехиометрическим коэффициентам в уравнении реакции, деленное на аналогичное произведение концентраций реагентов в соответствующих степенях, представляет собой постоянную величину*. Эта постоянная  $K_c$  называется **константой равновесия**. Выражение константы равновесия через концентрации продуктов и реагентов характерно для реакций в растворах.

Для реакций с участием газов константа равновесия выражается через парциальные давления газов, а не через их концентрации. В этом случае константу равновесия обозначают символом  $K_p$

Константа равновесия зависит от температуры и природы реагирующих веществ. Чем больше константа равновесия, тем больше равновесие сдвинуто в сторону образования продуктов прямой реакции.

Равновесие можно сдвигать, изменяя условия протекания химической реакции, руководствуясь при этом **принципом Ле-Шателье**: *Если на систему, находящуюся в равновесии, производится внешнее воздействие (изменяются концентрация, температура, давление), то оно благоприятствует протеканию той из двух противоположных реакций, которая ослабляет это воздействие (или, если на равновесную систему оказывать внешнее воздействие, то равновесие смещается в сторону, противодействующую этому воздействию)*.

1. **Давление**: увеличение давления (для газов) смещает равновесие в сторону меньшего числа молекул; уменьшение давления смещает равновесие в сторону большего числа молекул:



увеличение  $p$  смещает равновесие вправо

уменьшение  $p$  смещает равновесие влево

**2. Температура:** увеличение температуры смещает положение равновесия в сторону эндотермической реакции (т.е. в сторону реакции, протекающей с поглощением теплоты) и наоборот, уменьшение температуры смещает положение равновесия в сторону экзотермической реакции (т.е. в сторону реакции, протекающей с выделением теплоты)

$A + B \leftrightarrow AB + Q$ , то увеличение  $t^{\circ}C$  приводит к смещению равновесия влево, уменьшение  $t^{\circ}C$  – вправо (т.к. реакция экзотермическая)

$A + B \leftrightarrow AB - Q$ , то увеличение  $t^{\circ}C$  приводит к смещению равновесия вправо, уменьшение  $t^{\circ}C$  – влево (т.к. реакция эндотермическая)

**3. Концентрация:** увеличение концентрации исходных веществ и удаление продуктов из сферы реакции смещает равновесие в сторону прямой реакции. Увеличение концентраций исходных веществ  $[A]$  или  $[B]$  или  $[A]$  и  $[B]$  смещает равновесие вправо.

**4. Катализаторы** не влияют на положение равновесия.

## Тема 4. Происхождение, строение и геологическое развитие Земли (4 ч.)

### 1. Земля в космическом пространстве

Планета Земля, на которой мы живем, входит в состав Солнечной системы, которая в свою очередь является частью гигантской звездной системы – Галактики. Наша Галактика называется Млечный путь. Эту туманную полосу, состоящую из миллиардов звезд, можно увидеть на безоблачном вечернем небе. Наша галактика относится к типу спиральных галактик и представляет собой ядро и отходящие от него ветви (рукава).

Солнечная система (СС) находится в одном из спиральных рукавов нашей Галактики, ближе к концу. В ее состав входят 9 планет, 44 спутника планет, астероиды, кометы, метеориты и т.п. Устойчивость СС обеспечивается гравитационным притяжением Солнца, масса которого в 750 раз больше массы всех остальных тел СС.

Земля – третья планета от Солнца и пятая по массе среди планет. При наблюдении с других планет Земля – очень яркий объект. Земля удалена от Солнца на 1 астр. ед. (149,6 млн. км), диаметр планеты – 12,8 тыс. км, масса -  $6 \cdot 10^{24}$  кг. Период обращения вокруг центрального светила – 365 с четвертью дней. Средняя скорость движения по орбите – 29,77 км/сек. Средняя температура 288 К (+15 $^{\circ}C$ ) – от -96 $^{\circ}C$  до + 70 $^{\circ}C$ . Земля – единственная планета, на которой обнаружена жизнь. Во многом благодаря тому, что наша планета достаточно массивна для того, чтобы удержать возле себя атмосферу, состоящую сейчас в основном из тяжелых молекул азота и кислорода, на Земле и смогла возникнуть жизнь.

### 2. Гипотезы происхождения Солнечной системы

Около 200 лет назад начинает формироваться наука о происхождении и развитии небесных тел - *космогония*. Все космогонические гипотезы, известные на сегодняшний день можно разделить на 2 типа: небулярные и катастрофические. Небулярные (от лат. «небула» – газ, туман) гипотезы подразумевают образование планет из пылевых или газовых туманностей. Катастрофические – путем различных случайных катастрофических явлений.

### **Небулярные гипотезы**

Первые научные гипотезы происхождения Солнечной системы являлись небулярными и были выдвинуты независимо друг от друга немецким философом Кантом и французским математиком Лапласом. Эти теории вошли в науку под названием космогонической *гипотезы Канта-Лапласа*.

Согласно *гипотезе Канта* (1755 г.) пространство, в котором теперь существует СС, было заполнено холодной рассеянной пылевой материей, пришедшей во вращательное движение вокруг некоего центрального сгущения, на месте которого образовалось Солнце. Постепенно, вследствие притяжения и отталкивания между частицами рассеянной материи – туманностями – возникли планеты. Кант первый выдвинул гипотезу о том, что СС не существовала вечно. Процесс ее возникновения Кант связывал с существованием сил взаимодействия, присутствующих частицам туманности. При этом гипотеза Канта не противоречила наблюдаемому расположению орбит планет СС приблизительно в одной плоскости и существованию спутников.

Приблизительно через 50 лет (1797 г.) *Лаплас* выдвигает свою гипотезу, во многом сходную с предположениями Канта, но разработанную более глубоко. Космогоническая *гипотеза Лапласа* основана на том, что СС образовалась из уже вращающейся и очень горячей газовой туманности, при сжатии которой под действием сил притяжения скорость вращения возрастала. Под действием больших центробежных сил, возникающих при быстром вращении в экваториальном поясе, от него последовательно отделялись кольца, превращаясь в результате охлаждения и конденсации в планеты, которые образовались раньше Солнца. Туманность сплющивалась, и из ее центральной части в дальнейшем образовалось Солнце. Остывая, планеты покрывались твердой корой, на поверхности которой в дальнейшем происходили геологические процессы.

Гипотеза *Канта-Лапласа* объясняла круговой характер орбит вращения планет, сонаправленное вращение планет по орбитам и вокруг оси. Одним из главных достоинств гипотезы была идея развития материи (вращательное движение туманности, вследствие которого произошло уплотнение частиц и образование СС). Эта идея доказывала неделимость и неуничтожимость материи и движения.

Но ряд фактов не укладывался в рамки этой гипотезы:

1. Относительно медленное вращение Солнца вокруг своей оси в настоящее время, хотя во время сжатия оно должно было вращаться столь быстро, чтобы за счет центробежной силы происходило бы отделение вещества.

2. Спутники некоторых планет вращаются в другом направлении, чем сами планеты.

3. Согласно современным данным, отделившийся от центрального тела газ не может сформироваться в кольца и, в дальнейшем, – образовать планеты, а должен рассеяться.

Дальнейшее развитие физики и математики выявило несостоятельность гипотезы Канта-Лапласа. И на сегодняшний день наиболее существенными недостатками этой гипотезы считаются следующие:

1. Из закона сохранения момента импульса следует, что в Солнце, обладающем большей частью массы СС (99,86%) должен быть сосредоточен соответствующий момент импульса. Но вычисления показывают, что на Солнце приходится только 2% момента импульса, а 98% сосредоточено в планетах СС.
2. Расчеты показывают, что скорость вращения первичного Солнца равнялась скорости вращения Юпитера в настоящее время. Следствием этого является тот факт, что Солнце должно обладать тем же сжатием, что и Юпитер. А этого недостаточно, чтобы вызвать отделение колец от вращающегося Солнца, как считали Кант и Лаплас.
3. Доказано, что звезда, обладающая избытком вращения, не образует семейство планет, а распадается на части. Пример тому – спектрально-двойные и кратные звезды.

### **Катастрофические гипотезы**

После гипотезы Канта-Лапласа в космогонии появляется еще несколько гипотез, среди которых – катастрофические. Первой гипотезой такого типа была гипотеза *Бюффона*: Земля и планеты образовались из-за столкновения Солнца с кометой.

Далее последовало еще несколько подобных гипотез. Наиболее интересной стала гипотеза английского физика *Джинса*, предложенная в 1919 г. Идея Джинса заключалась в предположении о том, что когда-то Солнце столкнулось (по другим источникам – прошло рядом) с другой звездой, и в результате из него была вырвана струя газа, сгущение которой и привело к образованию планет. По форме газовая струя напоминала сигару, в центральной части которой были образованы Юпитер и Сатурн, а на концах – все остальные планеты. Джинс считал, что такая гипотеза объясняет несоответствие в распределении массы и момента импульса в СС, так как звезда, вырвавшая газовую струю из Солнца, могла придать ей избыток момента импульса. Но теория Джинса имела ряд недостатков:

1. В первую очередь, в ней не учитывается, что СС – это система упорядоченная, имеющая свое закономерное строение. Единый характер СС проявляется в том, что все ее планеты вращаются вокруг Солнца в одном и том же направлении и практически в одной и той же плоскости. Большинство планетных спутников также вращается в этом направлении, в экваториальной плоскости. Вращение планет СС вокруг своих осей происходит в том же направлении, что и вращение по траектории. Кроме того, само строение СС закономерно: каждая планета удалена от Солнца приблизительно в 2 раза дальше, чем предыдущая. Принимая во внимание эти закономерности, трудно предположить, что планеты – это осколки космической катастрофы.

2. В 1943 г. Н.И. Парийский рассчитал, что если звезда имела большую скорость, газовый протуберанец (масса светящегося газообразного водорода, поднимающаяся с поверхности Солнца) должен уйти со звездой. При малой скорости - упасть обратно на Солнце. В случае строго определенной скорости звезда протуберанец мог стать спутником Солнца с орбитой, в 7 раз меньше орбиты Меркурия.

3. Самый же существенный недостаток гипотезы Джинса заключается в том, что она основана на факторе случайности, противоречащем известным данным о других планетных системах. Расчеты также показывают исключительно малую вероятность сближения звезд в космическом пространстве.

### **Современные гипотезы**

Современные гипотезы происхождения Солнечной системы представляют собой развитие небулярных гипотез. Современные концепции происхождения планет СС основываются на том, что, рассматривая процессы образования СС, нужно учитывать не только механические, но и другие силы (в частности, электромагнитные). Идея эта была выдвинута шведом *Альфвен* и англичанином *Хойлом* в 20 в. и, согласно современным представлениям, считается вероятным, что именно э/м силы сыграли решающую роль при зарождении СС. Причем первоначальное газовое облако, из которого образовалась СС, состояло из ионизированного газа, подверженного влиянию электромагнитных сил. После образования Солнца из огромного газового облака посредством концентрации, на очень большом расстоянии от него остались небольшие части этого облака. Гравитационная сила стала притягивать эти остатки к Солнцу. Но его магнитное поле оставило притягивающийся газ на различных расстояниях – там, где сейчас находятся планеты. Гравитационная и магнитная силы повлияли на концентрацию и сгущение падающего газа, в результате чего образовались планеты. После возникновения крупных планет процесс повторился, и это привело к образованию спутников. Среди современных гипотез наиболее популярными являются гипотезы *О.Ю. Шмидта* и *В.Г. Фесенкова*.

### ***Гипотеза О.Ю. Шмидта***

Образование СС произошло из скопления межзвездной материи, захваченной в процессе движения в космическом пространстве Солнцем. Сила солнечного притяжения вызвала вращение захваченного облака вокруг самого Солнца, что привело к уплотнению в экваториальной области. Образовавшиеся в результате этого уплотнения тела - спутники, разрастаясь, создали планеты, которые стали вращаться по круговым орбитам. Образование Земли произошло из облака холодных частиц, за счет радиоактивного распада постепенно разогревавшегося. Такое разогревание привело к выделению воды и газа, в результате чего возникли моря и океаны. Гипотеза Шмидта правильно объясняет закономерности образования СС. В рамках этой гипотезы математически обосновано расстояние планет от Солнца и между собой, причины вращательного движения планет в одну сторону. Но, тем не менее, гипотеза имеет ряд недостатков: рассматривает-

ся происхождение планет независимо от Солнца; имеется элемент случайности - захват Солнцем межзвездной материи.

### ***Гипотеза В.Г. Фесенкова***

Формирование планет широко распространено в СС и связано с образованием звезд. Звезды возникают в результате сгущения первоначально разреженного вещества. Уплотнение газово-пылевого облака приводит к образованию звездообразного сгущения, которое под влиянием быстрого вращения удаляется от центра в экваториальной плоскости, образуя диск. В результате уплотнения туманности формируются планетные сгущения, которые впоследствии образуют планеты СС. Одинаковый возраст Земли и Солнца доказывает, что они образовались одновременно. Отличие гипотезы Фесенкова от гипотезы Шмидта заключается в образовании Земли из раскаленной газово-пылевой туманности, которая постепенно остывала. По сравнению с другими гипотезами, гипотеза Фесенкова имеет ряд достоинств: обоснован закон зависимости планетных расстояний от плотности среды; в связи с потерей вещества Солнца при выборе материи математически обоснованы причины устойчивости момента импульса; захватом планетами астероидов объясняется обратное вращение некоторых спутников.

Но не стоит забывать, что все теории носят гипотетический характер, и однозначного решения вопроса об их достоверности пока нет и быть не может.

### **3. Основные этапы эволюции Земли**

История Земли по современным представлениям насчитывает примерно 4,6 млрд. лет. Многочисленные результаты исследования земной коры (химический состав и структура горных пород, их распределение по глубине, содержание радиоактивных изотопов, остатков ископаемых живых организмов) позволили установить картину формирования и развития планеты, определить возраст биосферы. Вся история существования Земли подразделяется на временные отрезки, для каждого из которых характерны определенные физические, химические, климатические условия, а также этапы эволюции живой природы.

Временные отрезки геохронологической шкалы подразделяют на эры, периоды и т.д.

1) **Катархей** («лунный период», от 5 до 3,5 млрд лет назад) – первый, самый ранний временной отрезок, соответствует формированию Земли, ее атмосферы, водной среды. Жизни на протяжении первых 1 - 1,5 млрд. лет не существовало ни в какой форме, поскольку еще не возникли соответствующие физико-химические условия. На раннем этапе происходили интенсивные тектонические процессы, сопровождавшиеся перераспределением по глубине Земли химических элементов и соединений. Ядерные реакции распада, происходившие в центре и глубинных слоях планеты (они имеют место и сейчас) способствовали разогреву Земли. В атмосфере преобладали соединения серы, хлора, азота, содержание кислорода было в сотни раз меньше, чем сейчас. Более тяжелые эле-

менты перемещались к центру Земли и затем сформировали ядро, более легкие - к поверхности.

Существует несколько гипотез, объясняющих формирование Земли:

- **гомогенная аккумуляция** (гипотеза О.Ю. Шмидта): Земля возникла из сравнительно однородного вещества (смеси частиц железа, силикатов и сульфидов), но в дальнейшем происходило расслоение;

- **гетерогенная аккумуляция**: Земля с самого начала формировалась неоднородная по составу;

- **частично гетерогенная аккумуляция**: первоначально не было резких границ между ядром и мантией, она установилась в ходе дальнейшей химической дифференциации.

Образование алюмосиликатной коры океанического и континентального типов относится к более поздним событиям, связанным с физико-химическими процессами в самой мантии.

В результате плавления и дегазации мантии на поверхность Земли могли поступать три фракции мантийного материала: базальтовая магма, растворенные в ней вода и газы. Эти газы составили первичную атмосферу Земли.

Из паров выделяющегося мантийного вещества возникла гидросфера. Первые порции конденсированной воды на Земле были кислыми. Они представляли собой раствор с присутствием ионов фтора, хлора, брома, иода, которые и сейчас характерны для морской воды. Пресные воды появились позже, в результате испарения с поверхности первичных океанов, что было процессом естественной дистилляции. Выпадение атмосферных осадков на поверхность суши могло привести к образованию в пониженных участках рельефа первых пресных водоемов. В водной среде начали образовываться первые органические молекулы.

Существует еще одна гипотеза, объясняющая происхождение атмосферы и гидросферы. Когда в процессе формирования Земля достигла примерно размеров Марса, начался период ее бомбардировки твердыми космическими телами. Удары сопровождался сильным локальным разогревом и плавлением земных пород и космических тел. При этом выделялись газы и пары воды, содержащиеся в породах. А так как средняя температура поверхности планеты оставалась низкой, пары воды конденсировались, образуя растущую гидросферу. В этих столкновениях Земля теряла водород и гелий, но сохраняла более тяжелые газы. Идея ударной дегазации рассматривается как основной механизм образования гидросферы и атмосферы.

2) **Криптозой** (время скрытой жизни, от 3500 до 570 млн лет назад) – надэра, включающая две эры – *архей* и *протерозой*, в течение которых начала формироваться жизнь на уровне микроорганизмов. Первые многоклеточные организмы появились в самом конце протерозоя около 600 млн. лет назад.

3) **Фанерозой** (время явной жизни, от 570 млн лет назад) – надэра, характеризующаяся бурным развитием живых организмов в связи с наступлением благоприятных условий для жизни, подразделяющаяся на три эры: *палеозой*, *мезозой*, *кайнозой*. Последняя эра с точки зрения геологии и биологии продолжается до сих пор. Появление и развитие жизни на земле привело к значительному изменению твердой оболочки Земли (литосферы), гидросферы и атмосферы.

ры, а возникновение разумной жизни (человека) за короткий временной интервал вызвало глобальные изменения в эволюции планеты.

Различия в составе горных пород от одной эпохи (периода) к другой в свою очередь обусловлены резкими изменениями природно-климатических и физических условий на планете. Установлено, что климат на Земле многократно менялся; потепления сменялись резкими похолоданиями, происходили поднятия и опускания суши. Случались и крупные космические катастрофы: столкновения с метеоритами, кометами и астероидами. На Земле обнаружено большое число метеоритных кратеров крупных размеров. Самый крупный из них на полуострове Юкатан имеет диаметр более 100 км; его возраст - 65 млн. лет, практически совпадает с окончанием мелового и началом палеогенового периода. Многие палеонтологи именно с этой крупнейшей катастрофой связывают вымирание динозавров.

Изменения климата и температуры во многом обусловлены астрономическими факторами: наклоном земной оси (многократно менялся), возмущениями планет-гигантов, активностью Солнца, движением Солнечной системы вокруг Галактики. Согласно одной из гипотез резкие изменения климата происходят раз в 210 - 215 млн. лет (галактический год), когда Солнечная система, обращаясь вокруг центра Галактики, проходит через газопылевое облако. Это способствует ослаблению солнечного излучения и, как следствие, похолоданию на планете. В эти моменты на Земле наступают ледниковые эпохи - появляются и растут полярные шапки. Последняя ледниковая эпоха началась примерно 5 млн. лет назад и продолжается до сих пор. Ледниковая эпоха характеризуется периодическими колебаниями температуры (раз в 50 тыс. лет). При похолоданиях (ледниковый период) ледники могут распространяться от полюсов к экватору до 30 - 40 градусов. Сейчас мы живем в "межледниковый" период ледниковой эпохи. Наследство ледниковой эпохи - зона вечной мерзлоты (в России свыше половины ее территории).

#### **4. Методы и направления геологических исследований Земли**

**Геология** (от гео... и ...логия) – комплекс наук о земной коре и более глубоких сферах Земли; в узком смысле слова – наука о составе, строении, движениях и истории развития земной коры и размещении в ней полезных ископаемых.

Для геологических исследований используются следующие методы:

1) **Непосредственные полевые наблюдения** (изучение и сопоставление горных пород, наблюдаемых на поверхности Земли в различных естественных обнажениях, а также в искусственных выработках (шурфах, карьерах, шахтах и др.); породы изучаются как в их природном залегании, так и путём отбора образцов, подвергаемых затем лабораторному исследованию). Однако методы непосредственного изучения недр не дают возможности познать строение Земли глубже, чем на несколько км (иногда до 20) от её поверхности.

2) **Косвенные методы**, разработанные другими науками (геохимические и геофизические методы изучения земной коры и нижележащих геосфер: сейсмический, гравитационный, магнитный, электрический, электромагнитный, термический, ядерный и другие методы.).

Очень часто применяется комплекс геологических, геофизических и геохимических методов.

В геологических исследованиях можно выделить три основных направления:

1) **Описательная геология**, задачей которой является описание минералов, горных пород и их типов; изучение состава, формы, размеров, взаимоотношений, последовательности залегания и всех прочих вопросов, связанных с современным размещением и составом геологических тел (слоев горных пород, гранитных массивов и др.).

2) **Динамическая геология**, изучающая геологические процессы и их эволюцию. К числу этих процессов относятся как внешние по отношению к земной коре и более глубоким геосферам (разрушение горных пород, перенос и переотложение ветром, ледниками, наземными и подземными водами; накопление осадков на дне рек, озёр, морей, океанов и др.), так и внутренние (движения земной коры, землетрясения, извержения вулканов и сопутствующие им явления). Геологические процессы изучаются не только в естественных условиях, но и экспериментально.

3) **Историческая геология**, восстанавливающая картину геологического прошлого Земли (историко-геологическая реконструкция). Задачи этого направления сводятся к изучению распространения и последовательности образования геологических напластований и других геологических тел, а также к установлению последовательности различных геологических процессов и событий, например процессов тектогенеза, метаморфизма, образования и разрушения залежей полезных ископаемых, трансгрессий и регрессий морей, смены эпох оледенений эпохами межледниковий и т.д.

Все три направления геологии неразрывно связаны друг с другом и исследование каждого геологического объекта, как и любой территории, ведётся со всех трёх точек зрения, хотя каждое направление является самостоятельным в смысле основных принципов и методов исследования.

Широко используется в геологии метод *актуализма*, согласно которому в сходных условиях геологические процессы идут сходным образом; поэтому, наблюдая современные процессы, можно судить о том, как шли аналогичные процессы в далёком прошлом. Современные процессы можно наблюдать в природе (например, деятельность рек) или создавать искусственно (подвергая, например, образцы горных пород действию высокой температуры и давления). Таким путём часто удаётся установить физико-географические и физико-химические условия, в которых отлагались древние слои, а для метаморфических горных пород и примерную глубину, на которой произошёл метаморфизм (изменение). Однако географическая и геологическая обстановка в жизни Земли необратимо менялась; поэтому, чем древнее изучаемые толщи, тем ограниченнее применение метода актуализма.

Геология, разрабатывая теоретические вопросы, решает следующие практические задачи:

1) прогноз поиска и разведки полезных ископаемых и создание минерально-сырьевой базы мирового хозяйства;

2) использование данных при проектировании различных инженерных сооружений, в строительстве, сельском хозяйстве, военном деле;

3) формирование материалистического миропонимания.

Современная геология тесно связана с очень большим числом других наук, главным образом наук о Земле. Именно поэтому трудно установить точные границы геологии как науки и определить однозначно её предмет. Широкое применение при геологических исследованиях физических и химических методов способствовало бурному развитию таких пограничных дисциплин, как физика Земли и геохимия. *Физика Земли* изучает физические свойства Земли и её оболочек, а также происходящие в этих оболочках геологические процессы. *Геохимия* рассматривает химический состав Земли и законы распространения и миграций в ней химических элементов. Геология не может обойтись без применения методов и выводов этих наук. В геохимии и физике Земли органически сливаются физические и химические приёмы исследования, с одной стороны, и геологические - с другой. Поэтому положение геохимии и физики Земли в системе наук о Земле является дискуссионным. Их рассматривают либо как наиболее развившиеся геологические дисциплины, либо как области знания, равнозначные геологии.

Тесная связь объединяет геологию с геодезией и с комплексом физико-географических наук (геоморфологией, климатологией, гидрологией, океанологией, гляциологией и др.), в задачи которых входит изучение рельефа земной поверхности, вод суши и Мирового океана, климатов Земли и др. вопросов, касающихся строения, состава и развития географической оболочки.

Для полного понимания истории Земли необходимо знать её начальное состояние; такой вопрос решает планетная космогония, т. е. раздел астрономии, изучающий проблему образования планет.

В вопросах происхождения и развития органической жизни на Земле геология взаимосвязана с биологическими науками и прежде всего с палеонтологией. Знание биологических и биохимических процессов необходимо геологу для выяснения путей образования ряда горных пород и полезных ископаемых (нефти, угля и др.).

Таким образом, весь комплекс наук, изучающих Землю, характеризуется многосторонней связью и взаимодействием. Геология использует данные этих наук для решения общих проблем развития планеты. Это позволяет некоторым исследователям отводить геологии ведущее место среди наук о Земле или даже понимать под геологией весь комплекс наук о Земле.

## 5. Модели Земли

Вывод о шаровидности Земли принадлежит пифагорейцам – последователям Пифагора, а доказательство этого факта – заслуга Аристотеля, обратившего внимание на то, что тень от Земли, падающая на полную Луну, имеет форму круга. Первую удачную попытку установить размеры земного шара предпринял Эратосфен Киренский (2 в. до н.э.) – греческий математик, астроном и географ. По его расчетам окружность Земли равнялась 39, 5 тыс. км, то есть радиус Земли, если считать ее шаром – 6278 км (6371 км – в современном исчислении). Исследователи со временем пришли к выводу о том, что форма Земли не является ша-

рообразной. Из предложенных математических моделей, описывающих форму Земли, наибольшее распространение получили две: геоид и эллипсоид.

**Геоид** – это модель Земли, которая представляет собой геометрическое тело, у которого поверхность совпадает с поверхностью среднего уровня воды в океане в спокойном состоянии. Эта поверхность мысленно продолжается над материками таким образом, что в каждой точке поверхности она пересекает направление отвесной линии под углом в 90 град. Относительно геоида производятся измерения высоты (глубины) на суше (в океане) – кол-во метров над уровнем моря.

В ряде стран с 1946 г. для решения ряда геодезических и картографических задач принята другая модель – **эллипсоид относительности** (эллипсоид Красовского). Согласно этой модели Земля представляет собой шар, сжатый у полюсов (экваториальный радиус – 6375, 75 км; полярный – ок. 6355, 36 км).

Вращение земли вокруг собственной оси и вокруг Солнца приводит к смене дня и ночи, а также к смене времен года. Результатом этого движения для наблюдателя является меняющаяся картина звездного неба. Но существует место, с которого для наблюдателя эта картина неизменна. Он видит над собой практически неподвижную звезду – эта звезда называется Полярной. Прямая, проведенная через Полярную звезду и центр Земли, называется осью вращения Земли, а точки ее пересечения с земной поверхностью – Северным (видна Полярная звезда) и Южным **полюсами**.

Для определения положения любой точки на поверхности Земли пользуются географической сеткой, которая образуется из совокупности параллелей и меридианов. **Параллелями** называются линии сечения поверхности земного шара плоскостями, параллельными плоскости экватора. **Меридианами** – линии сечения поверхности земного шара плоскостями, проходящими через ось вращения Земли.

## 6. Внутреннее строение Земли

Материалы, слагающие твердую Землю непрозрачны и плотны. Прямые исследования их возможны лишь до глубин составляющих ничтожную часть радиуса Земли. Самые глубокие пробуренные скважины и имеющиеся в настоящее время проекты ограничены глубинами 10-15 км, что составляет немногим более 0,1 % от радиуса. Возможно, что проникнуть на глубину более нескольких десятков километров не удастся. Поэтому сведения о глубоких недрах Земли получают, используя лишь косвенные методы. К ним относятся сейсмический, гравитационный, магнитный, электрический, электромагнитный, термический, ядерный и другие методы. Наиболее надежным из них является сейсмический. Он основан на наблюдении сейсмических волн, возникающих в твердой Земле при землетрясениях. Подобно тому, как рентгеновские лучи позволяют исследовать состояние внутренних органов человека, сейсмические волны, проходя через земные недра, дают возможность составить представление о внутреннем строении Земли и об изменении физических свойств вещества земных недр с глубиной.

Располагая сетью сейсмических станций на поверхности Земли, записывая показания приборов, регистрирующих землетрясения, и сравнивая эти показания,

можно определить эпицентр землетрясения, а также скорость распространения волн в различных внутренних областях планеты. Поскольку скорость распространения волн зависит от плотности и упругости вещества, можно получить данные об этих параметрах, а также об агрегатном состоянии вещества (жидкое или твердое) во всей внутренней области Земли.

Помимо пассивного исследования сейсмических волн в настоящее время применяют метод глубинного сейсмического зондирования, предложенный в 1949 г. советским сейсмологом Г.А. Гамбурцевым. Этот метод заключается в использовании генерируемых с помощью взрыва сейсмических волн, которые регистрируются сейсмографами, установленными с интервалом всего 200-500 м друг от друга. Этот метод дает самые надежные результаты, однако практическое использование его требует больших денежных затрат.

В результате сейсмических исследований было определено, что внутренняя область Земли неоднородна по своему составу и физическим свойствам, и образует слоистую структуру (рис.1). Встречая на своем пути внутри Земли различные по свойствам слои, сейсмические волны испытывают преломление и частичное или полное отражение. Границы различных глубинных слоев, выделяемые по изменению скорости сейсмических волн, называются разделами. Два важнейших раздела расчленяют всю планету на три части: кору, мантию и ядро (объемы соответственно: 1,5; 82,3; 16,2 %), называемые *геосферой* Земли. Граница, разделяющая ядро и мантию, называется *разделом Гутенберга*, земную кору и мантию – *разделом Мохоровичича*.

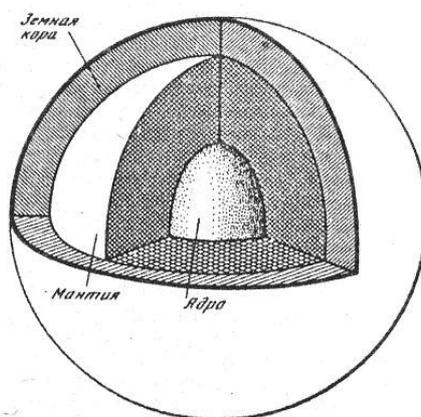


Рис. 1. Внутренние оболочки Земли

Верхняя твердая оболочка Земли называется *земной корой* (часто ее называют *литосферой*, что означает каменная оболочка). В составе земной коры выделяют три слоя: осадочный, гранитный и базальтовый. Общая мощность (толщина) земной коры достигает 80 км. Неоднородность строения земной коры обусловлена неравномерным распределением в ней химических элементов: в поверхностных слоях преобладающими элементами являются кислород, кремний и легкие металлы, по мере углубления увеличивается доля железа и магния. Химические элементы в земной коре редко встречаются в чистом виде. Чаще всего они образуют химические соединения, входящие в состав минералов и горных пород. Под *минералом* понимают простое вещество или химическое соединение, возникающее в результате природных процессов либо искусственно получаемое в лабораторных условиях. Минералы могут состоять как из одного химического эле-

мента (алмаз, графит, серебро, золото), так и из нескольких (кварц, доломит, полевой шпат и т.д.). Большинство минералов – это твердые тела: кристаллические (98%) или аморфные, а также жидкие и газообразные. Минералы входят в состав сложных агрегатов – *горных пород*. В отличие от минералов, характеризующихся однородным составом, горные породы имеют весьма разнообразный состав и образуются из одного или нескольких минералов. Состоящие из одного минерала горные породы называют *мономинеральными* (мрамор), из нескольких – *полиминеральными* (гранит). Все минералы, слагающие горные породы, называются *породообразующими* минералами. В зависимости от происхождения выделяют осадочные (5% земной коры), магматические (95% земной коры) и метаморфические горные породы.

Самый верхний слой земной коры – *осадочный* – состоит преимущественно из пластов осадочных горных пород, образовавшихся путем осаждения различных мелких частиц, главным образом в морях и океанах. В этих пластах захоронены остатки животных и растений, населявших в прошлом земной шар. Общая мощность осадочных пород не превышает 15-20 км, плотность от 1 до 3 г/см<sup>3</sup>.

Ниже осадочного располагается *гранитный* слой, сложенный магматическими и метаморфическими породами, имеющими плотность до 2,9 г/см<sup>3</sup>. Гранитный слой, выходящий на поверхность Земли, называют щитом. Обычно щиты не прикрыты осадочными породами. Мощность гранитного слоя достигает 40 км. По наличию гранитного слоя земную кору разделяют на *континентальную* (включает гранитный слой) и *океаническую* (не включает гранитного слоя). Гранитный слой под горами и высокими плато значительно толще, чем под низменностями. Океаническая земная кора сложена в основном базальтами, континентальная – гнейсами и гранитами. Толщина земной коры под континентами значительно больше, чем под океанами.

Под гранитным слоем располагается *базальтовый* слой, и граница раздела этих слоев носит название *граница Конрада*. Этот слой сложен породами, по составу и свойствам близким к базальту. Мощность базальтового слоя колеблется от 5 до 30 км, его плотность 2,9-3,3 г/см<sup>3</sup>.

Поверхность Мохоровичича, или раздел Мохо (по имени открывшего ее югославского ученого), на границе которой резко изменяется скорость сейсмических волн, отделяет земную кору от мантии.

**Мантия** распространяется до глубины 2900 км и занимает более 80% объема и более 2/3 массы Земли. Она подразделяется на 3 слоя: верхний, переходный (или промежуточный) и нижний. Скоростные различия между разными глубинами в мантии или между разными ее слоями могут быть обусловлены различиями в температуре и давлении, изменениями в минеральном составе, различиями плотности в результате фазовых переходов между минералами или сочетаниями этих фактов. В 1975 г. П. Уилли предложил модель мантии, в которой слой между глубинами 100 и 400 км сложен гранатовым перидотитом (57 % оливина, 29 % пироксена, 14 % граната). На глубине 400 – 700 км мантия должна состоять из шпинелево-гранатовых пород. На еще более глубоких уровнях материал должен состоять в основном из магнезия, железа и кремния в плотной упаковке с кислородом в шестерной координации.

**Верхняя мантия** состоит из:

- высокоскоростного слоя толщиной до 50 км,
- среднего слоя пониженных скоростей толщиной 100 км,
- однородного более глубокого слоя толщиной около 250 км, распространяющегося до глубины 400 км.

Полностью твердый верхний слой мантии и лежащая на нем земная кора представляют собой главный источник землетрясений.

Свойства верхней мантии имеют прямое отношение к геотектоническим процессам, вызывающим движение материков и океанических впадин. Большой интерес представляет собой высокоскоростной слой и слой пониженных скоростей.

*Верхний высокоскоростной слой* – это хрупкое твердое вещество; вместе с земной корой он образует прочную внешнюю оболочку Земли, называемую литосферой. Важнейшими минералами, слагающими этот слой, являются (предположительно) фазы низкого давления пироксена, оливина, граната.

*Слой пониженных скоростей*, находящийся под литосферой, называют также *астеносферой* (слабой податливой оболочкой) или пластичным слоем. Характерные для нее низкие сейсмические скорости нельзя объяснить минеральным составом или температурным градиентом. Свойства этого слоя лучше всего объясняются либо частичным (до 1%) плавлением, дегидратацией, либо присутствием в его минеральной ассоциации воды.

Под областями докембрийских щитов этот слой развит, по-видимому, плохо и уходит на чрезвычайно большую глубину, а возможно и полностью отсутствует.

В *переходном слое*, находящемся под слоем пониженных скоростей на глубине 400-800 км, имеется несколько горизонтов, где сейсмические скорости резко возрастают. Это явление связывают с перекристаллизацией под высоким давлением породообразующих минералов в более плотные. Полагают, что такого рода уменьшение объема продолжается и еще на более глубоких уровнях (в *нижней мантии*). Расчетная плотность вещества у подошвы мантии составляет 5,5-5,8 г/см<sup>3</sup>.

Повышение давления и температуры в мантии приводит к изменению химических свойств веществ, из которых она состоит. По мнению ряда ученых, в верхней мантии преобладают вещества с ионными связями, в нижней должен наблюдаться атомный или ковалентный тип связи. Предполагается, что на глубине около 1000 км в веществе мантии происходит переход электронов на незаполненные внутренние уровни. Это зона «вырожденного химизма» (по А.Ф. Капустинскому), и процессы здесь происходят по неизвестным пока человечеству законам.

Под мантией находится земное **ядро** с радиусом 3471 км. Оно подразделяется на жидкое *внешнее ядро* (глубина от 2900 до 5100 км) и твердое *внутреннее ядро* (1270 км до центра Земли). Внешнее ядро обычно считают железоникелевым расплавом, возможно, с примесью более легких элементов, таких как кремний и сера. Эти легкие элементы включают в гипотетический состав ядра для того, чтобы лучше согласовать экспериментальные данные о плотности с расче-

тами, касающимися сейсмических скоростей. Как и многие другие вопросы геологической науки, вопрос о составе и строении внутреннего ядра до сих пор остается предметом непрерывных дискуссий и исследований. Ученые предполагают, что в ядре Земли химические реакции неосуществимы. Это связано с полным разрушением электронных оболочек атомов под действием давления. Ядро является зоной «нулевого химизма» (по А.Ф. Капустинскому).

