

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 17.09.2023 10:58:44  
Уникальный программный ключ:  
04c19ed8bfb28f3b6cb77a486b9a8788b8522525



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Фонд оценочных средств по дисциплине «Концепции и методы биологических наук 06.03.01 «Биология»» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------

**Фонд оценочных средств по**

**дисциплине**

**Концепции и методы биологических наук**

Направление подготовки (специальность)

**06.03.01 Биология Направленность (профиль)**

**Микробиология**

**Гистология и гистологическая техника,**

**Биоэкология**

**Биофизика**

**Генетика**

Присваиваемая квалификация

**Бакалавр** Форма

обучения

**Очная**

**Год набора 2023**

Челябинск, 2025

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 06.03.01 Биология

Направленность (профиль): микробиология, гистология и гистологическая техника, биоэкология, биофизика, генетика

Дисциплина: Концепции и методы биологических наук

Семестры изучения: 6

Форма промежуточной аттестации: зачет

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Концепции и методы биологических наук» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции (по ФГОС)	Результаты освоения ОПОП. Содержание согласно ФГОС	Коды и содержание индикаторов	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Выполняет поиск информации, определяет критерии системного анализа поставленных задач УК-1.2. Использует критический анализ, систематизацию и обобщение информации для решения поставленных задач	Знать: Для достижения УК-1.1 знать: основные виды источников знаний по дисциплине Уметь: Для достижения УК-1.1 уметь: осуществлять поиск и интерпретацию информации; пользоваться разными видами систем поиска данных, применяемые в профессиональной деятельности Владеть: Для достижения УК-1.2 владеть: техникой получения современной информации по разнообразным проблемам биологии

ПК-1	Способен применять современные методы обработки, анализа и синтеза полевой, производственной и лабораторной биологической информации, правила составления научно-технических проектов и отчетов	<p>ПК-1.1 Применяет принципы анализа информации, принципы работы современной аппаратуры и вычислительных средств</p> <p>ПК-1.2 Использует теоретические знания в лабораторной работе; ПК-1.3 составляет научно-техническую документацию</p> <p>ПК-1.4 Использует теоретические знания об основных биологических закономерностях;</p> <p>ПК-1.5 Использует методы работы с современной аппаратурой и вычислительными средствами; методы статистической обработки полученных экспериментальных данных</p>	<p>Знать:</p> <p>Для достижения ПК-1.1 знать: теоретические основы современных экспериментальных методов. Для достижения ПК-1.2 знать методику проведения лабораторных работ. Для достижения ПК-1.3 знать приемы и правила составления научно-технических отчетов. Для достижения ПК-1.4 знать основные биологические закономерности</p> <p>Уметь:</p> <p>Для достижения ПК-1.3 уметь составлять научно-технические отчеты. Для достижения ПК-1.5 уметь: применять экспериментальные методы биологии в работе с биологическими объектами в полевых и лабораторных условиях</p> <p>Владеть: -</p>
------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 3.1. Виды оценочных средств

№ п/п	Код компетенции/планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации № задания
-------	-------------------------------------------------	-----------------------------	--------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

1	<p>УК-1</p> <p>Для достижения УК-1.1 знать: основные виды источников знаний по дисциплине Уметь: Для достижения УК-1.1 уметь: осуществлять поиск и интерпретацию информации; пользоваться разными видами систем поиска данных, применяемые в профессиональной деятельности Владеть: Для достижения УК-1.2 владеть: техникой получения современной информации по разнообразным проблемам биологии</p>	<p>1. Понятие и виды объектов биологического познания и структуру биологических наук. 2. Основные концепции биологических наук: биогенез, клеточная теория, генетические механизмы и эволюция, теория фенотипов, синергетика, концепция регуляции, витамины и коферменты, гормоны. 3. концепции биологических наук: экология и биосфера, особенности живых организмов, биологические ритмы 4. Обзор классификация методов биологических исследований</p>	<p>Собеседован ие / устный опрос, доклад, эссе, тест Доклад Кейс- задание (СОП)</p>	1-18
---	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------

2	<p>ПК-1 Для достижения ПК-1.1 знать: теоретические основы современных экспериментальных методов.</p> <p>Для достижения ПК-1.5 уметь: применять экспериментальные методы биологии в работе с биологическими объектами в полевых и лабораторных условиях</p> <p>Для достижения ПК-1.2 знать методику проведения лабораторных работ. Для достижения ПК-1.3 знать приемы и правила составления научно-технических отчетов. Для достижения ПК-1.4 знать основные биологические закономерности. Для достижения ПК-1.3 уметь составлять научно-технические отчеты.</p>	<p>1. Понятие и виды объектов биологического познания и структуру биологических наук</p> <p>2. Основные концепции биологических наук: биогенез, клеточная теория, генетические механизмы и эволюция, теория фенотипов, синергетика, концепция регуляции, витамины и коферменты, гормоны.</p> <p>3. концепции биологических наук: экология и биосфера, особенности живых организмов, биологические ритмы</p>	Собеседование / устный опрос, доклад, эссе, тест	1-10, 16-18
---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------	-------------

*Примечание: типовые задания, критерии и показатели оценивания в рамках текущего контроля представлены в рабочей программе дисциплины (модуля). Полные комплекты оценочных средств и контрольно-измерительных материалов хранятся на кафедре.*

### **3.2. Содержание оценочных средств**

Оценочные средства промежуточной аттестации по дисциплине «Концепции и методы биологических наук» представлены перечнем вопросов к зачету и кратким планом ответа на них.

#### ***Вопросы к зачету***

1. Системный подход направление методологии научного познания, в основе которого лежит рассмотрение

объекта как системы: целостного комплекса взаимосвязанных элементов (И. В. Блауберг, В. Н. Садовский, Э. Г. Юдин); совокупности взаимодействующих объектов (Л. фон Бергаланфи); совокупности сущностей и отношений (А. Д. Холл, Р. И. Фейджин, поздний Л. фон Бергаланфи).

Основные принципы системного подхода:

**Целостность**, позволяющая рассматривать одновременно систему как единое целое и в то же время как подсистему для вышестоящих уровней.

**Иерархичность строения**, то есть наличие множества (по крайней мере, двух) элементов, расположенных на основе подчинения элементов низшего уровня элементам высшего уровня. Реализация этого принципа хорошо видна на примере любой конкретной организации. Как известно, любая организация представляет собой взаимодействие двух подсистем: управляющей и управляемой. Одна подчиняется другой.

**Структуризация**, позволяющая анализировать элементы системы и их взаимосвязи в рамках конкретной организационной структуры. Как правило, процесс функционирования системы обусловлен не столько свойствами её отдельных элементов, сколько свойствами самой структуры.

**Множественность**, позволяющая использовать множество кибернетических, экономических и математических моделей для описания отдельных элементов и системы в целом.

**Системность**, свойство объекта обладать всеми признаками системы. Применительно к биологии можно отметить, что живые системы всех уровней организации представляют собой неразрывную структурно-функциональную совокупность организмов и среды их обитания, связанную потоками энергии, вещества и информации. Это открытые саморегулирующиеся и саморазвивающиеся системы, состоящие из подсистем.

Следовательно, живая природа является целостной, но неоднородной системой, которой свойственна иерархическая организация. Иерархический принцип организации позволяет выделить в живой природе отдельные уровни, что удобно с точки зрения изучения жизни как сложного природного явления. **Основные свойства живого.**

1. **Химический состав.** Живые организмы состоят из тех же химических элементов, что и неживые, но в организмах есть молекулы веществ, характерных только для живого (нуклеиновые кислоты, белки, липиды).
2. **Дискретность и целостность.** Любая биологическая система (клетка, организм, вид) состоит из отдельных частей, т.е. дискретна. Взаимодействие этих частей образует целостную систему (например, в состав организма входят отдельные органы).
3. **Структурная организация.** Все живые системы - это комплекс сложных саморегулирующихся процессов обмена веществ, протекающих в определенном порядке, направленном на поддержание постоянства внутренней среды.
4. **Раздражимость и движение.** Все живое реагирует на внешние воздействия благодаря свойству *раздражимости*. Например, растения реагируют на раздражители в виде тропизмов (изменения направления роста по направлению к свету). Животные отвечают на воздействие движением (убегают при виде опасности, движутся к пище и т.п.).
5. **Саморегуляция и гомеостаз.** Действие раздражителей внешней среды приводит к изменению состояния организма. Способность организма противостоять воздействиям среды обеспечивается гомеостазом. *Гомеостаз* – постоянство внутренней среды организма. Гомеостаз поддерживается координированной деятельностью клеток, тканей и органов организма, что является признаком саморегуляции.
6. **Обмен веществ и энергии.** Живые организмы – открытые системы, обменивающиеся

веществом и энергией с окружающей средой.

7. **Самовоспроизведение и самообновление.** Самовоспроизведение реализуется через разные формы размножения (бесполое и половое). Самообновление – процесс создания новых клеток и уничтожения лишних в одном организме.

8. Живому организму свойственна **наследственность, которая** обеспечивается свойствами молекулы ДНК. При этом могут возникнуть нарушения, которые ведут к изменению признаков у потомков - **изменчивости**.

9. **Рост и развитие.** Организмы наследуют генетическую информацию о развитии тех или иных признаков от своих родителей. Это происходит во время индивидуального развития – *онтогенеза*. На определенном этапе онтогенеза осуществляется *рост* организма – увеличение размеров за счет биосинтеза новых молекул и увеличения количества клеток. Рост сопровождается *развитием* – необратимым процессом изменени

10. **Эволюция.** Эволюция – процесс развития и изменения жизненных форм, характеризуется повышением уровня организации представителей последующих поколений по сравнению с предшествующими поколениями. с момента рождения до смерти. школах параллельно с естествознанием решались по существу те же задачи осознания живого посредством выработки категориально-логического аппарата воспроизведения действительности и проникновения. Резюмируя достижения в познания живого в традиции философии природы необходимо отметить следующее. Философы выработали теоретическое представление о живом, которое может быть принято в качестве онтологического основания проводимого исследования. Наибольший вклад в формулировку данной концепции внесли представители немецкой классической философии в эпоху, когда философия и естествознание составляли одно целое. Живое как объект теоретического познания концептуализируется в виде органической целостности (И. Кант), качественная определенность которой усматривается в ее самоактивности (самоорганизации), осмысливаемой на основе возвратного причинения (самопричинения). Существенным моментом самоорганизации является становление целого и его частей в едином процессе их историко-генетического развития. Замкнутая причинность обеспечивает самоорганизацию в виде устойчивой формы.

### 3. Научно-теоретические модели познания живого

В научном познании живого выделяются две достаточно автономных ветви: одна из них восходит к естествознанию (физико-химические и биологические науки), другая — к социогуманитарному познанию. Самый общий взгляд на эволюцию биологического познания в русле теоретико-научного в аспекте классической науки показывает, что при создании теоретических моделей живого в ходе развития науки применялись различные исходные принципы концептуализации и моделирования живого объекта, а также различные методы представления их организации и функционирования. В итоге выработано множество моделей и вариантов их классификации, образовавших континуум познавательного пространства. Общая их черта заключается в том, что «одно сущее в своем фактическом проявлении объясняется из другого сущего. Это мышление находит свое классическое выражение в причинно-аналитическом методе исследования естествознания. Его основной мотив и его подтверждение заключено в техническом овладении природой как средством....» [8, с. 8]. Нет надобности повторять уже устоявшийся и общепринятый историко-генетический анализ моделей живого в естествознании, изложенный, например, в работах В. И. Кремянского [67]. В общепринятом представлении суть первых естественнонаучных моделей живого, реализующихся в двух противостоящих парадигмах — механицизм и витализм — отображается в понятии «редукционизм», в котором констатируется рассмотрение

живой природы сквозь призму технического эксперимента и определение ее бытия либо посредством набора пространственно-временных координат (механицизм), либо посредством введения особых видов «невесомой» материи и особых непознаваемых «одушевляющих» сил (витализм). С методологической точки зрения допустимо сказать, что принцип редукционизма означает сведение (редуцирование) системы к ее элементам и их связям.

