

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.11.02 История и методология науки

**Направление подготовки 06.03.01 Биология**

**Профиль образовательной программы Микробиология**

**Форма обучения очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Лекция № 1 Методология и история науки в их значении для развития мышления.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Лекция № 2 Развитие представлений о природе в Древнем мире .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3 Лекция № 3 Открытие микроскопа и его применение в биологии.....</b>	<b>14</b>
<b>1.4 Лекция № 4 Развитие представлений о молекулярной сущности живого .....</b>	<b>18</b>
<b>1.5 Лекция № 5 Развитие знаний о термодинамических процессах в живом .....</b>	<b>26</b>
<b>1.6 Лекция № 6 Становление понятий о процессах саморегуляции и самоорганизации живых систем .....</b>	<b>32</b>
<b>1.7 Лекция № 7 Формирование представлений о причинах разнообразия форм живого. Развитие эволюционной теории .....</b>	<b>35</b>
<b>1.8 Лекция № 8 Становление представлений о соотношении форм живых организмов.....</b>	<b>40</b>
<b>2. Методические указания по выполнению лабораторных работ .....</b>	<b>43</b>
<b>2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Методология научного исследования .....</b>	<b>43</b>
<b>2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 Развитие представлений о природе от средневековья до конца 17 века. Наука нового времени.....</b>	<b>49</b>
<b>2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 Эволюция микроскопии .....</b>	<b>50</b>
<b>2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 Применение микроскопии в биологии, медицине, лабораторной диагностике и других отраслях науки .....</b>	<b>55</b>
<b>2.5 Лабораторная работа № ЛР-5 Исследования структуры белка .....</b>	<b>56</b>
<b>2.6 Лабораторная работа № ЛР-6 Принципиально новая постановка вопроса о происхождении жизни А.И. Опарина .....</b>	<b>59</b>
<b>2.7 Лабораторная работа № ЛР-7 Два направления в изучении термодинамических свойств живых организмов.....</b>	<b>61</b>
<b>2.8 Лабораторная работа № ЛР- 8 Идеи В.И. Вернадского и А.Е. Ферсмана. Труды Т. Бауэра, И. Пригожина, Э. Шредингера.....</b>	<b>63</b>
<b>2.9 Лабораторная работа № ЛР- 9 Пути развития представлений о системности живого.....</b>	<b>63</b>
<b>2.10 Лабораторная работа № ЛР- 10 Представления о структуре вещества наследственности. Экспериментальный подход к выяснению действия генов. Развитие учения о гомеостазе. Кибернетические принципы саморегуляции.....</b>	<b>63</b>
<b>2.11 Лабораторная работа № ЛР- 11 Создание эволюционной эмбриологии животных. Эволюционное направление в палеонтологии.....</b>	<b>69</b>
<b>2.12 Лабораторная работа № ЛР- 12 Сравнительная анатомия в свете Дарвинизма. Развитие филогенетической систематики животных.....</b>	<b>73</b>
<b>2.13 Лабораторная работа № ЛР- 13 Микробиология и ее преобразующее воздействие на биологию.....</b>	<b>74</b>
<b>2.14 Лабораторная работа № ЛР- 14 Возникновение и развитие вирусологии.....</b>	<b>75</b>

# 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## 1.1 Лекция №1 (2 часа).

**Тема:** «Методология и история науки в их значении для развития мышления»

### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Понятие методологии и метода
2. Общенаучные методы
3. Методы эмпирического и теоретического познания
4. Формы научного знания
5. Процесс научного познания
6. Критерии истинности научного знания

### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

#### 1. Понятие методологии и метода.

Важно различать такие понятия, как методология и метод.

Методология - это учение о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности.

Методология естествознания - учение о принципах построения, формах и способах естественнонаучного познания. Так, например, методологическое значение имеют в естествознании законы сохранения. При любых исследованиях, теоретических построениях они должны обязательно учитываться.