При переходе от мантии к ядру резко изменяются физические свойства вещества, по-видимому, в результате высокого давления. Температура внутри Земли с глубиной повышается до 2000 -3000 °С, при этом наиболее быстро она возрастает в земной коре, далее идет замедление, и на больших глубинах температура остается, вероятно, постоянной. Плотность Земли возрастает с 2,6 г / см<sup>3</sup> на поверхности до 6,8 г / см<sup>3</sup> на границе ядра Земли, а в центральных областях составляет примерно 16 г / см<sup>3</sup>. Давление возрастает с глубиной и достигает на границе между мантией и ядром 1,3 млн. атм, а в центре ядра - 3,5 млн. атм.

## **7. Виды и возраст горных пород**

### ***Осадочные горные породы***

Осадочные горные породы образуются на поверхности Земли в результате экзогенных процессов, т.е. совместного действия атмосферных, биосферных, гидросферных и литосферных факторов. Большинство осадочных пород является продуктом выветривания и размыва материалов ранее существовавших пород. Некоторые осадки образуются из органического материала, вулканического пепла, метеоритов, являются результатом осаждения твердого вещества из минерализованных вод. Источники осадочного материала разделяют на несколько групп.

*Осадки органического происхождения* могут быть сложены скелетными частями организмов и представлены карбонатами кальция и магния, фосфатами и оксидами железа и кремния, либо созданы растениями и состоят из частично разложившихся растительных остатков.

*Осадки вулканического происхождения* сложены вулканическим пеплом, пылью или более крупными частицами, иногда – продуктами размыва лавы.

*К терригенным осадкам* относятся продукты выветривания и размывания всех горных пород. Они могут состоять как из твердых частиц, так и из химически осажденного вещества, и представлены карбонатами кальция и магния, оксидами железа и марганца, фосфатами, хлоридом натрия (поваренная соль).

*Магматические осадки* переносятся в виде растворов или суспензий горячими магматическими водами. Часть магматических осадков выходит на поверхность в местах выхода горячих источников и гейзеров.

*Осадки внеземного происхождения* являются результатом разрушения метеоритов, проходящих сквозь земную атмосферу.

Все осадочные породы можно разделить на 4 типа:

- обломочный материал, перемещаемый в виде твердых частиц;
- глинистый материал;
- хемогенные осадки, образующиеся при выпадении из растворов;
- органогенные осадки, создаваемые в результате жизнедеятельности организмов.

Обломочный материал, в свою очередь, классифицируется по величине и форме обломков, а также по степени сцементированности.

Наиболее распространены среди осадочных пород глинистые. Это каолиновые глины (каолин), гидрослюдистые глины, монтморрилонитовые глины (бентонит) и аргиллиты. Глинистые горные породы широко используются в керамической промышленности.

Хемо- и органогенные породы тесно связаны взаимными переходами, поэтому их нередко объединяют в одну группу, а классифицируют по химическому составу. С такой точки зрения выделяют карбонатные породы, известняки, мел, мергели, доломиты, туфы, гейзериты, яшмы, бокситы, фосфатные породы, железистые породы. К органогенным породам относят каменную соль, гипс, торф, сапропель, угли, нефть и горючие сланцы.

### ***Магматические горные породы***

Образование магмы происходит в недрах Земли в результате плавления пород при высокой температуре. Жидкий магматический расплав содержит как кристаллы, так и растворенные газы. На поверхность Земли магма изливается в виде лавы. Магматические породы образуются в процессе остывания и кристаллизации магмы.

Магматические (изверженные) горные породы – результат внутренних процессов, происходящих в недрах Земли. Выделяют две группы магматических процессов:

- интрузивные, образующиеся при застывании магмы в глубинных зонах земной коры;
- экструзивные, возникающие при излиянии магмы на поверхность.

Магматические породы характеризуются определенной текстурой и структурой. По содержанию кремнезема магматические породы разделяют на кислые (более 65% кремнезема), основные (45-55% кремнезема) и ультраосновные (менее 45% кремнезема).

### ***Метаморфические горные породы***

Преобразование магматических и осадочных горных пород в глубине Земли под действием температуры, давления, химических реакций приводит к образованию нового типа горных пород - метаморфических, к которым относятся сланцы, мрамор, кварцит и др. Под влиянием эндогенных процессов происходит изменение структуры, текстуры, минерального и химического состава горных пород.

В зависимости от факторов метаморфизма выделяют следующие виды метаморфических процессов:

- динамометаморфизм, происходящий под воздействием высоких давлений без участия магмы;
- контактовый метаморфизм, происходящий при контакте горных пород с магмой;
- региональный метаморфизм, происходящий при совместном воздействии на горные породы таких факторов, как температура, давление, химические процессы, расплав магмы.

Метаморфические горные породы широко используются в качестве строительного сырья различного назначения, поделочных материалов.

### ***Возраст горных пород***

При определении возраста горных пород используют два понятия: относительный возраст и абсолютный возраст. Для определения относительного возраста используют определенные комплексы ископаемой флоры и фауны, возраст которых установлен. Относительный возраст горных пород оценивается понятиями «древнее», «моложе», «одновременно». Для определения относительного возраста горных пород используется *закон последовательности напластования*, сформулированный Стено в 1669 г.: *в ненарушенной толще залегающих слоев осадочных пород наиболее древние слои находятся в основании, а молодые сверху*. Изучение относительного возраста горных пород привело к созданию «шкалы геологического времени».

Абсолютный возраст горных пород оценивается в годах, и для его определения используются различные методы, основанные на явлении радиоактивного распада, такие как, радиоуглеродный, уран-свинцовый (торий-свинцовый), калий-аргоновый, рубидий-стронциевый и др.

## **8. Процессы изменения земной коры**

Процессы, протекающие в коре и верхней мантии, влияют на размещение и рельеф континентов и океанических бассейнов.

Все процессы, влияющие на изменение земной поверхности, делятся на *внутренние (эндогенные)* и *внешние (экзогенные)*.

*Эндогенные* процессы происходят под действием внутренней энергии Земли и проявляются в виде горообразования, землетрясений, колебательных движений земной коры, процессов метаморфизма и магматизма. Именно в ходе эндогенных процессов образуются океанические впадины, возникают острова и материки.

*Экзогенные* процессы происходят при воздействии на поверхность Земли атмосферных, гидросферных и биосферных факторов, при участии солнечной энергии.

Сформированный в ходе эндогенных процессов рельеф земной поверхности постоянно сглаживается и изменяется в ходе экзогенных процессов. Формирование земной коры происходит, в конечном счете, при непрекращающемся взаимодействии эндогенных и экзогенных процессов.

### **Процессы изменения**

Разрушение и накопление горных пород. В результате разрушения горных пород под влиянием силы тяжести деятельности воды, ветра и льда происходит снос и выравнивание возвышенностей и заполнение впадин на земной поверхности. Этот процесс называется *градацией*, и в нем различают две стороны: *деструктивную (деградация)* и *конструктивную (аградация)*. Чаще при описании этих преобразований используются термины *выветривание*, *эрозия* (размыв) и *отложение* (осадкообразование). Дождевая вода вызывает физическое размельчение или химическое разложение некоторых горных пород на месте их залегания, а бегущие по склонам водные потоки уносят частицы этих размельченных

пород и откладывают их вдоль русел рек, в озерах, во впадинах пустынь или в морях и океанах. Прибой, ударяющий в морской берег, размывает его и переносит рыхлый материал на подводные склоны или в район пляжей. Ветер переносит мелкие частицы горных пород как пыль во взвешенном состоянии или перекачивает песчаные зерна по поверхности, откладывая их в виде слоев тонкой пыли или в виде песчаных дюн. Движущиеся скопления льда – ледники – переносят обломки пород. Нередко достаточно крупные. При таянии льда происходит отложение этого материала. Подобные изменения обычно происходят очень медленно, но непрерывно, и за длительное время результаты такого рода деятельности оказываются весьма значительными и охватывают большие площади.

Магматизм. Процессы, включающие в себя движение расплавленного металла под поверхностью Земли, образование магматических горных пород, выброс лавы, шлака, пемзы и вулканического пепла на земную поверхность, называются магматической деятельностью (магматизмом).

Метаморфизм. Метаморфизмом называется процесс, в результате которого под влиянием высоких температур и давления или в результате действия химически активных флюидов значительно изменяется химический и минеральный состав, а также структура существовавших ранее пород. Этот процесс напоминает магматическую деятельность, но его отличие в том, что существовавшие ранее породы претерпевают изменение, находясь в твердом, а не в расплавленном состоянии.

Тектонические движения. Породы внешней части Земли испытывают дифференцированные движения. Породы, образовавшиеся в морской обстановке, могли подняться на тысячи метров выше уровня моря, как, например, в Канадских Скалистых горах или на плато Колорадо. Другие области, такие, как дно Тихого океана к западу от острова Мидуэй, сильно опустились. Бывшие вулканические острова, называемые гийотами, подвергшиеся волновой эрозии, располагаются в настоящее время на тысячи метров ниже уровня моря. Обширные континентальные области, такие, как побережье мексиканского залива, были затоплены, а затем поднялись над уровнем моря. В других районах, например, в Вайоминге или в Аппалачских горах, залегавшие прежде горизонтально слои горных пород ныне изогнуты в складки. В районе Великих равнин слои горных пород полого наклонены, а в районе Большого Бассейна (шт. Юта и Невада) крупные блоки пород перемещены вертикально на тысячи метров вдоль крутых трещин (разрывов или разломов), называемых *сбросами*. В Калифорнии крупные сегменты земной коры смещены на большие расстояния по горизонтали вдоль разрывных нарушений другого типа, из которых лучше всего известен разлом Сан-Андреас.

Тектоника плит. В 60 - 70-х г.г. прошлого века было установлено, что литосфера (внешняя оболочка Земли, объединяющая земную кору и верхний слой мантии) состоит из шести крупных и нескольких мелких плит. Крупные плиты несут на себе континенты: Северную и Южную Америку, Евразию, Африку, Австралию, Антарктиду, а также большую часть Тихого океана. Эти плиты толщиной 75 – 125 км медленно перемещаются относительно друг друга. Вдоль узких зон на их краях возникают многочисленные землетрясения.

Ниже литосферы располагается *астеносфера* («податливая» сфера). В ней сейсмические колебания замедляются и ослабевают главным образом потому, что поднимающееся из более глубоких зон Земли тепло вызывает плавление. Расплавленный материал поднимается с глубины более 100 км и затвердевает вблизи поверхности морского дна вдоль срединно-океанических хребтов, таких, как Срединно-Атлантический хребет, для которого характерны обилие разломов и горный рельеф. Образующиеся при этом изверженные породы раскалываются, и разные блоки движутся от хребта в противоположные стороны со скоростью несколько сантиметров в год. Такой процесс называется разрастанием океанического дна или *спредингом*. Механизм этого процесса пока недостаточно изучен, но, по-видимому, он включает в себя какой-то вид конвекции больших объемов пластичного мантийного вещества. Подъем магматического вещества в срединно-океанических хребтах способствует непрерывному образованию новой коры в месте раздвижения океанического дна. Раскол, возникший вдоль Срединно-Атлантического хребта, послужил началом образования впадины атлантического океана и обусловил отделение Северной и Южной Америки от Европы и Африки. Спрединг в стороны от хребта вызывал медленное расширение океана до его нынешних размеров (в широтном направлении).

Но иногда спрединговый конвейер наталкивается на серьезное препятствие – континент (плита Наска в восточной области Тихого океана упирается в западное побережье Южной Америки). Процесс погружения океанической коры под континент и присоединение ее к мантии, называется *субдукцией*. В этом случае океаническая плита изгибается вниз и погружается в мантию, образуя в морском дне глубоководный желоб в месте изгиба. Такое же изгибание плиты и образование глубоководных желобов, подобных Марианской впадине, происходит и перед дугообразными цепочками вулканических островов Тихого океана. Холодная хрупкая опускающаяся литосферная пластина движется вниз по наклонной плоскости, называемой *зоной субдукции* (*зоной Беньоффа*), достигая глубины 700 км, и вызывая на своем пути землетрясения, а затем окончательно поглощается мантией.

Какие бы глубоководные осадки не накапливались на океанической плите при ее движении, все они обычно слишком легкие, чтобы погрузиться в мантию в зоне субдукции, и поэтому, подходя к континентальному массиву, они сминаются в складки, осложненные разрывами, и образуют горные сооружения, подобные Андам. Все эти движения объединяются общим термином "тектоника плит".

Представления о спрединге и тектонике плит явились настоящей революцией во многих областях геологии и дали этой науке новую жизнь. Появилась возможность разумного решения многих проблем, хотя и остался ряд трудностей, которые еще предстоит преодолеть.

Все происходящее в недрах Земли движения – поднятие, опускание, смятие пород в складки, наклон, образование разрывов, спрединг – это проявления *тектонических движений*, или *тектогенеза*.

## 9. Внешние оболочки Земли и их функции

**Магнитосфера.** Земля окружена магнитным полем, захватывающим обширное пространство. Это геомагнитное поле очень похоже на поле, создаваемое простым двухполюсным магнитом. Оно служит «передовой линией» Земли в защите от частиц высокой энергии, с большой скоростью летящих из космического пространства. Поле испытывает сильные вариации: небольшие изменения в масштабе дней или лет в масштабе миллионов лет оказываются очень большими.

**Атмосфера** – это газовая оболочка, окружающая Землю и вращающаяся с ней как единое целое. Атмосфера образовалась главным образом из газов, выделенных литосферой после формирования планеты. На протяжении миллиардов лет атмосфера Земли претерпела значительную эволюцию под влиянием многочисленных физико-химических и биологических процессов: диссипация газов в космическое пространство, вулканическая деятельность, диссоциация (расщепление) молекул в результате солнечного ультрафиолетового излучения, химические реакции между компонентами атмосферы и горными породами, дыхание и обмен веществ живых организмов. Воздух имеет массу (это было доказано еще в 17 веке). Чем ближе воздух к поверхности планеты, тем он плотнее. Масса 1м<sup>3</sup> воздуха у земной поверхности составляет в среднем 1,293 кг. На высоте 10 км она снижается до 400 г, на 40-километровой высоте – до 4 г. 90% массы всей атмосферы сосредоточено в слое до 16 км, выше 100 км находится одна миллионная часть всей массы атмосферы.

Основные составляющие атмосферы – азот (78%) и кислород (21%). Кроме того, в ней содержатся в небольших количествах углекислый газ, аргон, гелий, водород, озон, водяные пары и др.

До высоты 100-200 км газовый состав нашей планеты значительно не меняется. Выше – до 200-250 км – преобладает азот, затем – до 500-700 км – атомарный кислород, а еще выше – гелий. У поверхности «воздушного океана» преобладает самый легкий газ – водород.

Внешняя форма воздушной оболочки Земли не шарообразна, а вытянута с ночной стороны примерно на 100 тыс. км наподобие хвоста кометы. Предполагается, что он образуется в результате давления солнечных лучей – солнечного ветра.

Атмосфера Земли имеет слоистое строение.

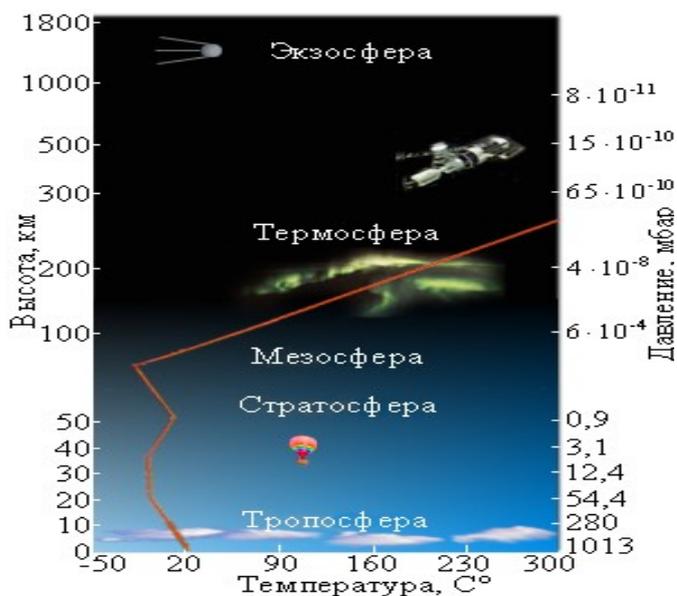


Рисунок 2.  
Строение атмосферы

Выделяют тропосферу (до 10 км), стратосферу (10-50 км), мезосферу (50-85 км), термосферу (85-100 км), ионосферу (100-400 км) и экзосферу (400-1000 км) (рис.2). Область от 20 до 150 км называют хемосферой, ибо в ней протекает большинство фотохимических процессов.

*Тропосфера* – это прилегающая к земной поверхности область, в которой температура более или менее равномерно убывает с высотой в среднем на  $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$  на 100 м до  $-50 \text{ }^\circ\text{C}$  и ниже. Верхняя граница тропосферы понижается при движении от экватора к полюсам от 17 до 9 км. В тропосфере заключено свыше 80 % массы атмосферы и практически весь водяной пар. В ней протекают физические процессы, которые обуславливают ту или иную погоду. В тропосфере осуществляются все превращения водяного пара. В ней образуются облака и формируются осадки, очень сильно развито турбулентное и конвективное перемешивание.

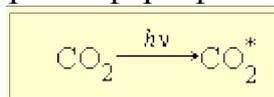
За последние 50 лет в среднем количество кислорода ежегодно уменьшается на 10 млрд т, и его использовано столько же, сколько за последний миллион лет. Это во многом связано с техногенной деятельностью человека. Так, пробег автомобиля от Москвы до Санкт-Петербурга требует такого объема кислорода, который необходим для дыхания человека в течение года. Действительно, при сжигании 1 л бензина в двигателе внутреннего сгорания расходуется до 1,5 кг кислорода, если углеводородное горючее сгорает до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . К сожалению, часть горючего при переходных режимах работы двигателя сгорает не полностью или окисляется только до CO. Автомобильный транспорт служит основным источником загрязнения воздуха больших городов и прилегающих территорий. Поскольку на одну весовую часть горючего приходится до 15 весовых частей воздуха, то кроме  $\text{C}_x\text{H}_y$  и CO в атмосферу выбрасываются продукты окисления атмосферного азота, в основном NO и  $\text{NO}_2$ . Некоторые сорта бензина содержат в качестве антидетонационной добавки тетраэтилсвинец  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ . Поэтому и по сию пору автомобильный выхлоп служит основным источником загрязнения атмосферы свинцом и его соединениями. В промышленных районах и вдоль дорог со-

держание свинца в 25-30 раз больше, чем в сельской местности. Твердое топливо, особенно низкосортные каменные угли и некоторые мазуты, при сжигании загрязняет атмосферу оксидами серы  $SO_x$ .

В нижних слоях атмосферы процессы с участием солнечного излучения и продуктов автомобильных выхлопов обуславливают образование «*фотохимического смога*», основу которого составляет *пероксиацетилнитрат (ПАН)*. Смог начинает развиваться с появлением первичных продуктов, загрязняющих атмосферу, которые сами по себе могут быть неядовитыми и неактивными в химическом отношении.

Атмосфера постоянно пополняется газами биохимического происхождения, образующимися при разложении микроорганизмами продуктов растительного и животного происхождения:  $CH_4$  и другие углеводороды,  $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2S$ ,  $H_2$ ,  $O_2$ . Под воздействием на горные породы высоких температур и давлений в атмосферу поступают газы химического происхождения ( $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO$ ,  $N_2$ ,  $HCl$ ,  $HF$ ,  $NH_3$ ,  $SO_2$ ), а также продукты вулканического происхождения и, наконец, газообразные продукты радиоактивного распада ( $He$ ,  $Ar$ ,  $Kr$ ,  $Xe$ ,  $Rn$ ).

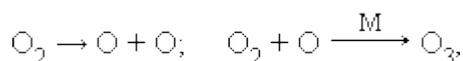
В тропосфере фотохимические процессы ограничены реакцией:



Возбужденные молекулы, теряя энергию при столкновении с другими молекулами, повышают температуру тропосферы примерно на  $20^\circ$ . Повышение содержания  $CO_2$  лежит в основе парникового эффекта.

*Стратосфера* характеризуется постоянством или ростом температуры с высотой и исключительной сухостью воздуха. Верхняя граница стратосферы расположена в среднем на высотах 50 - 55 км. Температура стратосферы растет с высотой, достигая на верхней границе  $0-10^\circ C$ .

В стратосфере фотохимические процессы более разнообразны. Во-первых, это образование  $O_3$ , концентрация которого по сравнению с тропосферой возрастает в 200 раз. Молекулы  $O_3$  очень неустойчивы, хотя постоянно образуются под действием солнечного излучения в диапазонах 135–176 нм и 240–260 нм по реакциям:



где  $M$  – какая-нибудь третья частица ( $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $Ar$ ).

Разрушение озона связано с реакциями  $O_3 + O \rightarrow O_2 + O_2$  или  $O_3 \rightarrow O_2 + O$  ( $\nu = 200-300$  нм).

Эти реакции поддерживают динамическое равновесие образования и распада  $O_3$  в естественных условиях. Последняя фотохимическая реакция защищает биосферу от губительного для нее ультрафиолета. Разрушение озонового слоя происходит под воздействием следующих антропогенных факторов: выбросы высотных самолетов и ракет, фреоны.

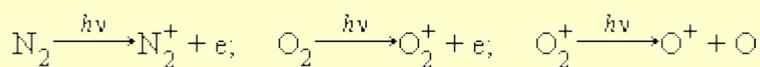
Процессы в стратосфере практически не влияют на погоду. Однако между тропосферой и стратосферой происходит постоянный обмен воздушными массами. Поэтому стратосферу называют «кладовой» погоды.

*Мезосфера* – слой, лежащий над стратосферой и характеризующийся падением температуры с высотой. Верхняя граница мезосферы совпадает с минимумом температуры (около  $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и расположена на высоте около 85 км.

*Термосфера* находится над мезосферой. Температура в ней быстро растет, достигая  $-1000-2000\text{ }^{\circ}\text{C}$  на высоте 400 км. Выше 400 км температура почти не меняется с высотой. Температура и плотность воздуха очень сильно зависят от времени суток и года, а также от солнечной активности. В годы максимума солнечной активности температура и плотность воздуха в термосфере значительно выше, чем в годы минимума.

*Ионосфера* расположена на высоте от 100 до 400 км. Здесь господствует ионизация, а еще выше – и диссоциация многих компонентов атмосферы. Ионосфера состоит преимущественно из заряженных частиц (ионов и электронов), обладающих способностью отражать короткие радиоволны, что позволяет осуществлять дальнюю радиосвязь. В ионосфере дуют ураганные ветра.

В ионосфере происходят реакции фотоионизации:



Эти молекулярные ионы вступают в ион-молекулярные реакции; переход в основное состояние этих частиц является причиной северных сияний. Эти реакции дополняются еще реакциями перехода возбужденных атомов и молекулярных ионов в основное состояние:  $\text{O}^* \rightarrow \text{O} + h\nu$  (зеленая и красная области) и  $\text{N}_2^{+*} \rightarrow \text{N}_2^+ + h\nu$  (фиолетовая и синяя области).

*Экзосфера* – зона рассеяния атмосферы, из которой быстро движущиеся атомы водорода могут вылетать в космическое пространство.

Следует отметить, что все приведенные здесь величины получены путем усреднения их за большие интервалы времени и по огромным площадям. Вне всякого сомнения, мгновенные параметры атмосферы значительно отличаются от средних, так как атмосфера – это чрезвычайно изменчивая среда.

От распределения тепла, давления и содержания водяного пара в этой оболочке зависят погода и климат Земли. Атмосфера, как одежда, защищает днем поверхность Земли от обжигающих лучей Солнца, а ночью сохраняет тепло, накопленное за день, воздух спасает нас и от смертельного космического излучения. Без воздушной оболочки Земля была бы мертвой и безмолвной.

*Гидросфера* – это водная оболочка твердой Земли. Вода существует в различных формах. Больше всего на Земле жидкой воды. Она образует на поверхности Земли Мировой океан, общая площадь которого 70,8 % площади всей земной поверхности. Вода благодаря своим уникальным свойствам имеет важное значение для создания на Земле оптимального теплового режима. Именно в ней зародилась и без нее была бы невозможна органическая жизнь.

Основная масса льда располагается на суше – главным образом в Антарктиде и Гренландии. Если бы этот лед растаял, то уровень Мирового океана повысился бы примерно на 60 м. При этом 10 % суши оказалось бы затопленной морем.

Вода постепенно испаряется с поверхности Мирового океана. Она подхватывается воздушными течениями и переносится на громадные расстояния.

После ряда превращений (конденсации, сублимации, коагуляции и т.п.) испарившаяся влага выпадает из атмосферы в виде осадков. Не вся влага при этом возвращается прямо в Мировой океан. Часть осадков выпадает на сушу, откуда они выносятся реками в моря и океаны. Во время своего пути по суше вода растворяет различные соли, захватывает мелкие, а иногда и крупные частички и выносит все это в море. Круговорот воды на Земле существует миллионы лет. Возможно поэтому вода морей и океанов соленая, хотя на этот счет нет единого мнения. Гидрологический цикл (круговорот воды) начинается именно в гидросфере. Однако приводится этот цикл в действие атмосферными факторами. Специфические элементы гидросферы, такие как волны и прибрежные течения, изменяют берега и пляжи.

**Биосфера** – это живая оболочка Земли. В биосфере живые организмы и среда их обитания органически связаны и взаимодействуют друг с другом, образуя целостную динамическую систему. Живые организмы от мельчайших одноклеточных, составляющих океанический планктон, до крупнейших млекопитающих оказывает сильное влияние на геологическое развитие Земли: от образования осадочных пород до их выветривания и эрозии.

Итак, геология имеет большое практическое, хозяйственное и культурное значение. Она способствует пониманию того, что представляет собой Земля, и формирует правильное отношение к планете, на которой мы живем. Геология помогает открывать и осваивать разнообразные минеральные ресурсы и защищать окружающую среду от загрязнения. Геология изучает минералы, горные породы, руды, окаменевшие органические остатки, а также изменения во времени. При этом она исходит из предположения, что закономерности, управляющие происходящими ныне изменениями, действовали в прошлом. Таким образом, геология основана на принципе актуализма. Этот принцип принят для атмосферы, гидросферы, геосферы и биосферы. Главные процессы, с которыми связаны эти изменения, – это разрушения горных пород и отложение осадков, магматическая деятельность, метаморфизм и тектонические движения (включая процессы, описываемые тектоникой плит).

## Тема 5. Биологический уровень организации материи (1 ч.)

### 1. Концептуальные уровни познания в современной биологии

Предбиологические структуры, представляющие собой гигантские органические макромолекулы, являются пределом химической эволюции вещества. Следующий и принципиально иной уровень сложности в организации материи по сравнению с атомарно-молекулярным уровнем — это **живая материя**, живая природа. Жизнь во всех ее формах является объектом **биологии**, поэтому, имея в виду все живое, можно говорить о **биологическом уровне организации материи**.

**Биологию** можно определить как науку о живом, о строении живой материи и процессах с ее участием, формах и развитии живого, распространении живых организмов и их природных сообществ, взаимосвязях живой и неживой природы.

В развитии биологии выделяют три основных этапа: 1) систематики (К.Линней); 2) эволюционный (Ч. Дарвин); 3) биологии микромира (Г. Мендель). Каждый из них связан с изменением представлений о мире живого, самих основ биологического мышления, со сменой биологических парадигм (концепций).

В биологии сформировались три концептуальные уровня биологического знания: *описательно-натуралистическая* (иное название — *традиционная*) биология, *эволюционная* биология и *физико-химическая* биология.

**Традиционная биология** имеет самую долгую историю. Объектом изучения традиционной биологии была и остается живая природа в ее естественном состоянии и нерасчлененной целостности. Ее метод — тщательное наблюдение и описание явлений природы, а главная задача — их классифицирование. Эту задачу выполняет биологическая *систематика*. В рамках систематики биологические объекты объединяют в группы (**таксоны**). Группировка возможна по различным принципам. *Искусственная классификация* проводится на основе легко обнаруживаемых признаков (так, возможна классификация по месту обитания). *Естественная классификация* использует более содержательные критерии, например, эволюционные связи биологических объектов, в основе которых лежит общее историческое происхождение.

**Эволюционная биология.** С того времени, как в биологии было в полной мере осознано неотъемлемое и наиболее характерное свойство живого — его способность развиваться и совершенствоваться, *концепция эволюции* получила в ней самостоятельное значение и обусловила формирование отдельного направления — эволюционной биологии. Ее истоки лежат в традиционной биологии. Ч.Дарвин создал теорию естественного отбора, будучи типичным натуралистом. Учение Дарвина — плод пристальных наблюдений над живой природой в самых разных формах ее проявления. Современная эволюционная биология имеет задачей последовательное развитие представлений об увеличении многообразия и сложности живого, включая раскрытие деталей механизма эволюции и научное решение проблемы происхождения жизни.

**Физико-химическая биология** сформировалась благодаря экспериментальным тенденциям, существовавшим в науке издавна (поэтому иногда это направление именуют еще и *экспериментальной биологией*). В настоящее время методами экспериментальной биологии исследуется молекулярный уровень живого, а также структура и функции живых систем на всех остальных уровнях организации. В арсенале современной экспериментальной биологии метод изотопных индикаторов, методы рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии, ультразвуковое зондирование, высокочувствительные методы электромагнитных измерений и др. Развитие физико-химического направления биологии объективно способствовало тесному взаимодействию естественных наук, формированию целостной современной естественнонаучной картины мира. Следует отметить также большое прикладное значение физико-химической биологии как основы многих новейших направлений медицины.

Многообразные знания о живой природе плохо поддаются формализации и формулированию на их основе постулатов и обобщений, которые могли бы

послужить базой для всеохватывающего теоретического знания о живом. На сегодняшний день **теоретическая биология** только формируется. Главная проблема будущей теоретической биологии — создание *единой теории живого*.

В настоящее время биология представляет собой комплекс наук о живой природе. Структуру его можно рассматривать с разных точек зрения.

- По объектам исследования биология подразделяется на вирусологию, бактериологию, ботанику, зоологию, антропологию.
- По свойствам проявления живого в биологии выделяются: морфология – наука о строении живых организмов; физиология – наука о функционировании организмов; молекулярная биология, изучающая микроструктуру живых тканей и клеток; экология, рассматривающая образ жизни растений и животных и их взаимосвязи с окружающей средой; генетика, исследующая законы наследственности и изменчивости.
- По уровню организации исследуемых живых объектов выделяются: анатомия, изучающая макроскопическое строение животных; гистология, изучающая строение тканей; цитология, исследующая строение живых клеток.

Эта многоплановость комплекса биологических наук обусловлена чрезвычайным многообразием живого мира. Сегодня живой мир нашей планеты включает огромное число видов:

Царство	Число видов, известных науке
Животные	1 500 000
Растения	300 000
Грибы	100 000
Бактерии	6 000
Вирусы	800

Причем мир живой природы исследован далеко не полностью. Число неописанных видов оценивается по меньшей мере в 1 млн.

## 2. Сущность жизни. Свойства живых систем

Классическим определением жизни стала формулировка *Ф. Энгельса*: «Жизнь – это способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой, причем с прекращением этого обмена веществ прекращается и жизнь, что приводит к разложению белка». И далее: «... обмен веществ состоит в поглощении веществ, химический состав которых изменяется, которые ассимилируются организмом и остатки которых выделяются вместе с порожденными в процессе жизни продуктами разложения самого организма». *Ф. Энгельс* дополняет: «И у неорганических тел может происходить подобный обмен веществ, который и происходит с течением времени повсюду, так как повсюду происходят, хотя бы и очень медленно, химические действия. Но разница заключается в том, что в случае неорганических тел обмен веществ разрушает их, в случае же

органических тел он является необходимым условием их существования». Определение Ф. Энгельса намного опередило свое время, и можно только поражаться тому, как при состоянии науки того времени ему удалось увидеть главное и указать на самое принципиальное в характеристике сущности живого.

Выдающийся биохимик академик *В.А.Энгельгардт* отмечал, что «в способности живого создавать порядок из хаотического теплового движения молекул состоит наиболее глубокое, коренное отличие живого от неживого. Тенденция к упорядочению, к созданию порядка из хаоса есть ни что иное, как противодействие энтропии».

Обобщая достижения современного естествознания в области теории открытых диссипативных систем, известный биофизик *М.В.Волькенштейн* определил живые тела, существующие на Земле, как «открытые саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, состоящие из биополимеров: белков и нуклеиновых кислот».

Несмотря на обилие высказываний по поводу феномена жизни, дать краткое и однозначное определение жизни представляется сегодня весьма сложной задачей. «Жизнь» не существует сама по себе - это лишь специфическое качество определенных систем, называемых «живыми» или «биологическими». Жизнь, в ее конкретных проявлениях на Земле, представлена многообразием организмов. На основании достижений современной биологии можно выделить совокупность свойств, которые являются общими для всех живых существ и отличают их от тел неживой природы. Таким образом, к понятию «жизнь» мы приходим путем постижения специфических свойств живых организмов, к которым относятся: особенность химического состава, обмен веществ, самовоспроизведение, наследственность, изменчивость, раздражимость, рост и развитие.

### ***Особенности химического состава***

Различие между живой и неживой природой отчетливо проявляется уже на уровне их химического состава. Если земная кора на 90% состоит из O, Si, Al и Na, то в живых организмах около 95 % составляют C, H, O, N, P, S, называемые *органогенами*, из которых преимущественно состоят органические вещества (белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, жиры и т.д.).

Признаком живого на молекулярном уровне служат чрезвычайно многообразные органические соединения. Они являются как структурными, так и функциональными компонентами организмов, играя важную роль в процессах обмена веществ и энергии. Основой живого или, другими словами, субстратом жизни являются белки и нуклеиновые кислоты – биополимеры, находящиеся в тесном взаимодействии и взаимозависимости. Белки не только строительный материал живого, они играют важнейшую роль во всех жизненных функциях (в том числе и в процессе синтеза нуклеиновых кислот), выступая в качестве биокатализаторов (белки-ферменты). Нуклеиновые кислоты, в свою очередь, определяют структуру всех белков, синтезируемых в организме.

Таким образом, характерной чертой субстрата жизни является его структурная организация. Живое вещество, построенное из тех же химических эле-

ментов, что и неживое, характеризуется чрезвычайной сложностью химических соединений, обусловленной определенной упорядоченностью на молекулярном уровне. Упорядоченность в пространстве сопровождается упорядоченностью во времени, обеспечивающей строгую последовательность процессов, протекающих в живых системах.

### ***Обмен веществ (метаболизм)***

*Обмен веществ (метаболизм)* – совокупность протекающих в живых системах химических превращений, обеспечивающих их жизнедеятельность, рост, воспроизведение, развитие, самосохранение, постоянный контакт с окружающей средой, способность адаптироваться к ней и ее изменениям. В процессе обмена веществ происходит расщепление и синтез молекул, входящих в состав клеток; образование, разрушение и обновление клеточных структур и межклеточного вещества. В основе метаболизма лежат взаимосвязанные процессы ассимиляции (анаболизм) и диссимиляции (катаболизм). Ассимиляция – процессы синтеза сложных молекул из простых с расходом энергии, запасенной в ходе диссимиляции (а также накопление энергии при отложении в запас синтезированных веществ). Диссимиляция – процессы расщепления (анаэробного или аэробного) сложных органических соединений, идущее с высвобождением энергии, необходимой для осуществления жизнедеятельности организма.

В отличие от тел неживой природы обмен с окружающей средой для живых организмов является условием их существования. При этом происходит восстановление разрушенных («отработавших») компонентов, замена их новыми, идентичными им, т.е. имеет место самообновление.

Все живые организмы могут быть разделены на две группы: автотрофы и гетеротрофы, отличающиеся источниками энергии и необходимыми веществами для своей жизнедеятельности.

*Автотрофы* – организмы, синтезирующие из неорганических веществ органические соединения с использованием энергии солнечного света (фотосинтезики: зеленые растения, водоросли, некоторые бактерии) или энергии, получаемой при окислении неорганического субстрата (хемосинтезики: серо-, железобактерии и некоторые другие). Роль фотосинтезирующих автотрофов в природе является определяющей: они обеспечивают существование всех других организмов и ход биогеохимических циклов в круговороте веществ на Земле.