#### 4. Научная картина мира

Научная картина мира – это одна из возможных картин мира, поэтому ей присуще как что-то общее со всеми остальными картинами мира – мифологической, религиозной, философской, - так и нечто особенное, что выделяет именно научную картину мира из многообразия всех остальных образов мира. Как и все остальные картины мира, научная картина мира содержит определенные представления о структуре пространства и времени, объектах и их взаимодействиях, законах и месте человека в мире. Это то общее, что присутствует во всякой картине мира. Главное же, что выделяет именно научную картину мира из всех остальных картин мира, - это конечно же “научность” этой картины мира. Поэтому, чтобы понять особенность научной картины мира, необходимо понять особенность науки как специального вида человеческой деятельности. Научная картина мира возникает как альтернатива религиозной. Мир и человек здесь рассматриваются как объекты исследования. Научная картина мира сформировалась в новое время под сильным влиянием идеи эволюционизма и математического естествознания. Научная картина мира интенсивно начинает складываться в XVI-XVII веках, когда на смену геоцентризму приходит гелиоцентризм и возникает классическая механика. Под научной картиной мира понимают целостную систему представлений об общих свойствах и закономерностях мира, которая возникает в результате обобщения и синтеза основных научных понятий и принципов, отражающих эти объективные закономерности. В научной картине мира следует различать общенаучную (ОНКМ) и частнонаучную (ЧНКМ) картины мира. В ОНКМ обобщаются и синтезируются научные знания, накопленные всеми науками о природе, обществе, человеке и результатах его деятельности. Среди ЧНКМ называют физическую, химическую, космологическую, экологическую, информационную и т.д. картины мира. Соответственно, наряду с понятием физической реальности в научной картине мира присутствуют понятия биологической, социальной, исторической и даже лингвистической реальности. Каждая из этих реальностей также представляет собой систему теоретических объектов, построенных биологическими, социологическими, историческими и лингвистическими теориями соответственно. Главная особенность научной картины мира состоит в том, что она выстраивается на базе фундаментальных принципов, лежащих в основе той научной теории и той области науки, которая занимает в данную эпоху лидирующее положение. Научная картина мира предполагает, что окружающий нас мир состоит из двух начал – формы и материи. Формы – это просто другое название для различных математических структур, составляющих как бы

закономерный и логический скелет всех процессов и явлений в мире. Таким образом, в основе всего лежат структурные формы, выражающие себя в числах, операциях и отношениях. Научная картина мира также предполагает, что структуры-формы облекаются в материю и реализуются таким образом в виде бесконечного разнообразия чувственно воспринимаемых явлений и процессов. Структуры не просто повторяют себя в чувственно-материальном мире, они во многом преобразуются, ослабляются и смешиваются. Научная картина мира предполагает, что мы можем понять окружающий нас мир лишь в той мере, в какой мы сможем увидеть за ним лежащие в основе формы- структуры. Структуры составляют постигаемую для нашего разума часть мира. Формы- структуры составляют логическую основу не только лежащей вне нашего сознания реальности, но они же являются логическим фундаментом человеческого разума.

Структурное единство человеческого разума и мира – это условие познаваемости мира, причем, познаваемости его именно через структуры. Можно поэтому говорить о двух видах принципов научной картины мира: 1) внутренние принципы науки, обеспечивающие научный метод познания как описанный выше метод восстановления структур, лежащих за видимой оболочкой чувственного мира, 2) внешние принципы науки, определяющие соединение науки как метода познания с той или картиной мира. Наука может соединиться с любой картиной мира, лишь бы не были разрушены внутренние принципы науки. С этой точки зрения чистой (т.е. построенной только на основе внутренних принципов) научной картины мира не существует. Во всех тех случаях, когда мы говорим о научной картине мира, всегда существует та или иная картина мира (как система внешних принципов науки), которая согласована с внутренними принципами науки. Можно говорить о четырех научных картинах мира: 1) пантеистической научной картине мира – здесь внутренние принципы науки соединяются с пантеизмом (это картина мира эпохи Возрождения), 2) деистической научной картине мира – здесь внутренние принципы науки соединяются с деизмом (“деизм”, или “учение о двойной истине” - это учение о том, что Бог вмешался в мир только в начале его сотворения, а затем Бог и Мир существуют совершенно независимо друг от друга, поэтому истины религии и науки также не зависят друг от друга. Такая картина мира принималась в эпоху Просвещения), 3) атеистической научной картине мира – здесь внутренние принципы науки соединяются с атеизмом и материализмом (такова современная научная картина мира). В Средние века господствующая религиозная картина мира слишком подавляла существование и развитие внутренних принципов науки, в связи с чем мы не можем назвать средневековую картину мира научной. 4) теистической научной картины мира (“теизм” – это учение о сотворении мира Богом и постоянной зависимости мира от Бога). Развитие современной научной картины мира говорит за то, что постепенно изменяются внешние принципы науки, ослабляется влияние атеизма и материализма в современной научной картине мира. В основе науки находится особое отношение человека к миру. Мир можно эстетически созерцать, воспринимать его красоту и гармонию и выражать их на основе художественных образов и представлений. О мире можно философски размышлять, пытаться ответить на вопросы о природе мира, его субстанциальных основаниях, о месте человека во Вселенной, о смыслах жизни и предназначении человека.

## 5. Система биологических наук

Система биол. наук чрезвычайно многопланова, что обусловлено как многообразием проявлений жизни, так и разнообразием форм, методов и целей исследования живых объектов, изучением живого на разных уровнях его организации. Всё это определяет условность любой системы биол. наук. Одними из первых в Б. сложились науки о животных - зоология и растениях - ботаника, а также анатомия и физиология человека

- основа медицины. Другие крупные разделы Б., выделяемые по объектам исследования, - микробиология - наука о микроорганизмах, гидробиология - наука об организмах, населяющих водную среду, и т. д. Внутри Б. сформировались более узкие дисциплины; в пределах зоологии - изучающие млекопитающих - териология, птиц - орнитология, пресмыкающихся и земноводных - герпетология, рыб и рыбообразных - ихтиология, насекомых - энтомология, клещей - акарология, моллюсков - малакология, простейших - протозоология; внутри ботаники - изучающие водоросли - альгология, грибы - микология, лишайники - лихенология, мхи - бриология, деревья и кустарники - дендрология и т. д. Подразделение дисциплин иногда идёт ещё глубже. Многообразие организмов и распределение их по группам изучают систематика животных и систематика растений. Б. можно подразделить на неонтологию, изучающую совр. органич. мир, и палеонтологию - науку о вымерших животных (палеозоология) и растениях (палеоботаника). Др. аспект классификации биол. дисциплин - по исследуемым свойствам и проявлениям живого. Форму и строение организмов изучают морфологич. дисциплины; образ жизни животных и растений и их взаимоотношения с условиями внешней среды - экология; изучение разных функций живых существ - область исследований физиологии животных и физиологии растений; предмет исследований генетики - закономерности наследственности и изменчивости; этологии

-закономерности поведения животных; закономерности индивидуального развития изучает эмбриология или в более широком совр. понимании - биология развития; закономерности историч. развития - эволюционное учение. Каждая из назв. дисциплин делится на ряд более частных (напр., морфология - на функциональную, сравнительную и др.). Одновременно происходит взаимопроникновение и слияние разных отраслей Б. с образованием сложных сочетаний, напр, гисто-, цито- или эмбриофизиология, цитогенетика, эволюционная и экологическая генетика и др. Анатомия изучает строение органов и их систем макроскопически; микроструктуру тканей изучает гистология, клеток - цитология, а строение клеточного ядра - кариология. В то же время и гистология, и цитология, и кариология исследуют не только строение соответствующих структур, но и их функции и биохимич. свойства. Можно выделить в Б. дисциплины, связанные с использованием определённых методов исследования, например биохимию, изучающую осн.

жизненные процессы химич. методами и подразделяемую на ряд разделов (биохимия животных, растений и т. п.), биофизику, вскрывающую значение физич.

закономерностей в процессах жизнедеятельности и также подразделяемую на ряд отраслей. Биохимич. и биофизич. направления исследований зачастую тесно переплетаются как между собой (напр., в радиационной биохимии), так и с др. биол.

дисциплинами (напр., в радиобиологии). Важное значение имеет биометрия, в основе которой лежат математич. обработка биол. данных с целью вскрытия зависимостей, ускользающих при описании единичных явлений и процессов, планирование эксперимента и др.; теоретич. и математич. Б. позволяют, применяя логич. построения и математич. методы, устанавливать более общие биол. закономерности. В связи с изучением живого на разных уровнях его организации выделяют молекулярную биологию, исследующую жизненные проявления на субклеточном, молекулярном уровне; цитологию и гистологию, изучающие клетки и ткани живых организмов; популяционно-видовую Б. (систематику, биогеографию, популяционные направления в генетике и экологии), связанную с изучением популяций как составных частей любого вида организмов; биогеоценологию, изучающую высшие структурные уровни организации жизни на Земле, вплоть до биосферы в целом. Важное место в Б.

занимают как теоретич., так и практич. направления исследований, резкую границу между к-рыми трудно провести, т. к. любое теоретич. направление неизбежно связано (прямо или косвенно, в данный момент или в будущем) с выходами в практику. Теоретич. исследования делают возможными открытия, революционизирующие мн. отрасли практич. деятельности, они обеспечивают успешное развитие прикладных дисциплин, напр. пром. микробиологии и технич. биохимии, защиты растений, растениеводства и животноводства, охраны природы, дисциплин медико-биол. комплекса (паразитология, иммунология и т. д.). В свою очередь, отрасли прикладной Б. обогащают теорию новыми фактами и ставят перед ней задачи, определяемые потребностями общества. Из практически важных дисциплин быстро развиваются бионика (изучение технич. приложений биол. закономерностей), космическая биология (изучение биол. действия факторов мирового пространства в проблем освоения космоса), астробиология или экзобиология (исследование жизни вне Земли). Изучением человека как продукта и объекта биол. эволюции занимается ряд биол. дисциплин - антропология, генетика и экология человека, мед. генетика, психология, - тесно связанных с социальными науками. Особо следует выделить неск. фундаментальных областей Б., исследующих наиболее общие, присущие всем живым существам закономерности и составляющих основу совр. общей Б. Это наука об осн. структурно-функциональной единице организма - клетке, т. е. цитология; наука о явлениях воспроизведения и преемственности морфо-физиологич. организации живых форм - генетика; наука об онтогенезе - биология развития; наука о законах историч. развития органич. мира - эволюционная теория, а также физико-химич. Б. (биохимия и биофизика) и физиология, изучающие функциональные проявления, обмен веществ и энергии в живых организмах. Из приведённого далеко не полного перечня биол. дисциплин видно, как велико и сложно здание совр. Б. и как прочно вместе с соседними науками, изучающими закономерности неживой природы, оно связано с практикой.

#### 6. Основные понятия и положения синтетической теории эволюции

Синтетическая теория эволюции — современный дарвинизм — возникла в начале 40-х годов XX в. Она представляет собой учение об эволюции органического мира, разработанное на основе данных современной генетики, экологии и классического дарвинизма. Термин «синтетическая» идет от названия книги известного английского эволюциониста Дж. Хаксли «Эволюция: современный синтез» (1942). В разработку синтетической теории эволюции внесли вклад многие ученые.

Основные положения синтетической теории эволюции в общих чертах можно выразить следующим образом:

Материалом для эволюции служат наследственные изменения — мутации (как правило, генные) и их комбинации.

Основным движущим фактором эволюции является естественный отбор, возникающий на основе борьбы за существование. Наименьшей единицей эволюции является популяция.

Эволюция носит в большинстве случаев дивергентный характер, т. е. один таксон может стать предком нескольких дочерних таксонов.

Эволюция носит постепенный и длительный характер. Видообразование как этап эволюционного процесса представляет собой последовательную смену одной временной популяции чередой последующих временных популяций. Вид состоит из множества соподчиненных, морфологически, физиологически, экологически, биохимически и генетически отличных, но репродуктивно не изолированных единиц — подвидов и популяций.

Вид существует как целостное и замкнутое образование. Целостность вида поддерживается миграциями особей из одной популяции в другую, при которых наблюдается обмен аллелями («поток генов»),

Макроэволюция на более высоком уровне, чем вид (род, семейство, отряд, класс и др.), идет путем микроэволюции. Согласно синтетической теории эволюции, не существует закономерностей макроэволюции, отличных от микроэволюции. Иными словами, для эволюции групп видов живых организмов характерны те же предпосылки и движущие силы, что и для микроэволюции.

Любой реальный (а не сборный) таксон имеет монофилетическое происхождение. Эволюция имеет ненаправленный характер, т. е. не идет в направлении какой-либо конечной цели.

Синтетическая теория эволюции вскрыла глубинные механизмы эволюционного процесса, накопила множество новых фактов и доказательств эволюции живых организмов, объединила данные многих биологических наук. Тем не менее синтетическая теория эволюции (или неodarвинизм) находится в русле тех идей и направлений, которые были заложены Ч. Дарвином.

7. Естественный отбор, его формы и влияние на генофонд популяций  
Отбор – это дифференциальное (неодинаковое) и неслучайное (зависимое от приспособленности) воспроизводство генотипов. То есть в основе механизма отбора лежит неодинаковая приспособленность, или неравная средняя эффективность воспроизводства особей, имеющих различия по некоторым генетически обусловленным признакам фенотипа. Абсолютная приспособленность ( $F$ ) – это величина, являющаяся функцией от двух ключевых переменных: выживаемость ( $B$ ) и плодовитость ( $P$ )  
Выживаемость – процент оплодотворенных яиц, семян или новорожденных, доживающих до стадии размножения (в среднем);

Плодовитость – число потомков, производимых (в среднем) одной половозрелой особью. Относительная приспособленность выражается коэффициентом приспособленности  $W$ . Где  $F(1)$  и  $F(2)$  – коэффициенты абсолютной приспособленности сравниваемых генотипов. В знаменатель обычно ставится значение  $F$  для наиболее приспособленного генотипа, для которого  $W=1$ . Сила отсеивающего отбора измеряется коэффициентом отбора  $S$ . Чем выше  $S$ , тем быстрее будет происходить элиминация данного генотипа. Для наиболее приспособленного генотипа  $S = 0$ ; Для летальной мутации  $S = 1$  (элиминация в первом поколении).  
Предел демографического насыщения экологической ниши. Отбор, то есть изменение частот фенотипов и генотипов (аллелей) в зависимости от различий в эффективности размножения идет постоянно. В то же время фиксация одних аллелей и элиминация других (аллельное замещение) более вероятно в условиях достижения предела демографического насыщения экологической ниши, т.е. такого размера популяции,

дальнейший рост которого невозможен ввиду ограниченности количества ресурсов в занимаемом ареале. То есть в популяции с предельным размером в 1000 особей полной элиминации вредного генотипа можно ожидать с высокой вероятностью после снижения его частоты до 1/1000. Причины нарушения расчетов: Вклад случайных отклонений частот (дрейфа генов).