Метод - это совокупность приемов или операций практической или теоретической деятельности. Метод можно также охарактеризовать как форму теоретического и практического освоения действительности, исходящего из закономерностей поведения изучаемого объекта. Ф. Бэкон сравнивал правильный научный метод со светильником, освещающим путнику дорогу в темноте.

Методы научного познания включают так называемые всеобщие методы, т.е. общечеловеческие приемы мышления, общенаучные методы и методы конкретных наук. Методы могут быть классифицированы и по соотношению эмпирического знания (т.е. знания полученного в результате опыта, опытного знания) и знания теоретического, суть которого - познание сущности явлений, их внутренних связей.

Следует иметь в виду, что каждая отрасль естествознания наряду с общенаучными применяет свои конкретно-научные, специальные методы, обусловленные сущностью объекта исследования. Однако зачастую методы, характерные для какой-либо конкретной науки применяются и в других науках. Это происходит потому, что объекты исследования этих наук подчиняются также и законам данной науки.

Всеобщих методов в истории познания - два: диалектический и метафизический. Это общепhilosophические методы.

Диалектический метод - это метод познания действительности в ее противоречивости, целостности и развитии.

Метафизический метод - метод, противоположный диалектическому, рассматривающий явления вне их взаимной связи и развития.

**Метафизика** (др.-греч. *τα μετα τα φυσικά* — «то, что после физики») — раздел философии, занимающийся исследованиями первоначальной природы реальности, бытия и мира как такового.

С середины 19-го века метафизический метод все больше и больше вытеснялся из естествознания диалектическим методом.

## **2. Общенаучные методы.**

Анализ - мысленное или реальное разложение объекта на составляющие его части.

Синтез - объединение познанных в результате анализа элементов в единое целое.

Обобщение - процесс мысленного перехода от единичного к общему, от менее общего, к более общему, например: переход от суждения «этот металл проводит электричество» к суждению «все металлы проводят электричество», от суждения : «механическая форма энергии превращается в тепловую» к суждению «всякая форма энергии превращается в тепловую».

Абстрагирование (идеализация) - мысленное внесение определенных изменений в изучаемый объект в соответствии с целями исследования. В результате идеализации из рассмотрения могут быть исключены некоторые свойства, признаки объектов, которые не являются существенными для данного исследования. Пример такой идеализации в механике - материальная точка, т.е. точка, обладающая массой, но лишенная всяких размеров. Таким же абстрактным (идеальным) объектом является абсолютно твердое тело. Индукция - процесс выведения общего положения из наблюдения ряда частных единичных фактов, т.е. познание от частного к общему. На практике чаще всего применяется неполная индукция, которая предполагает вывод о всех объектах множества на основании познания лишь части объектов.

Дедукция - процесс аналитического рассуждения от общего к частному или менее общему. Она тесно связана с обобщением. Если исходные общие положения являются установленной научной истиной, то методом дедукции всегда будет получен истинный вывод. Особенно большое значение дедуктивный метод имеет в математике. Математики оперируют математическими абстракциями и строят свои рассуждения на общих положениях. Эти общие положения применяются к решению частных, конкретных задач.

Аналогия - вероятное, правдоподобное заключение о сходстве двух предметов или явлений в каком-либо признаке, на основании установленного их сходства в других признаках. Аналогия с простым позволяет понять более сложное. Так, по аналогии с искусственным отбором лучших пород домашних животных Ч. Дарвин открыл закон естественного отбора в животном и растительном мире.

Моделирование - воспроизведение свойств объекта познания на специально устроенном его аналоге - модели. Модели могут быть реальными (материальными), например, модели самолетов, макеты зданий, фотографии, протезы, куклы и т.п. и идеальными (абстрактными), создаваемые средствами языка (как естественного человеческого языка, так и специальных языков, например, языком математики). В этом случае мы имеем математическую модель. Обычно это система уравнений, описывающая взаимосвязи в изучаемой системе.