*Гетеротрофы* (все животные, грибы, большинство бактерий, некоторые бесхлорофилльные растения) – организмы, нуждающиеся для своего существования в готовых органических веществах, которые, поступая в качестве пищи, служат как источником энергии, так и необходимым «строительным материалом». Характерной чертой гетеротрофов является наличие у них амфиболизма, т.е. процесса образования мелких органических молекул (мономеров), образующихся при переваривании пищи (процесс дегградации сложных субстратов). Такие молекулы - мономеры используются для сборки собственных сложных органических соединений. Например, при расщеплении белков пищи в кишечнике на аминокислоты, последние поступают затем в клетки тела и там из них «собираются» (синтезируются) белки, присущие данному организму.

### ***Самовоспроизведение (репродукция)***

*Способность к размножению* (воспроизведению себе подобных, самовоспроизведению) относится к одному из фундаментальных свойств живых организмов. Размножение необходимо для того, чтобы обеспечить непрерывность существования видов, т.к. продолжительность жизни отдельного организма ограничена. Размножение с избытком компенсирует потери, обусловленные естественным отмиранием особей, и таким образом поддерживает сохранение вида в ряду поколений особей. В процессе эволюции живых организмов происходила эволюция способов размножения. Поэтому у ныне существующих многочисленных и разнообразных видов живых организмов мы обнаруживаем разные формы размножения. Многие виды организмов сочетают несколько способов размножения. Необходимо выделить два, принципиально отличающихся типа размножения организмов: бесполое (первичный и более древний тип размножения) и половое.

В процессе *бесполого* размножения новая особь образуется из одной или группы клеток (у многоклеточных) материнского организма. При всех формах бесполого размножения потомки обладают генотипом (совокупность генов), идентичным материнскому. Следовательно, все потомство одного материнского организма оказывается генетически однородным и дочерние особи обладают одинаковым комплексом признаков.

При *половом* размножении новая особь развивается из зиготы, образующейся путем слияния двух специализированных половых клеток (процесс оплодотворения), продуцируемых двумя родительскими организмами. Ядро в зиготе содержит гибридный набор хромосом, образующийся в результате объединения наборов хромосом слившихся ядер гамет. В ядре зиготы, таким образом, создается новая комбинация наследственных задатков (генов), привнесенных в равной мере обоими родителями. А развивающийся из зиготы дочерний организм будет обладать новым сочетанием признаков. Иными словами, при половом размножении происходит осуществление комбинативной формы наследственной изменчивости организмов, обеспечивающий приспособление видов к меняющимся условиям среды и представляющей собой существенный фактор эволюции. В этом заключается значительное преимущество полового размножения по сравнению с бесполом.

Размножение организмов обеспечивает самовоспроизведение всех видов, населяющих Землю, что в свою очередь обуславливает существование биогеоценозов и биосферы.

### ***Наследственность и изменчивость***

*Наследственность* обеспечивает материальную преемственность (поток генетической информации) между поколениями организмов. Она тесно связана с репродукцией на молекулярном, субклеточном и клеточном уровнях. Генетическая информация, определяющая разнообразие наследственных признаков, зашифрована в молекулярной структуре ДНК (у некоторых вирусов – в РНК). Полинуклеотидные цепи ДНК подразделяются на особые функциональные еди-

ницы (*гены*), являющиеся единицами генетической (наследственной) информации. В генах закодирована информация о структуре синтезируемых белков, ферментных и структурных. *Генетический код* – это система «записи» информации о последовательности расположения аминокислот в синтезируемых белках с помощью последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК. Генетический код един для всех живых организмов на Земле, т.е. он универсален.

Совокупность всех генов организма называется *генотипом*, а совокупность признаков – *фенотипом*. Фенотип зависит как от генотипа, так и факторов внутренней и внешней среды, которые влияют на активность генов и обуславливают регулярные процессы.

Если бы при размножении организмов проявлялась только преемственность существующих признаков и свойств, то на фоне меняющихся условий внешней среды существование организмов было бы невозможно, так как необходимым условием жизни организмов является их приспособленность к условиям среды обитания. При «жесткой» наследственности не мог бы осуществляться и эволюционный процесс. Но живым организмам свойственна *изменчивость*, под которой понимают свойство живого приобретать новые признаки и утрачивать прежние. Проявляется изменчивость в разнообразии организмов, принадлежащих к одному и тому же виду. Изменчивость может реализовываться у отдельных организмов в ходе их индивидуального развития или в пределах группы организмов в ряду поколений при размножении. Выделяют две основные формы изменчивости: *генотипическую* (наследственную) и *модификационную* (ненаследственную).

*Генотипическая изменчивость* связана с изменением генотипа и приводит к изменению фенотипа. В основе генотипической изменчивости могут лежать мутации (*мутационная изменчивость*) или новые комбинации генов, возникающие в процессе оплодотворения при половом размножении (*комбинативная изменчивость*). При мутационной форме изменения связаны, в первую очередь, с ошибками при репликации нуклеиновых кислот. Происходит возникновение новых генов, несущих новую генетическую информацию; происходит появление новых признаков. И если вновь возникающие признаки полезны организму в конкретных условиях, то они «подхватываются» и «закрепляются» естественным отбором. Таким образом, на наследственной (генотипической) изменчивости базируется приспособляемость организмов к условиям внешней среды, разнообразие организмов, создаются предпосылки для позитивной эволюции.

При *ненаследственной (модификационной) изменчивости* происходят изменения фенотипа под действием факторов внешней среды и не связанные с изменением генотипа. Модификации (изменения признаков при модификационной изменчивости) происходят в пределах нормы реакции, находящейся под контролем генотипа. Модификации не передаются следующим поколениям, т.е. приобретенные в течение индивидуальной жизни признаки не наследуются. Значение модификационной изменчивости заключается в том, что она обеспечивает приспособляемость организма к факторам внешней среды в течение его жизни.

### ***Раздражимость***

Неотъемлемым свойством организмов и всех живых систем является *раздражимость* – способность воспринимать внешние или внутренние раздражители (воздействия) и адекватно на них реагировать. У организмов раздражимость сопровождается комплексом изменений, выражающихся в сдвигах обмена веществ, электрического потенциала на мембранах клеток, физико-химических параметров в цитоплазме клеток, в двигательных реакциях, а высокоорганизованным животным присущи изменения в их поведении.

Явление раздражимости лежит в основе саморегуляции биологических систем, а в результате существования саморегуляции в системах поддерживается гомеостаз. *Гомеостаз* – это способность системы противостоять изменениям и сохранить относительное постоянство ее состава и свойств (поддержание определенной температуры тела, постоянство полного состава, осмотического давления и т.д.).

Явление раздражимости лежит в основе адаптаций. Под *адаптацией* понимается приспособление организма к непрерывно меняющимся условиям среды. Выделяя раздражимость как специфическое свойство живых организмов, руководствуются следующими соображениями. Неживые тела (системы) реагируют, как правило, на внешние воздействия непосредственно, т.е. независимо от своей предшествующей истории. Живые же организмы реагируют на внешние воздействия уже не только непосредственно, но и основываясь на своей врожденной (генетической) или прижизненной (индивидуальной) «памяти» о всем прошлом опыте реагирования на внешние воздействия. Разумные существа обладают способностью опережающего действия в меняющихся условиях среды, реагируя на внешние воздействия уже не только непосредственно или с учетом имеющейся и накопленной информации, но и активно перерабатывая ее в новую информацию.

### ***Рост и развитие***

Всем живым организмам свойственен процесс индивидуального развития – *онтогенез*, и исторического развития – *филогенез*.

Под *онтогенезом* понимают процесс индивидуального развития многоклеточного организма (образующегося в результате полового размножения) от момента формирования зиготы до естественной смерти особи. За счет деления зиготы и последующих поколений клеток формируется многоклеточный организм, состоящий из огромного числа разных типов клеток, различных тканей и органов. Развитие организма базируется на «генетической программе» (заложенной в генах хромосом зиготы) и осуществляется в конкретных условиях среды, существенно влияющей на процесс реализации генетической информации в ходе индивидуального существования особи. На ранних этапах индивидуального развития происходит интенсивный рост (увеличение массы и размеров), обусловленный репродукцией молекул, клеток и других структур, и дифференцировка, т.е. появление различий в структуре и усложнение функций.

На всех этапах онтогенеза существенное регулирующее влияние оказывают на развитие организма различные факторы внешней среды (температура, гравитация, давление, состав пищи по содержанию химических элементов и витаминов, разнообразные физические и химические агенты).

*Филогенез (эволюция организмов)* представляет собой необратимый процесс исторического развития живого. В ходе эволюции (филогенетического развития) происходит последовательная смена видов в результате процесса возникновения новых видов организмов. По своему характеру эволюция является прогрессивной, т.к. организация живых организмов в ходе эволюции прошла ряд ступеней: доклеточных форм, одноклеточных организмов, все усложняющихся многоклеточных вплоть до человека. С появлением человека возникла новая форма существования материи – социальная, высшая по сравнению с биологической и не сводимая к ней. В силу этого человек в отличие от всех других видов организмов представляет собой биосоциальное существо.

Таким образом, можно выделить фундаментальные и специфические свойства, совокупность которых характеризует живое: самообновление, самовоспроизведение и саморегуляция, базирующиеся на потоках веществ, энергии и информации. Отличие живых систем от неживых состоит не в присутствии каких-то неуловимых метафизических свойств – все законы физики и химии верны и для живого, – а в высокой структурной и функциональной сложности живых систем. Эта особенность включает все рассмотренные выше признаки и свойства живых организмов и делает состояние жизни качественно новым свойством материи.

### **3. Уровни организации живого**

Жизни как природному явлению присуща своя иерархия уровней организации, определенная упорядоченность, соподчиненность этих уровней.

Выделяют следующие уровни организации живой материи: молекулярный, клеточный, тканевый, органный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический, биосферный.

*Молекулярный* уровень представляет собой совокупность органических молекул (мономеров и полимеров: белков, нуклеиновых кислот, липидов, углеводов и др.), обеспечивающих важнейшие процессы деятельности организма – обмен веществ, энергии и информации. *Клеточный* уровень представлен клетками, как функциональными составляющими организма. Совокупность сходных по строению и функциям клеток (и межклеточного вещества) образует *тканевый уровень*. Несколько типов тканей могут объединяться в органы, образуя *органный* уровень организации живой материи. Система органов, специализированных для выполнения различных функций, представляет собой *организмизм*. Если организмы одного вида объединены местом и средой обитания, в которой возможны эволюционные преобразования, образуется *популяционно-видовой* уровень. *Биогеоценотический* уровень включает единый природный комплекс, в котором осуществляется обмен веществом и энергией между различными организмами в среде их обитания. Круговорот веществ и превращение

энергии, охватывающие все живые организмы на Земле, создает **биосферный** уровень организации живой материи.

Отдельные структурные уровни живого являются объектами изучения для отдельных биологических наук. Так, молекулярный уровень изучается молекулярной биологией, генетикой; клеточный уровень служит объектом для цитологии, микробиологии; анатомия и физиология изучают жизнь на тканевом и организменном уровнях; зоология и ботаника имеют дело с организменным и популяционно-видовым уровнями; экология охватывает биогеоценотический и биосферный уровни.

## **Тема 6. Возникновение и развитие жизни на Земле (2 ч.)**

Проблема происхождения жизни является одной из важнейших не только в биологии, но и во всем естествознании и имеет большое мировоззренческое значение. С глубокой древности и до нашего времени было высказано огромное количество гипотез, объясняющих происхождение жизни на Земле:

1. Креационизм – сотворение жизни божественным существом.
2. Самопроизвольное зарождение – неоднократное возникновение жизни из неживого вещества.
3. Теория стационарного состояния – жизнь существовала всегда.
4. Панспермия – теория внеземного происхождения жизни.
5. Биохимическая эволюция – зарождение жизни в результате процессов, подчиняющихся химическим и физическим законам.

Часть этих теорий отталкивается от различных моделей возникновения Земли и Вселенной в целом. Что же они собой представляют?

### **1. Креационизм**

Первым возникло представление о сотворении мира как о «творческом акте» бога, и этот миф лежит в основе всех религий. Этой теории придерживаются представители практически всех религиозных учений. Согласно представлениям креационизма, жизнь возникла в результате сверхъестественного события в прошлом, но сам процесс сотворения мира у представителей различных направлений вызывает споры. Божественное сотворение мира – одновременный и недоступный для наблюдения факт, исключающий научное исследование. Поскольку наука рассматривает только явления, доступные наблюдению, она никогда не сможет ни доказать, ни отвергнуть божественную концепцию.

### **2. Самопроизвольное зарождение**

Наряду с религиозно-идеалистическим подходом к происхождению живого уже в античном периоде сформировался материалистический подход к этой проблеме. В его основе лежали представления о том, что живое может возникать из неживого, органическое – из неорганического. Необходимо только влияние различных естественных факторов. Результатом материалистических взглядов стало развитие концепции самозарождения, получившей распространение в Древнем Китае, Вавилоне, Египте, Древней Греции. Среди первых ее

приверженцев были древнегреческие ученые и философы Анаксимандр, Эмпедокл, Аристотель.

Согласно учению Анаксимандра, первые животные появились из влаги и земли, нагретой Солнцем, жили в воде и были покрыты чешуей. Достигнув определенного возраста, они вышли на сушу, освободились от чешуи и стали вести свойственный каждому образ жизни. Различные виды животных возникли независимо друг от друга, а человек, возможно, произошел от организма другого вида.

Философия Эмпедокла привела его к другой гипотезе происхождения живого. Двигателями Вселенной, согласно этому автору, являются две силы – Любовь и Вражда, – соединяющие или разделяющие. Процесс возникновения живых существ Эмпедокл представлял себе следующим образом: тинообразная поверхность Земли под действием внутреннего (из недр) огня принимала различную форму. Сначала таким образом были созданы растения, со временем – животные формы. Это были не живые существа в привычном нам представлении, а лишь их отдельные части. «Головы выходили без шеи, двигались руки без плеч, очи блуждали без лбов» – так описывал Эмпедокл картину мироздания. Соединенные силой Любви, части эти образовывали временные организмы, которым суждено было погибнуть под действием Вражды. И лишь те из них, которые способны были питаться и размножаться, выжили и сохранились до наших дней.

Основатель биологии Аристотель также придерживался теории спонтанного зарождения. Он признавал бога за высшую форму и перводвигатель. Согласно Аристотелю, организмы могут происходить от организмов, но вместе с тем могут возникать и от неживой материи. Он считал, что материя лишь пассивное начало, возможность, которая может осуществиться только через определенную форму. Бытие содержит внутреннюю цель развития (энтелехию). По Аристотелю, именно энтелехия как целеустремленная внутренняя сущность вдыхает жизнь в материю.

Несмотря на распространение христианства, теория самозарождения существовала много столетий. В XVI в. Филипп фон Гогенгейм (Парацельс) пытается создать гомункулуса (искусственного человека), а В.Шекспир говорит устами своего героя: «Ваши египетские гады заводятся в грязи от лучей вашего египетского Солнца...» В начале XVII века знаменитый ученый Ван Гельмонт сообщал о самозарождении мышей, для которого понадобились грязная рубашка, темный шкаф и горсть пшеницы.

Теория самозарождения была подвергнута сомнению только в конце XVII в. итальянским врачом и биологом Франческо Реди (1688), который установил, что червячки, появляющиеся на гниющем мясе – это личинки мух, а не самопроизвольно зародившиеся существа. На основании экспериментальных данных Реди пришел к выводу, что «жизнь может возникнуть только из предшествующей жизни» («все живое от живого»). Тем не менее, теория самозарождения была полностью опровергнута только к концу XIX в. французским микробиологом Луи Пастером (1862).

Эксперименты Пастера были просты и очевидны и раз и навсегда вычеркнули гипотезу самозарождения. Эксперимент заключался в следующем. В две колбы он помещал питательную среду – дрожжевой экстракт с сахаром. В области горлышка одной колбы оттягивал длинную тонкую трубку и изгибал ее. Затем стерилизовал содержимое обеих колб. Через некоторое время в просто открытой колбе возникла жизнь (раствор мутнеет, т.к. в среде быстро развиваются микроорганизмы; гниение и брожение – это результат их жизнедеятельности), а в колбе с изогнутым концом – нет. Пастер это объяснил следующим образом: споры бактерий из внешней среды заносятся потоком воздуха в обе колбы, но в одной колбе они достигают питательной среды и дают начало жизни, а в другом случае – оседают на стенках изогнутой трубки. Микробы – сложно устроенные организмы и могут производить себе подобные существа, то есть живое происходит от живого. Как ученый, который доверяет только результатам научных опытов, Пастер не делает глубоких выводов о происхождении жизни. Однако его исследования окончательно разрушили вековые предрассудки о спонтанном самозарождении.

Утверждая идею биогенеза, Л. Пастер прекрасно осознавал неразрывную связь неживой и живой природы. По его представлениям, жизнь возникла когда-то на нашей планете из неживой природы. Но это было однократным событием, обусловленным уникальным сочетанием условий, различных факторов, определивших возникновение жизни. Появление каких-либо организмов на Земле вторично (и неоднократно), при наличии уже существующих разнообразных жизненных форм, невозможно. Во-первых, потому, что синтез органических веществ из неорганических возможен лишь при весьма специфических условиях, о которых речь пойдет ниже. Во-вторых, если бы эти органические «тела» возникли сегодня, то они тут же «пожирались» бы существующими организмами.

Таким образом, развенчание гипотезы самопроизвольного зарождения жизни и утверждение биогенеза явилось важным достижением науки XIX века.

### **3. Стационарное состояние**

Согласно теории стационарного состояния Земля и жизнь на ней существовали всегда, причем в неизменном виде. Эта теория представляется мало продуктивной, т.к. сближается, с одной стороны, с креационизмом, а с другой – с рассматриваемой ниже гипотезой панспермии. Аргументация сторонников стационарного состояния противоречит геологической и палеонтологической летописи нашей планеты, данным космогонии и других наук. Оригинальность этой теории не привлекла к ней большого количества сторонников.

### **4. Панспермия**

Крушение гипотезы самозарождения привело ученых XIX в. к мысли о том, что жизнь никогда не возникала на Земле, а была занесена из космоса. Такая гипотеза была названа панспермией (что означает «жизнь повсеместно»). Гипотеза занесения жизни на Землю извне не предлагает объяснения механизма ее зарождения. Сам способ занесения может быть различен, поэтому существу-

ет несколько вариантов панспермии: *радиационная, кометная, направленная*.

1) В 1865 г. немецкий ученый Г. Рихтер выдвинул, а в 1907 г. шведский ученый С. Аррениус тщательно разработал гипотезу *радиационной панспермии*, согласно которой солнечные лучи гонят на Землю споры бактерий, вечно существующие во Вселенной. (Известно, что свет производит на тела давление, т.к. фотоны обладают массой в состоянии движения).

2) Согласно гипотезе *кометной панспермии*, предложенной Ф. Хойлом и С. Викремасингом, внутри комет образуется и сохраняется не только органика, но и споры бактерий и одноклеточные организмы, которые были занесены на Землю с обломками метеоритов и кометным веществом.

Данная гипотеза опирается на данные, что некоторые микроорганизмы могут существовать в суровых условиях: низких температурах (близких к абсолютному нулю); высоких температурах (80-95°C); их споры выдерживают глубокий вакуум и длительное высушивание; они переносят большие дозы облучения. Следовательно, они могли бы переносить жесткие условия космоса. Но в космическом пространстве, в телах метеоритов, падающих на Землю, в кометной пыли микроорганизмы не обнаружены. Поэтому данные варианты панспермии как первопричина возникновения жизни на Земле должны быть отклонены.

3. Согласно гипотезе *направленной панспермии* жизнь на Землю была занесена из космического пространства, но уже не случайно, а в результате сознательной деятельности технически развитой цивилизации. Эту гипотезу с 1967 г. развивали англ. физик Ф. Крик и амер. биохимик Л. Оргел.

Для обоснования этой гипотезы используются ныне необъясненные явления, такие как наскальные рисунки, похожие на изображение космонавтов в скафандрах, японские статуэтки «догу», взрыв Тунгусского метеорита, появление НЛО, другие факты, в настоящее время не поддающиеся объяснению. Убедительных данных о том, что нашу планету посещали инопланетяне, нет; жизнь на Марсе, Венере, Меркурии не обнаружена; признаки жизни во Вселенной хотя бы в виде сигналов из Космоса пока не обнаружены.

## **5. Эволюционные концепции происхождения жизни**

Сущность эволюционных концепций заключается в том, что жизнь возникает не внезапно, а появляется в результате синтеза из неорганических веществ простых органических веществ, которые постепенно усложнялись, эволюционируя в сторону простых живых систем. Сложную химическую эволюцию обычно выражают такой обобщенной схемой: *атомы → простые соединения → простые биоорганические соединения → макромолекулы → организованные системы*.

Сторонниками таких идей были российский биохимик академик Александр Иванович Опарин, англ. биолог-генетик Джон Холдейн, амер. химик Гарольд Юри, англ. уч. Джон Бернал.

### ***Особенности условий на ранней Земле***

Палеонтологические данные доказывают, что жизнь на Земле зародилась около 3,5 млрд лет назад, а возраст Земли насчитывает примерно 4,6-5

млрд. лет. На начальных этапах своей истории Земля представляла собой раскаленную планету. Вследствие вращения при постепенном снижении температуры атомы тяжелых элементов (железо, никель и др.) перемещались к центру, образовав ядро планеты. Из более легких химических элементов и их соединений возникла мантия Земли. Кремний и другие химические элементы стали основой формирования континентов, а самые легкие образовали океан и первичную атмосферу Земли.

Физико-химические условия на планете Земля были в то время совершенно другими, чем сейчас. Прежде всего, в атмосфере практически отсутствовал свободный кислород, его количество составляло тогда не более 0,001 от современного содержания. Эта первичная атмосфера имела восстановительный характер и состояла в основном из водорода, азота, углекислого газа, аммиака, метана, паров воды, аргона, гелия, неона и других газов. Такая бескислородная атмосфера не способна защитить от губительного действия жесткого ультрафиолетового излучения Солнца (озонового слоя еще не было), поэтому любые проявления жизни могли иметь место только в водоемах на глубине порядка 10 - 50 м.

Для раннего периода развития Земли были характерны частые и сильные грозовые электрические разряды, активная вулканическая деятельность, сопровождающаяся выбросами больших масс радиоактивных компонентов.

### **5.1 Гипотеза биохимической эволюции Опарина-Холдейна**

Основные положения гипотезы биохимической эволюции **А.И. Опарин** изложил в своем труде «Происхождение жизни», опубликованном в 1924 г.

Согласно Опарину химическая эволюция протекала в три этапа:

1. Из основных элементов и простейших молекул под действием УФ-излучения Солнца, мощных грозовых электрических разрядов, высокой температуры в районах повышенного вулканизма в атмосфере, которая носила восстановительный характер и состояла в основном из водорода, азота, углекислого газа, аммиака, метана, паров воды, образовались органические соединения, в том числе аминокислоты, азотистые основания, простые сахара и т.п. Первые органические молекулы с дождем попали в моря. Море постепенно превратилось в раствор, состоящий из самых разнообразных органических соединений, так называемый «горячий первичный бульон».

2. В «первичном бульоне», на прибрежных скалах, на вулканической остывшей лаве из органических молекул первого этапа происходило образование более сложных органических молекул, в том числе белков и нуклеиновых кислот.

3. В дальнейшем в водах первичного океана концентрация сложных органических полимеров увеличивалась, происходило их смешивание, взаимодействие и объединение в мелкие *фазовообособленные системы*, которые А.И.Опарин назвал *коацерватами* (коацерватными каплями).

Коацерваты – это комплексы коллоидных частиц. Они широко распространены в природе и могут быть легко получены в лаборатории. Впервые коацерватные капли в лабораторных условиях получил в 1930 году голландский

химик Бунгенберг де Ионг. Коацерваты возникают при смешивании растворов разнообразных полимеров. При этом происходит самосборка молекул в капли, в которых сосредотачивается большинство взятых в опыт молекул. Коацерватные капли отделены от окружающей среды резкой границей раздела, они способны поглощать вещество и энергию. Включая в коацерваты различные катализаторы, можно вызвать в них ряд реакций, в частности полимеризацию поступающих из внешней среды мономеров. За этот счет капли могут расти, а затем дробиться на дочерние образования. Одни капли в эксперименте могут расти быстрее, другие медленнее или даже подвергаются распаду. Таким образом, на модели коацерватной капли удастся экспериментально продемонстрировать зачатки естественного отбора.

В фазовообособленные системы (ФОС) входили молекулы белков и нуклеиновых кислот, синтезированные на втором этапе. Эти молекулы изначально не обладали свойствами биополимеров и не могли выполнять какие-либо функции в живых организмах. Эта способность возникла в процессе эволюции в результате естественного отбора. Отбор происходил не на уровне отдельных молекул, а на уровне всей ФОС в целом. В результате такого отбора ФОС приобретали свойства живого, т.е. эволюционировали до протоклетки. Таким образом, ФОС согласно гипотезе Опарина являются доклеточным предком или *пробионтом*.

**Дж. Холдейн** опубликовал свою гипотезу в 1929 г., т.е. почти одновременно с Опариным. Она включала следующие положения:

1. Атмосфера Земли не содержала кислорода, но не была обязательно восстановительной; в атмосфере могли содержаться окисленные формы азота и углерода.

2. В этих условиях могли происходить различные абиогенные синтезы биологически важных соединений. Эти синтезы привели к достижению первичным океаном консистенции «горячего жидкого бульона».

3. В накоплении на Земле органики играли роль кометы, иначе бы жизнь возникла позже.

4. Первичная жизнь долгое время существовала в вирусной форме. Обмен веществ первичных организмов был направлен на создание механизмов наследственности.

Итак, согласно Холдейну первичной была не ФОС, а макромолекулярная система подобная гену, способная к саморепродукции, а потому и названная им «голым геном».

Таким образом, концепции Опарина и Холдейна имеют много общего, но расходятся в трактовке доклеточного предка. У этих ученых было много сторонников и последователей и в конечном итоге все эволюционные гипотезы оказались разделенными на 2 группы:

1. Группа гипотез, построенных на идее *голобиоза*, т.е. доклеточный предок – фазовообособленная система, способная к элементарному обмену веществ при участии ферментного механизма. Идеи Опарина.

2. Группа гипотез, построенных на идее *генобиоза*, т.е. доклеточный предок – молекулярная система со свойствами первичного генетического кода. Идеи Холдейна.

Справедливость основных положений гипотез Опарина и Холдейна проверяли несколько десятков лет во многих лабораториях мира. Проводили синтезы в условиях, моделирующих химический состав атмосферы и источники энергии древней Земли. В результате возникло новое химическое направление «предбиологическая химия». Так, впервые в 1953 г. Стенли Миллер создал достаточно простую установку (так называемый биотрон), в которой ему удалось из смеси аммиака, метана, водорода и паров воды при температуре 70-80 °С, повышенном давлении под действием ультрафиолетового облучения и электрических разрядов синтезировать ряд аминокислот. В последующие десятилетия во многих лабораториях мира осуществлен искусственный синтез разных аминокислот, нуклеотидов, простых сахаров, а затем и более сложных органических соединений, в том числе короткие полинуклеотидные цепочки, полипептиды, полисахариды. В настоящее время установлено существование неорганических и органических молекул (H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, SO, SiO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, формальдегида, ацетальдегида, облаков этилового спирта) в космическом пространстве. Данные соединения близки к биоорганическим молекулам, и являются необходимыми компонентами для синтеза белков, углеводов, нуклеиновых кислот, липидов. При изучении состава метеоритов и лунных пород обнаружены аминокислоты, алифатические и ароматические углеводороды, предшественники нуклеиновых кислот: аденин и гуанин, простейший предшественник хлорофилла – порфирин.

Эксперименты подтвердили, что в соответствующих условиях действительно можно получить почти все мономерные органические соединения, содержащиеся в живых клетках. Что же касается абиогенного синтеза белков и нуклеиновых кислот, то мнения ученых разделились. Выдвигаются аргументированные доводы в пользу, как возможности, так и невозможности такого синтеза.

Однако все согласны с тем, что фазовообособленные системы Опарина не могут рассматриваться в качестве доклеточного предка. Т.к. они не способны к самовоспроизведению, а для обмена веществ им необходимы ферменты, которые должны поступать в ФОС извне. В рамках гипотезы Опарина не удалось объяснить причину таинственного скачка от неживой материи к живой. В связи с этим в 70-80-х годах XX века стали укрепляться позиции Холдейна и его сторонников.

«Голый ген» Холдейна – это молекула древней нуклеиновой кислоты. Но какая из нуклеиновых кислот появилась раньше РНК или ДНК? Победили доводы в пользу РНК. Почему?

1. Молекула РНК наделена такой же генетической памятью, как и молекула ДНК;

2. РНК содержится во всех организмах, а ДНК – нет (есть вирусы, в которых ДНК не содержится);

3. Возможен перенос генетической информации не только от ДНК в РНК, но и наоборот;

4. У молекул РНК открыта автокаталитическая функция (1982 г. Т. Чек), т.е. возможность самовоспроизведения молекулы РНК в отсутствии ферментов.

По словам английского биохимика Джойса (1989) древняя РНК совмещала в себе черты фенотипа и генотипа, т.е. отвечала требованиям дарвиновской системы и могла эволюционировать.

Следует сказать, что проблема происхождения жизни химико-биологическими методами полностью не решена. Развитием гипотезы происхождения жизни Опарина явилось сообщение, представленное русскими исследователями А.В. Олескиным, И.В. Ботвинко и Т.А. Кировской в 1997 г. на совещании по философским проблемам современной медицины: «В последние десятилетия накапливаются данные о том, что не белок, не ДНК и РНК положили начало доклеточным предшественникам современной жизни – пробионтам. Жизнь ... эволюционировала на базе динамичной игры малых молекул, органических и неорганических. Это были ионы металлов ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ), соединения серы (ди- и полисульфиды), фосфора (орто-, нитро- и полифосфаты), азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ), а также небольшие органические молекулы типа аминов, аминокислот, углеводов. Имеется предположение, что даже функция наследственной передачи признаков, ныне выполняемая нуклеиновыми кислотами, первоначально зависела от «неорганических генов»..., построенных на основе алюмосиликатов глины. Первые биополимеры могли быть результатом автокаталитических реакций малых молекул ... Имеется общий сценарий «возникновения жизни в облаках», где мельчайшие дождевые капли, озаренные ультрафиолетом первобытного Солнца и поглощающие частицы соединений металлов и неметаллов в ходе пыльных бурь, обеспечивали достаточную суммарную поверхность для фотоиндуцированного гетерогенного катализа и последующего синтеза более сложных органических молекул, поступавших с дождевыми потоками в океан, где жизнь «дозревала» уже в соответствии с опаринским сценарием «первичного бульона» и «коацерватных капель».

Химико-биологический подход к проблеме происхождения жизни называется *субстратным*, т.к. здесь огромное значение имеет вещественный состав эволюционирующего вещества.

## 5.2 Гипотеза биопоэза Дж. Бернала

В 1947 г. англ. уч. **Джон Бернал** сформулировал эволюционную гипотезу происхождения жизни, аналогичную гипотезам Опарина-Холдейна, но описывающую не только образование пробионта, но и процесс образования первых прокариотических и эукариотических клеток. Эту гипотезу называют *гипотезой биопоэза*.

Согласно этой гипотезе происхождение жизни происходило в три этапа:

1. Абиогенное возникновение биологических мономеров
2. Образование биологических полимеров
3. Формирование мембранных структур и первичных организмов

### *Абиогенное возникновение биологических мономеров*

По данным космологии 4,5 млрд. лет назад Земля представляла собой сферу, состоящую из оксидов, карбонатов, карбидов металлов, а также газов,

вырывавшихся из недр благодаря активной вулканической деятельности. Поверхности Земли была горячая за счет уплотнения земной коры за счет действия гравитационных сил, распада радиоактивных элементов, ультрафиолетового облучения Солнца. Вода находилась в виде пара. Пар поднимался в холодное пространство атмосферы, конденсировался и в виде дождя выпадал на раскаленные камни. Т.о., непрерывно происходили испарение и конденсация. Все это сопровождалось непрерывными молниями.

Образовывались неглубокие водоемы, наполняемые дождями. Свободного кислорода на Земле не было. Он входил в состав минералов земной коры, в состав воды и оксидов углерода. Если бы на Земле в добиотический период присутствовал кислород, то он окислял бы образующиеся органические вещества и образовывал бы озоновый слой, который поглощал бы высокоэнергетическое ультрафиолетовое излучение Солнца. А в те времена УФ-излучение Солнца было основным источником синтеза органических соединений. В этих условиях из простых неорганических молекул синтезировались органические вещества (*Описанное соответствует первому этапу гипотезы Опарина*).

### ***Образование биологических полимеров***

Часть мономерных соединений разрушалась под влиянием тех же источников энергии, которые их создавали. Жирные кислоты, соединившись со спиртами, могли образовывать липидные пленки на поверхности водоемов, в которых были растворены азотистые основания, сахара, аминокислоты. Аминокислоты концентрировались в водоемах, а затем полимеризовались в отсутствие воды (на горячей лаве, в ходе высушивания под действием солнечных лучей) с образованием полипептидов.

Из нуклеиновых кислот первой образовалась молекула РНК. Эксперименты показывают, что в среде, содержащей в высокой концентрации минеральные соли и рибонуклеотиды, спонтанно синтезируются полирибонуклеотиды (РНК). Также спонтанно могут образовываться РНК-копии. Обе эти реакции протекают без участия ферментов. Пока непонятно, как древняя РНК стала кодировать аминокислотную последовательность.

### ***Формирование мембранных структур и первичных организмов***

Для того, чтобы белки и нуклеиновые кислоты начали взаимодействовать между собой, они должны быть отграничены от окружающей среды. Этой границей могли быть мембраны. Мембраны могли образовываться следующим образом. На поверхности водоемов были липидные пленки. На этих пленках адсорбировались растворенные в воде белковые молекулы за счет электрического притяжения. Эта пленка изгибалась, образуя пузырьки, которые могли содержать белки и нуклеиновые кислоты. Липидная пленка пузырька могла покрыться вторым слоем липидной пленки. Так образовывались мембраны, которые очень напоминают нам сегодняшнюю биологическую мембрану. В течение миллионов лет мембраны усложнялись и, в конце концов, вся система – мембрана и ее содержимое – эволюционировали до первого живого организма – *пробионта*.

Первые организмы по способу питания были *анаэробными гетеротрофами*. Они получали пищу и энергию из органических и минеральных веществ

абиогенного (вне живых организмов) происхождения, в изобилии имевшихся в окружающей среде. Способом обмена веществ им служило *брожение* – процесс ферментативного превращения органических веществ, в котором акцепторами электронов служат другие органические вещества. При этом выделяется энергия, запасаемая в молекулах АТФ. По мере истощения запаса абиогенного органического вещества возникала жесткая конкуренция в борьбе за него, что ускорило процесс эволюции первичных гетеротрофов.

Следующий этап – возникновение *бактериального фотосинтеза*. Источником энергии стало Солнце. Первые *фотосинтезирующие бактерии* получали водород путем расщепления органики или сероводорода (бескислородный фотосинтез).

Затем цианобактерии освоили фоторасщепление воды. Побочным продуктом такого синтеза является кислород. Его накопление в атмосфере привело к коренному изменению хода эволюции и к преобразованию лика планеты. Появился озоновый экран. Организмы были защищены от УФ-облучения. Абиогенный синтез органических веществ стал невозможен (т.к. кислород их разрушал). Теперь жизнь одних организмов зависела только от жизни других организмов.

Первые *аэробные бактерии* появились благодаря приобретению аппарата окислительного фосфорилирования. Продукты брожения подвергались дальнейшему окислению до воды и углекислого газа.

Некоторые гетеротрофы пошли по пути, приведшему к образованию *эукариотических клеток*. Часть из них вступила в симбиоз с аэробными бактериями, способными к окислительному фосфорилированию. Поглотив аэробные бактерии, гетеротрофы не расщепили их, а сохранили в качестве источников энергии (митохондрий). Такие симбиоты дали начало царству Животных и Грибов.

Другая часть первичных гетеротрофов соединилась не только с аэробными гетеротрофами, но и с первичными фотосинтетиками, сохранив последние в качестве хлоропластов. Такие симбиоты дали начало царству Растений. Таким образом, митохондрии и хлоропласты когда-то были свободноживущими организмами. Вступив в симбиоз, они отдали часть своих генов, но часть генов сохранили в виде кольцевых молекул ДНК. Поэтому они могут размножаться не только тогда, когда это делает клетка.

Дальнейшая биологическая эволюция обусловила формирование того многообразного мира живой природы, который мы и видим сегодня. Строгих доказательств того, что последовательность событий, приведшая к сегодняшним формам жизни, именно такая, нет. Однако есть примеры, свидетельствующие о возможности такой эволюции.