Плейотропное действие гена: новая мутация может оказывать полезный эффект в отношении одной функции, но вредный эффект в отношении какой-то другой функции. Неполная пенетрантность и вариативная экспрессивность гена – неустойчивое фенотипическое выражение одного и того же варианта гена у разных особей, зависимое от средовых или случайных факторов. Эффекты соотбора – влияние сцепления с другими генами, подверженными отбору в большей степени, чем анализируемый ген. Сцепление с вредным геном будет приводить к совместной элиминации, а сцепление с полезным геном – к совместной фиксации.

Эпистаз - неодинаковое проявление одного и того же варианта гена и его адаптивной ценности в разном генетическом контексте (комбинации всех остальных генов в генотипе конкретного организма). Генетический контекст при половом размножении высоко индивидуален и определяется конкретной комбинацией генов родительских особей в конкретной паре. Непостоянство условий среды, ведущее к переменчивости адаптивной ценности каждого варианта генотипа в разных поколениях. Повторное появление мутаций или их приток из соседних популяций.

#### 8. Генетически детерминируемые болезни

Первичным и главным звеном патогенеза генетически детерминированных болезней является мутация — стойкое скачкообразное изменение наследственного аппарата клетки, не связанное с обычной рекомбинацией генетического материала.

Сходным с мутацией понятием является однонуклеотидный полиморфизм (аллельные варианты генов). В настоящее время описаны десятки аллельных вариантов определенных генов.

Различают несколько видов мутации, возникающих под влиянием мутагенов.

Соматическая мутация происходит в соматических клетках и исчезает из популяции со смертью носителя, не передаваясь в поколениях (данная мутация в этом разделе учебника не рассмотрена).

Герминативная (гаметическая) мутация возникает в половых клетках и влияет на наследственность потомства. Мутация может быть полезной (как фактор эволюции) и вредной. По этиологии различают спонтанную (вызванную неопределенными эндогенными факторами) и индуцированную (обусловленную мутагенами) мутацию.

В зависимости от степени и формы повреждения генетического аппарата различают генную и хромосомную мутацию.

Генная мутация — это нарушение триплетного генетического кода молекулы ДНК. В ее основе лежит нарушение специфической последовательности пуриновых и пиримидиновых оснований (точечная генная мутация среди всех генных мутаций составляет 95 %). Реже наблюдаются структурные изменения молекулы ДНК — внутргенная делеция (отрыв и потеря части гена), инверсия, инсерция (вставки), транслокация, дупликация. Спонтанные мутации возникают в результате действия еще недостаточно изученных эндогенных факторов (погрешностей в работе генетического аппарата в процессе реализации генетической информации). Частота их по сравнению с индуцированными мутациями низкая. Мутация может касаться как структурных, так и регуляторных генов. Мутация регуляторного гена приводит к изменению количества одного или нескольких белков без изменения их структуры.

Митохондриальные гены, кодирующие в митохондриях часть рибосомальных и транспортных РНК, ферментов окислительного фосфорилирования, также могут мутировать, причем частота мутаций у них выше, чем у ядерных генов.

Хромосомная мутация — более тяжелое повреждение наследственного аппарата. Она заключается в изменении или структуры хромосом (структурная аномалия, или

хромосомная aberrация, — делеция, транслокация, транспозиция, инверсия, дупликация; нить хромосомы может разорваться в одном или нескольких местах, ее сегменты могут потеряться или неправильно соединиться), или их количества (как результат — нерасхождение гомологических хромосом в гаметогенезе). Делеция приводит к потере хромосомного материала и служит причиной более угрожающих последствий, чем транслокация и инверсия. В возникновении некоторых хромосомных aberrаций имеют значение не одно, а несколько первичных событий (для формирования определенных транслокаций необходимо почти одновременное возникновение двух делеций с последующим объединением разорванных частей).

**Антимутационные механизмы.** В организме существуют многочисленные механизмы, которые предотвращают появление мутации, восстанавливают мутантный ген, препятствуют его реализации или компенсируют вызванные им нарушения.

На молекулярном уровне компенсаторная реакция заключается в инактивации эндогенных мутагенов (например, активных форм кислорода) с помощью естественных антиоксидантных систем.

Генетическому аппарату свойственна определенная надежность. Не каждая замена азотистого основания в молекуле ДНК приводит к ошибке в случае ее редупликации. Двойной характер спирали ДНК — один из факторов этой надежности, поскольку в случае одноцепочечного повреждения молекулы ДНК восстановление происходит по матрице другой цепи. Кроме того, в клетке существует система ферментов репарации поврежденной ДНК (см. рис. 3), которые распознают дефект, вырезают этот фрагмент (с помощью эндонуклеазы), расщепляют его (под действием экзонуклеазы), синтезируют нормальный фрагмент (используя полимеразу) и вшивают его (с помощью лигазы). Этот защитный механизм восстанавливает около 95 % спонтанных мутаций.

Поскольку кодирующие последовательности ДНК составляют не более 10 % генома (считается, что даже 2—5 %), а основная часть ДНК не несет информации об аминокислотной последовательности белков и не кодирует структуры рибосомальных и других типов РНК, мутации в этих частях генома, очевидно, являются ”нейтральными”.

Такие грубые нарушения генетического аппарата, как хромосомные aberrации, не репарируются, т. е. морфологически не восстанавливаются. Однако иногда их существование каким-то образом компенсируется. Например, сбалансированными иногда бывают хромосомные транслокации, возможно потому, что набор генетического материала все-таки полный (а не дефицитный).

В отличие от мутантных соматических клеток, против которых существуют иммунные механизмы защиты (элиминация аномальных белков с помощью антител, а мутантных клеток — посредством цитолиза и фагоцитоза), мутантные половые клетки не подпадают под действие этих защитных механизмов. Однако если они выживают, то часто теряют

способность к оплодотворению. Кроме того, с возрастом репродуктивная функция человека ослабляется, половые клетки реже оплодотворяются и немало хромосомных aberrаций в половых клетках, частота которых с возрастом увеличивается, остаются без последствий.

Следующие защитные механизмы реализуются уже у потомков, получивших мутацию в наследство.

Существуют генетические механизмы компенсации. Так, если мутантный ген в половой клетке — рецессивный, то у потомков в гетерозиготе при наличии нормального аллельного гена мутация фенотипически не проявляется (нормальный ген доминирует над патологическим аллелем). Иногда гетерозиготы даже получают селективное преимущество (носители гена серповидности эритроцитов устойчивы к малярии). Если мутантный ген локализован в X-хромосоме, отвечающей у человека за многие патологические генетические признаки, большинство из которых рецессивные (например, ген гемофилии), то проявления зависят от пола носителя: женщины будут здоровыми, наличие X-хромосомы с поврежденным геном у них будет компенсироваться другой, нормальной X-хромосомой.

Метаболизм также имеет определенный запас прочности. Не каждое нарушение первичной структуры белковых молекул приводит к нарушению их конформации, так как они пластичны (немало мутаций генов гемоглобина совсем не имеют вредных последствий). Функция белка может сохраняться и в случае снижения его концентрации (иногда достаточно 50 % активности фермента). Многие функции в организме обеспечиваются различными метаболическими путями, поэтому при повреждении одного из них компенсация может происходить за счет других.

На уровне целостного организма существуют такие приспособительные феномены, как пенетрантность (вероятность фенотипического проявления гена) и экспрессивность (степень клинического проявления) гена. Они зависят и от генетических факторов, и от факторов окружающей среды. Пенетрантность никогда не бывает 100 %. Даже доминантным признакам свойственна неполная пенетрантность и переменная экспрессивность. Иногда экспрессия определяется уровнем половых гормонов (например, реализация генов, ответственных за облысение, зависит от уровня андрогенов, поэтому она ограничена у женщин). Продолжается дискуссия относительно выделения класса так называемых динамических мутаций, которым свойственна переменная пенетрантность в сочетании с неполным доминированием. Для некоторых болезней, вызванных именно такими мутациями, характерно нарастание степени тяжести в поколениях (например, синдром ломкой X-хромосомы, миотоническая дистрофия, нейродегенеративные болезни, хорея Гентингтона).

Популяция не поддерживает носителей вредных мутаций. Не выживают или не дают потомства большинство носителей хромосомных aberrаций и вредных доминантных генов (естественный отбор). Этому способствует и традиция ограничения браков среди кровных родственников.

Дальнейшие звенья патогенеза зависят от вида мутации — генная она или хромосомная. На этом основании различают две группы болезней — молекулярно-генетические (собственно наследственные) и хромосомные.

## 9. Молекулярные основы канцерогенеза.

*Принципы современной онкогенно-антионкогенной теории канцерогенеза:*

1. В основе современной модели канцерогенеза лежит концепция онкогенов (протоонкогенов) и антионкогенов (генов-супрессоров). Ведущую роль в формировании опухоли играют два класса нормальных регуляторных генов: протоонкогены - активаторы пролиферации и дифференцировки клеток и супрессорные гены (антионкогены) - ингибиторы этих процессов. Также выделяют третий класс онкоассоциированных генов, к которым относят мутаторные гены.
2. Пусковым и обязательным событием в канцерогенезе являются нелегальные повреждения протоонкогенов и генов-супрессоров в виде их структурных изменений. Последствиями таких генетических повреждений (мутаций) является активация онкогенов и инактивация генов-супрессоров и мутаторных генов. В результате мутаций возникают нарушения баланса между ними, происходит утрата контроля за нормальным клеточным ростом, дифференцировкой и пролиферацией, которые, в конечном счете,

приводят к злокачественной трансформации клетки и развитию новообразования. 3. Малигнизированный клон не возникает путем однократного мутационного события. Активации одного онкогена или, наоборот, потери функции одного антионкогена, недостаточно для превращения нормальной клетки в опухолевую. На основании математического моделирования предполагается, что для превращения нормальной клетки в опухолевую требуется независимых случайных мутаций как минимум в 4-5 генах (протоонкогенах, генах-супрессорах). Условие состоит в том, чтобы оба события совпали в одной и той же клетке. Только при этом нормальная клетка становится раковой. На деле, при возникновении конкретного опухолевого клона для реализации конечного результата необходимо гораздо большее количество мутационных шагов. Каждая опухоль, таким образом, имеет свой генетический портрет, который и определяет ее свойства.

4. Происхождение мутантных генов, участвующих в канцерогенезе, может быть различным. Повреждения онкогенов и генов-супрессоров в соматических клетках организма могут быть следствием воздействия на человека различных экзогенных и эндогенных факторов. В этом случае они не наследуются, но определяют трансформацию именно той клетки, которая их приобретает. Большинство известных раков относится к данному типу. Повреждения, затрагивающие потенциальные онкогены (антионкогены), могут быть в половых клетках. В этом случае они наследуются через половинный набор хромосом одного из родителей, создавая предпосылки для реализации наследуемых семейных форм рака (наследственной предрасположенности к раку). 5. Раковая клетка передает свою аномальность по наследству своим дочерним клеткам через механизмы генетического классического наследования. Поэтому, с позиций молекулярной генетики, рак является генетическим заболеванием (заболеванием генома клетки!), вызванным изменениями в протоонкогенах (или генах-супрессорах).

Поскольку опухоль – генетическая болезнь- она незаразна.

6. Пролиферация является необходимым компонентом процесса канцерогенеза. Она может быть результатом генетических изменений в клетке, или связана с другими физиологическими или патологическими процессами и предшествовать изменению в геноме. Репликация ДНК в пролиферирующих клетках делает их более чувствительными к мутациям. В активно делящихся клетках увеличивается также вероятность спонтанных мутаций, поэтому пролиферация может быть охарактеризована как ранняя стадия канцерогенеза. Неделаящаяся, дифференцированная клетка не озлокачивается.
7. Генетическая концепция канцерогенеза подразумевает, что популяция опухолевых клеток - это результат размножения, начавшийся от одной клетки – родоначальницы клона, претерпевшей опухолевую трансформацию. В этом состоит смысл представления о моноклональном развитии злокачественных опухолей.

8. В настоящее время канцерогенез понимается как стадийный, ступенчатый процесс, в основе которого лежит концепция инициации, промоции и прогрессии. Согласно этой концепции, в результате инициации клетка претерпевает необратимые изменения генотипа, которых, однако, недостаточно для ее превращения в опухолевую. На стадии промоции в клетке происходят процессы, приводящие к формированию опухолевого фенотипа, т.е. превращению инициированной клетки в злокачественную. В основе прогрессии опухоли лежит процесс наращивания злокачественных свойств опухолевых клеток путем отбора соответствующих клонов. Переход от одной стадии канцерогенеза к другой (последующей или предыдущей) происходит в результате воздействия экзогенных и эндогенных факторов, которые могут, как способствовать, так и противодействовать этому процессу.
9. Важную роль в реализации мутаций и канцерогенеза играют также факторы риска и антириска. Имеется в виду роль возраста, пола, питания, вредных привычек, наследственности, социально-географических и природно-этнических факторов. Доказано, что факторы образа жизни и окружающей среды являются основной причиной развития 90-95% злокачественных опухолей человека.

Основным направлением применения трансгеноза для генетической модификации культурных растений является повышение их устойчивости к неблагоприятным воздействиям окружающей среды, в частности вирусам и гербицидам. Метод получения трансгенных растений, устойчивых к вирусам, основан на введении в них трансгенов, экспрессирующих в клетках моноклональные антитела, направленные против вирусных белков. Чаще всего для создания трансгенных растений используют следующий подход. Сегмент Т-ДНК вырезают из Ti-плазмиды с помощью рестриктаз и встраивают в стандартную плазмиду-вектор бактерии *Escherichia coli*. Рекомбинантная плазида размножается, и в участок Т-ДНК вставляют нужный ген так же, как и в обычную плазмиду, с использованием рестриктаз. Такой молекулярный гибрид вводят в *Agrobacterium tumefaciens*, содержащий неизмененную Ti-плазмиду. Благодаря процессу рекомбинации происходит обмен гомологичными участками ДНК рекомбинантной и Ti-плазмид. В результате получится рекомбинантная Ti-плазида, несущая нужный ген. Делают небольшое повреждение в растительной ткани, выделяется сок с кислой реакцией и высокой концентрацией лигнина. Это специфически стимулирует экспрессию генов *vir*-области. Лигнин взаимодействует с продуктом гена *virA*, передается сигнал внутрь клетки, активируется продукт гена *virG*, что в свою очередь активирует остальные гены вирулентности. Белок *VirD2* в комплексе с белками *VirC1* и *VirD1* вносит одноцепочечные разрывы в нуклеотидные последовательности правой и левой границ Т-ДНК. Синтезируется новая цепь Т-ДНК, а старая, с присоединенным к 5'-концу *VirD2*, вытесняется. Процесс повторяется, и в клетке накапливается одноцепочечная Т-ДНК, готовая к переносу. Затем комплекс Т-ДНК с белками *VirD2* и *VirE2* направленно переносится в клетку растения с помощью процесса, сходного с бактериальной конъюгацией. Перенос происходит через пили, а затем через канал в клеточной мембране растения, сформированный белком *VirE2*. *VirD2* и *VirE2* способствуют проникновению Т-ДНК в геном растения. Сайты инсерции случайны. Процесс длится около 30 минут. Единичные растительные клетки заражаются, выращивается целое растение, все клетки которого будут экспрессировать нужный ген.

11. Специфическое применение биотехнологических процессов для решения проблем окружающей среды: переработка отходов, борьба с загрязнениями, тиков, нефтяных загрязнений.

Специфическое применение биотехнологических методов для решения проблем окружающей среды, таких как переработка отходов, очистка воды, устранение загрязнений, составляет предмет экологической биотехнологии.

В связи с ростом городов и развитием промышленности возникли серьезные экологические проблемы: загрязнение водоемов, накопление ядовитых веществ, в том числе канцерогенных, бытового мусора и отходов, загрязнение воздуха.

Однако многие созданных человеком низкомолекулярных соединений (ядохимикаты, детергенты) и высокомолекулярных полимеров оказались устойчивыми и не разлагаются микроорганизмами, т.е. требуется разработка более усовершенствованных технологий. Обычно для утилизации отходов применяют комплексы микроорганизмов и специальные приборные устройства. Многие из созданных человеком химических веществ проявляют биологическую активность: обладают мутагенными, канцерогенными, тератогенными свойствами, нарушают структуру клетки. Некоторые загрязняющих биосферу веществ по своему происхождению являются природными соединениями. Например, компонент древесины лигнин, образующийся в

значительных количествах как отход целлюлозно-бумажной промышленности, - опасный поллютант. К числу загрязняющих биосферу веществ природного происхождения принадлежат и многие ароматические и галогенсодержащие углеводороды.

*Биохимические основы методов биологической очистки сточных вод.* Биологические методы очистки сточных вод основываются на естественных процессах жизнедеятельности гетеротрофных микроорганизмов.

Микроорганизмы, как известно, обладают целым рядом особых свойств, из которых следует выделить три основных, широко используемых для целей очистки:

1. Способность потреблять в качестве источников питания самые разнообразные органические ( и некоторые неорганические) соединения для получения энергии и обеспечения своего функционирования.
2. Во-вторых, это свойство быстро размножаться. В среднем число бактериальных клеток удваивается через каждые 30 мин. По утверждению ученых, если бы микроорганизмы могли бы беспрепятственно размножаться, то при наличии достаточного питания и соответствующих условий за 5 – 7 дней масса только одного вида микроорганизмов заполнила бы бассейны всех морей и океанов. Этого, однако, не происходит как из-за ограниченности источников питания, так и благодаря сложившемуся природному экологическому равновесию.
3. Способность образовывать колонии и скопления, которые сравнительно легко можно отделить от очищенной воды после завершения процессов изъятия содержащихся в ней загрязнений.

В живой микробной клетке непрерывно и одновременно протекают два процесса – распад молекул (катаболизм) и их синтез (анаболизм), составляющие в целом процесс обмена веществ – метаболизм. Источником питания для гетеротрофных микроорганизмов являются углеводы, жиры, белки, спирты и т.д, которые могут расщепляться ими либо аэробных, либо анаэробных условиях.

Весь цикл взаимоотношений клетки с окружающей средой в процессе изъятия из нее и трансформации питательных веществ определяется и регулируется соответствующими ферментами. Ферменты локализуются в цитоплазме и в различных субструктурах, встроенных в мембрану клетки, выделяются на поверхность клетки или в окружающую среду. Общее содержание ферментов в клетке достигает 40 – 60% от общего содержания в ней белка, а содержание каждого из ферментов может составлять от 0,1 до 5% от содержания белка. При этом в клетках может находиться свыше 1000 видов ферментов, а каждую биохимическую реакцию, осуществляемую клеткой, могут катализировать 50 – 100 молекул соответствующего фермента. Часть ферментов представляют собой сложные белки (протеиды), содержащие кроме белковой части (апофермента) небелковую часть (кофермент). Во многих случаях коферментами являются витамины, а иногда – комплексы, содержащие ионы металлов.

Процессы биохимического окисления у гетеротрофных организмов делят на три группы в зависимости от того, что является конечным акцептором водородных атомов или электронов, отщепляемых от окисляемого субстрата. Если акцептором является

кислород, то этот процесс называется клеточным дыханием или просто дыханием; если акцептор водорода – органическое вещество, то процесс окисления называют брожение: наконец если акцептором водорода является неорганическое вещество типа нитратов, сульфатов, то процесс называют анаэробным дыханием, или просто анаэробным. Наиболее полным является процесс окисления, т.к. его продукты – вещества, неспособные к дальнейшему в микробальной клетке и не содержащие запасы энергии, которая могла быть высвобождена обычными химическими реакциями. Главные из этих веществ, как уже отмечалось – диоксид углерода и вода. Аэробная диссимиляция субстрата – углеводов, белков, жиров – носит характер многостадийного процесса, включающего первоначальное расщепление сложного углеродсодержащего вещества на более простые субъединицы (к примеру полисахариды – в простые сахара; жиры – в жирные кислоты и глицерол; белки – в аминокислоты), подвергающиеся в свою очередь, дальнейшей последовательной трансформации. При этом доступность субстрата окислению существенно зависит от строения углеродного скелета молекул (прямой, разветвленный, циклический) и степени окисления углеродных атомов. Наиболее легко доступными считаются сахара, особенно гексозы, за ними следуют многоатомные спирты (глицерин, манит и др.) и карбоновые кислоты.

Брожение является процессом неполного расщепления органических веществ, преимущественно углеводов в условиях без кислорода, в результате которого образуются различные промежуточные частично окисленные продукты, такие как спирт, глицерин, муравьиная, молочная, пропионовая кислоты, бутанол, ацетон, метан и др., что широко используется в биотехнологии для получения целевых продуктов. До 97% органического субстрата может превращаться в такие побочные продукты и метан. Ферментативное анаэробное расщепление белков и аминокислот называют гниением. Следует отметить, что в промышленной биотехнологии для получения различных продуктов микробального происхождения (кормовых или пекарских дрожжей, различных органических кислот, спиртов, витаминов, лекарственных препаратов) используются чистые культуры, т.е. микроорганизмы одного вида зачастую селекционируемые, со строгим поддержанием видового состава, соответствующих условий питания, температуры, активной реакции среды и пр., исключающих появление или развитие других видов микроорганизмов, что могло бы привести к отклонению качества получаемого продукта от установленных стандартов. При очистке сточных вод содержащих смесь разнообразных по химическому составу загрязнений, которые иногда даже весьма трудно идентифицировать аналитическими методами, биомасса, осуществляющая очистку, также представляет собой смесь, а точнее, сообщество различных видов микроорганизмов и простейших со сложными между ними отношениями. Как видовой, так и количественный состав биомассы

очистных сооружений будет зависеть от конкретного метода биологической очистки и условий его реализации.

*Конструкции аэротенков.* Конструктивное оформление аэротенков определяется пропускной способностью очистных сооружений, исходными характеристиками подлежащей очистке воды, определяющими режим работы аэротенков, типом аэрационного оборудования для подачи воздуха и перемешивания, конструкцией других сооружений, включаемых в технологическую схему очистки сточной воды и др. При конструировании решаются вопросы оптимального разложения коммуникаций, подводящих к аэротенкам сточную воду на очистку, циркуляционный активный ил, воздух, коммуникаций, отводящих иловую смесь из аэротенков в сооружения илоотделения и избыточного активного ила на обработку.

Для крупных очистных сооружений применяются, главным образом, прямоугольные в плане аэротенки с пневматической аэрацией, хотя имеются крупные очистные сооружения с механической системой аэрации. Для сравнительно небольших очистных сооружений применяются как прямоугольные, так и круглые в плане аэротенки с пневматической, механической или пневмомеханической аэрацией. Одной из существенных характеристик аэротенков является их связь с сооружениями последующего разделения иловой смеси. С этой точки зрения различают аэротенки с отдельными отстойными сооружениями, т.е. с независимым друг от друга гидравлическим режимом работы аэротенков и вторичных отстойников, и аэротенки-отстойники, в которых эти два сооружения определенным образом гидравлически связаны и взаимосвязаны. Широко применяемые аэротенки для крупных и средних очистных сооружений представляет собой прямоугольный в плане резервуар, разделенный на два-четыре коридора продольными перегородками, обеспечивающими протекание по ним иловой смеси. Коридорное устройство аэротенков позволяет относительно легко решать вопросы подвода очищаемой жидкости и ила в аэротенк и отвода иловой смеси независимо от технологической схемы работы аэротенка. Ширина коридора может составлять 4,5 – 9 м (а иногда и более) при глубине его до 6 м. Длина аэротенков может достигать нескольких десятков метров в зависимости от пропускной способности очистных сооружений.

*Получение экологической чистой энергии. Биогаз.* Экологически чистую энергию можно получать путем преобразования солнечной энергии в электрическую с помощью солнечных коллекторов, а также из биогаза и микробного этанола.

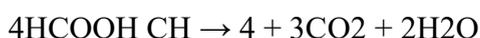
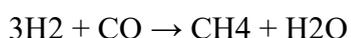
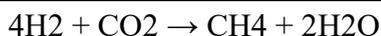
*Биогаз* – это смесь из 65% метана, 30% CO<sub>2</sub>, 1% сероводорода и незначительных примесей азота, кислорода, водорода и угарного газа. Энергия, заключенная в 28 м<sup>3</sup> биогаза, эквивалентна энергии 16,8 м<sup>3</sup> природного газа; 20,8 л нефти; 18,4 л дизельного

топлива. В основе получения биогаза лежит процесс метанового брожения, или метаногенез – процесс превращение биомассы в энергию.

*Биометаногенез* – сложный микробиологический процесс, в котором органическое вещество разлагается до диоксида углерода и метана в аэробных условиях. Микробиологическому анаэробному разложению поддаются практически все соединения природного происхождения, а также значительная часть ксенобиотиков органической природы. В анаэробном процессе биометаногенеза выделяют три последовательные стадии, в которых участвуют свыше 190 различных микроорганизмов. *На первой стадии* под влиянием экстрацеллюлярных ферментов ферментативному гидролизу подвергаются сложные многоуглеродные соединения – белки, липиды и полисахариды. Вместе с гидролитическими бактериями функционируют и микроорганизмы – бродильщики, которые ферментируют моносахариды, органические кислоты.