## Тема 7. Эволюция органического мира (2 ч.)

## **1. Понятие биологической эволюции**

Под *биологической эволюцией* понимают необратимый, поступательный и закономерный процесс исторического развития живой природы (начиная с момента абиогенного возникновения первых живых организмов на Земле до настоящего времени). Сущность процесса эволюции проявляется в непрерывном приспособлении биологических видов к разнообразным условиям окружающей среды и в появлении все более сложно устроенных организмов. Биологическая эволюция направлена от простых биологических форм к сложным. В результате биологической эволюции на нашей планете возникло многообразие видов живых организмов и произошло возникновение биосоциального существа – человека.

Этапами эволюции органического мира являются:

1. Возникновение простейших клеток прокариотов.
2. Появление более высокоорганизованных клеток эукариотов.
3. Образование многоклеточных организмов.
4. Появление организмов с твердыми скелетами.
5. Возникновение у высших животных развитой нервной системы и формирование мозга.
6. Формирование разума.

## **2. Развитие эволюционных идей в биологии**

### **2.1 Зарождение эволюционных идей**

Идея эволюции всего живого сформировалась в биологии к середине 19 в. Но истоки этой идеи уходят в глубокое прошлое. Первые идеи о развитии живой природы прослеживаются в трудах древних материалистов Индии, Китая, Египта, Греции.

В Китае за 2 тыс. лет до н. э. проводилась селекция для выведения пород крупного рогатого скота, лошадей, рыб и сортов декоративных растений. В конце 1 тысячелетия до н. э. там уже были распространены учения о возможности превращения одних живых существ в другие.

Аналогичные взгляды встречаются также в трудах древнегреческих философов. Так, Гераклит Эфесский (VI в. до н. э.) считал, что все живые существа, и человек в том числе, развились естественным путём из первичной материи.

Аристотель отрицал эволюцию, но был согласен с идеей единства всей природы; он разработал «лестницу существ», которая начинается минералами и заканчивается человеком.

Представления античных философов носили чисто умозрительный характер, отличались фрагментарностью и незавершенностью, нередко включая элементы очевидной фантазии. Поэтому идея об естественном происхождении живых существ, их развитии и изменчивости своего развития не получила.

Вплоть до конца XVII в. большинство европейцев полагали, что в природе все пребывает неизменным со дня сотворения, что все виды растений и животных поныне таковы, какими их создал Бог.

С эпохи Возрождения начинается период бурного развития биологии, происходит накопление огромного фактического материала. Благодаря много-

численным географическим открытиям пополняются списки видов животных и растений, известных науке; расширяются представления о многообразии живых организмов. В этот период биология вооружается сравнительным и экспериментальными методами исследования, возникает микроскопия. Все это обусловило появление *принципа градации*, т.е. системы классификации живых организмов по степени их организационной сложности, что воплощалось в построение «лестниц существ» или «лестниц естественных тел». Так, Ш. Бонне в середине XVIII в. предложил свой вариант «лестницы», которая начинается с «тел неживой природы» - воздуха и воды; на следующих ступенях последовательно располагаются металлы, камни, грибы, растения, насекомые, черви, рыбы, птицы, млекопитающие, обезьяны и человек. Ш. Бонне, как и многие другие авторы подобных построений, не связывал свою конструкцию с идеей о развитии природы. Речь шла лишь о градации «естественных тел».

В конце XVIII в. в биологии и философии получает распространение *трансформизм*: представление об изменении и превращении форм организмов, происхождении одних от других. Трансформизм сыграл прогрессивную роль в развитии естествознания, т.к. противостоял креационистским представлениям. Но в воззрениях трансформистов еще отсутствует идея эволюционизма, т.е. исторического (поступательного) процесса развития живой природы.

Среди провозвестников идей трансформизма необходимо отметить Г.В. Лейбница. Он сформулировал «закон непрерывности». Природа не делает скачков, в ней можно наблюдать переходы. Между двумя состояниями всегда возможно выделить промежуточное. Можно строить и наблюдать непрерывные ряды явлений. Сам Г.В. Лейбниц не разделял эволюционных идей, придерживаясь мнения, что переходные формы имеют божественное происхождение, но его взгляды сыграли колоссальную роль для развития трансформизма и эволюционизма.

Каким образом один вид превратился в другой? Часть исследователей (такие, как Фр. Бэкон, Дж. Рей, Р. Морисон, Д. Дидро, Ж. Бюффон, Э. Дарвин) допускали, что животные и растения могут изменяться под влиянием разнообразных условий внешней среды – климата, пищи, почвы, под влиянием упражнения и неупражнения органов, одомашнивания, гибридизации, причуд наследственности и др. Даже основатель систематики К. Линней, сторонник концепции «виды без эволюции», к концу жизни склонился к мысли о том, что новые виды растений могли возникнуть в результате скрещивания исходных форм.

П. Мопертюи выдвинул предположение о возможности возникновения новых видов путем индивидуальных и случайных изменений. Совершенство органических форм он объяснял тем, что среди случайных соединений произведений природы сохраняются лишь те особи, в которых имеются определенные соответствия.

На основе своих эмбриологических исследований, в частности, изучения уродств, Э. Жоффруа Сент-Илер пришел к мысли о том, что первичный прототип всех животных превратился в самые разные современные жизненные формы путем резких трансформаций.

Несмотря на безусловно прогрессивное значение идей трансформистов, большинство их трудов страдало существенными недостатками. Отсутствовала единая стройная теория о путях и способах исторического преобразования организмов. Многие исследователи ограничивались объяснением отдельных явлений природы, не затрагивая общего вопроса о возможности эволюции, о происхождении органической целесообразности. Зачастую представления трансформистов не выходили за рамки констатации изменчивости в пределах низших систематических категорий; они не выливались в идею исторической преемственности видов; отсутствовало представление о развитии всего органического мира от низшего к высшему.

Иным образом конкретизировалась идея развития в учении *катастрофизма* (Ж. Кювье, Л. Агассис, А. Седжвик и др.). В этом учении идея биологической эволюции выступала как производная от более общей идеи развития глобальных геологических процессов. Ж. Кювье утверждал, что в истории нашей планеты длительные эпохи относительного покоя чередовались с короткими катастрофическими событиями. В результате глобальных катаклизмов все растения и животные на значительной части земной поверхности погибали. Затем место вымерших существ занимали новые формы, уцелевшие на других участках и никак не связанные с предыдущими.

Ученик и последователь Ж. Кювье, А. д'Орбиньи, развивая идеи своего учителя, сделал предположение о многократных актах творения: сотворение живых существ Богом происходило не единожды, как это следует из Библии, а после каждой катастрофы.

Катастрофисты не подразумевали исторического развития жизни в истинном смысле. Отрицая возможность эволюционных преобразований, они придерживались креационизма – идеи, что виды животных и растений были созданы Богом-творцом и в дальнейшем не менялись. В прогрессивном усложнении видов Л. Агассис, также последователь Ж. Кювье, видел лишь проявление творческой мысли творца, совершенствовавшего виды при их создании.

## **2.2 Эволюционная теория Ж.-Б. Ламарка**

В начале XIX в. появляются первые эволюционные теории. Первая целостная теория эволюции органического мира – это теория Жана-Батиста Ламарка (1744-1829), впитавшая в себя и развившая идеи трансформистов и опубликованная им в 1809г. в книге «Философия зоологии». В ней, помимо утверждения и обоснования идеи исторического развития живого, делается попытка объяснения причин и движущих сил эволюционного процесса. Ж.-Б. Ламарк полагал, что плавные, незаметные переходы между видами – один из самых убедительных аргументов в пользу эволюционной концепции.

Ж.-Б. Ламарк считал, что существует два направления эволюции.

Первое – восходящее развитие от простейших форм к более сложным. Ламарк считал, что историческое развитие организмов имеет закономерный характер и происходит в сторону повышения общего уровня организации, которое он назвал градацией. Движущая сила градации, или прогресса, по Ламарку, заложена во всех организмах Богом. Но поскольку внешние условия у всех жи-

вых существ различны, то правильность градации нарушается, и могут появиться отклонения, препятствующие усложнению организации.

Второе направление процесса «ламаркской» эволюции – формирование у организмов приспособлений в зависимости от изменений окружающей среды. Изменение внешних условий влечет за собой изменение потребностей и поведения живых организмов, а, следовательно, меняются потребности в использовании различных органов. Два закона Ламарка объясняют такого рода изменения:

1) Используемый орган усиленно развивается, неиспользуемый – исчезает.

2) Изменения (модификации), которые приобретаются организмом при использовании определенных органов, передаются потомству.

Таким образом, вскрывая механизмы эволюции, Ламарк утверждал, что всем живым организмам свойственна изменчивость, которая проявляется в результате действия разнообразных факторов внешней среды. Наряду с этими рациональными и продуктивными идеями, в теории Ламарка содержались иррациональная идея о внутреннем стремлении организмов к совершенствованию и ошибочные утверждения об изменении органов в результате их упражнения или неупражнения, постулирование наследования приобретенных признаков. Тем не менее, теория Ж.-Б. Ламарка получила широкое признание ученых XIX в., т.к. в ней утверждался принцип исторического развития органического мира, и была предпринята попытка дать материалистическое объяснение механизмов эволюционного процесса. Историческая роль теории Ламарка заключается в том, что это была первая эволюционная теория. В ней содержались идеи, воспринятые и получившие развитие в трудах других исследователей.

Слабая обоснованность построений Ж.-Б. Ламарка не позволяет назвать его теорию подлинно научной. Отсутствие фактических доказательств автор пытался восполнить обилием чисто умозрительных допущений.

### **2.3 Теория естественного отбора Ч. Дарвина**

Решающий вклад в становление эволюционной концепции в биологии сделан Ч. Дарвином (1809-1882). Теория эволюции органического мира Ч. Дарвина основана, в отличие от умозрительных выводов Ламарка, на огромном количестве фактических данных и последовательном логическом анализе. Множество фактов, исследованных Дарвином, связано с изменчивостью различных видов растений и животных, как домашних, так и находящихся в природных (диких) условиях. Результатом многолетних (с 1837 г.) трудов ученого явилась книга «Происхождение видов путем естественного отбора», опубликованная в 1859 г. Заслуга Дарвина заключается в том, что ему удалось, определив движущие силы эволюционного процесса, вскрыть его сущность и выстроить убедительную систему доказательств эволюции. Примерно в то же время и независимо от Ч. Дарвина к идее эволюции на основе естественного отбора пришел А.Р. Уоллес (1823-1913).

Для обоснования исторического принципа развития живой природы Дарвин глубоко изучил многовековую практику земледелия и животноводства и

пришел к выводу: многообразие пород домашних животных и возделываемых сортов растений является результатом *наследственной изменчивости и искусственного отбора*.

Искусственный отбор осуществляется человеком и может быть двояким: *сознательным* (методическим) и *бессознательным*. Сознательный отбор реализуется в соответствии с поставленной селекционером целью по выведению породы или сорта с заранее заданными свойствами. Бессознательный отбор проводился человеком на протяжении многих тысячелетий: даже дикари во время голода оставляли на племя более полезных животных, а убивали менее ценных. В неблагоприятные периоды первобытный человек в первую очередь употреблял нележкие плоды или более мелкие семена и в этом случае также совершал отбор, но бессознательный. Во всех случаях такого отбора сохранились наиболее продуктивные формы животных и более урожайные сорта растений, хотя человек здесь выступает как слепой фактор отбора, каковым может быть и любой другой фактор среды.

Многовековой практикой искусственного отбора были выведены многие ценные формы. В частности, к середине XIX в. в сельскохозяйственной практике зарегистрировано более 300 сортов пшеницы, в пустынях Северной Африки возделывалось 38 разновидностей финиковой пальмы, в Полинезии - 24 формы хлебного дерева и столько же сортов банана, в Китае - 63 сорта бамбука. Насчитывалось около 1000 сортов винограда, более 300 - крыжовника, около 400 пород крупного рогатого скота, 250 пород овец, 350 пород собак, 150 пород голубей, много ценных пород кроликов, кур, уток и др. Сторонники постоянства видов считали, что каждый такой сорт или порода ведет начало от своего прямого предка. Однако Дарвин доказал, что источник многообразия пород животных и сортов культурных растений – один или небольшое число диких предков, потомки которых были преобразованы человеком в разных направлениях согласно его хозяйственным целям, вкусам и интересам. При этом селекционер использовал присущую отбираемым формам наследственную изменчивость.

Понимание происхождения культурных форм дает ключ к объяснению происхождения видов. Наследственная изменчивость, на основе которой ведется искусственный отбор, проявляется и в природе. Ее интенсивность здесь менее выражена, чем у домашних форм, так как изменение природной среды происходит малозаметно и чрезвычайно медленно. Сама по себе она еще не приводит к образованию нового вида, как не приводит к возникновению культурной формы. Аналогично творчеству человека, в природе должны существовать причины, определяющие процесс видообразования. Ими являются борьба за существование и естественный отбор.

Возникающая в результате наследственной изменчивости качественная неоднородность особей внутри видов как бы выводит на эволюционную арену множество «претендентов», предоставляя естественному отбору браковать менее приспособленных к выживанию в ходе борьбы за существование.

*Борьба за существование* – это сложные и многообразные отношения организмов между собой и условиями внешней среды. Неизбежность борьбы за существование в живой природе вытекает из противоречия между способно-

стью организмов к неограниченному размножению и ограниченностью средств жизни, что приводит к конкуренции за одинаковую пищу, за сходные условия обитания и размножения. Возможность дожить до половозрелого состояния выпадает на долю лишь немногих особей. Организмов всегда рождается больше, чем способных дожить до взрослого состояния и оставить потомков. Подсчеты показывают: если бы выживали все рождающиеся мыши, то в течение семи лет потомство одной пары заняло бы всю сушу земного шара. Самка рыбы трески за один раз мечет до 10 млн. икринок. Одно растение пастушьей сумки дает 73 тыс. семян, белены – 446 500. Но «геометрическая прогрессия размножения» никогда не осуществляется, так как между организмами происходит борьба за пространство, пищу, убежище от врагов, конкуренция при выборе полового партнера, борьба за выживание при колебаниях температуры, влажности, освещения и т. п. В этой «схватке» большинство родившихся особей гибнет, не оставляя потомства, и поэтому в природе численность особей каждого вида в среднем остается постоянной.

Выживание или гибель особи – конечный итог борьбы за существование, которую Дарвин понимал не в прямом, а в переносном смысле. Дарвин различал три формы борьбы за существование:

а) *внутривидовую* – борьбу между особями одного вида (наиболее ожесточенную, так как особи одного вида нуждаются в сходных источниках питания, которые к тому же ограничены, в сходных условиях для размножения, одинаковых убежищах);

б) *межвидовую* – борьбу между особями разных видов (растения и их части поедаются копытными, птицами, травоядные животные поедаются хищниками, болезнетворные бактерии и паразиты поражают растительные и животные организмы);

в) *борьбу живых организмов с факторами неживой природы* (т.е с условиями внешней среды: при засухе, наводнениях, ранних заморозках, выпадении града гибнут многие мелкие животные, птицы, черви, насекомые, травы).

Следствием борьбы за существование является *естественный отбор*, который сохраняет особи с полезными в данных условиях среды наследственными изменениями и устраняет особи без этих изменений. В результате чего первые оставляют плодовитое потомство, и их численность возрастает. Приспособительные признаки и свойства возникают не сразу, они накапливаются естественным отбором из поколения в поколение, что приводит к тому, что потомки отличаются от своих предков на видовом и более высоком систематическом уровне. Дарвин открыл известную общность в механизме искусственного и естественного отбора: при первой форме отбора в результаты воплощается сознательная или неосознанная воля человека, при второй – господствуют законы природы. В том и другом случае создаются новые формы, однако, при искусственном отборе, несмотря на то, что изменчивость затрагивает все органы и свойства животных и растений, полученные породы животных и сорта растений сохраняют признаки, полезные для человека, но не для самих организмов. Напротив, естественный отбор сохраняет особи, у которых изменения полезны для их собственного существования в данных условиях.

Для естественного отбора имеет значение не выживание само по себе, а достижение организмом половозрелого возраста, успешное размножение и выживание потомства, которые и составляют основные критерии приспособленности, так как, размножаясь, половозрелая особь вносит материал в общий фонд наследственной основы вида. Таким образом, сущность естественного отбора по Дарвину составляют «перепроизводство» потомства и всеобщая случайная изменчивость. Шанс выжить и продолжить род в этом случае имеют особи, отличающиеся от множества других какими-либо полезными свойствами. В борьбе за существование особи не обязательно должны погибнуть, они могут выжить, но не оставят потомства, и их генотип исчезнет из общего генофонда. Генотип преуспевающих «претендентов», напротив, становится массовым в данной популяции, давая основу для возникновения новых видов, различных типов приспособленности, берущих начало от сравнительно еще мало специализированного организма.

Таким образом, из поколения в поколение в результате взаимосвязанного действия наследственной изменчивости, борьбы за существование, естественного отбора виды изменяются в направлении все большей приспособленности к условиям существования. Естественный отбор, являющийся результатом борьбы за существование, – основной фактор эволюции, направляющий эволюционные изменения. Приспособленность организмов как результат эволюции всегда относительна. Другой результат эволюции – многообразие видов, населяющих Землю.

Дарвин считал, что *видообразованию* способствуют следующие условия:

- 1) *большая плодовитость и широкое расселение вида в природе* (чем больше рождается особей, и чем в более разнообразных условиях они обитают, тем больше вариантов изменчивости и тем более разнообразным будет исходный материал для естественного отбора);
- 2) *способность особей к наследственной изменчивости*, без которой невозможно возникновение отклонений для «испытания» отбором;
- 3) *изоляция*, в условиях которой обмена генов между популяциями не происходит, и постепенно накапливаются изменения, отличающие изолированную популяцию от исходной.

В результате естественного отбора вид может измениться. От одной начальной (предковой) формы могут возникнуть два и более видов. Процесс расхождения видов в разных экологических условиях Дарвин назвал *дивергенцией*. Примером ее могут служить вьюрки на Галапагосских островах: одни питаются семенами, другие – кактусами, третьи — насекомыми. Каждая из этих форм отличается от другой величиной и формой клюва и могла возникнуть в результате дивергентной изменчивости и отбора. Еще более многообразны приспособления у плацентарных млекопитающих, среди которых встречаются: наземные формы с быстрым бегом (собаки, олени); виды, ведущие древесный образ жизни (белка, обезьяна); животные, обитающие на земле и в воде (бобры, тюлени), живущие в воздушной среде (летучие мыши), водные животные (киты, дельфины) и виды с подземным образом жизни (кроты, землеройки). Все они (предпо-

ложительно) происходят от единого примитивного предка — древесного насекомоядного млекопитающего.

Учение Ч. Дарвина не нуждается в привлечении для объяснения эволюции нематериальных факторов и доказывает, что движущие силы развития природы (наследственная изменчивость, борьба за существование и естественный отбор) находятся в ней самой. Следовательно, живой природе присущи самодвижение и саморазвитие. В этом заключается мировоззренческое значение учения Ч. Дарвина.

Заслуга Дарвина в том, что он:

1. Впервые предложил естественнонаучное объяснение эволюционного процесса;
2. Указал на движущие силы эволюции: наследственность, изменчивость, естественный отбор;
3. Объяснил, как образуются виды и причины их многообразия.

Теория эволюции путем естественного отбора (дарвинизм) сразу привлекла к себе внимание общественности и вызвала бурную дискуссию. После выхода в свет работ Ч. Дарвина сам факт эволюции перестал вызывать сомнения у большинства ученых; основной спор развернулся вокруг путей развития жизни на Земле и движущих сил эволюции. Одним из основных недостатков работы Ч. Дарвина, вызвавшим серьезную критику, было неясное представление о закономерностях наследственности и изменчивости.

#### **2.4 Синтетическая теория эволюции**

В ходе развития биологии классическое дарвинистское эволюционное учение было значительно дополнено и уточнено. Ключевые положения этого учения получили обоснование с молекулярно-генетической точки зрения. В результате в 40-х годах прошлого столетия сложилась современная *синтетическая теория эволюции* (СТЭ). Развив основные дарвинистские представления на базе достижений современных биологических наук и дисциплин (генетики, цитологии, экологии, молекулярной биологии, биологии развития и др.), СТЭ устранила некоторые недостатки теории Дарвина, обогатила ее новыми фактами, дополнила некоторыми важными идеями. Центральным ядром СТЭ, по-прежнему (как и у Дарвина), является идея о единстве происхождения и непрерывной эволюции живых организмов, о творческой роли естественного отбора.

В 1984 г. основные положения СТЭ были сведены Н.Н. Воронцовым в следующие постулаты:

1. Материалом для эволюции служат, как правило, очень мелкие, однако дискретные изменения наследственности – мутации. Мутационная изменчивость поставляет материал для естественного отбора и носит случайный характер.
2. Ведущим движущим фактором эволюции является естественный отбор, основанный на селекции случайных и мелких мутаций. Выделяют следующие формы естественного отбора:

а) *Стабилизирующий отбор* характерен для стабильных условий существования, не меняющихся продолжительное время, в результате чего в популя-

циях происходит накопление адаптаций и отбор генотипов (и образуемых ими фенотипов), целесообразных именно для существующих условий. Когда популяции достигают определенного набора приспособлений, оптимальных и достаточных для выживания в данных условиях, начинает действовать стабилизирующий отбор, отсекающий крайние варианты изменчивости и благоприятствующий сохранению некоторых средних консервативных признаков.

б) *Движущий отбор* типичен для меняющихся условий среды, когда возникает направленный отбор в сторону изменяющегося фактора. Происходит накопление мутаций и изменение фенотипа, связанных с данным фактором и приводящих к отклонению от средней нормы. При движущем отборе обычно не происходит дивергенции (разветвления) признаков, и одни признаки и несущие их генотипы плавно заменяются другими, не образуя переходных или уклоняющихся форм.

в) *Дизруптивный, или разрывающий, отбор*, при котором преимущества получают крайние варианты приспособлений, а промежуточные признаки, сложившиеся в условиях стабилизирующего отбора, становятся нецелесообразными в новых условиях, и их носители вымирают. Под влиянием дизруптивного отбора формируются две или более формы изменчивости, нередко приводящие к полиморфизму – существованию двух и более фенотипических форм. При длительном действии дизруптивного отбора может произойти образование двух и более видов, заселяющих одну территорию, но проявляющих активность в разные сроки.

3. Наименьшая эволюционная единица – популяция, а не вид (как у Дарвина).

*Популяция* – совокупность особей одного вида, занимающих определенный ареал, свободно скрещивающихся друг с другом, имеющих общее происхождение, генетическую основу и в той или иной степени изолированных от других популяций данного вида.

*Вид* – совокупность популяций особей, обладающих наследственным сходством морфологических, физиологических и биохимических особенностей, свободно скрещивающихся, дающих плодовитое потомство, приспособленных к сходным условиям жизни и занимающих в природе определенную область распространения – ареал.

4. Эволюция в основном носит дивергентный характер, т.е. один вид (таксон) может стать предком нескольких дочерних видов (таксонов), но каждый вид имеет единственный предковый вид, единственную предковую популяцию.

5. Эволюция носит постепенный и длительный характер. Видообразование мыслится как поэтапная смена одной временной популяции чредой последующих временных популяций.

6. Вид состоит из множества соподчиненных морфологически, физиологически и генетически отличных, но репродуктивно не изолированных единиц – подвидов, популяций.

7. Обмен генами возможен лишь внутри вида. Если мутация имеет положительную селективную ценность на территории всего ареала вида, то она мо-

жет распространяться по всем его подвидам и популяциям. Отсюда следует краткое определение вида как генетически целостной и замкнутой системы.

8. Макроэволюция, или эволюция на уровне выше вида, идет лишь путем микроэволюции (на популяционно-видовом уровне). Согласно СТЭ, не существует закономерностей макроэволюции, отличных от микроэволюционных, хотя есть явления (параллелизм, конвергенция, аналогия, гомология), которые легче исследовать на макроэволюционном уровне.

9. Каждая систематическая единица: вид, род и т.д., - должна иметь единственный корень, монофилогенетическое происхождение. Это обязательное условие для самого права на существование рассматриваемой группы. Ведь эволюционная систематика строит свою классификацию, исходя из их родства. А согласно четвертому постулату СТЭ, родственны только те группы, которые идут от одной эволюционной ветви. Если же у таксона вдруг обнаруживаются в предках две разные ветви, его следует разделить.

10. Исходя из всех упомянутых постулатов, ясно, что эволюция непредсказуема: она не направлена к некоей конечной цели, т.е. носит нефиналитический характер.

Важными факторами микроэволюции являются популяционные волны, изоляция и миграции.

**Популяционные волны** (или **волны жизни**) представляют собой колебания численности особей в популяциях под воздействием множества меняющихся условий (климатических условий, урожайности кормов и т.д.). В периоды сильного уменьшения численности популяции резко изменяется концентрация редко встречающихся мутаций и генотипов, что повышает их роль в отборе и эволюции.

**Изоляция** проявляется в резком ограничении скрещивания особей разных популяций. Эволюционная суть изоляции состоит в разрыве единого генофонда вида на нескольких изолированных. Она усиливает генетические различия изолированных популяций, является обязательным условием эволюционного процесса. Выделяют различные формы изоляции: географическая, временная, экологическая, сезонная, этологическая и др. Все эти формы могут способствовать изоляции репродуктивной.

**Миграции** активно меняют соотношение частот аллелей и генотипов в составе генофонда популяции. Миграции способствуют объединению видов как целостных систем, обеспечивая регулярные или периодические контакты между отдельными его популяциями, а также проникновению видов в новые места обитания.

К макроэволюционным закономерностям относятся следующие:

- **Прогрессивная направленность эволюции** в целом, которая проявляется в появлении организмов со все более высоким уровнем организации и большей способностью приспосабливаться. В ходе эволюции образовались организмы разного уровня сложности – от простейших одноклеточных до млекопитающих. Все эти уровни представлены в живом мире и продолжают эволюционировать. Высший уровень сложности связан с появлением и эволюцией мыслящего живого существа – человека.

- **Неравномерность темпов эволюционного процесса**, которая определяется сложным сочетанием внутренних факторов и изменяющихся условий окружающей среды. Крупное, качественно новое изменение в строении и функциях (фенотипе) является мощным стимулятором эволюции, рождающим новые формы отбора. Такие изменения могут дать подавляющее преимущество в борьбе за существование и быстро привести к появлению новой группы организмов. Затем темпы эволюции этой группы могут и не оставаться столь же высокими.

- **Необратимость эволюции** заключается в том, что исчезнувшие виды впоследствии никогда не восстанавливаются в прежней форме. Многие виды в процессе эволюции исчезают, представляя собой тупиковые ветви эволюционного дерева. С молекулярно-генетической точки зрения это объясняется невозможностью повторения состава генофонда исчезнувшего вида. Вот почему важно максимальное сохранение существующих на Земле видов. Невыполнение этой задачи означает постепенную и уже невозможную утрату генофонда видов, возникших в ходе длительного эволюционного развития.

Эволюцию живой системы можно рассматривать как самоорганизацию в ней. Самоорганизующаяся система нелинейна: размножение само по себе обеспечило бы нелинейный рост численности. Ограниченный ресурс питания дает конкуренцию, приводящую к естественному отбору – обратной связи между мутацией и ее целесообразностью. Отбор вместе с механизмом наследственности – репликацией (схема «все или ничего») – обуславливает возникновение новых эффективных форм, то есть эволюционное совершенствование.

Эволюционная концепция в биологии успешно прошла испытание временем, воплотилась в теорию эволюции и является фундаментом всех биологических наук.

### **3. Доказательства эволюции**

Доказать современные представления об эволюции жизни прямыми методами невозможно. Эксперимент может затянуться на миллионы лет (цивилизованному обществу от роду не более 10 тысяч лет), а «машину времени» вряд ли изобретут. Современная биология накопила уже много косвенных свидетельств и соображений в пользу эволюции. Доказательства теории эволюции представляют собой совокупность целого ряда факторов: биохимических, эмбриологических, морфологических, палеонтологических и биогеографических.

#### **Биохимические доказательства эволюции**

Во-первых, все организмы, будь то вирусы, бактерии, растения, животные или грибы, имеют близкий элементный химический состав.

Во-вторых, у них особо важную роль в жизненных явлениях играют белки и нуклеиновые кислоты, которые построены всегда по единому принципу и из сходных компонентов. Высокая степень сходства обнаруживается не только в строении биологических молекул, но и в способе их функционирования. Принципы генетического кодирования, биосинтеза белков и нуклеиновых кислот едины для всего живого.

В третьих, подавляющее большинство организмов в качестве молекул-аккумуляторов энергии используют АТФ и имеют одинаковые механизмы расщепления сахаров и основной энергетический цикл клетки.

В четвертых, для большинства организмов характерно клеточное строение.

### ***Эмбриологические доказательства эволюции***

В настоящее время обнаружено и широко изучено сходство начальных стадий эмбрионального развития животных. Все многоклеточные животные проходят в ходе индивидуального развития стадии бластулы и гастролы. С особой отчетливостью выступает сходство эмбриональных стадий в пределах отдельных типов или классов. При изучении эмбрионов (зародышей) у разных групп позвоночных было открыто явление *рекапитуляции*: при своем развитии эмбрион в определенной мере повторяет эволюционную историю той группы организмов, к которой он относится. Например, у всех наземных позвоночных, так же и у рыб, обнаруживается закладка жаберных дуг, хотя эти образования не имеют функционального значения у взрослых организмов. Подобное сходство эмбриональных стадий объясняется единством происхождения всех живых организмов.

### ***Морфологические доказательства эволюции***

Особую ценность для доказательства единства происхождения органического мира представляют формы, сочетающие в себе признаки нескольких крупных систематических единиц. Существование таких промежуточных форм указывает на то, что в прежние геологические эпохи жили организмы, являющиеся родоначальниками нескольких систематических групп. Наглядным примером этого может служить одноклеточный организм эвглена зеленая. Она одновременно имеет признаки, типичные и для растений и для простейших животных.

Строение передних конечностей некоторых позвоночных, несмотря на выполнение этими органами совершенно разных функций, в принципиальных чертах имеет сходное строение. Некоторые кости в скелете конечностей могут отсутствовать, другие - срастаться, относительные размеры костей могут меняться, но их гомология совершенно очевидна. *Гомологичными* называются такие органы, которые развиваются из одинаковых эмбриональных зачатков сходным образом.

Некоторые органы или их части не функционируют у взрослых животных и являются для них лишними - это так называемые *рудиментарные органы* или *рудименты*. Наличие рудиментов, так же как и гомологичных органов, тоже свидетельство общности происхождения.

### ***Палеонтологические доказательства эволюции***

*Палеонтология* занимается изучением и систематизацией любых сохранившихся в геологических породах следов древней жизни, остатков погибших в далекие эпохи организмов. Объектами палеонтологии являются, например, фрагменты тел древних животных, найденные в вечной мерзлоте в Сибири; отпечатки древних растений в каменноугольных образцах; насекомые, замурованные в янтаре и многие другие органические остатки. Хронологически сис-

тематизированная совокупность данных палеонтологии называется *палеонтологической летописью*. В самых древних горных породах, содержащих ископаемые остатки, встречаются следы организмов очень немногих типов, и все они имеют простое строение; более поздние породы содержат следы большего разнообразия живого мира и организмов со все более сложным строением. Очевиден вывод о эволюции живой природы. Богатейший палеонтологический материал – одно из наиболее убедительных доказательств эволюционного процесса, длящегося на нашей планете уже более 3 миллиардов лет.

#### ***Биогеографические доказательства эволюции***

Ярким свидетельством происшедших и происходящих эволюционных изменений является распространение животных и растений по поверхности нашей планеты. Сравнение животного и растительного мира разных зон дает богатейший научный материал для доказательства эволюционного процесса. Фауна и флора Палеоарктической и Неоарктической областей имеют много общего. Это объясняется тем, что в прошлом между названными областями существовал сухопутный мост - Берингов перешеек. Другие области имеют мало общих черт. Таким образом, распределение видов животных и растений по поверхности планеты и их группировка в биогеографические зоны отражает процесс исторического развития Земли и эволюции живого. Особый интерес для понимания эволюционного процесса представляют флора и фауна островов. Состав такой флоры и фауны полностью зависит от истории происхождения острова. Огромное количество разнообразных биогеографических фактов указывает на то, что особенности распределения живых существ на планете тесно связаны с преобразованием земной коры и с эволюционными изменениями видов.

Итак, обширная научная информация однозначно подтверждает факт эволюции живого. В процессе исторического развития Земли возрастали разнообразие и сложность биологических объектов.

#### **4. Направления биологической эволюции**

Эволюционный процесс носит приспособительный характер и сопровождается усложнением среды для каждой из эволюционирующих групп организмов. Отсюда – повышение организации жизни, ее прогрессивное развитие. Одновременно идет специализация применительно к узким рамкам среды обитания, а в некоторых случаях и упрощение структурной организации форм.

Учение о биологическом прогрессе и его главных направлениях разработано А. Н. Северцовым. В соответствии со взглядами этого ученого *биологический прогресс* характеризуется:

- 1) возрастанием приспособленности организмов к среде обитания;
- 2) увеличением численности особей данной группы;
- 3) появлением многообразия форм;
- 4) более широким распространением (расширением ареала).

В настоящее время биологический прогресс переживают насекомые, птицы, млекопитающие, круглые черви – нематоды. Последние заселяют почву, моря и океаны, а также паразитируют у растений, животных и человека.

Главными направлениями биологической эволюции являются арогенез (морфологический прогресс), аллогенез и катагенез (общая деградация).

*Арогенез* – эволюционное направление, сопровождающееся приобретением крупных изменений строения – ароморфозов. *Ароморфоз* – это такое качественное изменение, при котором значительно увеличивается приспособленность группы, повышается ее жизнедеятельность в новых условиях обитания, что дает широкие преимущества данной группе и способствует расширению ее ареала. Например, появление у плоских червей двусторонней симметрии тела и третьего зародышевого листка послужило основой для усложнения в последующих группах животных пищеварительной системы, мускулатуры, кровеносной и выделительной систем, а также возникновения скелета у позвоночных и т. п. Применительно к отдельным группам, например у млекопитающих, ароморфозы обусловили разделение сердца на четыре камеры и дифференциацию двух кругов кровообращения с одновременным увеличением рабочей емкости легких, усложнение головного мозга и органов чувств, а отсюда и развитие сложных реакций поведения, более гибкое приспособление к быстрой смене обстановки. У растений ароморфозы обеспечили переход из водной среды на сушу, от размножения спорами к размножению семенами. Ароморфозы всегда открывают широкий простор дивергентной эволюции и ведут к биологическому прогрессу. Ароморфозы лежат в основе эволюции жизненных форм от простых к сложным (например, от прокариот к эукариотам, от одноклеточных организмов к многоклеточным) и приводят к возникновению новых крупных систематических групп – классов, типов.

*Аллогенез* – эволюционное направление, сопровождающееся приобретением идиоадаптаций. *Идиоадаптации* – эволюционные частные приспособления к специальным условиям среды, наступающие после ароморфозов. При этом общего подъема уровня организации и интенсивности жизнедеятельности организмов не происходит. Например, возникновение млекопитающих стало эволюционным изменением на уровне ароморфоза. Но, в дальнейшем, без коренных преобразований организации наступает широкая адаптивная радиация этой группы, при этом появляются многие новые виды, роды, семейства и т. д., которые приспособились к обитанию в разнообразных условиях суши, в водной и воздушной среде. Хорошим примером могут служить разнообразные виды насекомых, приспособленных к обитанию в различных условиях - в воде, почве, воздухе; питающихся самой разной пищей, обитающих в лесах, степях, тундре и т. д.

*Катагенез* – эволюционное направление, сопровождающееся упрощением организации (дегенерацией). *Дегенерация* – это эволюционные изменения, сопровождающиеся упрощением организации, которое приводит к биологическому регрессу. Сужая «сферу жизнедеятельности», регресс ведет к резкой специализации, способности существовать в узком диапазоне условий среды. Наиболее типичными примерами морфофизиологического регресса служат явления перехода от свободного образа жизни к паразитическому, от активного движения к сидячему, прикрепленному существованию. Например, переход многих видов к паразитизму ведет к потере органов чувств, пищеварительной

системы, у растительных форм – к утрате листа, преобразованию корней в присоски и т. п. В этих случаях организмы оказываются в новой, более простой среде с меньшим количеством взаимосвязей. Так, асцидия в личиночной фазе существования ведет активный подвижный образ жизни и имеет более прогрессивные черты строения (трубчатая нервная система, наличие органов чувств, хорды, активный поиск и захват пищи), а в результате регрессивного метаморфоза взрослая форма асцидии переходит к сидячему образу жизни, у нее рассасывается хорда, упрощаются нервная система, органы чувств, образуется очень прочная оболочка, что в совокупности делает ее малоуязвимой. С другой стороны, взрослая форма, приспособившись к более простой среде обитания, вступает в конкурентные взаимоотношения с другими формами организмов и поэтому, несмотря на упрощенную организацию, успешно выживает.