*На второй стадии* (ацидогенез) в процессе ферментации участвуют две группы микроорганизмов: ацетогенные и гомоацетогенные. Ацетогенные  $H_2$ -продуцирующие микроорганизмы ферментируют моносахариды, спирты и органические кислоты с образованием  $H_2$ ,  $CO_2$ , низших жирных кислот, в основном ацетата, спиртов и некоторых других низкомолекулярных соединений. Деградация бутирата, пропионата, лактата с образованием ацетата происходит при совместном действии ацетогенных  $H_2$ -продуцирующих и  $H_2$ -утилизирующих бактерий. Гомоацетатные микроорганизмы усваивают  $H_2$  и  $CO_2$ , а также некоторые одноуглеродные соединения через стадию образования ацетил-КоА и превращение его в низкомолекулярные кислоты, в основном ацетат.

*В заключительной третьей стадии* анаэробного разложения отходов образуется метан. Он может синтезироваться через стадию восстановления  $CO_2$  молекулярным водородом, а также из метилной группы ацетата. Некоторые метановые бактерии способны использовать в качестве субстрата формиат,  $CO_2$ , метанол, метиламин и другие ароматические соединения:



Особое место в утилизации отходов занимает метановое сбраживание. Оно позволяет получать из местного сырья биогаз как локальный источник энергии, а также улучшать качество органического удобрения и защищать окружающую среду от загрязнений. Экологически чистые источники энергии не влияют отрицательно на окружающую среду.

В зависимости от температуры протекания процесса метановые бактерии разделяют на мезо- и термофильные. Оптимальная температура для мезофильных бактерий от 30 до 40°C, а для термофильных от 50 до 60°C. В целом термофильный процесс метаногенеза идет интенсивнее мезофильного, притом в этих условиях анаэробной переработки отходов субстрат обеззараживается от патогенной микрофлоры и гельминтов. При анаэробном переработке отходов животноводческих ферм микрофлора метантенков (анаэробных ферментеров) формируется преимущественно из микрофлоры желудочно-кишечного тракта данного вида животных и микрофлоры окружающей среды. После определения срока работы метантенка при установленном температурном режиме и на постоянном субстрате образуется сравнительно стабильный консорциум микроорганизмов.

Для получения биогаза можно использовать отходы сельского хозяйства, испорченные продукты, стоки крахмал перерабатывающих предприятий, жидкие отходы сахарных заводов, бытовые отходы, сточные воды городов и спиртных заводов. Процесс ведется при температуре 30 – 60°C и pH 6 – 8. Этот способ получения биогаза широко применяют в Индии, Китае, Японии. В настоящее время для производства биогаза чаще используют вторичные отходы (отходы животноводства и городские сточные воды), чем первичные (отходы зерноводства, полеводства, хлопководства, пищевой, легкой, микробиологической, лесной и других отраслей), обладающих сравнительно низкой реакционной способностью и нуждающиеся в предварительной обработке. В реакторах для обработки отходов подача отходов и отбор отработанного стока осуществляется в нижней части реактора. Режим его работы может быть как периодическим, так и полунепрерывным. Реактор обычно имеет две (или более) секции для разделения стадий процесса.

Современное состояние проблем и перспектив в области получения биогаза свидетельствует о том, что анаэробная конверсия органических отходов в метан – наиболее конкурентоспособная область биоэнергетики. Основное преимущество биогаза

состоит в том, что он является возобновляемым источником энергии. Его производство будет также длительно, как существование жизни на Земле.

12. Использование научных достижений в области физико-химической биологии  
и фундаментальных биологических дисциплин в биоиндустрии.

Широкое использование в биологии методов точных наук — химии, физики, кристаллографии — привело к возникновению новых научных направлений, таких, как биофизика, биоорганическая химия, молекулярная биология, молекулярная биофизика и

т. д.

Успехи, достигнутые за последние 10—20 лет в физико-химической биологии, значительны и разнообразны, но мы ограничимся фрагментарным рассмотрением лишь двух вопросов: о материальном субстрате процессов жизнедеятельности и регуляции протекающих в организме процессов обмена веществ.

Электронная микроскопия с разрешением до 2 Å открыла новый мир структурных образований в клетке. Особенно важным и интересным оказалось установление того факта, что структурные образования ядра и цитоплазмы выполняют специализированные функции. В ядре происходит синтез нуклеиновых кислот, нуклеотидов, нуклеопротеидов, благодаря чему обеспечивается процесс передачи информации, осуществляемый на генетическом уровне. В митохондриях за счет энергии окисления различных веществ образуются богатые энергией соединения, в частности аденозинтрифосфорная кислота. Именно в ней, как известно, в связях между фосфатными группами аккумулируется энергия в легко утилизируемой форме. Рибосомы — ничтожно малые частицы, не более 200 Å в диаметре, с коэффициентом седиментации (осаждение) 70S, состоящие из двух неравных субчастиц с коэффициентами седиментации 30 S и 50S, служат местом синтеза белков. Лизосомы представляют собой мешочки, заполненные раствором гидролаз, обладающих большой расщепляющей силой и т. д. В клетке широко представлены комплексы, образованные различными веществами, однако важнейшая часть клетки и ее структурных компонентов — белки.

На исключительную роль белков еще в 1838 г. обратил внимание Г. Мульдер, назвавший их протеинами, т. е. первейшими или важнейшими по значению, без участия которых жизнь невозможна. В 1895 г. один из крупнейших представителей органической химии А. фон Бейер, настроенный весьма скептически, считал, что нет никакой надежды в ближайшем будущем выяснить природу белка. Любопытно, что уже через пять лет А. Бейер оказался свидетелем работ Э. Фишера и Ф. Гофмейстера, установивших пептидную структуру белка.

В 1916 г. Э. Абдерхальден и А. Фодор синтезировали пептид, состоявший из 19 аминокислотных остатков и дававший ряд реакций, характерных для белковых веществ. Однако знание даже всех 20 качественно различных аминокислот, входящих в состав белка, не обеспечивало расшифровки его строения. Число возможных сочетаний 20 аминокислот составляет более двух квинтиллионов ( $2 \cdot 10^{18}$ ). Поэтому установить последовательность аминокислотных остатков в молекуле белка казалось делом почти безнадежным, не говоря уже об искусственном лабораторном его синтезе. Пионером в этой области оказался Ф. Сангер — молодой биохимик Кембриджского университета,

предпринявший в начале 40-х годов исследование первичной структуры белкового гормона инсулина, состоящего из 51 аминокислоты. Работа потребовала 10 лет напряженного труда. Ее результаты были опубликованы в 1953 г. и стали одним из важнейших научных достижений нашего времени. Вскоре С. Мур с сотрудниками в результате трехлетней работы расшифровали первичную структуру белка, состоящего из 124 аминокислот, — поджелудочной рибонуклеазы.

Несколько лет назад в совместной работе двух лабораторий, руководимых академиком

Ю. А. Овчинниковым и академиком А. Е. Браунштейном, была установлена первичная

структура аспартаттрансаминазы — белка, состоящего из 412 аминокислотных остатков. В настоящее время последовательность аминокислотных остатков в белках широко анализируют во многих лабораториях мира, и число расшифрованных первичных структур, вероятно, приближается к 1000. При знании последовательности расположения аминокислотных остатков в белке синтез его уже не казался невозможным. И действительно, уже осуществлен лабораторный синтез ряда белков, в первую очередь гормона инсулина и фермента рибонуклеазы,

Параллельно химическому анализу аминокислот в 50-е годы все больше внимания начал привлекать рентгеноструктурный анализ кристаллических белков, позволявший определять их пространственную конфигурацию. Именно благодаря этим исследованиям удалось представить пространственную структуру миоглобина,  $\alpha$ - и  $\beta$ -цепей гемоглобина, рибонуклеазы, лизоцима и др. Очень много усилий тратится на определение пространственной конфигурации, или третичной структуры белков-ферментов. Интересна история установления белковой природы ферментов. По-видимому, впервые, впрочем, без достаточных оснований белковую природу ферментов постулировал Н. Е. Лясковский в 1862 г., писавший, что белки при известных условиях могут играть роль ферментов. Очень четко на белковую природу ферментов указывал И. П. Павлов. В его «Лекциях по физиологии» читаем: «Ферменты — тела белковой природы». Один из его сотрудников Е. А. Ганике в работе, опубликованной в 1901 г., приравнивал ферменты ко «всякому белковому веществу», а другой сотрудник, В. Н. Керстен, в 1902 г. писал: «Пепсин — очень сложное белковое вещество». Кстати, это полностью подтвердилось: лишь совсем недавно в результате рентгеноструктурного анализа Н. С. Андреевой удалось установить трехмерную структуру пепсина.

Итак, в лаборатории И. П. Павлова на рубеже двух столетий и в самом начале XX в. белковая природа ферментов была не только постулирована, но и экспериментально доказана применительно к ферменту желудочного сока — пепсину. Несмотря на это, в фундаментальном руководстве по энзимологии Г. Эйлера, вышедшем в 1925 г., говорится: «энзимом... называют вещество животного или растительного происхождения неизвестного состава и неизвестной структуры». А в обстоятельном учебнике К. Оппенгеймера и Р. Куна (1927 г.) сказано: «Все ферменты, выделенные до настоящего времени приблизительно в чистом виде, не дают реакции ни на белки, ни на углеводы. Все полученные Р. Вильштетером чистейшие препараты ферментов не содержат белка и углеводов». Считалось также, что ферменты всегда проявляют свое каталитическое действие, присутствуя лишь в ничтожно малых количествах.

Получение в 1926 г. Дж. Самнером кристаллической уреазы и доказательство ее белковой природы, а затем получение Д. Нортропом в 1930 г. кристаллического

пепсина, наконец, открытие Б. А. Энгельгардтом и М. Н. Любимовой в 1940 г. ферментативных свойств миозина — белка, составляющего 40% всех мышечных белков у высших животных, противоречили общепринятым взглядам. Лишь после повторных проверок данные Д. Нортропа, а также В. А. Энгельгардта и М. Н. Любимовой были безоговорочно приняты и составили одно из основных положений современной энзимологии.

Свойства и строение белковых веществ, их первичную и третичную, т. е.

пространственную, структуру, условия ассоциации в более крупные конгломераты (четвертичная структура), а также диссоциацию на составляющие компоненты изучают в настоящее время главным образом на выделенных и очищенных препаратах индивидуальных ферментов. В качестве примера сложного конгломерата ферментов можно назвать пируватдегидрогеназу скелетных мышц, обладающую молекулярным весом около 10 млн., гомогенную при седиментации и осуществляющую по крайней мере пять отдельных ферментативных актов; Этот белковый комплекс легко разбить на составные части, каждая из которых также обладает сложной четвертичной структурой и подвергается в определенных условиях дальнейшей диссоциации на индивидуальные белки с молекулярным весом в несколько десятков тысяч — в среднем около 50 тыс. Таким образом, в структуру начального комплекса с 10-миллионным молекулярным весом входит около 200 индивидуальных белков.

Методы электронной микроскопии, ультрацентрифугирования, высоковольтного электрофореза, спектро — и флуориметрии, ядерного магнитного и электронно-парамагнитного резонанса, масс-спектрометрии и радиографии, а также другие методы физики и химии широко вовлекаются в анализ структуры как молекул ферментов в целом, так и отдельных их частей.

Естественно поставить вопрос: *что предопределяет пространственную (третичную) структуру белков*, в частности белков-ферментов, а следовательно, и формирование их активного центра, от конфигурации которого зависит выполнение каталитической функции?

В настоящее время на этот вопрос можно, по-видимому, ответить однозначно. В самой последовательности аминокислот в молекуле белка заложена пространственная структура, которая связана с образованием в цепи аминокислотных остатков перегибов и петель, формирующих белковую глобулу.

Одно из новых, важных и перспективных направлений в физике и химии белка — детальный анализ свойств отдельных аминокислотных остатков, обуславливающих изгибы и повороты пептидной цепи. Это направление исследований широко представлено у нас в Институте белка АН СССР в работах академика А. С. Спирина, О. Б. Птицына, В. И. Лима и др. Подразделив аминокислоты на гидрофобные (малые, средние и большие) и гидрофильные (малые и большие), они сформулировали ряд правил, определяющих ту роль, которую играют в образовании перегибов и спиралей пептидной цепи отдельные аминокислотные остатки, входящие в первичную структуру белка. Пространственная структура ряда белков, представленная на основании этих

правил по расчетным данным, хорошо соответствовала результатам, полученным экспериментально путем рентгеноструктурного анализа.

Таким образом, третичную структуру белка со всеми его биологическими особенностями, а для ферментов – каталитическую активность предопределяет структура первичная, т. е. последовательность расположения в белке аминокислотных остатков. Тем более важно было выяснить, как складывается и чем предопределяется первичная структура белка при его синтезе, обеспечивающем полное обновление белков в разные сроки в зависимости от их локализации в органах и тканях, качества и

функции.