Таким образом, многие паразиты, относящиеся к животному или растительному миру, или сидячие животные при значительном упрощении своей организации, оказались на пути биологического прогресса. Это дополнительно иллюстрирует тот факт, что эволюция в живой природе носит приспособительный характер, который достигается тремя путями: общим повышением организации и активизацией жизнедеятельности, узкой специализацией и упрощением строения и функций.

## **Тема 8. Основы генетики (1 ч.)**

### **1. Предмет и задачи генетики**

Генетика по праву может считаться одной из самых важных областей биологии. Успехи генетики обусловили раскрытие механизма воспроизводства и эволюции жизни на молекулярном уровне.

Генетика – наука о законах наследственности и изменчивости организмов и методах управления ими.

Генетика как наука решает следующие основные задачи:

- изучает способы хранения генетической информации у разных организмов (вирусов, бактерий, растений, животных и человека) и ее материальные носители;
- анализирует способы передачи наследственной информации от одного поколения организмов к другому;
- выявляет механизмы и закономерности реализации генетической информации в процессе индивидуального развития;
- изучает закономерности и механизмы изменчивости и ее роль в приспособительных реакциях и в эволюционном процессе;
- ищет способы исправления поврежденной генетической информации.

### **2. Этапы развития генетики**

Истоки генетики, как и всякой науки, следует искать в практике. Генетика возникла в связи с разведением домашних животных и возделыванием расте-

ний, а также с развитием медицины. С тех пор как человек стал применять скрещивание животных и растений, он столкнулся с тем фактом, что свойства и признаки потомства зависят от свойств избранных для скрещивания родительских особей. Отбирая и скрещивая лучших потомков, человек из поколения в поколение создавал родственные группы – линии, а затем породы и сорта с характерными для них наследственными свойствами.

Хотя эти наблюдения и сопоставления еще не могли стать базой для формирования науки, однако бурное развитие животноводства и племенного дела, а также растениеводства и семеноводства во второй половине XIX века породило повышенный интерес к анализу явления наследственности.

Развитию науки о наследственности и изменчивости особенно сильно способствовало учение Ч. Дарвина о происхождении видов, которое внесло в биологию исторический метод исследования эволюции организмов. Сам Дарвин приложил немало усилий для изучения наследственности и изменчивости. Он собрал огромное количество фактов, сделал на их основе целый ряд правильных выводов, однако ему не удалось установить закономерности наследственности. Его современники, скрещивающие различные формы и искавшие степень сходства и различия между родителями и потомками, также не смогли установить общие закономерности наследования.

Еще одним условием, способствовавшим становлению генетики как науки, явились достижения в изучении строения и поведения соматических и половых клеток. Еще в 70-х годах XIX столетия рядом исследователей-цитологов (Чистяковым в 1872 г., Страсбургером в 1875 г.) было открыто не прямое деление соматической клетки, названное кариокинезом (Шлейхером в 1878 г.) или митозом (Флеммингом в 1882 г.). Постоянные элементы ядра клетки в 1888 г. по предложению Вальдейра получили название «хромосомы». В те же годы Флемминг разбил весь цикл деления клетки на четыре главные фазы: профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

Одновременно с изучением митоза соматической клетки шло исследование развития половых клеток и механизма оплодотворения у животных и растений. О. Гертвиг в 1876 г. впервые у иглокожих устанавливает слияние ядра сперматозоида с ядром яйцеклетки. Н.Н. Горожанкин в 1880 г. и Е. Страсбургер в 1884 г. устанавливают то же самое для растений: первый - для голосеменных, второй - для покрытосеменных.

В те же годы Ван-Бенеденом (1883 г.) и другими учеными выясняется, что в процессе развития половые клетки, в отличие от соматических, претерпевают редукцию числа хромосом ровно вдвое, а при оплодотворении - слиянии женского и мужского ядра - восстанавливается нормальное число хромосом, постоянное для каждого вида. Тем самым было показано, что для каждого вида характерно определенное число хромосом.

Итак, перечисленные условия способствовали возникновению генетики как отдельной биологической дисциплины – дисциплины с собственными предметом и методами исследования.

Официальным рождением генетики принято считать весну 1900 г., когда три ботаника, независимо друг от друга, в трех разных странах, на разных

объектах, пришли к открытию некоторых важнейших закономерностей наследования признаков в потомстве гибридов: Г. де Фриз (Голландия) на основании работы с энотерой, маком, дурманом и другими растениями сообщил «о законе расщепления гибридов»; К. Корренс (Германия) установил закономерности расщепления на кукурузе и опубликовал статью «Закон Грегора Менделя о поведении потомства у расовых гибридов»; в том же году К. Чермак (Австрия) выступил в печати со статьей «Об искусственном скрещивании у гороха (*Pisum sativum*)».

Наука почти не знает неожиданных открытий. Самые блестящие открытия, создающие этапы в ее развитии, почти всегда имеют своих предшественников. Так случилось и с открытием законов наследственности. Оказалось, что три ботаника, открывших закономерность расщепления в потомстве внутривидовых гибридов, всего-навсего «переоткрыли» закономерности наследования, открытые еще в 1865 г. Грегором Менделем и изложенные им в статье «Опыты над растительными гибридами», опубликованной в «трудах» Общества естествоиспытателей в Брюнне (Чехословакия). Г. Мендель на растениях гороха разрабатывал методы генетического анализа наследования отдельных признаков организма и установил два принципиально важных явления:

1. Признаки определяются отдельными наследственными факторами, которые передаются через половые клетки.

2. Отдельные признаки организмов при скрещивании не исчезают, а сохраняются в потомстве в том же виде, в каком они были у родительских организмов.

Для теории эволюции эти принципы имели кардинальное значение. Они раскрыли один из важнейших источников изменчивости, а именно механизм сохранения приспособленности признаков вида в ряду поколений. Если бы приспособительные признаки организмов, возникшие под контролем отбора, поглощались, исчезали при скрещивании, то прогресс вида был бы невозможен.

Все последующее развитие генетики было связано с изучением и расширением этих принципов и приложением их к теории эволюции и селекции.

Из установленных принципиальных положений Менделя логически вытекает целый ряд проблем, которые шаг за шагом получают свое разрешение по мере развития генетики.

В 1901 г. Г. де Фриз формулирует теорию мутаций, в которой утверждается, что наследственные свойства и признаки организмов изменяются скачкообразно – мутационно. Основные положения теории Г. де Фриза до сих пор не утратили своего значения:

- 1) мутация возникает внезапно, без всяких переходов;
- 2) новые формы вполне константны, т.е. устойчивы;
- 3) мутации в отличие от ненаследственных изменений (флюктуации) не образуют непрерывных рядов, не группируются вокруг среднего типа. Мутации являются качественными изменениями;

- 4) мутации идут в разных направлениях, они могут быть как полезными, так и вредными;

5) выявление мутаций зависит от количества особей, проанализированных для обнаружения мутаций;

6) одни и те же мутации могут возникать повторно.

Однако Г. де Фриз допустил принципиальную ошибку, противопоставив теорию мутаций теории естественного отбора. Он неправильно считал, что мутации могут сразу давать новые виды, приспособленные к внешней среде, без участия естественного отбора. На самом деле мутации являются лишь источником наследственных изменений, служащих материалом для естественного или искусственного отбора.

В 1903 г. датский физиолог растений В. Иоганнсен публикует работу «О наследовании в популяциях и чистых линиях», в которой экспериментально устанавливается, что относящиеся к одному сорту внешне сходные растения являются наследственно различными - они составляют популяцию. Популяция состоит из наследственно различных особей или родственных групп - линий. В этом же исследовании наиболее четко устанавливается, существование двух типов изменчивости организмов: наследственной, определяемой генами, и ненаследственной, определяемой случайным сочетанием факторов, действующих на проявление признаков. Термин «ген» был впервые применен для обозначения наследственно-обусловленного признака Иоганнсенем в 1911 г.

На следующем этапе развития генетики было доказано, что наследственные формы связаны с хромосомами.

В 1902 г. два исследователя – У. Саттон в США и Т. Боверн в Германии – независимо друг от друга высказали предположение, что гены находятся в хромосомах.

С 1911 г. Т. Морган с сотрудниками в Колумбийском университете США начинает публиковать серию работ, в которой формулирует хромосомную теорию наследственности. Экспериментально доказывая, что основными носителями генов являются хромосомы, и что гены располагаются в хромосомах линейно.

В 1922 г. Н.И. Вавилов формулирует закон гомологических рядов в наследственной изменчивости, согласно которому родственные по происхождению виды растений и животных имеют сходные ряды наследственной изменчивости. Применяя этот закон, Н.И. Вавилов установил центры происхождения культурных растений, в которых сосредоточено наибольшее разнообразие наследственных форм.

В 1925 г. у нас в стране Г.А. Надсон и Г.С. Филиппов на грибах, а в 1927 г. Г. Мёллер в США на плодовой мушке дрозофиле получили доказательство влияния рентгеновых лучей на возникновение наследственных изменений. При этом было показано, что скорость возникновения мутаций увеличивается более чем в 100 раз. Этими исследованиями была доказана изменчивость генов под влиянием факторов внешней среды. Доказательство влияния ионизирующих излучений на возникновение мутаций привело к созданию нового раздела генетики - радиационной генетики, значение которой еще более выросло с открытием атомной энергии.

В 1934 г. Т. Пойнтер на гигантских хромосомах слюнных желез двукрылых доказал, что прерывность морфологического строения хромосом, выражающаяся в виде различных дисков, соответствует расположению генов в хромосомах, установленному ранее чисто генетическими методами. Этим открытием было положено начало изучению структуры и функционирования гена в клетке.

В 40-х - нач. 50-х гг. была выяснена химическая природа гена. Гены представляют собой молекулы ДНК, содержащиеся в ядрах клеток живых организмов. ДНК – носитель генетической информации. Расшифровка структуры ДНК и механизма ее самоудвоения позволила установить, что все разнообразие живого мира кодируется на нитях ДНК, посредством чего записывается информация о последовательности аминокислот в белке. Всего известно 20 аминокислот, различные вариации из которых и определяют все разнообразие белков в живой материи.

Связь между геном и белком, структура которого определяется структурой гена, впервые была сформулирована в виде гипотезы «1 ген - 1 фермент» Дж. Бидлом и Э. Татумом в 1945 г.

В 1953 г. Ф. Крик (Англия) и Дж. Уотсон (США) расшифровали строение молекулы ДНК. Они установили, что каждая молекула ДНК складывается из двух полидезоксирибонуклеиновых цепочек, спирально закрученных вокруг общей оси.

С введением в генетику новых методов исследования, заимствованных из микробиологии ученые подошли к разгадке того, каким образом гены контролируют последовательность расположения аминокислот в белковой молекуле.

Прежде всего, следует сказать о том, что теперь полностью доказано, что носителями наследственности являются хромосомы, которые состоят из пучка молекул ДНК.

Были проведены довольно простые опыты: из убитых бактерий одного штамма, обладающего особым внешним признаком, выделили чистую ДНК и перенесли в живые бактерии другого штамма, после чего размножающиеся бактерии последнего приобрели признак первого штамма. Подобные многочисленные опыты показывают, что носителем наследственности является именно ДНК.

В 1964 г. М. Ниренберг, Г. Корана, Р. Холли осуществили расшифровку генетического кода. В настоящее время найдены подходы к решению вопроса об организации наследственного кода и экспериментальной его расшифровке. Генетика совместно с биохимией и биофизикой вплотную подошла к выяснению процесса синтеза белка в клетке и искусственному синтезу белковой молекулы. Этим начинается совершенно новый этап развития не только генетики, но и всей биологии в целом.

В 1972 г. появилась первая публикация, в которой сообщалось о получении вне организма (*in vitro*) рекомбинантной ДНК, состоящей из фрагментов разных молекул ДНК: вирусной, бактериальной и фаговой. Работа была выполнена американским ученым П. Бергом и ознаменовала рождение новой отрасли молекулярной биологии – генной инженерии.

В дальнейшем ученые-генетики освоили клонирование гена (1974 г.), биотехнологии (1977 г.), методы трансгенеза (1982 г.) и генной терапии (1990 г.).

Генетика – очень молодая наука, но темпы ее развития столь высоки, что в настоящий момент она занимает важнейшее место в системе современных наук, и, пожалуй, важнейшие достижения последнего десятилетия ушедшего века связаны именно с генетикой. Сейчас, в начале XXI века, перед человечеством открываются перспективы, завораживающие воображение. Смогут ли ученые в ближайшее время реализовать гигантский потенциал, заложенный в генетике? Получит ли человечество долгожданное избавление от наследственных болезней, сможет ли человек продлить свою слишком короткую жизнь, обрести бессмертие? В настоящее время у нас есть все основания надеяться на это.

По прогнозам генетиков, уже к концу первого десятилетия XXI века на смену привычным прививкам придут генетические вакцины, и медики получат возможность навсегда покончить с такими неизлечимыми болезнями, как рак, болезнь Альцгеймера, диабет, астма. Это направление уже имеет свое название – генотерапия. Она родилась всего несколько лет назад. Но вскоре может утратить актуальность благодаря генодиагностике. По некоторым прогнозам примерно в 2020 году на свет будут появляться исключительно здоровые дети: уже на эмбриональной стадии развития плода генетики смогут исправлять наследственные неполадки. Ученые прогнозируют, что в 2050 году будут попытки по усовершенствованию человеческого вида. К этому времени они научатся проектировать людей определенной специализации: математиков, физиков, художников, поэтов, а может быть, и гениев.

А уже ближе к концу века, наконец, исполнится мечта человека: процессом старения, несомненно, можно будет управлять, а там недалеко и до бессмертия

### **3. Основные понятия генетики**

Генетика изучает два фундаментальных свойства живых организмов – наследственность и изменчивость.

**Наследственность** определяется как свойство родителей передавать свои признаки, свойства и особенности развития следующему поколению. Благодаря этому каждый вид животных или растений сохраняет на протяжении поколений характерные для него черты и тип развития.

Существует несколько типов наследования признаков: прямое, не прямое и сложное.

**Прямое наследование**, при котором варианты признаков сохраняются в неизменном виде из поколения в поколение – это самый простой тип наследования признаков. Прямое наследование часто наблюдается у растений, которые размножаются вегетативным путем или образуют семена при самоопылении, реже – при размножении животных (в пределах одной породы) или перекрестном опылении у растений (в пределах одного сорта или линии).

**Непрямое наследование** – это более сложный тип наследования, который наблюдается при половом размножении животных и семенном размножении у растений. Для изучения непрямого наследования необходима гибридизация – скрещивание организмов, различающихся по генотипу. При непрямом наследовании некоторые варианты признаков проявляются в каждом поколении (такие признаки называются **доминантными**, «господствующими»), а другие варианты могут временно «исчезать», а затем проявляться в последующих поколениях (такие признаки называются **рецессивными**, «отступающими»).

**Сложные типы** наследования признаков потому и называются сложными, что заранее предсказать появление новых вариантов признаков очень трудно. В некоторых случаях «внезапно» возникают новые варианты признаков, которых не было ни у родителей, ни у бабушек–дедушек, ни у тетушек–дядюшек. Иногда такое «внезапное» появление признаков совершенно необоснованно называют мутацией.

Информация, которая сохраняется при смене множества поколений (то есть наследуется), называется **генетической информацией** (от греч. *genesis*, *geneticos* – происхождение; от лат. *genus* – род). Генетическая информация обладает рядом важных свойств:

- **дискретность** (существование элементарных единиц информации – **генов**, входящих в состав **хромосом**);
- **устойчивость** (сохранение);
- **самовоспроизведение** (**репликация ДНК**, копирование);
- **реализация** (выполнение программы с получением некоторого результата);
- **передача** из поколения в поколение;
- **комбинирование** дискретных единиц информации (генов, хромосом);
- **изменение** (**мутирование**) – появление новых генов и хромосом.

Клетки, через которые осуществляется преемственность поколений, – специализированные половые – **гаметы** – при половом размножении и неспециализированные клетки тела – **соматические** – при бесполом – несут в себе не сами признаки и свойства будущих организмов, а только задатки их развития. Эти задатки получили название генов. **Геном** является участок молекулы ДНК (или участок хромосомы), определяющий возможность развития отдельного элементарного признака – **фена**, или синтез одной белковой молекулы. У части вирусов наследственная информация хранится в РНК.

У всех организмов одного и того же вида каждый конкретный ген располагается в одном и том же месте, или локусе, строго определенной хромосомы.

Минимальный набор хромосом и одновременно минимальный объем ДНК определенного биологического вида называется **геномом**.

В **гаплоидном наборе** хромосом (например, у прокариот, или в гаметах эукариотических организмов) имеется только один ген, ответственный за развитие данного признака. В **диплоидном наборе** хромосом (в соматических клетках у эукариот) содержатся две гомологичные хромосомы и соответственно два гена, определяющие развитие одного какого-то признака. **Гомологичными** называют парные хромосомы одинаковые по форме, величине и характеру на-

следственной информации. Гены, расположенные в одних и тех же локусах гомологичных хромосом и ответственные за развитие одного признака, называют **аллельными**.

Для генов приняты буквенные обозначения. Если два аллельных гена полностью тождественны по структуре, т.е. имеют одинаковую последовательность нуклеотидов, их можно обозначить так: АА. Но в результате мутации может произойти замена одного нуклеотида в молекуле ДНК на другой. Признак, обусловленный этим геном, тоже несколько изменится. Генотип, включающий исходный и мутантный гены, будет обозначаться так: Аа.

Мутация, вызывающая изменение структуры гена, т.е. появление варианта исходного гена, приводит и к появлению варианта признака. Ген может мутировать неоднократно. В результате возникает несколько аллельных генов. Совокупность таких аллельных генов, определяющих многообразие вариантов признака, называется **серией аллельных генов**. Возникновение такой серии вследствие неоднократного мутирования одного гена называется **множественным аллелизмом** или **множественным аллеломорфизмом**.

**Гетерозигота** – зигота, имеющая противоположные аллели одного гена (Аа). **Гомозигота** – зигота, имеющая одинаковые аллели одного гена (АА или аа). **Доминантный (преобладающий) признак** проявляется в потомстве в любом состоянии. **Рецессивный (подавляемый) признак** проявляется только в гомозиготном состоянии.

Совокупность всех генов одного организма называется **генотипом**. Однако генотип – не механическая сумма генов. Возможность проявления гена и форма его проявления зависят от условий среды. В понятие среды входят не только условия, окружающие клетку, но и другие гены. Гены взаимодействуют друг с другом и, оказавшись в одном генотипе, могут сильно влиять на проявление действия соседних генов. Таким образом, для каждого отдельно взятого гена существует генотипическая среда. В связи с этим известный российский генетик М.Е. Лобашев определил генотип как систему взаимодействующих генов.

В пределах одного вида все организмы несколько отличаются друг от друга. Подобная индивидуальная изменчивость существует у организмов любого вида животных и растений.

**Изменчивость** – это свойство организмов, противоположное наследственности. Сущность этого свойства заключается в изменении наследственных задатков – генов и, как следствие, в изменении их проявления в процессе развития организмов. При этом исследователи имеют дело не непосредственно с генами, а с результатами их проявления - признаками или свойствами. Поэтому закономерности наследственности и изменчивости изучают, наблюдая в ряду поколений за динамикой признаков организмов.

Совокупность всех признаков и свойств организмов, проявляющаяся при взаимодействии генотипа со средой и меняющаяся в процессе жизни в зависимости от среды обитания, называется **фенотипом**. Сюда относятся не только внешние, видимые признаки (цвет глаз, волос, форма уха или носа, окраска цветов), но и биохимические (форма молекулы структурного белка или фермента,

активность фермента, концентрации глюкозы или мочевины в крови и т.д.), гистологические (форма и размеры клеток, строение тканей и органов), анатомические (строение тела и взаимное расположение органов) и т.д. Другими словами, признаком может быть названа любая особенность строения организма, на каждом из уровней организации, за исключением последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК. Под свойством понимают любую функциональную особенность организма, в основе которой лежит определённый структурный признак или группа элементарных признаков. Признаки, как бы внешне они ни казались простыми, определяются многочисленными и сложными биохимическими процессами, каждый из которых обусловлен белком-ферментом – элементарным (т.е. по существу простым) признаком.

Существуют *мономорфные* и *полиморфные* признаки.

**Мономорфные признаки** в норме представлены одним *вариантом* (например, у наземных позвоночных животных в норме одна голова, две пары передних и две пары задних конечностей, а на каждой конечности имеется по пять пальцев). Отклонение от нормального варианта – это аномалия или даже уродство.

**Полиморфные признаки** в норме представлены двумя и более *вариантами*. Например, люди различаются по цвету глаз (карие, голубые и множество оттенков), цвету волос (черные, каштановые, русые, рыжие, светлые и множество оттенков), группам крови системы АВ0 (0, А, В, АВ)... Однако из множества вариантов полиморфного признака не всегда удастся выделить «нормальный» (попробуйте доказать, что карий цвет глаз – это норма, а голубой – аномалия!).

#### 4. Закономерности наследования признаков

Для изучения наследственности и изменчивости генетика использует множество методов: **генеалогический** (метод анализа родословных), **близнецовый**, **сравнительно-морфологические** и **биохимические** методы, **цитогенетические** методы (кариологический, кариотипический), методы **математического моделирования**, методы **биотехнологии**. Однако основным, специфическим методом генетики является **гибридологический анализ** (метод скрещиваний), основы которого были разработаны Грегором Менделем.

**Принципы гибридологического анализа, разработанные Менделем:**

1. Получение **константных форм**, не дающих расщепления при воспроизведении.

2. Анализ наследования **отдельных пар альтернативных признаков**, или анализ наследования признаков, представленных двумя взаимоисключающими вариантами.

Если учитывается наследование лишь одной пары признаков (желтые и зеленые семена, красные и белые цветки и т. д.), то такое скрещивание называется **моногибридным**, двух пар признаков (желтые гладкие семена гороха одного сорта и зеленые морщинистые другого) – **дигибридным**, трех и более пар признаков – **полигибридным**.

3. **Количественный учет** форм, выщепляющихся в ходе последовательных скрещиваний.

4. **Индивидуальный анализ потомства** от каждой родительской особи.

**Основные закономерности наследования признаков, установленные Менделем:**

1. При скрещивании чистосортных растений все гибриды первого поколения единообразны и характеризуются доминантным вариантом признака.

2. При скрещивании гибридов первого поколения между собой в их потомстве наблюдается расщепление в соотношении – 3 части растений с доминантным вариантом признака : 1 часть растений с рецессивным вариантом.

3. Отдельные признаки наследуются независимо друг от друга.

В дальнейшем закономерности наследования признаков, выявленные Менделем, получили название законов Менделя. Сам Мендель не мог дать четкую формулировку своих законов, поскольку в 1860-е гг. еще не были открыты хромосомы, не были известны такие явления как мейоз, спорогенез и гаметогенез, гаплоидность гамет и диплоидность зигот. Поэтому современные формулировки законов Менделя были даны лишь в XX веке.

**Законы Менделя**

**1-й закон Менделя – закон единообразия гибридов первого поколения:** При скрещивании гомозигот все гибриды первого поколения единообразны по генотипу и фенотипу.

**Правило чистоты гамет:** При гаметогенезе у гетерозигот в каждую из гамет с равной вероятностью переходит один из двух аллелей.

**2-й закон Менделя – закон расщепления:** При моногибридном скрещивании гетерозигот примерно четвертая часть их потомков обладает рецессивным вариантом признака, т.е. происходит расщепление в соотношении 3:1.

**3-й закон Менделя – закон независимого наследования отдельных признаков:** Отдельные признаки наследуются независимо друг от друга, если гены, отвечающие за развитие этих признаков, не сцеплены между собой.

**Условия выполнения законов Менделя:**

Законы Менделя являются фундаментальными законами генетики. Однако они (как и любые законы природы) выполняются только при наличии определенных условий:

1. Подразумевается *моногенное наследование*. Это означает, что за один признак отвечает один ген, т.е. выполняется правило: «один ген → один полипептид; один полипептид → один фермент; один фермент → один признак».

2. Гены, отвечающие за развитие разных признаков (например, *A* и *B*) не влияют друг на друга, а сочетания их аллелей образуются случайным образом в равных соотношениях.

3. Выполняется правило чистоты гамет (правило чистоты гамет не является законом).

4. Подразумевается равновероятность встречи гамет и образования зигот.

5. Жизнеспособность особей не зависит от их генотипа и фенотипа.

6. Законы Менделя носят *статистический характер*: отклонение от теоретически ожидаемого расщепления тем меньше, чем больше число наблюдений.

7. Каждому генотипу соответствует определенный фенотип (например, у гороха генотипу *PP* всегда соответствуют красные цветки).

8. У всех особей с данным генотипом признак выражен в равной степени (например, у всех мушек дрозофил с генотипом *bb* черный цвет тела одинаков, без оттенков).

Таким образом, *генетика* – это наука о закономерностях наследственности и изменчивости - двух противоположных и вместе с тем неразрывно связанных между собой процессов, свойственных всему живому на Земле. Показав, что наследственность и изменчивость основываются на преемственности и видоизменении сложных внутриклеточных структур, генетика внесла важный вклад в познание картины мира и доказательство взаимосвязи физико-химических и биологических форм организации материи.

## Тема 9. Учение о биосфере и ноосфере (1 ч.)

### 1. Концепция В.И. Вернадского о биосфере

#### 1.1 Понятие «биосферы»

Термин «биосфера» был впервые использован австрийским геологом Эдвардом Зюссом (1831-1914) в его книге «Лик Земли» (1875 г.). Он понимал под *биосферой* совокупность всех живых организмов на Земле.

Но учение о биосфере в современном понимании было сформулировано русским ученым Владимиром Ивановичем Вернадским (1863-1945) в его знаменитой книге «Биосфера» (1926 г.). Это учение является одним из крупнейших обобщений в естествознании XX века. Вернадский изучал взаимодействие живых и неживых систем и выдвинул принцип непрерывной связи живого и неживого. Согласно Вернадскому, *биосфера* – это сфера единства живого и неживого на Земле. Под *биосферой*, таким образом, Вернадский понимал концентрическую оболочку Земли, которая охватывает часть литосферы и атмосферы и всю гидросферу и, в которой все процессы протекают под прямым воздействием живых организмов.

В настоящее время под *биосферой* понимается совокупность всех живых организмов вместе со средой их обитания.

В *атмосфере* (газовой оболочке планеты) жизнь распространяется до пределов озонового слоя, т.е. до 8-10 км у полюсов и до 17-18 км у экватора. За пределами озонового слоя жизнь невозможна вследствие губительного воздействия на живое УФ лучей. Однако некоторые микроорганизмы и споры встречаются до высоты 50 км.

В *литосфере* (верхней твердой оболочке Земли) жизнь проникает на несколько метров, ограничиваясь в основном почвенным слоем. Но по отдельным трещинам и пещерам она распространяется на сотни метров. Проникновению организмов вглубь литосферы препятствуют высокие температуры (100 °С

уже на глубине 3 км) и давление, дефицит кислорода. Жизнь в подземных водах ограничивается также высокой концентрацией растворенных солей.

*Гидросфера* (совокупность океанов, морей, озер, рек и т.п.) заселена во всей ее толще.

## 1.2 Структура и составные части биосферы

Биосфера состоит из самостоятельных природных комплексов, называемых экосистемами или биогеоценозами.

**Экосистема (биогеоценоз)** включает в себя все организмы, совместно функционирующие на конкретной территории, а также физическую среду, с которой они взаимодействуют. Результатом этого взаимодействия является круговорот веществ между живой и неживой составляющими экосистемы:

1. Растения синтезируют органические вещества из неорганических и называются продуцентами («образователями»).

2. Растениями питаются животные, не способные к синтезу органики из неорганики, называемые консументами («потребителями»).

3. Бактерии и грибы разлагают органику и называются редуцентами («разрушителями»).

Известны следующие природные экосистемы:

1. Наземные экосистемы: тундра, леса, пустыня;

2. Пресноводные экосистемы: озера, пруды, реки, ручьи, болота и болотистые леса.

3. Морские экосистемы: открытый океан; воды континентального шельфа; астурии (прибрежные бухты, проливы, устья рек и т.д.).

Живая часть экосистемы называется **биоценоз**. Она складывается из **популяций организмов**, принадлежащих разным **видам**. Живые организмы связаны друг с другом, зависят друг от друга и активно взаимодействуют с неживой компонентой биосферы. Многообразие живых организмов организует биосферу и способствует ее устойчивости.

В природе существуют сложные и очень разные связи между популяциями, например: **конкуренция, хищничество, паразитизм, симбиотические связи организмов** (симбиозом называют такую форму существования популяций, при которой каждый вид извлекает пользу из связи с другим видом).

Экосистемы обладают общими **свойствами**, характерными для сложных систем.

**1. Эмерджентность** (в переводе с англ.- неожиданно возникающий): свойства системы не сводятся к свойствам составляющих ее элементов. Свойства системы зависят не только от составляющих ее элементов, но и от особенностей взаимодействия между ними.

**2. Принцип необходимого разнообразия:** система не может состоять из абсолютно одинаковых элементов, более того, разнообразие элементов является необходимым условием ее существования. Нижний предел разнообразия равен двум, верхний – стремится к бесконечности.

**3. Устойчивость:** наличие разнообразных связей приводит к тому, что экосистемы приобретают элементы целостности, устойчивости, относительной

независимости в развитии. Это проявляется в способности противостоять различным внешним воздействиям, что получило название **гомеостаза** или **буферности**.

**4. Принцип эволюции:** динамические самоподдерживающиеся экосистемы эволюционируют в сторону усложнения и возникновения системной иерархии. С увеличением разнообразия и сложности системы происходит ускорение эволюции.

Таким образом, можно сказать, что биосфера в целом представляет собой иерархическое единство, включающее следующие уровни жизни: особь, популяция, вид, биоценоз, биогеоценоз (экосистема), биосфера.

Вернадский выделял в биосфере 7 типов веществ:

1. *Живое вещество*: вся совокупность живых организмов на планете.

2. *Биогенное вещество*: образуется при участии живых организмов. Например, горючие ископаемые, известняки и т.п.

3. *Косное вещество*: образуется без участия живых организмов. Например, горные породы, образующиеся в результате извержения.

4. *Биокосное вещество*: создается одновременно живыми организмами и процессами неорганической природы. Например, почва, кора выветривания, природные воды.

5. *Радиоактивное вещество*.

6. *Рассеянные атомы*.

7. *Вещество космического происхождения*: метеориты, космическая пыль.

Пункты 1, 2, 4 говорят о том, что биосфера не только заселена живыми организмами, но и в существенной степени переработана ими; это не только среда жизни, но и продукт жизнедеятельности организмов.

Отличия живого вещества от косного заключаются в следующем:

1) изменения и процессы в живом веществе происходят быстрее, чем в косных телах, поэтому для характеристики изменений в живом веществе используется понятие исторического времени, а в неживых телах геологического времени. 1 секунда геологического времени = 100 тысяч лет исторического;

2) в живых организмах существует непрерывный ток атомов: из живых в неживое, и наоборот;

3) только в живых организмах происходят качественные изменения в ходе геологического времени, т.е. эволюция;

4) живые организмы изменяются в зависимости от окружающей среды.

Вернадский выдвинул предположение, что живые организмы сами по себе эволюционируют. Он поставил вопрос: «Есть ли у жизни начало?», на который он отвечает в поддерживаемой им концепции вечной жизни о том, что Земля существует вечно, и поэтому жизнь на ней не имеет начала.

### **1.3 Свойства и функции живого вещества**

Живое вещество обладает уникальными свойствами, обуславливающими его высокую средообразующую деятельность, к которым относятся:

1. Способность быстро занимать все свободное пространство.
2. Устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти, что способствует включению останков в круговороты.
3. Высокая адаптационная способность к различным условиям (температура, давление, химический состав среды).
4. Высокая скорость обновления живого вещества.

По Вернадскому работа живого вещества в биосфере может быть выражена в двух основных формах:

- химическая или биохимическая ( **I род геологической деятельности** );
- механическая ( **II род геологической деятельности**).

**I род геологической деятельности** проявляется в обмене веществ внутри живых организмов, в результате которого происходит постоянный кругооборот атомов.

При этом большое значение имеет количество пропускаемых веществ через тот или иной живой организм. По некоторым данным установлено, что через организм человека за всю его жизнь проходит около: 75 т воды, 17 т углеводов, 2,5 т белка, 1,5 т жира.

Сущность **II рода геологической деятельности** проявляется только в тех экосистемах, где хорошо развит почвенный покров, который позволяет создавать норы, укрытия, т.е. разрыхлять почву.

Вернадский для понимания работы живого вещества в биосфере ввел 3 биогеохимических принципа:

- 1) биогенная миграция атомов всегда стремится к максимальному значению. Это выражается в способности некоторых живых организмов неограниченно размножаться;
- 2) эволюция видов в ходе геологического времени ведет к образованию таких организмов, которые увеличивают миграцию атомов;
- 3) заселение планеты должно быть максимально возможным для всего живого вещества.

Можно выделить следующие функции живого вещества в биосфере:

1. *Энергетическая функция.* Она проявляется в том, что растения используют энергию Солнца для синтеза веществ, которые необходимы для их роста и развития; растениями питаются травоядные животные, которыми в свою очередь питаются хищники. Поэтому можно сказать, что живое вещество ассимилирует энергию и передает ее по трофической цепи.

2. *Концентрационная функция.* Живое вещество активно выбирает, причем строго избирательно, из окружающей среды химические элементы, необходимые для его развития.

3. *Деструктивная функция.* Заключается в разложении живыми организмами органического и неорганического неживого вещества. Деструкцию осуществляют микроорганизмы и микроскопические грибы.

4. *Средообразующая функция.* Заключается в изменении физико-химических параметров окружающей среды в процессе жизнедеятельности организмов. Результатом этой функции является создание атмосферы; очистка воды

океанов от продуктов жизнедеятельности различных организмов; образование минералов, каменного угля, нефти, почвы.

5. *Газовая функция.* Осуществляется в результате биогенной миграции газов в результате фотосинтеза и азотфиксации. Пример, выделение кислорода при фотосинтезе. Азотфиксация – перевод азотфиксирующими микроорганизмами азота атмосферы в биологически доступную растворимую форму.

6. *Окислительно-восстановительная функция.* Заключается в превращении веществ, содержащих атомы с переменной валентностью, например, атомы железа, магния. Пример: накопление железобактериями железа.

7. *Транспортная функция.* Заключается в переносе вещества за счет миграции организмов как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. К ней же относятся геологическая и механическая деятельность.

Большинство функций живого вещества в биосфере обусловлено постоянным обменом веществ между организмами и окружающей средой.

Биосфера – экологическая система планетарного масштаба (живая мега-система) – обладает такими фундаментальными свойствами живого, как самовоспроизведение, устойчивость (гомеостаз), саморегуляция и способность к эволюции.

#### **1.4 Виды круговоротов веществ в биосфере**

Два главных компонента биосферы – живые организмы и среда их обитания – непрерывно взаимодействуют между собой и находятся в тесном, органическом единстве, образуя целостную динамическую систему.

В биосфере осуществляются два круговорота веществ: *большой*, или *абиотический*, проявляющийся в круговороте воды, циркуляции атмосферы и круговороте пород; и *малый*, или *биотический*, проявляющийся в круговороте органического вещества биосферы при участии всех населяющих ее организмов. Так, на нашей планете зеленые растения создают органическое вещество, а другие организмы его разрушают. Из минеральных соединений, полученных от распада органических веществ при участии микроорганизмов, новые зеленые растения строят новое органическое вещество и так без конца. Биотический круговорот складывается из частных круговоротов: круговорота веществ (воды, углекислого газа); круговорота биогенных элементов (С, Н, О, N, P, S); круговорота металлов (K, Ca, Mg, Cu, Fe, Co, Ni, Mn, Mo и др.). В биогенных круговоротах все эти вещества и элементы проходят через тела живых организмов и возвращаются в окружающую среду.

#### **1.5 Эволюция биосферы**

Особое место в трудах В.И.Вернадского занимает концепция эволюции биосферы. Он выделяет три этапа развития биосферы. Первый этап – возникновение первичной биосферы с биотическим круговоротом веществ. Ведущие факторы на этом этапе – геологические и климатические изменения на Земле. Второй этап – усложнение структуры биосферы в результате появления одноклеточных и многоклеточных эукариотных организмов. Движущим фактором выступает биологическая эволюция. И, наконец, третий этап – возникнове-

ние человеческого общества и постепенное превращение биосферы в ноосферу. Ведущим фактором в этом процессе является разумная деятельность человека, характеризующаяся рациональным регулированием взаимоотношений человека и природы.