Развитие исследований по этой проблеме насчитывает немногим более 20 лет. Их начало можно отнести к 50-м годам нашего столетия, когда была выяснена структура дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), входящей в состав хроматина клеточного ядра, и когда были охарактеризованы разные формы рибонуклеиновой кислоты (РНК), присутствующей как в ядре, так и главным образом в цитоплазме.

В результате длительных и обстоятельных исследований Э. Чаргаффом и его сотрудниками в 1950—1953 г были установлены закономерности, касающиеся содержания четырех нуклеотидов — двух пуриновых и двух пиримидиновых в составе ДНК. Эти закономерности получили название правил Чаргаффа, Согласно им в ДНК содержание пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов одинаково, так же как общее количество аминно — и окси — соединений. Одновременно с химическими исследованиями Чаргаффа ряд исследователей, особенно Р. Франклин и М. Уилкинс, проводили рентгеноструктурный анализ выделенных и очищенных препаратов ДНК. Учитывая накопившиеся результаты двух направлений исследований, Д. Уотсон и Ф. Крик с замечательной прозорливостью предложили в 1953 г. пространственную модель ДНК в виде двойной спирали, состоящей из двух антипараллельных нуклеотидных цепей с общей осью. Рисунки этой модели приводятся обычно во всех учебниках по биологии.

Пуриновые и пиримидиновые нуклеотиды соединены в этой спирали попарно водородными связями и обращены внутрь нее. Витки спирали образуют большую и малую бороздки. Предполагалась, что в больших бороздках расположены белки щелочного характера — гистоны, образующие с ДНК нуклеопротеидный комплекс, способный к диссоциации и освобождению ДНК. В настоящее время допускается также другая структура хроматина ядра: четыре различных гистона соединены попарно, формируя каркас или стержень, вокруг которого спиралеобразно накручена ДНК, вступающая в реакцию с гистонами, образуя нуклеопротеидный комплекс. Большую роль в изменении структуры нуклеопротеида должны играть модификации гистонов путем их метилирования, ацетилирования и фосфорилирования. Исследования в этой области ведутся весьма интенсивно.

Как уже упоминалось, рибосомы прокариот состоят из двух субчастиц: малой и большой. Большая субъединица состоит из двух РНК и содержит более 30 различных белков, малая субчастица содержит одну РНК и 20 различных белков. В настоящее время белковые компоненты рибосом выделены и охарактеризованы. Их локализация и взаимное расположение изучены и описаны. На долю каждой субчастицы и рибосомы в целом выпадает ряд сложных актов в процессе синтеза белка. В исследованиях этого

---

процесса достигнуты замечательные результаты, которые невозможно обойти молчанием. Хотя, конечно, наш обзор будет поверхностным и схематичным.

Свободная мРНК в цитоплазме фиксируется на малой субчастице рибосомы, которая специализирована на связывании различных компонентов, участвующих в синтезе белка. Сюда же, к малой субчастице, связавшей мРНК, доставляются аминокислоты, транспортируемые специфическими транспортными РНК (тРНК) в виде аминоацил-тРНК. Характерные комбинации из трех нуклеотидов (триплеты) формируют в тРНК

антикодоны, комплементарно связываемые триплетами нуклеотидов — кодонами

матричной РНК. В этот момент к малой субчастице присоединяется большая, формируя цельную рибосому. Следующий этап заключается в передвижении — скольжении рибосомы по мРНК с переходом аминоацил-тРНК с малой частицы на большую. Это освобождает малую субчастицу для акцептирования следующей аминоацил-тРНК. Теперь осуществляется синтез пептидной связи.

Образовавшийся пептид сначала удерживается на аминоацил-тРНК, расположенной на малой субчастице, а затем передвигается на один триплет и размещается на большой субчастице, вытесняя оказавшуюся свободной тРНК. На свободную малую субчастицу доставляется новая аминоацил-тРНК, и акт синтеза пептидной связи повторяется до тех пор, пока не последует сигнал терминации — завершения синтеза. Тогда пептидная цепь переходит в среду, где формируется трехмерная структура белка уже согласно другим закономерностям.

Сложный процесс синтеза белка, осуществляемый в минутные и даже секундные интервалы времени, во многих деталях остается нерасшифрованным, хотя общий план его ясен. Открыто много индивидуальных белков и выяснено, что они участвуют во взаимоотношении компонентов синтеза, в сигнализации начала, продолжения и прекращения синтеза. В то же время механизм осуществляемых этими белками функций остается загадочным и требует дальнейших исследований. Все рассказанное относится главным образом к синтезу белка у прокариотов.

Возвращаясь к вопросу о наследственности процессов, связанных с биосинтезом белка, можно сформулировать следующее положение: характерная структура ДНК предопределяет структуру мРНК, последовательность триплетов нуклеотидов в мРНК предопределяет первичную структуру синтезируемого белка. Итак, последовательность «ДНК — мРНК — белок» — это основная догма молекулярной биологии. Однако сравнительно недавно выяснилось, что под влиянием фермента обратной транскриптазы может происходить формирование ДНК на используемой в качестве матрицы РНК. Если учесть, что матричную РНК, кодирующую синтез определенного белка, можно выделить, то использование ее как матрицы для синтеза ДНК равносильно получению гена заданного типа, предопределяющего своей структурой качество синтезируемого белка. Эта проблема активно разрабатывалась в ряде научно-исследовательских учреждений нашей страны совместно с некоторыми институтами ГДР и ЧССР и завершилась присуждением Государственной премии за эти исследования большому коллективу научных работников во главе с академиком В. А. Энгельгардтом.

Нельзя не упомянуть о крупных успехах, достигнутых в биосинтезе нуклеотидов различной сложности, а также о лабораторных синтезах нуклеиновых кислот с заданной последовательностью нуклеотидов.

---

Как известно, последовательность нуклеотидов во многих РНК установлена. Первичной

структуре тРНК придают обычно форму клеверного листа. Выяснена также и пространственная структура тРНК фенилаланила, У нас вклад в эту область исследований внесен академиком А. А. Баевым, которому удалось выяснить последовательность нуклеотидов в двух валиновых тРНК. Им разработан также метод химического разрезания тРНК на части, позволяющий локализовать в молекуле отдельные функциональные группы и оценить их роль в реакциях, характерных для тРНК. В настоящее время в нескольких зарубежных лабораториях и у нас разрабатываются проблемы искусственного синтеза ДНК и РНК с заранее заданной последовательностью нуклеотидов, Это большая и сложная задача. Ее решение будет иметь серьезное практическое значение.

Исследования, о которых я говорил до сих пор, принято относить к молекулярной биологии, так как они касаются информационной функции нуклеиновых кислот и реализации этой функции в специфическом биосинтезе белков. Нарушение или выпадение любого звена, участвующего в биосинтезе белков, неизбежно приведет к патологическому состоянию организма. Ввиду исключительного разнообразия функций белков — ферментативных, рецепторных, транспортных, сократительных, иммунных и т. д. — проявления патологии могут быть также весьма различными. Даже при нарушении образования только одного белка-фермента, например участвующего в биосинтезе кофермента, необходимого многим дегидрогеназам, наблюдаются весьма сложные патологические проявления.

Небезынтересно, что как в прошлом, так и в настоящее время анализ дефекта обмена веществ нередко приводил к открытию ранее не известных ферментов и катализируемых ими реакций. Так было, например, с болезнью Рифсама, описанной в начале 60-х годов нашего столетия. Это тяжелое наследственное заболевание нервной системы приводит к расстройству моторики, заключающемуся в нарушении координации движений. Оказалось, что это заболевание связано с нарушением  $\alpha$ -окисления жирных кислот. Такой путь превращений у млекопитающих и человека ранее не был известен; его анализ привел к описанию новых ферментов и промежуточных продуктов обмена веществ.

Понятно, насколько важно знать механизм и последовательность протекающих в организме реакций, чтобы иметь возможность выявить нарушенное звено в их течении и целенаправленным воздействием устранить дефект.

В организме белки и нуклеиновые кислоты широко образуют комплексы не только между собой, но и с другими веществами — липидами, углеводами, минеральными веществами, входя в состав физиологических жидкостей и клеточных структур. В расшифровке строения и функций этих соединений также достигнуты крупные успехи.

Выявлены все этапы, которые проходит биосинтез холестерина из ацетил-КоА, осуществляющийся с использованием обоих углеродных атомов ацетильного остатка. Установлены пути последующего образования из холестерина стероидных гормонов и желчных кислот. Проанализирована роль липидов в построении мембран. Достаточно изучены пути синтеза жирных кислот и сложных липидов, а также роль липидов и углеводов как источников энергии, потребляемой организмом.

Как в простых, так и в более сложных многоклеточных организмах процессы обмена веществ и энергии, синтеза и распада, развития и деградации протекают закономерно и слаженно. Причина упорядоченности химических реакций, протекающих в организме, лежит в строгой и многосторонней их регуляции. Системы регуляции исключительно разнообразны и относятся к различным уровням — от влияния центральной нервной системы на процессы обмена веществ до изменений в проницаемости клеточных

мембран или в молекулярной структуре ферментов. Для иллюстрации этих положений сошлемся на исследования по проблеме свертывания крови, проведенные Б. А. Кудряшовым в МГУ на здоровых молодых людях — студентах.

Оказалось, что после первого экзамена в зимнюю сессию у них наблюдается задержка, а после последнего экзамена в конце учебного года — явное ускорение в образовании сгустка. Б. А. Кудряшов приходит к выводу, что длительное систематическое эмоциональное напряжение приводит в конце года к истощению системы, обеспечивающей защиту от гиперкоагуляции, т. е. от повышенной свертываемости крови. Для центральной нервной системы обязательна смена деятельного состояния и покоя.

### 13. Программа «Геном человека».

**Проект Человеческий Геном** (англ. *The Human Genome Project, HGP*) — международный научно-исследовательский проект, главной целью которого было определить последовательность нуклеотидов, которые составляют ДНК, и идентифицировать 20—25 тыс. генов в человеческом геноме<sup>[1]</sup>. Этот проект называют крупнейшим международным сотрудничеством, когда-либо проводившимся в биологии<sup>[2]</sup>.

Проект начался в 1990 году, под руководством Джеймса Уотсона под эгидой Национальной организации здравоохранения США. В 2000 году был выпущен рабочий черновик структуры генома, полный геном — в 2003 году, однако и сегодня дополнительный анализ некоторых участков ещё не закончен. Частной компанией Celera Corporation был запущен аналогичный параллельный проект, завершённый несколько ранее международного. Основной объём секвенирования был выполнен в университетах и исследовательских центрах США, Канады и Великобритании. Кроме очевидной фундаментальной значимости, определение структуры человеческих генов является важным шагом для разработки новых медикаментов и развития других аспектов здравоохранения.

Хотя целью проекта по расшифровке генома человека является понимание строения генома человеческого вида, проект также фокусировался и на нескольких других организмах, среди которых бактерии, в частности, *Escherichia coli*, насекомые, такие как мушка дрозофила, и млекопитающие, например, мышь.

Изначально планировалось определение последовательности более трёх миллиардов нуклеотидов, содержащихся в гаплоидном человеческом геноме. Затем несколько групп объявили о попытке расширить задачу до секвенирования диплоидного генома человека, среди них международный проект MapMap (англ.), «Applied Biosystems», «Perlegen», «Illumina», «JCVI», «Personal Genome Project» и «Roche-454».

Геном любого отдельно взятого организма (исключая однойцевых близнецов и клонированных животных) уникален, поэтому определение последовательности человеческого генома в принципе должно включать в себя и секвенирование многочисленных вариаций каждого гена. Однако, в задачи проекта «Геном человека» не входило определение последовательности всей ДНК, находящейся в человеческих

клетках; а некоторые гетерохроматиновые области (в общей сложности около 8 %) остаются несеквенированными до сих пор. Существуют многочисленные определения «полной последовательности человеческого генома». Согласно некоторым из них, геном уже полностью секвенирован, а согласно другим, этого ещё предстоит добиться. В популярной прессе было множество статей, сообщающих о «завершении» генома. На данный момент завершается этап секвенирования генома, то есть определения порядка расположения нуклеотидов в нуклеиновых цепях человеческой ДНК. Собственно работы по интерпретации результатов секвенирования еще впереди. Это и будет расшифровка или прочтение генома. График истории расшифровки проекта показывает, что большая часть по секвенированию человеческого генома была закончена в конце 2003 года. Однако ещё остаётся несколько регионов, которые считаются незаконченными:

- Прежде всего, центральные регионы каждой хромосомы, известные как центромеры, которые содержат большое количество повторяющихся последовательностей ДНК; их сложно секвенировать при помощи современных технологий. Центромеры имеют длину миллионы (возможно десятки миллионов) пар нуклеотидов, и, по большому счёту, остаются несеквенированными.
- Во-вторых, концы хромосом, называемые теломерами, также состоящие из повторяющихся последовательностей, и по этой причине в большинстве из 46 хромосом их расшифровка не завершена. Точно не известно, какая часть последовательности остаётся не расшифрованной до теломер, но как и с центромерами, существующие технологические ограничения препятствуют их секвенированию.