Развитие жизни в результате биологической эволюции, появление все более многочисленных и сложноорганизованных форм, превращает «живое вещество» планеты в мощный геологический фактор. Отмечая мощное воздействие «живого вещества» на окружающую среду, В.И. Вернадский писал: «Эволюция видов переходит в эволюцию биосферы». В результате эволюции биосферы происходит появление человека, с которым связано возникновение нового этапа существования материи, социального. Развитие человеческого общества приводит к тому, что деятельность человека оказывает все усиливающееся воздействие на биосферу и порождает целый комплекс антропогенных экологических факторов, влияющих разрушительно на неживую и живую природу планеты. Сейчас эти процессы стремительно нарастают и угрожают глобальной экологической катастрофой.

Эволюция биосферы предстает как процесс самоорганизации в открытой неравновесной системе планетарного масштаба, а источником упорядоченности в биосфере Земли служит отрицательный энтропийный баланс при непрерывном обмене веществом и энергией с окружением.

### 1.6 Влияние космических явлений на биосферу Земли

Источником энергии в биосфере является, прежде всего, Солнце. Мощность излучения Солнца достаточно стабильна. Однако, в истории Земли известны глобальные ритмические изменения климата. Так, за последний миллион лет было несколько оледенений. Одной из основных причин изменений климата считают небольшие вариации земной орбиты и наклона земной оси. Они меняют количество солнечной энергии, поступающей на Землю, и ее распределение по сезонам и широтам. Малые астрономические факторы являются источником значительных периодических перестроек в климате планеты, а вместе с этим — и в биосфере. Эти глобальные циклические процессы имеют периоды сотни и десятки тысяч лет. Механизмы их влияния на эволюцию биосферы изучены пока слабо.

Есть и другие механизмы космического влияния, связанные с потоком частиц (электронов, протонов, ионов и др.), поступающих к Земле от Солнца. Этот поток называют *солнечным ветром*. Его интенсивность многократно возрастает при периодических выбросах вещества и излучения с поверхности Солнца — вспышках на Солнце.

Величины потоков энергии и космических частиц, воздействующих на биосферу и на ее биологические компоненты, являются сложными периодическими функциями, имеющими характерные для Земли *космические циклы*.

Циклы, связанные с солнечной активностью, длятся примерно 11 лет. Максимумы солнечной активности проявляются на Земле в виде *магнитных бурь* и других явлений планетарного масштаба. Влияние солнечной активности на земные процессы носит название *солнечно-земных связей*. Статистиче-

ски установлена связь между уровнем солнечной активности и ходом ряда процессов в биосфере Земли (динамикой популяции, эпидемий, количеством сердечно-сосудистых кризов и др.).

Известный русский ученый А.Л. Чижевский, выполнив сопоставительные исследования в области солнечной астрономии, биологии и истории, пришел к выводу о весьма значительном влиянии периодичности солнечной активности не только на биологические, но и на социальные процессы на Земле. Этот вывод послужил основой его концепции зависимости биологической и общественной жизни от космических ритмов и началом нового направления в биологии — *гелиобиологии*.

### 1.7 Суть и главная задача экологии

Установлено, что в природе невозможно выделить и изучить любую живую систему вне ее взаимосвязей с иными живыми системами и с неживым окружением. Поэтому в начале XX в. и в науку стали все шире проникать идеи холистического (то есть целостного) подхода к изучению природы. Одним из результатов этой тенденции стала новая научная дисциплина — *экология*, образовавшая еще один мост между биологией и другими естественными науками, а также техническими науками и социальным знанием.

**Экология** — это наука об отношениях сообществ, образуемых живыми организмами, между собой и с окружающей средой. Ключевым понятием и базовой моделью экологии является *экосистема* – единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания, в которых живые и неживые элементы связаны обменом веществ и энергии.

Экология исследует процессы, влияющие на распространение и численность организмов. В современных условиях к таким процессам относятся и всевозможные проявления деятельности человека. Поэтому экология стала теоретической базой охраны природы. Но задачи экологии значительно шире. **Главная задача экологии** состоит в познании закономерностей, связанных с воспроизводством, гибелью и миграцией живых организмов, а также в выработке методов управления этими процессами в условиях возрастающего влияния человека на окружающую среду.

С развитием техники и технологии, расширением поля деятельности человека и масштабов ее последствий возникла новая комплексная проблема — *экология и здоровье человека*, задача которой — исследование адаптивных возможностей человека в изменяющейся среде обитания. Опасность для человека состоит в том, что, несмотря на огромные адаптивные возможности человека, они не соответствуют темпам неблагоприятных изменений в среде обитания. Это сделало приоритетом экологии выработку *принципов рационального природопользования и охраны природы*.

Если же иметь в виду проблему выживания человека как вида, то надо понимать специфику и мощь биосферы. История эволюции биосферы насчитывает около 4,1 млрд. лет. Род человеческий не насчитывает и 3 млн. лет. Человек же разумный (*Homo sapiens*) отмечен пределом не выше 40 тыс. лет. Следовательно, инерционность биосферы выше человеческой как минимум в

100 тысяч раз. Отсюда можно сделать вывод о том, что все прогнозы о якобы существующей возможности вырождения жизни на планете «с помощью» бесхозяйственной деятельности человека или применения им средств массового поражения — *несостоятельна*. Человек может уничтожить сам себя, но уничтожить жизнь в биосфере — это ему не по силам.

Так, микробы выдерживают присутствие таких ядовитых веществ, как серная кислота, фенол и сероводород, и даже могут успешно расти и размножаться на них. Биосфера, в силу своей колоссальной инерционности, без *Homo sapiens* быстро восстановит свои качества, как это она уже делала не раз в своей истории. Великие потрясения биоценозов в палеозое, мезозое только стимулировали усложнение жизненных форм и, в конце концов, привели к появлению разума. И величие разума должно состоять в том, что он осознает возможность трагического ухода человека со сцены эволюции и сделает все, чтобы этого не произошло. А контуры катастрофы уже просматриваются, и если она случится - значит, человек, кичащийся своим разумом, большего и не стоил.

## **2. Трансформация биосферы в ноосферу**

### **2.1 Понятие «ноосферы»**

По В.И. Вернадскому, наша планета и Космос представляются ныне как единая система, в которой жизнь, живое существо связывают в единое целое процессы, протекающие на Земле с процессами космического характера. Согласно его оценкам, на протяжении всей истории Земли количество живого вещества в биосфере было практически постоянным. Грандиозная картина общепланетарного развития включала в себя и появление человека – носителя Разума, который ускорил все процессы, развивающиеся на планете. Он говорил, что воздействие человека на природу растёт столь быстро, что он превратится в основную геологическую силу и должен будет принять на себя ответственность за будущее развитие природы. Биосфера перейдет однажды в ноосферу – сферу Разума. Произойдет великое объединение, в результате которого развитие планеты сделается направленным, направляемым силой Разума.

Сам термин «ноосфера» возник в 1926 г. в Париже во время обсуждения доклада В.И. Вернадского, где он излагал концепцию развития биосферы. Его предложил французский исследователь Э. Леруа. Однозначное толкование этого термина отсутствует.

*Ноосфера* – это новое, эволюционное состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится решающим фактором ее развития. Впервые В.И. Вернадский употребил этот термин в письме Б. Личкову в 1936 г.: «Я принимаю идею Леруа о ноосфере. Он развил глубже мою биосферу. Ноосфера создавалась в эпоху, когда человеческая мысль охватила биосферу и меняет все процессы по-новому, а в результате активная энергия биосферы увеличивается».

Публично В.И. Вернадский употребил термин «ноосфера» в 1937 г. в докладе «О значении радиогеологии для современной геологии», где писал: «Ноосфера – последнее из многих состояний эволюции биосферы в геологиче-

ской истории – состояние наших дней....Сейчас мы переживаем новое геологическое эволюционное состояние биосферы, то есть мы входим в ноосферу». В этой же статье В.И. Вернадский показал, что факторами последней перестройки биосферы являются научная мысль и коллективный труд человечества, давно уже ставшего мощной геологической силой. Согласно его высказываниям, ноосфера – это качественно новая форма организованности, возникающая при взаимодействии природы и общества.

В последние годы под *ноосферой* понимается планетарное и космическое пространство (природная среда), которая преобразуется и управляется человеческим разумом, гарантирующим всестороннее прогрессивное развитие человечества.

Для ноосферы характерна тесная взаимосвязь законов природы с законами мышления, а также социально – экономическими законами. Возвращаясь к Вернадскому, ноосфера – это такое состояние биосферы, когда ее развитие проходит целенаправленно, когда Разум имеет возможность корректировать развитие биосферы в интересах человека будущего. Поэтому более уместно говорить об эпохе ноосферы, когда человек сможет разумно распоряжаться своим могуществом и обеспечить такое взаимодействие с окружающей средой, которое позволит развиваться и человеку, и природе, и обществу.

## **2.2 Условия, необходимые для преобразования биосферы в ноосферу**

С появлением человека, по учению Вернадского, биосфера переходит в качественно новую сферу – ноосферу, т.е. сферу человеческого разума.

Для этого должны быть выполнены следующие условия:

1. Заселение человеком всей планеты;
2. Резкое преобразование средств связи и обмена между странами;
3. Усиление связей, в т.ч. политических, между всеми странами;
4. Начало преобладания роли человека над другими геологическими процессами, протекающими в земной коре;
5. Расширение границ биосферы и выход в космос;
6. Открытие новых источников энергии;
7. Равенство людей всех рас и религий;
8. Увеличение роли народных масс в решении вопросов внутренней и внешней политики;
9. Свобода научной мысли и научного искания от давления религиозных, философских и политических построений, а также создание в государстве благоприятных условий для свободного развития научной мысли;
10. Продуманная система народного образования и повышения благосостояния трудящихся; создание реальной возможности не допустить голода, нищеты;
11. Разумное преобразование первичной природы Земли с целью сделать ее способной удовлетворить все материальные, эстетические и духовные потребности;
12. Исключение войн из жизни общества.

Таким образом, переход биосферы в ее новое состояние будет сопровождаться выработкой новых принципов согласования своих действий и нового поведения людей новой нравственности, потребует смены стандартов и идеалов. По существу, это центральная проблема, стоящая сегодня перед человечеством: как обеспечить совместную эволюцию биосферы и человека, а вместе с ней и дальнейшее развитие цивилизации?

### **2.3 Человек и биосфера**

Место человека в биосфере имеет свою существенную специфику, обусловленную биосоциальной природой человека. Его существование, как и всех других гетеротрофных организмов, зависит от наличия органической пищи, воздуха, воды и т.д. В то же время, человек обладает особенностью, выделяющей его из живой природы – труд, творческая деятельность, производственные отношения, определяющиеся его социальной сущностью.

На ранних этапах существования человека его деятельность не нарушала равновесия в биосфере. Потребляемые человечеством ресурсы природы и продукты его жизнедеятельности циркулировали в общем круговороте веществ так же, как и других видов живых существ. Но со временем, в результате роста численности людей и развития цивилизации, все возрастает использование природных ресурсов человеческим обществом. Человек становится мощным экологическим фактором, нарушившим прежнее равновесие в природе, биосфере.

Воздействия человека на окружающую природу достигли к настоящему времени планетарных масштабов. В результате деятельности человека происходят изменения климата, ландшафтов, состава атмосферы, видового и численного состава живых существ. Повсеместное уничтожение лесов приводит к снижению выделения в атмосферу кислорода и утилизации углекислого газа, к эрозии почв, нарушению водного режима и изменению климата. Сжигая органическое топливо, человек снижает содержание кислорода в атмосфере (так, например, при пробеге автомобилем 100 км пути расходуется годовая норма кислорода для одного человека). За последние годы отмечается повышение содержания углекислого газа в атмосфере, накопление промышленной пыли. Это ведет к возникновению «парникового эффекта» - нарушению рассеивания тепла с поверхности Земли в космос, что приводит к постепенному потеплению климата на планете. По некоторым данным, за последние 30 лет средняя температура приземной атмосферы повысилась на 1 °С. Если тенденция загрязнения атмосферы сохранится, то через 30-50 лет температура увеличится еще на 2-3 °С, что приведет к таянию «полярных шапок» и катастрофическому повышению уровня мирового океана. В атмосферу ежегодно поступают миллионы тонн загрязненных веществ. Особую опасность представляет сернистый газ, который соединяется с парами воды и является причиной выпадения кислотных дождей. Повсеместно на нашей планете отмечается ухудшение состояния водных систем в результате ирригационных и мелиоративных мероприятий. Происходит истощение подземных вод, массовая гибель малых рек, сокращение крупных рек, высыхание крупных водоемов (например, Арал).

Промышленные и бытовые стоки, загрязняющие гидросферу ядовитыми веществами, солями тяжелых металлов, радионуклеотидами и т.п., составляют 700 км<sup>3</sup> в год (примерно, 3 % всего планетарного объема воды). Тяжелый ущерб природным водным системам наносит «тепловое загрязнение» - сбросы термальных вод. Значительно воздействие человека на литосферу - распахивание земель для сельскохозяйственных нужд (сегодня 30% суши занято угодьями) приводит к эрозии почв, их засаливанию, поднятию грунтовых вод. В результате деятельности человека только на протяжении последних столетий были уничтожены многие виды растений и животных. В числе последних такие, например, как тур, стеллерова (морская) корова, эпиорнис, дронг, странствующий голубь и многие другие.

Рассматривая переход биосферы в ноосферу («сферу разума»), В.И.Вернадский предполагал плановое, научное использование природных ресурсов, предусматривающее восстановление в круговороте веществ того, что человек нарушает. До настоящего времени человечество явно недостаточно уделяло внимания проблемам охраны биосферы и рационального природопользования. Однако, в последней четверти 20-го столетия проблемы окружающей среды, регулирования взаимоотношений между человеком и природой становятся делом каждого человека. Человечество вплотную приблизилось к возможности глобальной экологической катастрофы. Угроза собственному существованию заставила человека безотлагательно решать эти проблемы, задействуя и людские ресурсы, и значительные средства.

Сегодня существуют многочисленные правительственные и общественные организации, научные коллективы, нацеленные на оценку состояния биосферы, разработку международных и национальных научных программ, научно-технических проектов по восстановлению ущерба, нанесенного природе; проведению природоохранных мероприятий. В промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте разрабатываются и внедряются новые технологии, направленные на снижение негативного влияния человека на биосферу. В политике сегодняшнего дня проблемы экологии занимают одно из ведущих мест, заключаются многочисленные межгосударственные договоры и соглашения по поводу совместных действий в области охраны природы и рационального ее использования. Все эти процессы подтверждают идеи В.И. Вернадского о превращении биосферы в ноосферу и дают основание человечеству с оптимизмом смотреть в будущее.

## **Тема 10. Происхождение и эволюция человека (1 ч.)**

### **1. Доказательства животного происхождения человека**

Собственная родословная всегда интересовала людей больше, чем происхождение растений и животных. Попытки понять и объяснить, как возник человек, отражены в верованиях, легендах, сказаниях самых разных племен и народов. В решении этой проблемы особенно обостренно проявляется борьба мате-

риалистических и идеалистических взглядов. Долгое время научные знания были слишком отрывистыми и неполными, чтобы решить проблему происхождения человека.

В середине XVIII в. Карл Линней положил начало научному представлению о происхождении человека, отнеся человека к животному миру и поместив его в своей классификации в отряд приматов рядом с человекообразными обезьянами. Научной основой для решения вопроса о границах между человеком и высшими приматами (орангутангом, в частности) стала научная приматология и определение сходства в строении основных органов человека и животных.

К первой половине XIX в. археологами был накоплен достаточный для разработки научной теории происхождения человека материал. Особый интерес в этой области представляют работы французского археолога Буше де Перта. Его открытия привели к выводу о существовании человека в далеко добиблейский период.

Развитие в биологии идеи эволюции органических форм в первой половине XIX в. стало теоретической предпосылкой для создания научной теории происхождения человека. Но до отрицания Бога в происхождении человека было еще далеко. Только после выхода в свет в 1871 г. труда Дарвина «Происхождение человека и половой отбор» начало утверждаться материалистическое положение о животном происхождении человека. Именно Ч. Дарвину принадлежит заслуга строго научного, аргументированного доказательства животного происхождения человека. В своем знаменитом труде «Происхождение человека и половой отбор» (1871) он собрал и обобщил огромный фактический материал из области систематики, сравнительной анатомии и эмбриологии. В этой работе он, в частности, подчеркивал, что современные человекообразные обезьяны не являются предками человека, а имеют с ним общее происхождение, общих предков. В дальнейшем к этому добавились многочисленные и убедительные факты в области сравнительной физиологии, биохимии, цитологии, генетики, молекулярной биологии, палеонтологии и других биологических наук.

Бесспорными доказательствами животного происхождения человека и свидетельством того, что человек, как и животные, - результат длительного исторического развития органического мира, служат следующие факты:

1. Общность плана строения (скелет, нервная система, системы кровообращения, дыхания, пищеварения).

2. Сходство зародышевого развития (на ранних этапах зародыша человека трудно отличить от зародышей других позвоночных животных; в возрасте 1,5 – 3 месяцев у него имеются жаберные щели, а позвоночник оканчивается хвостом; Очень долго сохраняется сходство зародышей человека и обезьяны; специфические (видовые) человеческие особенности возникают лишь на самых поздних стадиях развития).

3. Наличие рудиментов – признаков, являющихся наследием животных предков и бесполезных для человека (копчиковая кость (остаток редуцированного хвоста); складка в уголке глаза (остаток мигательной перепонки); тонкие волосы на теле (остаток шерсти); отросток слепой кишки – аппендикс и др.).

4. Наличие атавизмов – необычайно сильно развитых рудиментов (наружный хвост, с которым очень редко, но рождаются люди; обильный волосяной покров на лице и теле; многососковость, сильно развитые клыки и др.).

По строению и физиологическим особенностям наиболее близкие родственники человека – человекообразные обезьяны, или антропоиды (от греч. антропос – человек). К ним относятся шимпанзе, горилла, орангутанг. О близком родстве между человеком и антропоидами свидетельствуют сходные детали строения: общий характер телосложения, редукция хвоста, хватательная кисть с плоскими ногтями и противопоставленным большим пальцем, форма глаз и ушей, одинаковое число резцов, клыков и коренных зубов; полная смена молочных зубов и многое другое. Очень важны черты физиологического сходства: общие группы крови, болезни (туберкулез, грипп, оспа, холера, СПИД, воспаление легких) и паразиты (например, головная вошь); обнаружена поразительная близость хромосомного аппарата. Диплоидное число хромосом ( $2n$ ) у всех человекообразных обезьян – 48, у человека – 46. Различие в хромосомных числах обусловлено тем, что хромосома человека образована слиянием двух хромосом, гомологичных таковым у шимпанзе. Сравнение белков человека и шимпанзе показало, что в 44 белках последовательности аминокислот отличаются у них лишь на 1%. Многие белки человека и шимпанзе, например гормон роста, взаимозаменяемы.

Тщательное изучение высшей нервной деятельности человекообразных обезьян выявило близость этих животных к человеку и по ряду их поведенческих реакций. В этом отношении особенно показательна их способность использовать различные предметы в качестве простейших орудий. Наиболее близок человек к африканским человекообразным обезьянам – к горилле и особенно к шимпанзе. В ДНК человека и шимпанзе не менее 90% сходных генов.

Изучение всех особенностей строения и развития показывает, что человек принадлежит к семейству Гоминиды отряда Приматы класса Млекопитающие. Однако между человеком и человекообразными обезьянами есть и коренные отличия. Только человеку присуще истинное прямохождение и связанные с этим особенности строения S-образного позвоночника с отчетливыми шейными и поясничными изгибами, низким расширенным тазом, уплощенной в переднезаднем направлении грудной клеткой, пропорциями конечностей (удлинение ног сравнительно с руками), сводчатой стопой с массивным и приведенным большим пальцем, а также особенности мускулатуры и расположения внутренних органов. Кисть человека способна выполнять самые разнообразные и высокоточные движения. Череп человека более высокий и округленный, не имеет сплошных надбровных дуг; мозговая часть черепа в большей степени преобладает над лицевой, лоб высокий, челюсти слабые, с маленькими клыками, подбородочный выступ отчетливо выражен. Мозг человека примерно в 2,5 раза больше мозга человекообразных обезьян по объему, в 3-4 раза – по массе. У человека сильно развита кора больших полушарий мозга, в которых расположены важнейшие центры психики и речи. Только человек обладает членораздельной речью, в связи с этим для него характерно развитие лобной, теменной

и височной долей мозга, наличие особого головного мускула в гортани и других анатомических особенностей.

Глубокие, качественные различия между человеком и человекообразными обезьянами связаны с общественно-трудовой (социальной) деятельностью людей. Отличительная черта человека – создание и применение орудий труда. С их помощью он изменяет среду обитания, сам производит необходимое; животные же используют лишь данное природой.

К 80-м годам прошлого столетия многочисленные ископаемые находки и использование самых разнообразных методов исследования позволили значительно прояснить вопросы эволюции человекообразных, хотя и сейчас невозможно с полной уверенностью сказать, от каких именно обезьяноподобных предков произошел человек.

## 2. Предпосылки и движущие силы антропосоциогенеза

Процесс исторического развития человека называется *антропогенезом*. Происхождение человека изучает наука *антропология*. Эволюция человека качественно отличается от эволюции организмов других видов, так как в ней действовали не только биологические, но и социальные факторы. Поэтому процесс исторического развития человека вернее было бы назвать *антропосоциогенезом*.

Общей предпосылкой возникновения человечества выступает длительное историческое развитие природы. Основой антропосоциогенеза явилось развитие органического мира в единстве с геологическими, географическими, климатическими, физико-химическими, космическими и другими абиотическими (то есть неорганическими) системами.

Под действие эволюционных процессов попадают не отдельные индивиды, а их популяции. Признаки, удобные в данных условиях, утверждаются в ходе последовательной смены поколений.

Главная роль абиотических предпосылок в том, что они выступают как средство рекомбинации генофонда в ходе естественного отбора. Анализ абиотических предпосылок дает возможность решить вопрос о прародине человека. Так как наибольшее количество останков было обнаружено в Южной Азии и Восточной Африке, то именно эти области претендуют на роль исторической прародины человечества. Исследования последних десятилетий склоняют чашу весов в сторону Восточной Африки.

Предполагается, что общие предки человекообразных обезьян и человека – стадные узконосые обезьяны, жившие на деревьях в тропических лесах. Переход их к наземному образу жизни, вызванный похолоданием климата и вытеснением лесов степями, привел к прямохождению. Выпрямленное положение тела и перенос центра тяжести вызвали перестройку дугообразного позвоночного столба, свойственного всем четвероногим животным, на S-образный, что придало ему гибкость. Образовалась сводчатая пружинящая стопа, расширился таз, грудная клетка стала шире и короче, челюстной аппарат легче и главное – передние конечности освободились от необходимости поддерживать тело, их движения стали более свободными и разнообразными, функции усложнились.

Переход от использования предметов к изготовлению орудий труда – рубеж между обезьяной и человеком. Эволюция руки шла путем естественного отбора мутаций, полезных для трудовой деятельности. Таким образом, рука не только орган труда, но и его продукт. Первыми орудиями труда были орудия охоты и рыболовства. Наряду с растительной стала шире использоваться более калорийная мясная пища. Приготовленная на огне пища уменьшила нагрузку на жевательный и пищеварительный аппараты, в связи с чем потерял свое значение и постепенно исчез в процессе отбора теменной гребень, к которому у обезьян прикрепляются жевательные мышцы, стал короче кишечник. Наряду с прямохождением важнейшей предпосылкой антропогенеза явился стадный образ жизни, который по мере развития трудовой деятельности и необходимости обмениваться сигналами обусловил развитие членораздельной речи. Медленный отбор мутаций преобразовал неразвитую гортань и ротовой аппарат обезьян в органы речи человека. Первопричиной возникновения языка послужил общественно-трудовой процесс. Труд, а затем и членораздельная речь – те факторы, которые контролировали генетически обусловленную эволюцию мозга и органов чувств человека. А это, в свою очередь, привело к усложнению трудовой деятельности. Конкретные представления об окружающих предметах и явлениях обобщались в абстрактные понятия, развивались мыслительные и речевые способности. Формировалась высшая нервная деятельность, и развивалась членораздельная речь. Переход к прямохождению, стадный образ жизни, высокий уровень развития мозга и психики, использование предметов в качестве орудий для охоты и защиты – те предпосылки очеловечивания, на основе которых развивались и совершенствовались трудовая деятельность, речь и мышление.

Роль социальных факторов в эволюции человека была раскрыта Ф.Энгельсом в работе «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека» в 1896г. В основе этой работы лежит идея о том, что труд – не только средство преобразования окружающей среды и удовлетворения потребностей, труд – это средство изменения самого человека.

Таким образом, в эволюции человека – антропогенезе – важнейшая роль принадлежит не только биологическим факторам (изменчивость, наследственность, отбор), но и социальным (речь, накопленный опыт трудовой деятельности и общественного поведения). Особенности человека, обусловленные социальными факторами, не фиксируются генетически и передаются не по наследству, а в процессе воспитания и обучения. На первых этапах эволюции решающее значение имел отбор на большую приспособляемость к быстро меняющимся обстоятельствам. Однако впоследствии способность передавать из поколения в поколение генетические приобретения в виде разнообразной научно-технической и культурной информации стала играть все более важную роль, освобождая человека от жесткого контроля естественного отбора. Социальные закономерности приобрели важное значение в эволюции человека. Победителями в борьбе за существование оказывались не обязательно самые сильные, а те, кто сохранял слабых: детей - будущее популяции, стариков – хранителей информации о способах выжить (приемы охоты, изготовление орудий и т.п.). Победа по-

пуляций в борьбе за существование обеспечивалась не только силой и разумом, но и способностью жертвовать собой во имя семьи, племени. Человек – общественное существо, отличительной чертой которого является сознание, сформировавшееся на основе коллективного труда.

В эволюции человека разумные социальные отношения играют все возрастающую роль. Для людей современных ведущими и определяющими стали общественно-трудовые отношения. В этом качественное своеобразие эволюции человека.

Человек – существо биологическое и социальное, что и определяет его особое положение в природе и качественно отличает от всех других организмов. Благодаря тому, что человек является биологическим существом, его эволюционное развитие подчиняется всем основным закономерностям наследственности и изменчивости. Реализация наследственной информации в условиях определенной внешней среды формирует биологическую природу человека – его строение и физиологию, создает материальные предпосылки для развития и мышления, способности мозга накапливать информацию нового типа – социальную. В процессе очеловечивания происходит уменьшение плодовитости, удлинение периода детства, замедление полового созревания, возрастание длительности жизни одного поколения.

Социальная информация передается с помощью слова при обучении и определяет духовный облик индивидуума. Она создается при доминирующей роли социально-экономических факторов – общественной формации, уровня производственных сил, производственных отношений, национальных особенностей и т.п. Человек как социальное существо эволюционирует быстрее, чем как существо биологическое, поэтому, несмотря на огромные достижения цивилизации, между человеком, жившим тысячелетия назад, и человеком, живущим сейчас, нет существенных биологических различий. Способности, талант, эмоциональность, добродетели, пороки человека зависят от наследственного предрасположения и действий социальной среды. Генотип человека обеспечивает возможность восприятия социальной программы, а полная реализация его биологической организации возможна лишь в условиях социальной среды.

Хотя мутационный процесс продолжается, биологическая эволюция человека будет и далее замедляться благодаря ослаблению естественного отбора, прекращению его видообразующей функции. Однако в пределах вида возможны колебания: в длине тела (доспехи средневековых рыцарей малы большинству современных европейцев), изменении темпов онтогенеза (акселерация подростков) и т.п. Жизнеспособность человеческого общества в целом возрастает, так как по мере развития цивилизации, устранения национальных и расовых барьеров обеспечивается обмен генами между ранее изолированными популяциями, увеличивается гетерозиготность и уменьшается возможность проявления рецессивных генов. Средствами, контролирующими эволюцию человека, являются предохранение от воздействия мутагенных факторов, разработка методов лечения наследственных болезней, раскрытие способностей человека в детском и юношеском возрасте и создание оптимальных условий для обучения и воспитания, для повышения культурного уровня всего общества.

### 3. Этапы эволюции приматов и человека

По данным палеонтологических находок (ископаемых остатков) около 30 млн. лет назад на Земле появились древние приматы – парапитеки и проплиопитеки, жившие на открытых пространствах и на деревьях. Парапитеки дали начало современным гиббонам и орангутанам, а также вымершей ветви древесных обезьян – дриопитекам. Последние в своем развитии разделились на 3 линии: одна из них привела к современной горилле, другая – к шимпанзе, третья – к австралопитеку, а от него – к человеку. Эволюция рода человека включала 3 этапа: древнейшие люди (архантропы), древние люди (палеоантропы) и современные люди (неоантропы). Древний человек прошел в своем развитии три стадии: человек умелый, человек прямоходящий и человек разумный. Основные стадии эволюции приматов и человека представлены на схеме:



*Дриопитеки* – древние человекообразные обезьяны – обитали уже 25 млн. лет тому назад на Африканском и Европейском континентах. Они вели древесный образ жизни, питались, по-видимому, плодами, так как их коренные зубы, покрытые тонким слоем эмали, не были приспособлены для пережевывания грубой пищи. Их головной мозг уступал по объему мозгу современных человекообразных обезьян и составлял  $\sim 350 \text{ см}^3$ . Родство дриопитека с человеком

установлено на основе изучения строения челюсти и зубов, обнаруженных в 1856 г. во Франции.

Первыми в ряду предков современного человека стоят *австралопитеки*, которые появились в Африке около 4 млн. лет назад. Австралопитеки, так называемые «обезьянолюди», населяли открытые равнины и полупустыни, жили стадами, ходили на нижних (задних) конечностях, причем положение тела было почти вертикальным. Руки, освободившиеся от функции передвижения, могли использоваться для добывания пищи и защиты от врагов. Недостаток растительной пищи (плодов тропических деревьев) восполнялся мясной (за счет охоты). Об этом говорят найденные вместе с останками австралопитеков раздробленные кости мелких животных. Головной мозг достигал объема 550 см<sup>3</sup>. Появление этих видов «человекообезьян», с присущим им прямохождением, связывают с похолоданием климата и резким сокращением площадей, занятых тропическими лесами, что заставило австралопитеков «приноравливаться» к существованию на открытой местности. Костные останки австралопитеков впервые обнаружены в 1924 г. в Южной Африке.

Более поздние из австралопитеков явились, видимо, непосредственными предками рода людей. Они получили название «человек умелый» (*Homo habilis*). Этот вид существовал около 2-1,5 млн. лет назад в Восточной и Южной Африке, в Юго-Восточной Азии. Рост «человек умелый» был около 1,5 м. Его лицо имело еще архаичную форму с надглазничными валиками, плоским носом и выступающими вперед челюстями. Но мозг стал крупнее (до 775 см<sup>3</sup>), чем у австралопитеков. Кости рук и ног кажутся более современными, а первый палец стопы уже не противопоставлен другим. Остатки материальной культуры позволяют считать, что эти «перволюди» строили несложные укрытия в виде изгородей, защищающих от ветра, и примитивных хижин из камней и веток. Они изготавливали каменные орудия в виде рубил (чопперов), скребков, топоровидных орудий (необходимо отметить, что в находках отсутствуют орудия повторяющихся форм). Есть данные, что *Homo habilis* пользовался огнем. Костные останки его были обнаружены в 1959 г. и в последующие годы антропологом Луисом Лики в Олдовайском ущелье (Танзания).

*Древнейшие люди* жили 2 млн.-500 тыс. лет назад. *Homo erectus* («человек прямоходящий») – более крупный, обладающий большим мозгом и более высоко развитым интеллектом, с более совершенной техникой изготовления орудий, этот человек раннего каменного века освоил новые места обитания, заселив небольшими группами Африку, Европу и Азию. «Человек прямоходящий» по строению тела во многих отношениях походил на современного человека. Однако низкий лоб, мощные надбровные дуги, полусогнутое тело с обильным волосяным покровом – все это указывало на их недавнее (обезьянье) прошлое. Его рост составлял 1,6 - 1,8 м, а вес - 50 - 70 кг. Объем головного мозга достигал 880 - 1100 см<sup>3</sup>. «Человек прямоходящий» широко пользовался различными орудиями из камня, дерева и костей; был активным охотником. Охота осуществлялась достаточно большим количеством участников, а это позволяло нападать на крупную дичь. Для *Homo erectus* характерно было устраивать жилище в виде хижин, использовать пещеры. Внутри жилья устраивался примитивный

очаг. Огонь уже систематически использовался для обогрева и приготовления пищи, сохранялся и поддерживался.

К ископаемым формам древнейших людей относятся *питекантроп* («обезьяночеловек»), *синантроп* («китайский человек») и *гейдельбергский человек*. Останки питекантропа были обнаружены сначала на о. Ява в 1891 году голландским врачом Е. Дюбуа, а затем в ряде других мест. Синантроп, останки которого найдены в 1927-1937 гг. в пещере близ Пекина, во многом сходен с питекантропом, это географический вариант человека прямоходящего.

На этом этапе эволюции человека действовал жесткий естественный отбор и острая внутривидовая борьба за существование – разбитые кости человеческих конечностей, человеческие черепа с выломанным основанием свидетельствуют о каннибализме *Homo erectus*.

*Древние люди* характеризуют следующий этап антропогенеза, когда в эволюции начинают играть роль и социальные факторы: трудовая деятельность в группах, которыми они жили, совместная борьба за жизнь и развитие интеллекта. К ним относятся *неандертальцы* – первые представители вида Человек разумный (*Homo sapiens*). Останки их были обнаружены в Европе, Азии, Африке. Своё название они получили по месту первой находки в долине р. Неандер (Германия) в 1868 г. Неандертальцы жили в ледниковую эпоху 200 – 35 тыс. лет назад. Неандерталец был низкорослым и коренастым (рост - до 1,7 м, вес - до 75 кг). Череп массивный, с толстыми надглазничными валиками и покатым лбом. В то же время по объёму головного мозга (до 1500 см<sup>3</sup>) неандерталец превосходил современного человека. Неандертальцы занимались охотой и рыболовством, охотились, в частности, на таких крупных животных как мамонты; изготавливали одежду из шкур, строили жилища, умели добывать огонь. Их орудия характеризуются тонкостью отделки и повторяемостью формы. Они изготавливали топоры, рубила, ножи, наконечники к копьям, рыболовные крючки. Захоронения, ритуалы и зачатки искусства говорят о том, что неандертальцы в большей степени обладали самосознанием, способностью к абстрактному мышлению, были в большей степени «социальны», чем их предок *Homo erectus*. Предположительно, неандертальцам была свойственна речь. Неандертальцы явились первыми людьми, которые систематически хоронили умерших. Погребение умерших было обрядом. Скелеты обнаруживали в ямах, вырытых в полу пещер. Многие были уложены в позу спящего человека и снабжены предметами быта: орудия труда, оружие, куски жареного мяса, подстилка из лесного хвоща, а также убранные цветами. Все это свидетельствует о том, что неандертальцы придавали значение жизни и смерти отдельного человека и, возможно, имели представление о загробном существовании.

*Современные люди*. Возникновение людей современного физического типа произошло относительно недавно, около 50 тыс. лет назад. Их останки найдены в Европе, Азии, Африке и Австралии. В гроте Кроманьон (Франция) было обнаружено сразу несколько скелетов ископаемых людей современного типа, которых и называли кроманьонцами. Кроманьонцы были выше ростом (до 1,8 м) и менее грубо сложены, чем неандертальцы. Голова была относительно высокая, укороченная в направлении лицо-затылок, а черепная коробка более

округлая и содержала мозг, средний объем которого составлял 1500 см<sup>3</sup>. Имелись и другие новые характерные особенности: голова посажена прямо, лицевая часть прямая и не выступает вперед, надглазные валики отсутствуют или развиты слабо, нос и челюсти сравнительно невелики, зубы сидят теснее, хорошо развит подбородочный выступ, указывающий на развитие членораздельной речи. По сравнению с неандертальцами кроманьонцы производили значительно более тщательно изготовленные ножи, скребки, пилы, наконечники, сверла и другие каменные орудия. Около половины всех инструментов было сделано из кости. Для изготовления изделий из рога, дерева и кости применялись каменные резцы. Кроманьонцы делали и такие новые орудия, как иглы с ушками, крючки для ловли рыбы, гарпуны и копьеметалки. Все эти, казалось бы, простые орудия в огромной степени способствовали освоению человеком окружающего мира. В этот период начинается одомашнивание животных и окультуривание растений человеком. Возможность жить в условиях ледникового периода обеспечивалось более совершенными жилищами и появившимися новыми видами одежды (штаны, парки с капюшонами, обувь, рукавицы), систематическим использованием огня. В период с 35 до 10 тысяч лет назад кроманьонцы прошли эпоху своего доисторического искусства. Круг произведений был широк - гравюры животных и людей на небольших кусочках камня, костей, оленьих рогов; глиняные и каменные скульптуры и рельефы; рисунки охрой, марганцем и древесным углем, а также гравированные изображения на стенах пещер; изготовление ожерельев, браслетов и колец.