- В-третьих, в геноме каждого индивидуума есть несколько локусов, которые содержат членов мультигенных семейств, которые также сложно расшифровать с помощью основного на сегодняшний день метода фрагментирования ДНК. В частности, эти семейства кодируют белки, важные для иммунной системы.
- Кроме перечисленных регионов, остаётся ещё несколько брешей, разбросанных по всему геному, некоторые из которых довольно крупные, но есть надежда, что все они будут закрыты в ближайшие годы.

, и маловероятно, что она содержит гены, однако это останется неизвестным, пока они не будут полностью секвенированы. Понимание функций всех генов и их регуляции остается далеко неполным. Роль мусорной ДНК, эволюция генома, различия между индивидуумами и многие другие вопросы по-прежнему являются предметом интенсивных исследований в лабораториях всего мира.

#### 14. Онкогены. РНК-содержащие вирусы.

первые этиологическая роль вирусов была продемонстрирована в 1910 г. П. Раусом на примере саркомы кур, хотя гипотеза о вирусной этиологии опухолей высказывалась и ранее. В 30-е годы XX в. была показана роль фильтрующих агентов в развитии папилломы и рака кожи у кроликов, рака молочной железы у мышей, лимфомы у цыплят. В 1946 г. российский вирусолог Л. А. Зильбер опубликовал монографию «Вирусная теория происхождения злокачественных новооб-

разований», в которой изложил свою вирусогенетическую теорию происхождения опухолей. Основу этой теории составляет постулат о необходимости тесного взаимодействия геномов вируса и клетки для последующей ее трансформации. Благодаря развитию молекулярной биологии, вирусогенетическая теория онкогенеза в начале 70-х годов XX в. нашла экспериментальное подтверждение.

В настоящее время установлена связь между вирусной инфекцией и последующей трансформацией клетки для вирусов, входящих в следующие семейства:

РНК-содержащие: семейство *Retroviridae*.

ДНК-содержащие: семейства *Papillomaviridae*, *Polyomaviridae*, *Adenoviridae* 12, 18, 31, *Hepadnaviridae*, *Herpesviridae*, *Poxviridae*

Наиболее хорошо изучен механизм вирусного онкогенеза у представителей РНК-содержащих вирусов семейства *Retroviridae*.

### **РНК-содержащие онкогенные вирусы**

**Семейство *Retroviridae*** включает 7 родов (см. разд. 17.1.11).

Онковирусы являются сложноорганизованными вирусами. Вирioны построены из сердцевин (диаметр 70—80 нм), окруженной липопротеиновой оболочкой с шипами. Размеры и формы шипов, а также локализация сердцевин служат основой для подразделения вирусов на 4 морфологических типа (А, В, С, D), а также вирус бычьего лейкоза.

Большинство онкогенных вирусов относится к типу С. Этот тип распространен среди рыб, пресмыкающихся, птиц, млекопитающих, включая человека. К типу В относятся вирусы, вызывающие рак молочной железы у мышей, а некоторые онковирусы обезьян принадлежат к типу D.

Капсид онковирусов построен по кубическому типу симметрии. В него заключены нуклеопротеин и фермент ревертаза (обратная транскриптаза). От наличия этого фермента, осуществляющего обратную (лат. *retro* — обратный), и произошло название семейства. Ревертаза обладает способностью транскрибировать ДНК как на матрице РНК, так и ДНК, а также нуклеазной активностью.

Геном представлен двумя идентичными позитивными цепями РНК, т. е. геном обладает диплоидностью. Обе молекулы РНК связаны на 5'-конце водородными связями. С 5'-концом каждой цепи связана тРНК клеточного происхождения, которая служит заправкой при транскрипции генома.

Геном состоит из структурных и регуляторных генов. Последовательность структурных генов от 5'-конца к 3'-концу следующая: gag—pol—env.

Gag кодирует синтез группоспецифических антигенов капсида, основными из которых



являются белки капсида с р27—р30. Pol кодирует ревертазу. Env кодирует белки шипов оболочки.

Структурные гены с двух сторон ограничены длинными концевыми повторами, получившими название LTR (*long terminal repeat*, англ.), которые выполняют регуляторную функцию. В их состав входят сайты, связывающие затравку, которой является тРНК, и клеточные полимеразы. Кроме того, имеется ген-трансактиватор, являющийся усилителем транскрипции.

По краям LTR ограничены повторяющимися последовательностями, которые представляют участки узнавания в процессе интеграции провируса в геном клетки.

**Культивирование вирусов.** Не культивируются на куриных эмбрионах, культивируются в организме чувствительных животных, а также культурах клеток. **Репродукция вирусов.** Онковирусы проникают в клетку путем эндоцитоза. После освобождения из вакуоли нуклеокапсида начинает функционировать ревертаза. Этот процесс включает 3 этапа:

синтез ДНК, на матрице РНК, при использовании тРНК в качестве затравки; ферментативное расщепление матричной РНК; синтез комплементарной нити ДНК на матрице первой нити ДНК.

Все три этапа осуществляются ревертазой. Благодаря наличию на LTR инвертированных повторов, линейная двухцепочечная ДНК замыкается в кольцо и интегрирует в ДНК клетки.

Транскрипция участков хромосомы, соответствующих геному провируса, осуществляется с помощью клеточной РНК-полимеразы 2.

Существуют две большие группы онковирусов: эндогенные и экзогенные.

**Эндогенные** онковирусы являются составными элементами генома всех органов и тканей организма человека и животных и передаются потомству от одного поколения другому, т. е. «вертикально», подобно обычным клеточным генам. Эндогенные онковирусы не являются онкогенными для представителей того вида животного, в клетках которого они находятся в виде постоянного генетического элемента.

**Экзогенные** онковирусы распространяются «горизонтально» от одной особи другой в форме вирионов.

**Механизм онкогенеза**, вызываемого онковирусами, связан с функционированием онкогенов, которые имеются в геноме всех клеток человека и животных. В нормальных здоровых тканях этот онко-ген находится в неактивном состоянии, в так называемой форме про-онкогена. В настоящее время известно более двух десятков онко-генов, функционирование которых приводит к трансформации клетки. Например, src-ген связан с развитием саркомы Рауса у кур, ras-ген опосредует развитие саркомы у крыс.

Включение в геном клетки ДНК-провируса может приводить к активации онс-гена, результатом чего будет развитие трансформации клетки. Кроме того, в процессе исключения ДНК-провируса из хромосомы клетки онс-ген может встроиться в вирусный геном и в составе вирусного генома попасть в новые клетки в активном состоянии.

Последовательность одного и того же про-тоонкогена может определять трансформирующую активность онковирусов разных животных.

Активация протоонкогена может быть результатом увеличения транскрипционной активности вследствие действия трансаактиватора, расположенного на LTR генома провируса, а также результатом перестройки генетического материала, как следствие включения провируса в геном клетки.

Помимо онковирусов активацию протоонкогена могут вызвать мутагены, подвижные генетические элементы.

Онковирусы чувствительны к эфиру, детергентам, формалину, инактивируются при температуре +56 °С. Устойчивы к УФ-лучам и низким температурам.

К семейству *Retroviridae* относится примерно 150 видов вирусов, вызывающих развитие опухолей у животных, и только 4 вида вызывают опухоли у человека: HTLV-1, HTLV-2, ВИЧ-1, ВИЧ-2.

## 15. Связь структуры и функции белков. Белковая инженерия. Биочипы.

**Белки** — это высокомолекулярные азотсодержащие вещества, состоящие из остатков аминокислот, связанных между собой пептидными связями. Белки иначе называют протеинами;

Простые белки построены из аминокислот и при гидролизе распадаются соответственно только на аминокислоты. Сложные белки - это двухкомпонентные белки, которые состоят из какого-либо простого белка и небелкового компонента, называемого простетической группой. При гидролизе сложных белков, помимо свободных аминокислот, освобождаются небелковая часть или продукты ее распада. Простые белки в свою очередь делятся на основании некоторых условно выбранных критериев на ряд подгрупп: протамины, гистоны, альбумины, глобулины, проламины, глютелины и др.

Классификация сложных белков основана на химической природе входящего в их состав небелкового компонента. В соответствии с этим различают: фосфопротеины (содержат фосфорную кислоту), хромопротеины (в состав их входят пигменты), нуклеопротеины (содержат нуклеиновые кислоты), гликопротеины (содержат углеводы), липопротеины (содержат липиды) и металлопротеины (содержат металлы).

### 3. Структура белка.

Последовательность расположения аминокислотных остатков в полипептидной цепи белковой молекулы получила название первичной структуры белка. Первичная структура белка, помимо большого числа пептидных связей, обычно содержит также небольшое число дисульфидных (-S-S-) связей. Пространственная конфигурация

полипептидной цепи, точнее тип полипептидной спирали, определяет **вторичную структуру белка**, она представлена в основном  $\alpha$ -спиралью, которая фиксирована водородными связями. **третичная структура** -полипептидная цепь, свернутая целиком или частично в спираль, расположена или упакована в пространстве (в глобуле). Известная стабильность третичной структуры белка обеспечивается за счет водородных связей, межмолекулярных ван-дер-ваальсовых сил, электростатического взаимодействия заряженных групп и т.д.

**Четвертичная структура белка** — структура, состоящая из определенного числа полипептидных цепей, занимающих строго фиксированное положение относительно друг друга.

**Белковая инженерия** (англ. Protein engineering) — раздел биотехнологии, который занимается разработкой полезных или ценных белков. Это относительно новая дисциплина, которая направлена на исследование фолдинга белков и принципов модификации и создания белков.

Существуют две основные стратегии для белковой инженерии: направленная модификация белка и направленная эволюция. Эти методы не являются взаимоисключающими; исследователи часто применяют оба. В будущем, более детальное знание структуры и функции белков, а также достижения в области высоких технологий, может значительно расширить возможности белковой инженерии. В итоге, даже неприродные аминокислоты могут быть включены благодаря новому методу, который позволяет включать новые аминокислоты в генетический код.

**Биочип** — микромножество либо матрица с нанесёнными молекулами белков, нуклеиновых кислот, биомакромолекул или биоструктур для одновременного проведения большого числа анализов в одном образце; или электронное устройство, содержащее биологические молекулы. Биологические микрочипы широко используются в in vitro диагностике. В основе механизма действия биочипов лежит молекулярное распознавание анализируемых молекул молекулами биополимерами, нанесёнными на чип. Это распознавание построено либо на взаимодействии рецепторов с лигандами (например, антител с антигенами), либо на гибридизации комплементарных цепей ДНК. В частности, разработаны биочипы, распознающие короткие олигонуклеотидные последовательности и позволяющие детектировать единичные мутации в генах. Наноразмерная длина олигонуклеотидов, нанесённых на микрочип, является одним из ключевых факторов, определяющих их высокую эффективность и специфичность. На поверхности ДНК-чипа иммобилизованы олигонуклеотиды. При добавлении анализируемого образца комплементарная таргетная ДНК в образце формирует дуплекс с олигонуклеотидом на чипе. В результате генерируется сигнал, свидетельствующий о наличии в пробе соответствующего объекта (инфекции, онкомаркера и т. п.)

#### 16. Молекулярные механизмы регуляции клеточного цикла.

Клеточный цикл - это период жизни клетки от одного деления до другого или от деления до смерти. Клеточный цикл состоит из интерфазы (период вне деления) и самого клеточного деления.

Если клетка собирается когда-нибудь делиться, то интерфаза будет состоять из трех периодов. Сразу после выхода из митоза клетка вступает в пресинтетический или G1

период, далее переходит в синтетический или S период и потом - в постсинтетический или G2 период. G2 периодом заканчивается интерфаза и после нее клетка вступает в следующий митоз.

Если клетка не планирует снова делиться, то она как бы выходит из клеточного цикла и вступает в период покоя, или G0 период. Если клетка, находящаяся в G0 периоде, снова захочет делиться, то она выходит из G0 периода и вступает в G1 период. Длительность периодов клеточного цикла различна. Наибольшим постоянством отличаются S, G2 периоды и митоз, а G1 период очень вариабелен. Так, G1 период может продолжаться от 2-4 ч до нескольких недель или даже месяцев. Как правило, продолжительность S-периода варьирует от 6 до 8 ч, а G2 периода - от нескольких часов до получаса.

Длительность митоза составляет в среднем от 40 до 90 минут. Причем самой короткой фазой митоза можно считать анафазу. Она занимает всего несколько минут.

G1 период характеризуется высокой синтетической активностью, которая должна увеличить свой объем до размера материнской клетки, а значит, и количество органелл, различных веществ. Непонятно, почему, но клетка, прежде чем вступить в следующий митоз, должна иметь размер, равный материнской клетке. И пока этого не произойдет, клетка продолжает оставаться в G1 периоде. Видимо, единственным исключением из этого является дробление, при котором бластомеры делятся, не достигая размеров исходных клеток.

В конце G1 периода принято различать специальный момент, называемый R-точкой (точка рестрикции, R-пункт), после которого клетка обязательно в течение нескольких часов (обычно 1-2) вступает в S период. Период времени между R-точкой и началом S периода можно рассматривать в качестве подготовительного для перехода в S период. Самый главный процесс, который идет в S периоде, - это удвоение или редупликация ДНК. Все остальные реакции, происходящие в это время в клетке, направлены на обеспечение синтеза ДНК. К таким вспомогательным процессам можно отнести синтез гистоновых белков, синтез ферментов, регулирующих и обеспечивающих синтез нуклеотидов и образование новых нитей ДНК.

Сущность G2 периода не совсем понятна в настоящее время, однако в этот период происходит образование веществ, необходимых для самого процесса митоза. В G2 периоде происходит синтез белков, из которых образуются микротрубочки веретена деления (тубулин, динеин, нексин, спектрин), происходит синтез АТФ.

Сейчас является установленным, что прохождение клетки по всем периодам клеточного цикла строго контролируется. При движении клеток по клеточному циклу в них появляются и исчезают, активируются и ингибируются специальные регуляторные молекулы, которые обеспечивают:

1) прохождение клетки по определенному периоду клеточного цикла 2) переход из одного периода в другой.

Причем прохождение по каждому периоду, а также переход из одного периода в другой контролируется различными веществами. Сейчас мы попробуем выяснить, что же это за вещества и что они делают.

Общая ситуация выгладит так. В клетке постоянно присутствуют специальные белки-ферменты, которые путем фосфорилирования других белков регулируют активность

генов, ответственных за прохождение клетки по тому или иному периоду клеточного цикла. Эти белки-ферменты называются циклин-зависимыми протеинкиназами (cdc). Они присутствуют в клетке постоянно, независимо от периода клеточного цикла, то есть они имеются в избытке. Другими словами, их синтез или количество не лимитирует или

не регулирует прохождение клеток по клеточному циклу. Однако при патологии, если синтез их нарушен, снижено их количество или имеются мутантные формы с измененными свойствами, то это, конечно же, может повлиять на течение клеточного цикла.

Почему же такие циклин-зависимые протеинкиназы сами не могут регулировать прохождение клеток по периодам клеточного цикла. Оказывается, что они находятся в клетках в неактивном состоянии, а для того чтобы они активировались и начали работать, необходимы специальные активаторы. Ими являются циклины. Их также много разных типов, но они присутствуют в клетках не постоянно: то появляются, то исчезают. Появление и исчезновение циклинов обусловлено их синтезом и быстрым разрушением, то есть наличие циклинов лимитирует или регулирует работу циклин-зависимых протеинкиназ. Причем синтез каждого циклина происходит в строго определенный период клеточного цикла. В один период образуются одни циклины, а в другой - другие. Так, например, прохождение клетки по G1 периоду клеточного цикла обеспечивает комплекс циклин-зависимой протеинкиназы-2 (cdk2) и циклина D1, циклин-зависимой протеинкиназы-5 (cdk5) и циклина D3. Прохождение через специальную точку рестрикции (R-пункт) периода G1 контролирует комплекс cdc2 и циклина С. Переход клетки из G1 периода клеточного цикла в S период контролирует комплекс cdk2 и циклина Е. Для перехода клетки из S периода в G2 период необходим комплекс cdk2 и циклин А. Циклин-зависимая протеинкиназа-2 (cdc2) и циклин В участвуют в переходе клетки из G2 периода в митоз (М период). Циклин Н в соединении с cdk7 необходим для фосфорилирования и активации cdc2 в комплексе с циклином В.

Регуляция клеточного цикла

G1 период cdk2 + циклин D1 cdk5 + циклин D3

R-пункт периода G1 cdc2 + циклин С переход

из G1 в S период cdk2 + циклин Е переход из S

в G2 период cdk2 + циклин А

переход из G2 периода в митоз (М период) cdc2 + циклин В

циклин Н + cdk7 необходим для фосфорилирования и активации cdc2 в комплексе с циклином В

## 17. Биологические ритмы. Хронобиология.

*Биологические ритмы* - (биоритмы), циклические колебания интенсивности и характера биологических процессов и явлений. Одни биологические ритмы относительно самостоятельны (например, частота сокращений сердца, дыхания), другие связаны с приспособлением организмов к геофизическим циклам - суточным (например, колебания интенсивности деления клеток, обмена веществ, двигательной активности животных), приливным (например, биологические процессы у организмов, связанные с уровнем морских приливов), годичным (изменение численности и активности животных, роста и развития растений и др). Наука о биологических ритмах - хронобиология. Биологические ритмы — фундаментальное свойство органического мира, обеспечивает его способность адаптации и выживания в циклически меняющихся условиях внешней среды. Поскольку в биоритмологическом аспекте здоровье представляет собой оптимальное соотношение взаимосвязанных ритмов физиологических функций организма и их соответствие закономерным колебаниям условий среды обитания, анализ изменений этих ритмов и их рассогласования помогает глубже понять механизмы возникновения и развития патологических процессов, улучшить раннюю диагностику болезней и определить наиболее целесообразные

временные схемы терапевтических мероприятий.

*Хронобиология* - раздел биологии, изучающий биологические ритмы, протекание различных биологических процессов (преимущественно циклических) во времени. Хронобиология - новый подход по выявлению индивидуальной хронотипа человека, графическое изображение которого назвали суточной, недельной и годовой физиологическими кривыми.

*Хрономедицина* — это область медицины, в которой используется представление о биологических ритмах, которые изучаются в рамках хронобиологии. Хрономедицина (как и сама хронобиология) — это молодая область междисциплинарных исследований, которая находится в процессе становления. В хрономедицине находят свое применение методы математической обработки временных рядов, которые используются для анализа ритмических проявлений физиологических процессов организма. Таким образом хрономедицина оказывается на стыке наук: медицины (диагностика и лечение заболеваний), хронобиологии (разработка теоретических представлений) и математики (разработка методов математического анализа ритмических проявлений).

## 18. Биосфера и ноосфера

Биосфера — совокупность частей земной оболочки (лито, гидро и атмосфера), которая заселена живыми организмами, находится под их воздействием и занята продуктами их жизнедеятельности.

Биосфера охватывает часть атмосферы до высоты озонового экрана (20–25 км), часть литосферы, особенно кору выветривания, и всю гидросферу. Нижняя граница опускается в среднем на 2–3 км под поверхность суши и на 1–2 км под дно океана. Вернадский рассматривал биосферу как область жизни, включающую наряду с организмами и среду их обитания. Он выделил семь разных, но геологически взаимосвязанных типов веществ:

- живое вещество,
- биогенное вещество (горючие ископаемые, известняки и др., т. е. вещество, создаваемое и перерабатываемое живыми организмами),
- косное вещество (образуется в процессах, в которых живые организмы не участвуют),
- биокосное вещество (создается одновременно живыми организмами и в ходе процессов неорганической природы, например почва),
- радиоактивное вещество,
- рассеянные атомы
- вещество космического происхождения (метеориты, космическая пыль).

Биосфера состоит из тропосферы - нижней части воздушной оболочки Земли (атмосферы), водной оболочки (гидросферы) и верхней части (на глубину 2-3 км) твердой оболочки (литосферы).

Термин «*ноосфера*» введен В. И. Вернадским в начале XX в. Первоначально ноосфера представлялась как «мыслящая оболочка Земли» (от гр. *noqs* — «ум»). В настоящее время под ноосферой понимают биосферу, преобразованную трудом и научной мыслью человека.

В идеале ноосфера подразумевает новый этап развития биосферы, в основе которого лежит разумное регулирование взаимоотношений человека и природы.

Однако в данный момент человек воздействует на биосферу в большинстве случаев

губительно. Неразумная хозяйственная деятельность человека привела к появлению глобальных проблем.

По мнению Вернадского, основные предпосылки создания ноосферы следующие:

расселение человечества по всей поверхности Земли и физическое уничтожение видов, «конкурирующих с человеком»,

радикальное усовершенствование средств связи и создания единой информационной системы и единой системы контроля над людьми, создание и разработка новых источников энергии (атомной, геотермической, «лунной», «ганглиевой»),

«подъём благосостояния трудящихся» и «победа демократии»,

установление «равенства всех людей», причём не только равенства перед законом, но и других его форм,

учреждение единого планетарного марксистско-ленинского государства,

вовлечение «широких народных масс» в занятие наукой, превращение человечества в «геологическую силу».

Академик утверждал, что эти социальные реформы и катаклизмы сделают «переход к ноосфере» необратимым.

Вернадский утверждал, что человечество в ходе своего развития превращается в новую мощную «геологическую силу», своей мыслью и трудом преобразующую лик планеты. Соответственно, оно в целях своего сохранения должно будет взять на себя ответственность за развитие биосферы, превращающейся в ноосферу, а это потребует от него определённой социальной организации и новой, экологической и одновременно гуманистической этики.

#### **4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

##### **4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации**

Критерием успешности освоения учебного материала **по окончанию учебного семестра** (промежуточная аттестация) является экспертная оценка преподавателя, учитывающая: текущую успеваемость в течение семестра, которая складывается из тестирования, ответов на вопросы, выполнение и защита докладов,

Написание эссе и выполнение кейс-заданий (разработка СОП). Процедура зачета проводится в виде письменных ответов на один из предложенных вопросов с учетом текущей успеваемости в семестре. Продолжительность проведения зачета – 45 минут.

##### **4.2. Критерий оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств**

###### **4.2.1. Критерии оценивания теоретического вопроса**

Результат зачета	Требования к знаниям
------------------	----------------------

<b>Зачтено</b>	студент глубоко и полно владеет содержанием учебного материала; умеет связывать теорию с практикой, решает задачи, теоретические выводы подтверждает примерами, фактами, данными научных исследований; осуществляет межпредметные связи, предложения. Делает выводы логично, четко. Ясно и кратко излагает ответы на поставленные вопросы; умеет обосновывать свои
	суждения и профессионально-личностную позицию по излагаемому вопросу. Ответ носит самостоятельный характер, но содержание ответа имеет отдельные неточности (несущественные ошибки) в изложении теоретического и практического материала, отличается меньшей обстоятельностью, глубиной, обоснованностью и полнотой; допущенные ошибки исправляются студентом после дополнительных вопросов экзаменатора. Учитывается участие в дискуссиях на практических и семинарских занятиях, уровень ответов на контрольные вопросы, написания тестовых заданий и подготовка докладов.
<b>Не зачтено</b>	студент имеет разрозненные, бессистемные знания: не умеет выделять главное и второстепенное; допускает ошибки в определении понятий, формулировке теоретических положений, искажает их смысл; не ориентируется в программно-методических, исследовательских материалах, беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет соединять теоретические положения с практикой; не умеет применять знания для обоснования и объяснения фактов, не устанавливает межпредметные связи. Учитывается участие в дискуссиях на практических и семинарских занятиях, уровень ответов на контрольные вопросы и написания тестовых заданий.

#### 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации. Итоговый контроль по дисциплине проводится по системе зачет/незачет. На зачете студент отвечает письменно на один вопрос, при полном ответе, студент получает зачет по дисциплине. К сдаче зачета допускаются студенты, имеющие не менее 80% посещенных занятий, не менее одного доклада и выступления на семинарских занятиях и положительную оценку за тест. Студент имеет право погасить свою задолженность во время текущих консультаций или в ходе промежуточной аттестации.

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

Уровни сформированности компетенций определяются следующим образом:

1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке отлично: - предполагает формирование компетенций на высоком уровне, готовность к самостоятельной профессиональной деятельности: формируются навыки составления информационных обзоров по национальной и международной практике аудита, навыки систематизации данных, необходимых для решения экономических задач
  - студент способен аргументировать собственную точку зрения по дискуссионным вопросам дисциплины, решать ситуационные задачи, критически оценивать информацию о состоянии и проблемах развития аудиторской деятельности, формулировать собственные выводы.
2. Средний уровень соответствует оценке хорошо: - предполагает формирование компетенций на более высоком уровне: формируется комплексное знание особенностей применения и понимания национальных и международных стандартов аудита, умение сбора, анализа и обработки данных, необходимых для решения ситуаций в процессе аудиторских проверок; - студент способен давать развернутые ответы на теоретические вопросы дисциплины на уровне не ниже оценки «удовлетворительно».
3. Базовый уровень соответствует оценке удовлетворительно: - предполагает формирование компетенций на начальном уровне: знание основных положений национальных и международных стандартов аудиторской деятельности;
  - студент способен отвечать на вопросы в форме закрытого теста. Количество правильных ответов – не менее 50%.
4. Низкий уровень соответствует оценке неудовлетворительно.

**06.03.01 Направление подготовки Биология, направленность (профиль) Микробиология, Гистология и гистологическая техника, Биоэкология, Генетика, Биофизика. ФОС РПД Концепции и методы биологических наук, очная форма обучения**

Проректор по учебной работе      утверждено 24.02.2025      А.А. Саламатов

Ученым советом биологического факультета

Протокол заседания № 6 от 21.02.2025

Председатель Ученого совета

биологического факультета      согласовано      Д.С. Сташкевич

**Заседанием кафедры микробиологии, иммунологии и общей биологии**

Протокол заседания № 6 от 21.02.2025

Заведующий кафедрой      согласовано      А. Л. Бурмистрова

Автор (составитель)      Д.С. Сташкевич

**Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ» от «13» апреля 2021 г. № 247-1**