Изучение скелетов говорит о том, что продолжительность жизни у кроманьонцев была существенно выше, чем у неандертальцев, что свидетельствует о более высоком социальном статусе и росте «богатства» кроманьонцев. Наличие «бедных» и «богатых» захоронений (количество украшений, различных орудий, предметов быта, помещенных в могилу при совершении похоронного обряда) могут говорить о начале социального расслоения первобытного общества.

Со времени появления кроманьонцев морфофизиологические характеристики человека не изменились. По-видимому, на этом этапе естественный отбор утрачивает ведущее значение в развитии гоминид (в результате доминирования социальных факторов) и биологическая эволюция уступает место социальной.

Высокий уровень социальности человека, способность к совместной производительной деятельности, развитие все более совершенных орудий труда, жилища, одежды, уменьшали зависимость человека от условий окружающей среды, и поэтому эволюция человека вышла из-под ведущего действия биологических законов развития и направляется теперь законами социальными.

В социальной, культурной эволюции предков человека и самого *Homo sapiens* обычно выделяют следующие периоды.

*Палеолит* – древний каменный век продолжительностью от 2—3 млн. лет назад до 10 тысячелетия до н.э. За это время человеческий род продвинулся от вида *Homo habilis* («человек умелый») до кроманьонцев, т.е. до *Homo sapiens* («человек разумный»). Становящийся, формирующийся человек пользовался постепенно совершенствовавшимися каменными, деревянными, костяными орудиями, занимался охотой и собирательством.

*Неолит* – новый каменный век (8—3 тысячелетия до н.э.). В эту эпоху осуществился переход от присваивающего хозяйства (собирательства, охоты) к производящему (скотоводству, земледелию). Люди научились шлифовать и сверлить орудия из камня, делать глиняную посуду, овладели навыками прядения и ткачества.

*Бронзовый век* – исторический период, сменивший неолит (4—1 тысячелетие до н.э.). Характеризуется производством и использованием бронзы (сплавов меди с оловом, алюминием, бериллием, свинцом и др. металлами), бронзовых предметов и оружия. Это время распространения кочевого скотоводства и поливного земледелия, письменности, рабовладельческих цивилизаций и государств.

Современное человечество представляет собой один вид - *Homo sapiens*, в пределах которого традиционно выделяют три основных расы: европеоидную (евразийскую), австрало-негроидную (экваториальную) и монголоидную (азиатско-американскую). Расы – это исторически сложившиеся группы людей, характеризующиеся общностью наследственных физических особенностей (цвет кожи, глаз и волос, разрез глаз, очертания головы и т. п.), являющихся второстепенными приспособительными признаками. По основным же признакам, характерным для человека (объем и строение головного мозга, строение кисти и стопы, форма позвоночного ствола, строение голосовых связок, способности к творческой и трудовой деятельности), расы не различаются.

Появление современного вида людей (приблизительно около 100 тысяч лет назад) многие специалисты связывают с Африканским континентом, т. к. именно там были найдены древние ископаемые останки кроманьонцев. За ~ 70 тысяч лет человек современный распространился на все континенты, за исключением Антарктиды. Именно с этим периодом связывают процесс образования рас – расогенез.

Образование рас – сложный процесс, многие расовые признаки возникали путем мутаций, но они могли возникать и в результате таких эволюционных факторов, как дрейф генов и изоляции. С развитием цивилизации роль естественного отбора и изоляции начинает снижаться. В результате усиления взаимодействия между народами начинает проявляться метисация (смешение рас), особенно ускоряющаяся в наши дни, благодаря возрастающим масштабам миграции людей, разрушению социально-расовых барьеров и т. п. По-видимому, эти процессы приведут к исчезновению расовых различий, хотя на это и уйдут тысячи и тысячи лет.

Обобщая изложенное выше, можно сделать следующее заключение – происхождение человека, как существа биосоциального, явилось естественным и закономерным результатом развития одной из ветвей эволюции животного царства под действием абиотических, биологических и социальных факторов.

## **Тема 11. Самоорганизация в живой и неживой природе (2 ч.)**

### **1. Сущность процесса самоорганизации. Синергетика**

Со времени открытия второго закона термодинамики встал вопрос о том, как можно согласовать вывод о возрастании во времени энтропии (неопределенности, хаоса) в замкнутых (т.е. не обменивающихся с окружающей средой ни веществом, ни энергией) системах с процессами самоорганизации в живой и неживой природе, происходящими в открытых системах. Долгое время казалось, что существует противоречие между выводами второго закона термодинамики и эволюционной теории Ч.Дарвина, согласно которой в живой природе благодаря принципу отбора непрерывно происходит процесс самоорганизации.

Замкнутые системы всегда эволюционируют к хаосу – состоянию, в котором полностью отсутствует какое-либо регулярное движение и регулярные структуры. Причиной этого является то, что состояние статистического равновесия является наиболее вероятным из всех различных состояний системы. Как уже упоминалось, мерой беспорядка состояния системы является физическая величина, называемая энтропией, и, таким образом, эволюция макроскопической системы в состояние статистического равновесия связана с законом возрастания энтропии замкнутой системы.

Как может показаться, закон возрастания энтропии утверждает, что в природе должны существовать лишь процессы, в которых происходит разрушение упорядоченных структур и переход от порядка к хаосу. Такие процессы действительно наблюдаются в природе, можно привести достаточно много примеров. Капля чернил, попавшая в воду, постепенно растворяется во всем объеме воды, так что вместо первоначальной структуры (капли) образуется однородная бесструктурная смесь. Горные породы под воздействием ветра, влаги и температуры разрушаются, и рельеф местности выравнивается. Ударная волна (упорядоченная во времени структура), образующаяся в результате электрического разряда – молнии (а также в результате выстрела или взрыва), по мере распространения размывается, и вместо резкого хлопка вблизи разряда мы слышим гулкие раскаты на большом расстоянии от него. Берега искусственных водохранилищ постепенно размываются, а вместо первоначальных островов образуются отмели. Пожары уничтожают леса.

Однако наряду с такими процессами в природе существуют и противоположные им, а именно процессы, связанные с образованием структур из хаоса. Такие процессы называются также процессами *самоорганизации*.

Изучением общих закономерностей процессов самоорганизации в системах различной природы занимается дисциплина, названная по предложению немецкого математика Г. Хакена (1973г.) *синергетикой* (от греческого *synergetikos* – совместный, согласованно действующий) или *системологией*. Это теория, исследующая процессы самоорганизации, устойчивости, распада и возрождения самых разнообразных структур живой и неживой природы. Впервые термин «синергетика» был введен около ста лет назад английским физиологом Шаррингтоном в ходе исследования мышечных систем и управления ими со стороны головного мозга. В настоящее время идеи синергетики находят применение в различных областях науки: физике, химии, биологии, социологии, экономике, лингвистике, экологии и др.

Задачей этой новой области науки было названо установление общих принципов функционирования систем, в которых из хаотических состояний самопроизвольно возникают упорядоченные пространственные, временные и пространственно-временные структуры. Синергетика призвана построить физическую модель этих процессов и подобрать для их описания адекватный математический аппарат.

## **2. Примеры самоорганизующихся систем в живой и неживой природе**

Наиболее явственно и наглядно явления самоорганизации демонстрирует живая природа. Из семечка, посаженного в землю может вырасти большое растение со сложной структурой (ствол, ветви, листья, цветы) и вся огромная (по сравнению с первоначальным семечком) масса этого растения образуется из бесструктурного вещества (вода, углекислый газ, элементы почвы). На первый взгляд такие процессы настолько отличаются от процессов в неживой природе, где в основном проявляются процессы разрушения структур, что долгое время существовало мнение о неприменимости законов физики к описанию живой природы. Тем не менее, более пристальный взгляд дает достаточно много примеров процессов самоорганизации в неживой природе.

Всем знакомые снежинки, обладающие прекрасной высокосимметричной структурой, образуются из бесструктурного водяного пара. В разные дни небо может быть затянуто пеленой облачности, хаотическими облаками (представляющими, тем не менее, определенные структуры), а также и симметричными (в смысле повторяемости) волнами облаков. В спокойном течении реки при огибании препятствий или при ускорении течения в области сужения русла могут возникнуть структуры в виде вихрей.

Классическим примером образования структур из полностью хаотической фазы в лабораторных условиях являются *ячейки Бенара*. В 1900 г. была опубликована статья Ч. Бенара с фотографией структуры, по виду напоминавшей пчелиные соты (рис. 1). Эта структура образовалась в ртути, налитой в плоский широкий сосуд, подогреваемый снизу, после того, как перепад температуры между верхним и нижним слоем жидкости превысил некоторое критическое значение. Весь слой ртути (то же происходит и с другой вязкой жидкостью, например, растительным маслом) распадался на одинаковые вертикальные шестигранные призмы с определенным соотношением между стороной и высотой – ячейки Бенара. В центральной области призмы жидкость поднимается, а вблизи вертикальных граней – опускается. В поверхностном слое жидкость растекается от центра к краям, в придонном – от границ призм к центру. По сравнению с однородным состоянием такие конвективные ячейки, очевидно, являются более высокоорганизованной структурой. Если мы встряхнем сосуд с шестигранными ячейками (зададим новые начальные условия), то очень быстро восстановится прежняя картина. Если мы продолжит увеличивать разность температур, то ячейки исчезнут. Жидкость начинает двигаться неупорядоченно, в ней возникают и быстро исчезают вихри, участки, где жидкость быстро движется вверх и вниз, хаотически перемещаются по поверхности. Такое движение жидкости называется турбулентным. Именно для формирования шестиугольной формы яче-

ек требуются минимальные энергетические затраты. Другим примером “удачности” формы могут быть пчелиные соты: здесь при максимальной прочности расходуется минимум воска.

Примерами образования структур являются *автоколебания*. Звуковые автоколебания возникают в смычковых и некоторых духовых инструментах, когда равномерное (бесструктурное по времени) движение смычка или струи воздуха приводят к возникновению периодической волны (то, что звуки производит живой человек, не является принципиальным, завывания ветра также являются подобными автоколебаниями). Электрические или электромагнитные автоколебания образуются в генераторах электрических сигналов, используемых в радио, телевидении, компьютерах, а также в оптических квантовых генераторах – лазерах.

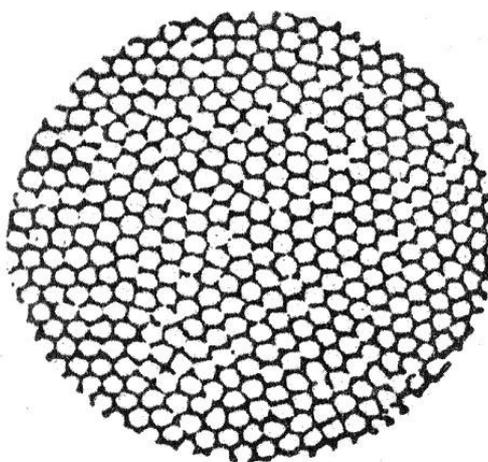


Рисунок 1. Ячейки Бенара (упорядоченная конвекция в тонком слое масла при неоднородном нагревании)

Автоколебания в механических часах, вообще говоря, самопроизвольно не возникают, однако, при соответствующих условиях, например, если часы-ходики поместить на ветру, такая автогенерация становится возможной.

Автоколебания возникают и при некоторых химических процессах. Классическим примером химической реакции этого типа является *реакция Белоусова-Жаботинского*.

В термостатированной колбе исследуется окислительно-восстановительная реакция:



в растворе серной кислоты, малоновой кислоты  $\text{CH}(\text{COOH})_2$ , сульфата церия (III) и бромата калия  $\text{KBrO}_3$ . Добавив в раствор индикатор окислительно-восстановительных реакций (ферроин), можно следить за ходом реакции по изменению цвета, или, более точно, по спектральному поглощению. При достаточно высокой концентрации участвующих в реакции веществ наблюдаются весьма необычные явления. В зависимости от соотношения компонентов реакции могут наблюдаться либо периодически затухающие колебания цвета от красного (при избытке  $\text{Ce}^{3+}$ ) до синего (при избытке  $\text{Ce}^{4+}$ ), либо после периодических изменений цвета спонтанно возникают неоднородности концентрации и

образуются устойчивые красные и синие слои, наблюдаемые в течение около получаса.

Естественно, автоколебания присущи не только неживой природе. В живой же природе они происходят как на уровне организма – биение сердца, периодическое произвольное сокращение мышц и т.д., так и на более высоком уровне, например на уровне биогеоценоза. Примером являются синхронные колебания популяций кроликов и рысей, наблюдавшиеся, в частности, на протяжении 100 лет в Канаде.

До сих пор говорилось о макроструктурах, т.е. о структурах в макромире. Однако структуры наблюдаются и в мегамире. Поскольку время образования таких структур значительно превышает время существования человеческой цивилизации, мы не можем наблюдать их самообразование. Наблюдаются лишь процессы разрушения, например, взрыв сверхновой и образование на ее месте Крабовидной туманности. Тем не менее, современные гипотезы, подтвержденные расчетами в рамках соответствующих математических моделей, говорят о том, что структуры мегамира также образовались из однородного на начальной стадии вещества Вселенной, а процесс образования таких структур продолжается и в настоящее время.

Из приведенных примеров следует, что процессы самоорганизации существуют как в живой, так и в неживой природы. Более того, такие процессы выходят за рамки объектов, исследуемых естественными науками, и проявляются и в обществе, живущем по социальным законам. Бесструктурное при первобытнообщинном строе общество в ходе истории трансформировалось в общество со многими иерархическими структурами и объединениями. Автоколебания возникают в экономике и проявляются в виде периодических подъемов и спадов производства.

Таким образом, процессы самоорганизации являются достаточно типичным свойством нашего мира, а, следовательно, должны подчиняться и некоторым общим законам, которые изучаются синергетикой.

Рассмотрим качественные особенности систем, в которых происходят процессы самоорганизации и обсудим причины, приводящие к возникновению структур в этих системах.

### **3. Общие свойства систем, способных к самоорганизации**

Основные свойства самоорганизующихся систем – открытость, неравновесность, диссипативность, нелинейность. Теория самоорганизации имеет дело с открытыми, нелинейными диссипативными системами, далекими от равновесия.

#### *1. Открытость*

Самоорганизация – процесс эволюции от беспорядка к порядку. Естественно энтропия системы, в которой происходит самоорганизация, должна убывать. Однако это ни в коей мере не противоречит закону возрастания энтропии в замкнутой системе, т.е. второму началу термодинамики. Из приведенных выше примеров видно, что все подобные системы являются открытыми системами, т.е. системами, обменивающимися с окружающими их системами либо

веществом, либо энергией или и тем, и другим. Понятно, что можно выделить замкнутую систему, в которой происходит самоорганизация. Например, можно представить себе изолированный от излучения звезд космический корабль, в котором произрастают растения. Очевидно, однако, что в любой такой замкнутой системе можно выделить подсистему, в которой именно и происходит самоорганизация, и энтропия которой убывает, в то время как энтропия замкнутой системы в целом возрастает в полном соответствии со вторым началом термодинамики.

Таким образом, можно сформулировать общее правило: процессы самоорганизации происходят в открытых системах. Если самоорганизация происходит в замкнутой системе, то всегда можно выделить открытую подсистему, в которой происходит самоорганизация, в то же время в замкнутой системе в целом беспорядок возрастает.

### *2. Неравновесность*

Самоорганизация происходит в системах, состояние которых в данный момент существенно отличается от состояния статистического равновесия. Иногда упрощенно говорят, что к самоорганизации способны системы, находящиеся вдали от равновесия. Нарушение статистического равновесия вызывается внешним воздействием. В приведенном выше примере с ячейками Бенара внешнее воздействие – нагревание сосуда приводит к различию температур в отдельных макроскопических областях жидкости. В электрических генераторах внешнее воздействие – напряжение, создаваемое источником, приводит к отличному от равновесного распределению электронов. То же происходит в оптических квантовых генераторах под воздействием внешней оптической накачки или электрического разряда, происходящего от внешнего источника. Состояние системы, далекой от равновесия, является неустойчивым в отличие от состояния вблизи равновесия, и именно в силу этой неустойчивости и возникают процессы, приводящие к возникновению структур.

### *3. Диссипативность*

Открытые неравновесные системы, активно взаимодействующие с внешней средой, могут приобретать особое динамическое состояние – диссипативность. Системы, способные к самоорганизации, являются диссипативными, т.е. рассеивающими энергию в окружающую среду. Благодаря диссипативности в неравновесных системах могут спонтанно возникать новые типы структур, совершаться переходы от хаоса и беспорядка к порядку и организации, возникать новые динамические состояния материи.

### *4. Нелинейность*

Эволюция систем, способных к самоорганизации, описывается нелинейными уравнениями. В задачу данного курса не входит исследование уравнений, поэтому мы не будем давать строгого определения нелинейности, а лишь проиллюстрируем некоторые важные свойства, следующие из нелинейности уравнений. Именно: в системах, эволюция которых описывается линейными уравнениями, малые изменения начального состояния приводят к малым изменениям конечного состояния через ограниченный промежуток времени, а для систем, опи-

сываемых нелинейными уравнениями, такое свойство, вообще говоря, не имеет места.

Строго говоря, фундаментальные законы естествознания в современных теориях всегда являются нелинейными, линейность является некоторым приближением, которое иногда оправдано. Говоря о том, что системы, способные к самоорганизации описываются нелинейными уравнениями, мы подразумеваем, что эффекты, обусловленные нелинейностью, являются достаточно значительными по сравнению с флуктуациями (неоднородностями).

Заметим, что при планировании своих действий человек на уровне обычного сознания всегда мыслит в линейном приближении, которое часто не оправдано, если речь идет о достаточно сложных системах, например при планировании социальных и экономических процессов в обществе. А в результате – «хотели, как лучше, а получилось, как всегда».

5. *Самоорганизация возможна лишь в системах с большим числом частиц, составляющих систему.* Дело в том, что только в системах с большим числом частиц возможно возникновение флуктуаций – макроскопических неоднородностей.

6. *Самоорганизация всегда связана с самопроизвольным понижением симметрии.* Красивая симметричная снежинка имеет, тем не менее, более низкую симметрию, чем бесструктурный водяной пар. Идеи такого понижения симметрии получили большое развитие в современной теории микромира, а также при описании фазовых переходов в физике (например, переход из жидкого состояния в кристаллическое). Вообще процессы самоорганизации во многом похожи на фазовые переходы, поэтому часто их называют кинетическими фазовыми переходами. Отличие заключается в том, что при фазовых переходах происходит возникновение микроструктур (например, кристаллической решетки), в то время как в макроскопическом объеме система остается однородной.

#### **4. Характеристика процесса самоорганизации**

Так как самоорганизация – это структура в действии, любой самоорганизующийся процесс обладает собственными свойствами. Это гомеостаз, обратная связь и информация.

##### ***Гомеостаз***

Под *гомеостазом* понимают стремление живой системы сохранить стабильность своей организации (рода, популяции). Само слово «гомеостаз» происходит от слияния двух греческих понятий: *homois* – подобный, одинаковый и *stasis* – неподвижность, состояние. Этот термин применяют к биоценозам, подразумевая сохранение постоянства видового состава, а также в генетике и кибернетике. Так как гомеостаз присущ любой живой системе, он является мощнейшим фактором эволюции, показывая прямое влияние на интенсивность естественного отбора. Живая система всегда стремится сохранить стабильность, так как разрушение ее организации означает гибель системы. Для неживой материи стремление сохранить гомеостаз выражается в принципе Ле Шателье, являющемся следствием закона сохранения.

Но исследования в данной области показывают, что стремление к гомеостазу должно компенсироваться другими тенденциями. Брюссельская школа (в т.ч. И.Пригожин) на основании исследования нелинейных систем делает вывод о том, что неустойчивость может выступать условием стабильного и динамического развития, а далекие от равновесия системы в состояниях неустойчивости способны спонтанно организовывать себя и развиваться. Устойчивость и равновесность, по мнению И.Пригожина – тупики эволюции.

### **Обратная связь**

Попробуем понять, как обеспечивается организационный процесс. Пусть имеется система с направленным на нее внешним воздействием (*вход системы*). В систему попадает вещество, энергия и информация. Информация оценивается в особом блоке (*механизм управления*), где вырабатывается программа ответного действия, т.е. результатом является реакция системы на внешнее воздействие. В выходном вещественно-энергетическом потоке (*выход системы*) также имеется информационная составляющая. Часть ее по каналу обратной связи поступает на вход системы и снова попадает с механизм управления. Таким образом, система получает сведения об эффективности ее ответной реакции и, если это необходимо для самостабилизации, изменяет направление и интенсивность действия.



Рисунок 2. Механизм обратной связи

Обратная связь является важнейшей характеристикой процесса самоорганизации. Под *механизмом обратной связи* понимают механизм, определяющий изменение состояния, являющийся реакцией на внешнее воздействие и определяющийся этой реакцией. Выделяют *отрицательные* и *положительные* обратные связи. Первые поддерживают гомеостаз, компенсируя внешнее воздействие, вторые – ухудшают стабильность системы.

Отрицательные обратные связи. Предположим, что имеется биогеоценоз, в составе которого выделяем взаимодействие: лисы – кролики – пища кроликов (трава). Увеличение популяции кроликов приводит, с одной стороны, к увеличению популяции лис, с другой – к уменьшению площади пастбищ. Оба последствия приводят к сокращению популяции кроликов, что, в свою очередь, приведет к уменьшению популяции лис и увеличению площади пастбищ.

Положительные обратные связи. Мы уже установили, что все живые системы – это открытые системы. Для них характерен метаболизм, т.е. обмен энергией и веществом с окружающим миром. Одно из основных направлений

развития живых систем – максимальное использование энергии внешней среды. При этом уменьшается локальная энтропия системы. Помимо стремления к гомеостазу, живая система всегда стремится направить эволюционный процесс таким образом, чтобы увеличить свою способность усваивать внешнюю энергию и вещество. В этом и заключается проявление положительных обратных связей.

Любой эволюционный процесс, таким образом, складывается из двух противоположных тенденций. Первая – тенденция к сохранению стабильности (гомеостаза) и укреплению отрицательных обратных связей. Вторая – тенденция к поиску новых, более рациональных способов использования внешней энергии и вещества и укреплению положительных обратных связей. Способы решения этих противоречий могут быть различны, но, в конечном итоге, именно они приводят к разнообразию форм материального мира.

В настоящее время широкой популярностью пользуется теория двойственной обратной связи, согласно которой обратная связь в природных системах представлена в двух формах: информационной, присущей живой материи, и неинформационной – у неживой природы.

### ***Информация***

Информация означает отражение взаимодействующих тел. В результате воздействия одного объекта на другой запечатлеваются форма тела, структура, черты поведения. Таким образом, *информация* – это отраженная структура, воспроизводящая структуру оригинала. Растительный и животный мир, мыслящий человек и человеческое общество – это гигантская иерархия (расположение частей или элементов целого от высшего к низшему) систем с информационной самоорганизацией.

Изменения, происходящие в системе в результате отражения или спонтанно, реализуется в форме вещественных или энергетических сигналов. Информация – это содержание сигнала, а значит, содержание отражения и изменения вообще. Таким образом, можно говорить о двух видах информации:

1. Информация как мера неоднородности распределения материи и энергии в пространстве и времени, мера разнообразий (сложности, организации, порядка), мера изменений, которыми сопровождаются все протекающие в мире процессы;

2. Информация как форма мышления, которое является высшим продуктом мозга.

## **5. Закономерности самоорганизации**

В отличие от процессов, связанных с разрушением структур и переходом к беспорядку, которые объясняются тем, что хаотическое состояние является более вероятным, процессы образования структур долгое время оставались непонятными. Как уже упоминалось, существовало мнение, что эти процессы не подчиняются и противоречат известным физическим законам. Чтобы понять причины, приводящие к самоорганизации, рассмотрим процесс возникновения электрических автоколебаний. Простейший эксперимент можно осуществить, имея усилитель (например, магнитофон) и поднося микрофон, подключенный к

входу усилителя, к громкоговорителю, подключенному к выходу усилителя. При малом усилении или большом расстоянии между микрофоном и громкоговорителем мы услышим лишь бесструктурные шумы. Эти шумы обусловлены тем, что электрический ток, проходящий через громкоговоритель, не является строго постоянным, а хаотически изменяется в малых пределах, что, в свою очередь, вызвано флуктуациями плотности электронов. Если увеличивать усиление или подносить микрофон ближе к громкоговорителю, начиная с некоторого момента, спонтанно может возникнуть гудение или свист, обусловленный автогенерацией электрического сигнала. Объясняется это тем, что в силу обратной связи, осуществляемой подачей выходного сигнала на вход, уравнения, описывающие процессы в усилителе являются нелинейными. При малом усилении (слабой обратной связи) отклонения от линейного приближения малы и флуктуации не приводят к существенному изменению тока. При увеличении усиления (усилении обратной связи), начиная с некоторого порога, изменения тока, обусловленные флуктуациями, начинают разрастаться, система выходит из первоначального состояния и возникает генерация.

Аналогично можно рассмотреть опыт с ячейками Бенара. При малой мощности нагревателя отклонение системы от состояния статистического равновесия мало, и, соответственно, малы отклонения от линейного приближения. Процесс передачи тепла от более нагретого нижнего слоя жидкости к менее нагретому верхнему слою обеспечивается теплопроводностью, т.е. макроскопические потоки вещества жидкости отсутствуют. Тем не менее, в силу существования флуктуаций, в жидкости всегда имеются микропотоки. При увеличении мощности нагревателя отклонение системы от положения статистического равновесия возрастает, а с ней возрастают нелинейные эффекты, и, начиная с некоторого момента, флуктуационные потоки начинают разрастаться, и возникают уже макроскопические конвекционные потоки жидкости. Система переходит в состояние с новой фазой, возникают упорядоченные структуры.

Еще более наглядным (хотя, наверное, более искусственным) примером является возникновение автоколебаний в часах-ходиках (по крайней мере, для тех, кто в наше время бурного технического прогресса еще знаком с этим устаревшим механизмом). Как известно, чтобы запустить механизм часов, необходимо отклонить маятник от положения равновесия или толкнуть его. При малом отклонении (или слабом толчке) механизм храповика не вступает в действие, и колебания маятника постепенно затухают. Движение маятника в этом случае описываются хорошо известными линейными уравнениями, а нелинейности возникают лишь при начале действия храпового механизма. Флуктуационные потоки воздуха внутри помещения, которые, безусловно, имеют место, слишком слабы, для того чтобы раскачать маятник до необходимой амплитуды. Однако если поместить часы в открытое пространство, где дует слабый ветерок, то флуктуации ветра вполне могут раскачать маятник настолько, что механизм храповика вступит в действие, а затем колебания будут самоподдерживаться за счет внутреннего механизма часов.

Приведенные выше примеры позволяют дать следующее объяснение процессам самоорганизации. Возникновение структур в системе происходит, когда

нелинейные эффекты, определяющие эволюцию и обусловленные внешним воздействием на систему, становятся достаточными для разрастания флуктуаций, присущих таким системам. Следует отметить, что определение параметров возникающей структуры не всегда является такой легкой задачей, как в примере с часами, где частота колебаний определяется хорошо известной формулой для колебаний маятника. Как уже упоминалось, даже в такой простой задаче, как возникновение вихрей в потоке жидкости, решение еще не получено. Более того, часто при описании процессов самоорганизации не удается даже написать соответствующие уравнения эволюции, и рассмотрение проводится на основе некоторых упрощенных моделей. В последние годы для этой цели привлекается также компьютерное моделирование.

Главная идея синергетики – это идея о принципиальной возможности спонтанного возникновения порядка и организации из беспорядка и хаоса в результате процесса самоорганизации. Решающим фактором самоорганизации является образование петли положительной обратной связи системы и среды. При этом система начинает самоорганизовываться и противостоит тенденции ее разрушения средой.

Становление самоорганизации во многом определяется характером взаимодействия случайных и необходимых факторов системы и ее среды. Система самоорганизуется не гладко и просто, не неизбежно. Самоорганизация переживает и переломные моменты – точки бифуркации или катастрофы.

Возникновение структур происходит, когда некоторые параметры, определяющие эволюцию системы, превышают некоторые критические значения. Такое качественное изменение поведения объекта при некоторых критических значениях, определяющих этот объект параметров, называется *бифуркацией*. Термин *бифуркация*, буквально означающий «раздвоение», в широком смысле служит для обозначения всевозможных качественных трансформаций различных объектов при изменении параметров, от которых они зависят. Возможность появления бифуркаций существенно связана с неустойчивостью объекта при определенных условиях. *Катастрофами* называют скачкообразные изменения, возникающие в виде внезапного ответа системы на плавное изменение внешних условий.

В общем случае при бифуркациях развитие процесса возможно в разных направлениях. При этом выбор направления развития процесса определяется, как правило, случайными факторами. Таким образом, эволюция системы становится непредсказуемой.

В переломный момент самоорганизации принципиально неизвестно, в каком направлении будет происходить дальнейшее развитие: станет ли состояние системы хаотическим или она перейдет на новый, более высокий уровень упорядоченности и организации. В точке бифуркации система как бы «колеблется» перед выбором того или иного пути организации, пути развития. В таком состоянии небольшая флуктуация (момент случайности) может послужить началом эволюции (организации) системы в некотором определенном (и часто неожиданном или просто маловероятном) направлении, одновременно отсекая при этом возможности развития в других направлениях.

Та траектория или то некоторое множество траекторий, по которым возможно развитие системы после точки бифуркации, и которые отличаются от других относительной устойчивостью, то есть являются наиболее реальными, называются *аттракторами*. Другими словами, *аттрактор* – это относительно устойчивое состояние системы, которое как бы притягивает к себе множество траекторий развития, возможных после точки бифуркации.

Примерами бифуркаций являются: состояние выбора человеком варианта поступления в ВУЗ, состояние популяции при выборе под влиянием внешней среды варианта дальнейшего развития в борьбе за существование, точки ветвления на генеалогическом дереве.

Примерами аттракторов являются: группа экономических ВУЗов и специальностей для абитуриента, имеющего склонность к экономике; популяция морозоустойчивых особей в случае наступления глобального похолодания; погода, соответствующая времени года. При изучении свойств точек бифуркаций и аттракторов устанавливаются закономерности развития самоорганизующихся открытых систем.

В некоторых системах при изменении параметров возникает определенная последовательность бифуркаций, одна структура сменяется другой. Такие последовательности бифуркаций, имея ряд общих особенностей, могут происходить по различным сценариям. Типичным и характерным примером такого сценария является развитие турбулентности, характеризующееся целым рядом последовательных бифуркаций. При малых скоростях жидкости ее движение носит спокойный и плавный характер (ламинарное течение). С ростом скорости, после некоторого порогового значения ламинарное движение становится неустойчивым, возникают стационарные колебания скорости течения. Затем и этот вид движения, в свою очередь, становится неустойчивым, и возникает более сложное движение с двумя характерными частотами. В конце концов, течение характеризуется большим числом колебаний с несоизмеримыми в общем случае частотами. В результате возникает чрезвычайно сложное квазипериодическое движение, которое иногда называют динамическим хаосом. Тем не менее, в смысле наличия структур такое движение является более упорядоченным, чем первоначальное ламинарное течение.

Как правило, изменение состояния при бифуркациях сопровождается изменением симметрии системы. В качестве еще одного примера рассмотрим теперь биологический процесс – морфогенез. Морфогенез – это возникновение тканей и органов, создание всей сложной структуры организма в процессе его эмбрионального развития. Так же, как и в эволюции физических систем, в развитии зародыша возникают последовательные нарушения симметрии. Исходная яйцеклетка в первом приближении имеет форму шара. Эта симметрия сохраняется на стадии бластулы, когда клетки, возникающие в результате деления, еще не специализированы, не дифференцированы. Далее сферическая симметрия нарушается и сохраняется лишь аксиальная (цилиндрическая) симметрия. На стадии гаструлы нарушается и эта симметрия – образуется сагиттальная плоскость, отделяющая брюшную сторону от спинной. Клетки дифференцируются, и появ-

ляется три типа тканей: энтодерма, эктодерма и мезодерма. Затем процесс роста и дифференцирования продолжается.

Нарушение симметрии в ходе развития зародыша возникает спонтанно в результате неустойчивости симметричного состояния. При этом появление новой формы и дифференцирование сопровождают друг друга. Экспериментальные наблюдения показали, что развитие организма происходит как бы скачками. Этапы быстрых превращений, зарождения новой фазы сменяются плавными стадиями. Возникновению новой фазы предшествует разметка - появление своего рода предвестника новой формы.

Перед разметкой распределение ряда веществ вдоль тела зародыша становится нерегулярным, стохастическим. Этот этап завершается образованием упорядоченной формы, распределение веществ становится плавным и одинаковым для всей выборки особей.

Таким образом, в ходе морфогенеза реализуется определенная последовательность бифуркаций, развитие происходит через фазы неустойчивостей. Именно в это время изменение управляющих (определяющих эволюцию) параметров, т.е. химических свойств окружающей среды, может эффективно воздействовать на формирование зародыша, искажая его нормальное развитие. Здесь существенную опасность представляют вещества, активно влияющие на биохимические процессы при морфогенезе. Известным примером таких веществ является талиомид, который некоторое время применялся как снотворное и привел к многочисленным случаям уродства детей.

Как выясняется, переход от хаоса к порядку вполне поддается математическому моделированию. И более того, в природе существует не так уж много универсальных моделей такого перехода. Качественные переходы в самых различных сферах действительности (в природе и обществе – его истории, экономике, демографических процессах, духовной культуре и др.) подчиняются подчас одному и тому же математическому сценарию.

В заключение данной темы еще раз отметим, что рассмотренный здесь круг вопросов имеет прямое отношение к развитию человеческого общества, представляющего собой сложную динамическую систему. В качестве конкретного примера использования синергетики в области социологии можно отметить попытку разработки Г. Хакеном стохастической модели формирования общественного мнения, в которой содержится резкий переход между различными состояниями.

## **6. КОНТРОЛИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ**



9. При увеличении температуры на  $10^{\circ}\text{C}$  на сколько Кельвин увеличится температура по абсолютной шкале?
- а) на 10 К
  - б) на 273 К
  - в) на 263 К
  - г) не изменится
10. Химический знак «O» показывает:
- а) относительную молекулярную массу кислорода
  - б) один атом кислорода
  - в) молярную массу атомарного кислорода
  - г) одну молекулу кислорода
11. Сложным веществом является:
- а) углекислый газ
  - б) кислород
  - в) озон
  - г) хлор
12. В главных подгруппах металлические свойства элементов:
- а) растут сверху вниз
  - б) растут снизу вверх
  - в) изменяются случайным образом
  - г) не изменяются
13. Укажите, какие ученые являются основателями клеточной теории:
- а) Дж. Уотсон и Ф. Крик
  - б) Р. Гук и Ф. Крик
  - в) Р. Броун и Р. Гук
  - г) Т. Шванн и М. Шлейден
14. Процесс захвата и поглощения клеткой крупных частиц называется:
- а) пиноцитозом
  - б) фагоцитозом
  - в) экзоцитозом
  - г) эндоцитозом
15. В состав белков входят:
- а) производные пурина
  - б) производные пиридина
  - в) аминокислоты
  - г) карбоновые кислоты
16. К органоидам, участвующим в синтезе белка, относятся:
- а) рибосомы
  - б) лизосомы
  - в) комплекс Гольджи
  - г) эндоплазматическая сеть
17. Молекулы ДНК:
- а) хранят наследственную информацию обо всех свойствах клетки и организма в целом
  - б) передают информацию о строении белка в цитоплазму
  - в) доставляют к рибосомам аминокислоты
  - г) определяют структуру рибосом
18. Для неживого характерно:
- а) обмен веществ
  - б) молекулярное строение
  - в) клеточное строение
  - г) способность к росту и развитию

19. Гидросфера – это:

- а) твердая оболочка Земли
- б) водная оболочка Земли
- в) газообразная оболочка Земли
- г) совокупность всех организмов на Земле

20. Биоценоз складывается из:

- а) популяций организмов, принадлежащих отдельным видам особей, проживающих на данной территории
- б) видов, проживающих на данной территории
- в) живых организмов, проживающих на данной территории
- г) всех организмов, совместно функционирующих на данной территории, и физической среды, с которой они взаимодействуют

### Текущий контроль

#### Тест по теме: Основные понятия химии

1. Химические явления

2. Физические явления

- 1) Образование кристаллов льда при охлаждении воды
  - 2) Образование кристаллов соли при сливании раствора хлорида бария и серной кислоты
  - 3) Выделение пузырьков газа при нагревании пищевой соды
  - 4) Выделение пузырьков газа из минеральной воды
  - 5) Реакции протон-протонного цикла, протекающие в звездах
  - 6) Потемнение серебряных предметов на воздухе
  - 7) Образование тумана в природе
  - 8) Синтез полиэтилена
  - 9) Ржавление железа
  - 10) Процессы, в результате которых происходит образование нейтронных звезд
- 

3. Количество органических соединений

4. Количество неорганических соединений

- 1) более 100 тыс.
  - 2) более 4 млн.
- 

5. Атом

6. Молекула

- 1) O
  - 2) O<sub>2</sub>
-

- 3)  $O_3$
  - 4)  $H_2O$
  - 5)  $Na$
  - 6)  $H$
  - 7)  $H_2$
  - 8)  $C$
  - 9)  $CO_2$
  - 10)  $H_2CO_3$
- 

7. Изотопы

8. Аллотропные модификации

- 1) алмаз
  - 2) кислород
  - 3) углерод-12
  - 4) графит
  - 5) дейтерий
  - 6) протий
  - 7) углерод-14
  - 8) озон
- 

9. Простые вещества

10. Сложные вещества

- 1) кислород
  - 2) озон
  - 3) хлороводород
  - 4) хлор
  - 5) аммиак
  - 6) сахароза
  - 7) углекислый газ
  - 8) фосфор
- 

11. Эмпирическая формула

12. Молекулярная формула

13. Структурная формула

- 1)  $H-C=C-H$
  - 2)  $CH$
  - 3)  $C_2H_2$
- 

14. Анионы

15. Катионы

16. Валентность

17. Электроотрицательность
18. Ионы
19. Радикалы

- 1) Частицы, образующиеся при разрыве химической связи, и (или) содержащие нескомпенсированную валентность
- 2) Способность атома оттягивать на себя электрон в химическом соединении
- 3) Положительно заряженные ионы
- 4) Способность атома присоединять или замещать определенное число других атомов
- 5) Отрицательно заряженные ионы
- б) Заряженные одно- или многоатомные частицы, образующиеся в результате отрыва (присоединения) электрона (электронов) от атома или молекулы с образованием энергетически устойчивых электронных оболочек

### Тест по теме: Введение в химию

1. Укажите последовательность, в которой исторически развивалось химическое знание: А) учение о составе; Б) учение о закономерностях химических процессов; В) эволюционная химия; Г) структурная химия.
  - а) А–Б–В–Г
  - б) Б–А–Г–В
  - в) Г–А–Б–В
  - г) А–Г–Б–В
2. Ученый, который в 1861 году разработал теорию химического строения органических веществ:
  - а) А.М. Бутлеров
  - б) Д.И. Менделеев
  - в) Ле-Шателье
  - г) И.Я. Берцелиус
3. Химический элемент характеризуется:
  - а) числом нейтронов
  - б) числом нуклонов
  - в) массой атома
  - г) зарядом ядра
4. Укажите правильную формулировку закона Авогадро:
  - а) Соотношения между массами элементов, входящих в состав данного вещества, постоянны и не зависят от способа получения этого вещества.
  - б) В равных объемах любых газов, взятых при одинаковых условиях, содержится одинаковое число молекул.
  - в) При химических реакциях сохраняется не только общая масса веществ, но и масса каждого из элементов, входящих в состав взаимодействующих веществ.

г) Объемы вступающих в реакцию газов относятся друг к другу и объемам образующихся газообразных продуктов реакции как небольшие целые числа.

5. Для описания атомной орбитали достаточно:

- а) одного квантового числа
- б) двух квантовых чисел
- в) трех квантовых чисел
- г) четырех квантовых чисел

6. Аллотропные видоизменения кислорода (озон и кислород) не различаются между собой:

- а) качественным составом молекул
- б) физическими свойствами
- в) химическими свойствами
- г) количественным составом молекул

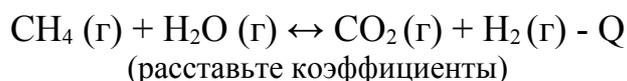
7. Укажите вещество с преимущественно ионной связью:

- а) хлорид фосфора
- б) фторид кальция
- в) оксид кремния
- г) хлороводород

8. Катион  $\text{Э}^{3+}$  некоторого элемента имеет электронную конфигурацию  $1s^2 2s^2 2p^6$ . Сколько протонов содержится в ядре атома данного элемента?

- а) 10
- б) 13
- в) 16
- г) 17

**Контрольная работа по теме:  
Химическая термодинамика и химическая кинетика**



Для приведенной реакции:

1. Не производя вычислений, определите знак изменения энтропии.
2. Определите возможность (невозможность) самопроизвольного протекания реакции.
3. Определите, как изменится скорость реакции, если концентрацию исходных веществ увеличить в 4 раза.
4. Определите, в какую сторону сместится равновесие:
  - а) при понижении давления;
  - б) при увеличении концентрации метана.
5. Рассчитайте, тепловой эффект реакции, если известно, что при образовании 60 л водорода поглотилось 110,5 кДж теплоты.

6. Термодинамические функции называются функциями состояния системы потому, что:

- а) их значение зависит не только от начального состояния системы;
- б) их значение зависит от пути перехода системы из одного состояния в другое;
- в) их значение зависит только от начального и конечного состояния системы и не зависит от пути перехода системы из одного состояния в другое.

### **Тест по теме: Происхождение и строение Земли. Функции оболочек**

1. Согласно гипотезе Лапласа Солнечная система образовалась из:

- а) горячей газовой туманности: сначала планеты, затем Солнце
- б) холодной пылевой туманности: сначала Солнце, затем планеты
- в) холодной газопылевой туманности: сначала Солнце, затем планеты

2. Гетерогенная аккумуляция заключается в следующем:

- а) Земля возникла из сравнительно однородного вещества и сохраняется таковой до настоящего времени
- б) Земля возникла из сравнительно однородного вещества, но в дальнейшем происходило расслоение
- в) с самого начала формировалась неоднородная по составу Земля

3. В результате конденсации паров выделяющегося мантийного вещества возникла:

- а) атмосфера
- б) гидросфера
- в) литосфера

4. Вращение Земли вокруг собственной оси приводит к:

- а) смене дня и ночи
- б) смене времен года
- в) а + б

5. Раздел Гутенберга разделяет:

- а) кору и мантию
- б) ядро и мантию
- в) верхнюю и нижнюю мантии

6. Главным источником землетрясений является:

- а) нижний слой мантии и ядро
- б) переходный слой мантии
- в) верхний слой мантии и кора

7. Океаническая земная кора включает:

- а) осадочный, гранитный и базальтовый слои

- б) осадочный и базальтовый слои
- в) осадочный и гранитный слои

8. К горным породам, содержание которых в земной коре составляет 95%, относятся:

- а) осадочные
- б) магматические
- в) метаморфические

9. К метаморфическим горным породам относится:

- а) каолин
- б) известняк
- в) мрамор

10. Процессы, происходящие под воздействием атмосферных, гидросферных и биосферных факторов, называются:

- а) эндогенными
- б) экзогенными
- в) гетерогенными

11. Астеносферой называется:

- а) процесс разрастания океанического дна
- б) пластичный слой мантии, расположенный под литосферой
- в) нижняя часть атмосферы

12. В каком из приведенных ниже высказываний идет речь об осадочных горных породах:

- а) эти горные породы образуются на поверхности Земли в результате экзогенных процессов
- б) большинство этих пород является продуктом выветривания и размыва материалов ранее существовавших пород
- в) эти горные породы являются результатом внутренних процессов, происходящих в недрах Земли

13. Недостаток какой космогонической гипотезы заключается в том, что происхождение планет рассматривается независимо от Солнца, имеется элемент случайности – захват Солнцем межзвездной материи:

- а) Джинса
- б) Шмидта
- в) Фесенкова

14. Неверным является высказывание:

- а) океаническая земная кора сложена в основном базальтами
- б) земная кора является носителем континентов и океанов

в) толщина земной коры под океанами значительно больше, чем под континентами

15. Первые многоклеточные организмы появились в эру под названием:

- а) архей
- б) протерозой
- в) палеозой

### **Вопросы к кроссворду по теме «Свойства живых систем»**

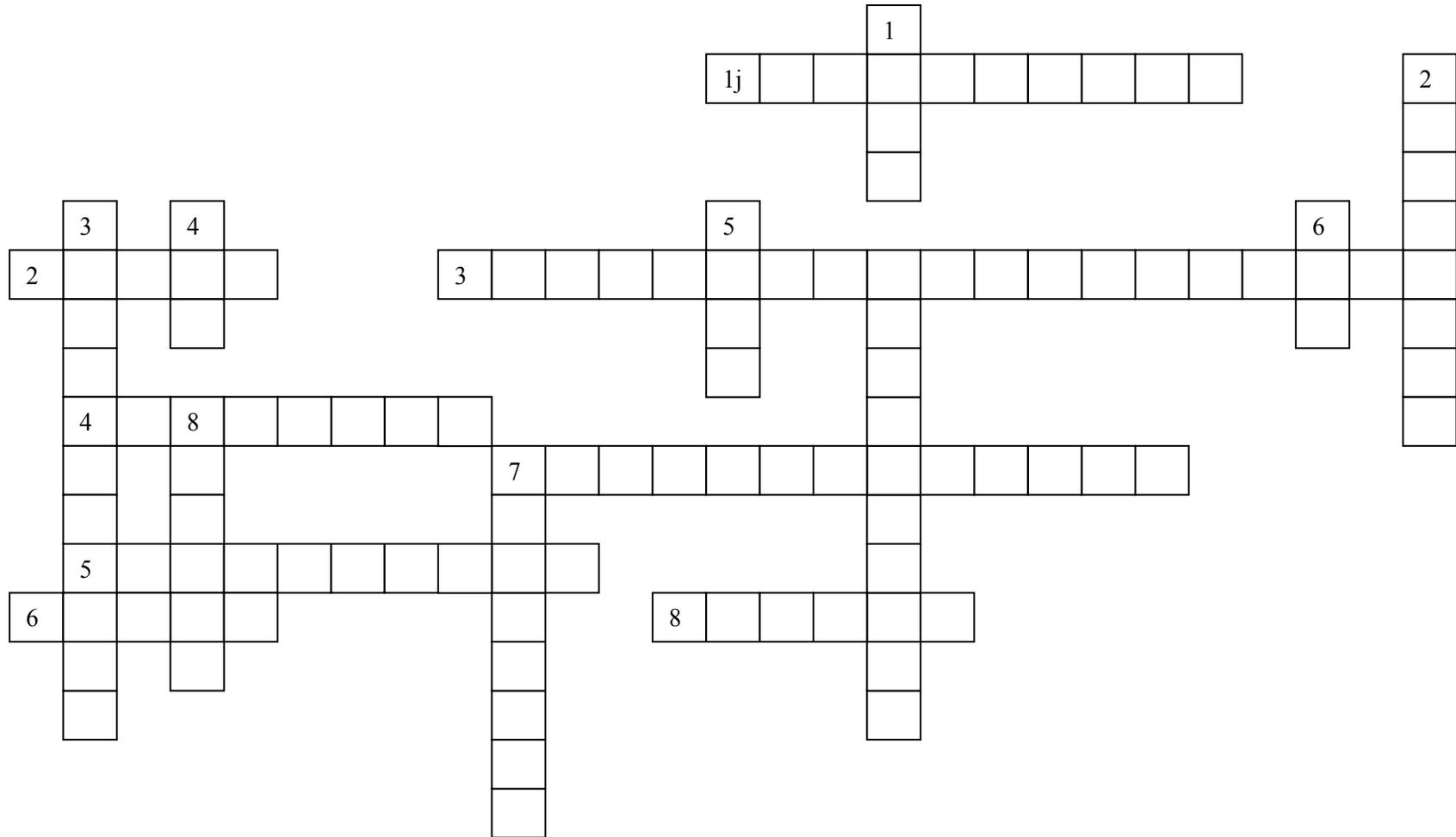
#### По горизонтали:

1. Химические элементы, из которых состоят органические вещества, лежащие в основе живого.
2. Биосферная форма движения материи, носителем которой являются биополимеры.
3. Способность живого образовывать себе подобное.
4. Какими являются живые системы?
5. Обмен веществ.
6. Природные высокомолекулярные органические соединения, построенные из остатков аминокислот.
7. Способность живого реагировать на действия какого-либо раздражителя.
8. Звезда, энергию которой прямо или косвенно использует большая часть живых организмов.

#### По вертикали:

1. Целенаправленный процесс, в ходе которого создается, воспроизводится или совершенствуется организация сложной динамической системы.
2. Перемещение в пространстве.
3. Группа соединений, к которой относятся белки и нуклеиновые кислоты.
4. Нуклеиновая кислота, являющаяся носителем генетической информации.
5. Необратимое увеличение размеров и массы, связанное с новообразованием элементов структуры организма (количественное изменение).
6. Нуклеиновая кислота, участвующая в реализации генетической информации.
7. Качественные морфологические и физиологические изменения, возникающие на протяжении всей жизни организма (качественное изменение).
8. Структурная и функциональная единица всего живого.

# Кроссворд по теме «Свойства живых систем»



## Тест по теме:

### Особенности биологического уровня организации материи

1. Расположите в порядке возрастания сложности структурные уровни живой материи:
  - а) клетка
  - б) популяция
  - в) организм
  - г) вид
  
2. Образование новых молекул и структур на основе информации, заложенной в ДНК, лежит в основе:
  - а) обмена веществ
  - б) изменчивости
  - в) самовоспроизведения
  - г) саморегуляции
  
3. Генотип – это:
  - а) совокупность генов гаплоидного набора хромосом конкретного организма
  - б) совокупность генов, взаимодействующих между собой и с факторами среды
  - в) совокупность генов всех особей популяции
  - г) совокупность внешних и внутренних признаков организма
  
4. Сущность одной из гипотез, объясняющих происхождение жизни, заключается в следующем: «Все живое непрерывно возникает из неживого». Выберите правильное название этой гипотезы:
  - а) гипотеза самозарождения
  - б) гипотеза радиационной панспермии
  - в) гипотеза направленной панспермии
  - г) эволюционная гипотеза Опарина – Холдейна
  
5. Вплоть до середины XIX века единственной альтернативой креационизма была:
  - а) биохимическая эволюция
  - б) гипотеза стационарного состояния
  - в) гипотеза панспермии
  - г) самопроизвольное зарождения жизни из неживого
  
6. Вариантом гипотезы панспермии не является:
  - а) радиационная
  - б) планетная
  - в) кометная
  - г) направленная

7. Выберите неверное утверждение: «Согласно гипотезе Опарина, первичная атмосфера Земли ...»

- а) состояла из аммиака, водорода, метана, водяных паров
- б) имела озоновый слой
- в) носила восстановительный характер
- г) практически не задерживала солнечные лучи

8. Дж. Холдейн разработал идею:

- а) фазовообособленных систем
- б) голобиоза
- в) генобиоза
- г) биопоэза

### **Тест по теме: Белки и нуклеиновые кислоты – фундаментальные основы жизни**

1. Веществами, активизирующими протекание химических реакций в организме, являются:

- а) ферменты
- б) гормоны
- в) антитела
- г) витамины

2. Третичная структура белка – это:

- а) глобула из нескольких полипептидных цепей
- б) последовательность аминокислот в полипептидной цепи
- в) полипептидная цепь в виде спирали, между витками которой возникают водородные связи
- г) витки спирали, свернутые в клубок, между изгибами которого возникают дисульфидные связи

3. В состав рибосом входят:

- а) мембраны, РНК
- б) белки, р-РНК
- в) липиды, т-РНК
- г) белки, м-РНК

4. В репликации молекулы ДНК участвует фермент:

- а) нуклеаза
- б) РНК-полимераза
- в) ДНК-полимераза
- г) ДНК-лигаза

5. Укажите пары азотистых оснований, являющиеся комплементарными:

- а) аденин – урацил
- б) тимин – гуанин
- в) урацил – цитозин

г) аденин – тимин

6. Переносчиками информации при синтезе белка являются:

- а) ферменты
- б) ДНК
- в) и-РНК
- г) т-РНК

7. Генетическим кодом называется:

- а) соответствие между последовательностью нуклеотидов в ДНК или и-РНК и последовательностью аминокислот в молекуле белка
- б) нуклеотидное строение ДНК
- в) последовательность аминокислот в молекуле белка
- г) совокупность генов, содержащихся в одинаковом наборе хромосом данной растительной или животной клетки

8. Молекула ДНК содержит информативный участок из 60 нуклеотидов, который кодирует первичную структуру белка. Число аминокислот, входящих в состав белка, который шифруется этим участком ДНК, равно:

- а) 60
- б) 180
- в) 30
- г) 20

### **Тест по теме: Принципы эволюции, воспроизводства и развития живых систем**

1. Следующим этапом эволюции органического мира, наступившим вслед за появлением высокоорганизованных эукариотических клеток, было появление:

- а) прокариотов
- б) многоклеточных организмов
- в) организмов с твердыми скелетами
- г) организмов с развитой нервной системой

2. Движущие силы и доказательства эволюционного процесса установил:

- а) Аристотель
- б) Бюффон
- в) Ламарк
- г) Дарвин

3. Учение, в котором идея биологической эволюции выступает как производная от более общей идеи развития глобальных геологических процессов, называется:

- а) трансформизм
- б) катастрофизм

- в) ламаркизм
- г) дарвинизм

4. Укажите неверное высказывание:

- а) главная движущая сила эволюции – естественный отбор
- б) борьба за существование обязательно приводит к гибели особей
- в) для эволюции существенную роль играет наследственная изменчивость
- г) каждый вид способен произвести гораздо больше особей, чем их выживает до взрослого состояния

5. Форма естественного отбора, при которой в популяции в условиях разнообразной среды преимущества получают крайние варианты приспособлений, называется:

- а) движущим
- б) стабилизирующим
- в) дизруптивным
- в) дестабилизирующим

6. Укажите высказывание, не относящееся к постулатам СТЭ:

- а) наименьшая единица эволюции – особь
- б) эволюция носит дивергентный характер
- в) макроэволюция идет лишь путем микроэволюции
- г) вид состоит из множества подвидов, популяций

7. Фактор микроэволюции, способствующий объединению видов, обеспечивая регулярные или периодические контакты между отдельными его популяциями, а также проникновению видов в новые места обитания, - это:

- а) популяционные волны
- б) изоляции
- в) миграции
- г) мутации

8. Эволюционное направление, сопровождающееся приобретением крупных изменений строения, называется:

- а) аллогенез
- б) арогенез
- в) катагенез
- г) филогенез

9. Примером катагенеза является:

- а) появление у плоских червей двусторонней симметрии тела и третьего зародышевого листка
- б) разделение сердца на четыре камеры и дифференциация двух кругов кровообращения
- в) приспособление насекомых к обитанию в воде

г) переход к паразитическому образу жизни

10. Структуру ДНК открыли:

- а) Дж. Уотсон и Ф. Крик
- б) А. Опарин и Д. Холдейн
- в) Т. Морган и С. Вейсман
- г) Т. Шванн и М. Шлейден

11. Скрещивание, в котором учитывается наследование трех и более пар признаков, называется:

- а) моногибридным
- б) дигибридным
- в) полигибридным
- г) анализирующим

12. Гетерозиготными называются особи, у которых в гомологичных хромосомах их клеток имеются:

- а) и доминантный, и рецессивный гены
- б) два доминантных гена
- в) два рецессивных гена
- г) один доминантный ген

### **Задание к семинару по теме: Происхождение и эволюция человека**

#### **Тест «Каким полушарием вы думаете?»**

##### **Теоретическое обоснование**

Мышление осуществляется в коре больших полушарий, которая занимает около 85% от общего объема мозга. У нас 2 полушария: левое и правое, которые связаны между собой пучком нервных волокон.

**Левое полушарие** отвечает в основном за речь, математические способности, логическое мышление, принятие решений.

Если у вас активно левое полушарие, то любую проблему вы решите с помощью логики, применив дедуктивный способ. Прежде, чем что-то сделать вы семь раз отмерите. У вас сильная воля, но вас трудно в чем-то убедить. Вы энергично и упорно добиваетесь своей цели на поприще экономики, философии, менеджмента.

**Правое полушарие** обеспечивает восприятие ритма и цвета, музыки и живописи, работу воображения и фантазии, а также ориентацию в пространстве. Если вы думаете в основном правым полушарием, то главное для вас – чувства, эмоции. Вы все время находитесь в творческом поиске, обладаете интуицией. Вы созданы для творческих профессий. Служба, где требуется предельное внимание и работа с документами, а не с людьми, вам противопоказана.

**Если у вас одинаково активны левое и правое полушария**, то это так же нормально, как преимущество левого или правого, ведь в любом случае оба полушария участвуют в процессе обработки информации, обмениваясь сигналами.

**Инструкция.** Напишите в два столбика десять пар двузначных чисел, причем в каждой паре первое двузначное число должно быть больше, чем второе.

Сложите числа первого и второго столбика (по отдельности). Сумма чисел первого столбика –  $A_1$ , а сумма чисел второго столбика –  $A_2$ .

$A_1/A_2 = K$ .

Если  $K > 1,8$ , то мышление осуществляется преимущественно правым полушарием.

Если  $K < 1$ , то мышление осуществляется преимущественно левым полушарием.

Если  $K = 1 - 1,8$ , то в мышлении равноправно участвуют левое и правое полушария.

### **Тест по теме: Происхождение и эволюция человека**

1. Ученый, который внес решающий вклад в доказательство животного происхождения человека:

- |               |                |
|---------------|----------------|
| а) Ч. Дарвин  | в) К. Линней   |
| б) Ф. Энгельс | г) Ж.Б. Ламарк |

2. К биологическим факторам антропогенеза относится:

- |             |                       |
|-------------|-----------------------|
| а) мышление | в) естественный отбор |
| б) речь     | г) труд               |

3. Формирование человека как биологического вида не происходило под влиянием:

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| а) биологических факторов | в) геологических факторов |
| б) климатических факторов | г) социальных факторов    |

4. Доказательством того, что представители разных человеческих рас относятся к одному и тому же биологическому виду Человек разумный (*Homo sapiens*), являются:

- а) приспособительный характер отличительных признаков для представителей каждой из рас
- б) единство фенотипа представителей всех рас
- в) организованность в высокоразвитую социальную структуру – человеческое общество
- г) один и тот же хромосомный набор

5. Процесс познания окружающей действительности в виде образов, которые формируются из совокупности ощущений, - это:

- |                     |                  |
|---------------------|------------------|
| а) раздражимость    | в) восприятие    |
| б) чувствительность | г) представления |

6. Эмоции, формирующиеся в процессе обучения и воспитания, являющиеся регуляторами поведения в обществе, называются:

- а) стеническими
- б) этическими
- в) эстетическими
- г) астеническими

7. Чувства характерны:

- а) как для низших, так и для высших животных
- б) только для высших животных
- в) только для человека
- г) как для человека, так и для животных

8. Способности человека обнаруживаются:

- а) в процессе обучения и деятельности
- б) не зависимо от обучения и деятельности
- в) в экстренных ситуациях
- г) внезапно

### **Тест по теме: Учение о биосфере и ноосфере**

1. «Биосфера – это совокупность всех живых организмов на Земле». Это определение принадлежит:

- а) Ч. Дарвину
- б) Э. Зюссю
- в) В. Вернадскому
- г) А. Опарину

2. Биосфера – это концентрическая оболочка Земли, которая охватывает:

- а) всю литосферу, всю гидросферу, всю атмосферу
- б) часть литосферы, всю гидросферу, всю атмосферу
- в) часть литосферы, всю гидросферу, часть атмосферы
- г) часть литосферы, часть гидросферы, часть атмосферы

3. С участием живых организмов образуется:

- а) биогенное вещество
- б) косное вещество
- в) радиоактивное вещество
- г) рассеянные атомы

4. Деструктивная функция живого вещества заключается в:

- а) изменении физико-химических параметров окружающей среды
- б) переносе вещества за счет миграции организмов как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях
- в) выборе из окружающей среды химических элементов, необходимых для развития живого вещества
- г) разложении живыми организмами органического и неорганического неживого вещества

5. Частным биотическим круговоротом не является круговорот:

- а) минералов
- б) воды и углекислого газа
- в) биогенных элементов
- г) металлов

6. Биоценоз складывается из:
- а) популяций организмов, принадлежащих отдельным видам особей, проживающих на данной территории
  - б) видов, проживающих на данной территории
  - в) живых организмов, проживающих на данной территории
  - г) всех организмов, совместно функционирующих на данной территории, и физической среды, с которой они взаимодействуют
7. Э. Леруа впервые предложил термин:
- а) биосфера
  - б) литосфера
  - в) экосистема
  - г) ноосфера
8. Циклы, связанные с солнечной активностью, длятся примерно:
- а) 25 лет
  - б) 11 лет
  - в) 5 лет
  - г) 100 лет

### Итоговый контроль

#### **Итоговый тест по КСЕ (часть 2)**

(тест может быть использован для проверки остаточных знаний)

1. Асимметрия молекул может быть связана с наличием асимметричного центра, роль которого в органических молекулах выполняет атом:
- а) кислорода
  - б) углерода
  - в) азота
  - г) водорода
2. В иерархическую систему современной химии входят учение о составе, структурная химия, эволюционная химия и:
- а) учение о химическом строении вещества
  - б) учение о периодичности свойств элементов и их соединений
  - в) атомно-молекулярное учение
  - г) учение о закономерностях химических процессов
3. Укажите правильную последовательность в структурной иерархии уровней живой материи (от низшей к высшей): А-биоценоз, Б-биосфера, В-популяция, Г-клетка
- а) Г-В-А-Б
  - б) Б-В-А-Г
  - в) Б-А-В-Г
  - г) А-Б-В-Г
4. Одним из этапов эволюции живого стало появление организмов, способных синтезировать питательные вещества из неорганических соединений. Эти организмы называются:
- а) сапрофиты
  - б) автотрофы
  - в) гетеротрофы
  - г) хемотротрофы

5. Кинетическим условием состояния равновесия являются:
- а) равенство концентраций всех компонентов системы
  - б) равенство скоростей прямого и обратного процессов
  - в) полное прекращение процесса
  - г) поочередное протекание прямого и обратного процессов
6. Вырожденность (избыточность) генетического кода выражается в том, что:
- а) несколько триплетов не кодируют ни одной из аминокислот
  - б) большинство аминокислот кодируется не одним, а несколькими разными триплетами
  - в) каждой аминокислоте соответствует строго определенный триплет
  - г) одни и те же триплеты кодируют одни и те же аминокислоты
7. Эволюционный фактор, являющийся основным в формировании резерва наследственной изменчивости среди особей популяции или вида, это:
- а) популяционные волны
  - б) изоляция
  - в) миграция особей
  - г) мутационный процесс
8. Нуклеиновая кислота, которая переносит информацию о первичной структуре белка из ядра в рибосому, - это:
- а) т-РНК
  - б) р-РНК
  - в) ДНК
  - г) и-РНК
9. Учение о переходе биосферы в ноосферу принадлежит:
- а) Г. Менделю
  - б) В.И. Вернадскому
  - в) А. Эйнштейну
  - г) Ч. Дарвину
10. Регулярные наблюдения и контроль за состоянием окружающей среды, определение изменений, вызванных антропогенным воздействием, называется:
- а) экологической борьбой
  - б) экологическими последствиями
  - в) экологическим мониторингом
  - г) экологической ситуацией
11. Одним из элементов биосферы, по В.И. Вернадскому, является косное вещество. Это:
- а) вещество, возникающее при совместном действии организмов и абиогенных процессов
  - б) вещество космического происхождения
  - в) вещество, созданное в процессе жизнедеятельности организмов
  - г) вещество, сформированное без участия жизни, без наличия живых систем

12. Русская пословица «Утро вечера мудренее» говорит о:
- а) том, что необходимо дополнительное время
  - б) возможностях утром уточнить тему
  - в) том, что утром светло, а вечером темно
  - г) работе бессознательного в течение ночи
13. В процессе испарения жидкости энтропия:
- а) уменьшается
  - б) не изменяется
  - в) сначала уменьшается, затем увеличивается
  - г) возрастает
14. Свойство организмов приобретать новые признаки, а также различия между особями в пределах вида – это проявление:
- а) изменчивости
  - б) борьбы за существование
  - в) индивидуального развития
  - г) наследственности
15. Синергетика:
- а) является современной формой биологического эволюционизма
  - б) рассматривает общие закономерности самоорганизации в живой и неживой природе
  - в) сформировалась во второй половине XX века
  - г) рассматривает пути выхода цивилизации из энергетического кризиса
16. Биогенная миграция атомов характеризуется следующими особенностями:
- а) в ходе миграции часто меняется атомная масса элементов
  - б) осуществляется быстрее, чем в неживой природе
  - в) в ходе миграции элементы взаимодействуют друг с другом, образуя сложные химические соединения
  - г) в ходе миграции атомы одних элементов превращаются в атомы других
17. В химических превращениях молекулы:
- а) не изменяют свою электронную структуру
  - б) не сохраняются
  - в) сохраняют свою индивидуальность
  - г) не изменяют свой состав
18. Первые организмы, возникшие на Земле, были:
- а) эукариоты, анаэробы, существовавшие только в водах первичного океана
  - б) прокариоты, анаэробы, долгое время существовавшие в водах первичного океана
  - в) прокариоты, аэробы, существовавшие только на суше
  - г) эукариоты, аэробы, существовавшие и в воде, и на суше

19. «В самых древних горных породах встречаются следы организмов, имеющих простое строение, в более поздних – разнообразных сложно устроенных» - в этом заключается одно из доказательств эволюции:

- а) биохимическое
- б) эмбриологическое
- в) биогеографическое
- г) палеонтологическое

20. Укажите неверное высказывание:

- а) главная движущая сила эволюции – естественный отбор
- б) борьба за существование обязательно приводит к гибели особей
- в) для эволюции существенную роль играет наследственная изменчивость
- г) каждый вид способен произвести гораздо больше особей, чем их выживает до взрослого состояния

21. Хромосомную теорию наследственности разработал:

- а) Ч. Дарвин
- б) Г. Мендель
- в) Т. Морган
- г) Ф. Крик

22. Неравновесные системы обладают следующими особенностями:

- а) легко реагируют на внешнее воздействие
- б) поведение системы зависит от ее предыстории
- в) каждая частица системы живет своей жизнью
- г) не реагирует на внешние воздействия

23. В каком из приведенных ниже высказываний идет речь об осадочных горных породах:

- а) эти горные породы образуются на поверхности Земли в результате экзогенных процессов
- б) большинство этих пород является продуктом выветривания и размыва материалов ранее существовавших пород
- в) эти горные породы являются результатом внутренних процессов, происходящих в недрах Земли
- г) образование этих горных пород происходит в глубине Земли под действием температуры, давления, химических реакций

24. Неверным является высказывание:

- а) океаническая земная кора сложена в основном базальтами
- б) земная кора является носителем континентов и океанов
- в) толщина земной коры под океанами значительно больше, чем под континентами
- г) объем мантии составляет более 80% Земли

25. Процессу становления человека разумного (*Homo sapiens*) присущи особенности эволюционного развития всего органического мира:

- а) обратимость эволюционных преобразований

- б) целесообразность эволюционных изменений
- в) большая продолжительность
- г) происходит на разных уровнях организации живой материи

26. Соотнесите свойство системы с проявлением этого свойства в природном объекте:

- 1) иерархичность                      في في живом организме согласовано функционируют системы всех уровней организации
- 2) целостность                      في вода состоит из молекул, молекулы из атомов, а последние из элементарных частиц

27. Согласно биогеохимическому принципу В.И. Вернадского, в процессе эволюции появляются виды, которые:

- а) не влияют на скорость миграции атомов
- б) увеличивают биогенную миграцию атомов
- в) влияют избирательно на миграцию атомов
- г) уменьшают биогенную миграцию атомов

## 7. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### *Основная литература:*

1. Карпенков С.Х. Основные концепции естествознания. М.: Культура и спорт, 1998 и позднее.
2. Карпенков С.Х. Концепции современного естествознания. М.: Культура и спорт, 1997 и позднее.
3. Дубнищева Т.Я. Концепции современного естествознания. Новосибирск: ЮКЭА, 1997 и позднее.
4. Найдыш В.М. Концепции современного естествознания. М.: Гардарики, 1999.
5. Концепции современного естествознания/ под ред. С.И.Самыгина. Ростов-на-Дону: Феникс, 1997.
6. Горелов А.А. Концепции современного естествознания. М.: Центр, 1998.
7. Концепции современного естествознания/ В.Н. Лавриненко, В.П. Ратников, В.Ф. Голубь и др. М.: Культура и спорт, 1997.
8. Потеев М.И. Концепции современного естествознания. СПб: Питер, 1999.
9. Воронов В.К., Гречнева М.В., Сагдеев Р.З. Основы современного естествознания. М.: Высшая школа, 1999.
10. Хорошавина С.Г. Курс лекций «Концепции современного естествознания». Ростов-на-Дону: Феникс, 2000.
11. Шаталов С.В. Концепции современного естествознания. Практикум: Учеб. пособие для вузов. Ростов-на-Дону: Феникс, 2003.
12. Лозовский В.Н., Лозовский С.В. Концепции современного естествознания: Учебное пособие. – СПб: Лань, 2004.
13. Элементы современной астрономической и геологической естественно-научной картины мира. АмГУ. Благовещенск. 2003. Мельникова М.А., Охотникова Г.Г.

### *Дополнительная литература:*

1. Краткий философский словарь/под ред. А.П. Алексеева. М.: Проспект, 1998.
2. Коровин Н.В. Общая химия. М.: Высшая школа, 2000.
3. Мамонтов С.Г., Захаров В.Б. Общая биология. М.: Высшая школа, 2000.
4. Энциклопедия для детей. Т.2. Биология/ Глав. ред. М. Д. Аксенова. М.: Аванта+, 2001.
5. Азбука природы. Более 1000 вопросов и ответов о нашей планете, ее растительном и животном мире. М.: Ридерз Дайджест, 1997.
6. Павлов Н.Н. Теоретические основы общей химии. М.: Высшая школа, 1978.
7. Мур П. Астрономия с Патриком Муром/ пер. с англ. М.: ФАИР – ПРЕСС, 1999.

8. Сурдин В.Г. Рождение звезд. М.: Эдиториал УРСС, 1999.
9. Арчаков И.Ю. Планеты и звезды. СПб.: Дельта, 1999.
10. Аллисон А., Палмер Д. Геология/ пер. с англ. М.: Мир, 1984.
11. Аршинов В.И. Синергетика как феномен постнеклассической науки. М.: Российская Академия Наук. Институт философии, 1999.
12. Пехов А.П. Биология и общая генетика. М.: Изд. РУДН, 1994.
13. Дубинин Н.П. Общая генетика. М.: Наука, 1976.
14. Вернадский В.И. Живое вещество. М.: Наука, 1978.
15. Дженкинс М. 101 ключевая идея: Эволюция. Пер с англ. М.: ФАИР ПРЕСС, 2001.
16. Дженкинс М. 101 ключевая идея: Генетика. Пер с англ. М.: ФАИР ПРЕСС, 2002.
17. Гамов Г., Ичас М. Мистер Томпкинс внутри самого себя. Приключения в новой биологии. Пер. с англ. М.: Эдиторил УРСС, 2003.
18. Шкловский И.С. Звезды. Их рождение, жизнь и смерть. М.: Наука, 1977.
19. Хакен Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. М.: Мир, 1985.
20. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980.
21. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. М.: Мир, 1990.
22. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М.: Прогресс, 1986.
23. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. М.: Прогресс, 1994.
24. Сухонос С.И. Масштабная гармония Вселенной. М.: Новый центр, 2002.
25. Бондарев В.П. Геология. М.: ФОРУМ-ИНФРА-М, 2002.
26. Азимов А. Краткая история химии: Развитие идей и представлений в химии /пер. с англ. – СПб: Амфора, 2002.
27. Свинцовые врата алхимии. Сост. В. Рохмистрова – СПб: Амфора, 2002.
28. Уиггис А., Уинн Ч. Пять нерешенных проблем науки. Пер с англ. М.: ФАИР ПРЕСС, 2005.
29. Вишняцкий Л.Б. История одной случайности или происхождение человека. – Фрязино: «Век 2», 2005.
30. Каменский А.А., Ким А.И. и др. Биология. Высшее образование / Каменский А.А., Ким А.И. и др. – М.: Филол. о-во «СЛОВО», ООО «Изд-во «Эксмо», 2004.