Исторический метод подразумевает воспроизведение истории изучаемого объекта во всей своей многогранности, с учетом всех деталей и случайностей. Логический метод - это, по сути, логическое воспроизведение истории изучаемого объекта. При этом история эта

освобождается от всего случайного, несущественного, т.е. это как бы тот же исторический метод, но освобожденный от его исторической формы.

Классификация - распределение тех или иных объектов по классам (отделам, разрядам) в зависимости от их общих признаков, фиксирующее закономерные связи между классами объектов в единой системе конкретной отрасли знания. Становление каждой науки связано с созданием классификаций изучаемых объектов, явлений.

Одной из первых классификаций в естествознании явилась классификация растительного и животного мира выдающегося шведского натуралиста Карла Линнея (1707-1778). Для представителей живой природы он установил определенную градацию: класс, отряд, род, вид, вариация.

### **3. Методы эмпирического и теоретического познания.**

Наблюдение - целенаправленное, организованное восприятие предметов и явлений. Научные наблюдения проводятся для сбора фактов, укрепляющих или опровергающих ту или иную гипотезу и являющихся основой для определенных теоретических обобщений.

Эксперимент - способ исследования, отличающийся от наблюдения активным характером. Это наблюдение в специальных контролируемых условиях. Эксперимент позволяет, во-первых, изолировать исследуемый объект от влияния побочных несущественных для него явлений. Во-вторых, в ходе эксперимента многократно воспроизводится ход процесса. В-третьих, эксперимент позволяет планомерно изменять само протекание изучаемого процесса и состояния объекта изучения.

Измерение - это материальный процесс сравнения какой-либо величины с эталоном, единицей измерения. Число, выражающее отношение измеряемой величины к эталону, называется числовым значением этой величины.

Формализация — построение абстрактно-математических моделей, раскрывающих сущность изучаемых процессов.

Аксиоматизация — построение теорий на основе аксиом.

Гипотетико-дедуктивный метод — создание системы дедуктивно связанных между собой гипотез, из которых выводятся утверждения об эмпирических фактах.

В современной науке учитывается принцип относительности свойств объекта к средствам наблюдения, эксперимента и измерения. Так, например, если изучать свойства света, изучая его прохождение через решетку, он будет проявлять свои волновые свойства. Если же эксперимент и измерения будут направлены на изучение фотоэффекта, будет проявляться корпускулярная природа света (как потока частиц - фотонов).

### **4. Формы научного знания.**

К формам научного знания относят проблемы, научные факты, гипотезы, теории, идеи, принципы, категории и законы

Факт, как явление действительности, становится научным фактом, если он прошел строгую проверку на истинность. Факты - это наиболее надежные аргументы как для доказательства, так и для опровержения каких-либо теоретических утверждений. И.П. Павлов называл факты «воздухом ученого». Однако при этом надо брать не отдельные факты, а всю, без исключения, совокупность фактов, относящихся к рассматриваемому вопросу. В противном случае возникает подозрение, что факты подобраны произвольно.

Научные проблемы - это осознанные вопросы, для ответа на которые имеющихся знаний недостаточно. Ее можно определить и как «знание о незнании».

Научная гипотеза - такое предположительное знание, истинность или ложность которого еще не доказано, но которое выдвигается не произвольно, а при соблюдении ряда требований, к которым относятся следующие.

1. Отсутствие противоречий. Основные положения предлагаемой гипотезы не должны противоречить известным и проверенным фактам. (При этом следует учитывать, что бывают и ложные факты, которые сами нуждаются в проверке).
2. Соответствие новой гипотезы надежно установленным теориям. Так, после открытия закона сохранения и превращения энергии все новые предложения о создании «вечного двигателя» более не рассматриваются.
3. Доступность выдвигаемой гипотезы экспериментальной проверке, хотя бы в принципе (см. ниже - принцип верифицируемости).
4. Максимальная простота гипотезы.

Категории науки - это наиболее общие понятия теории, характеризующие существенные свойства объекта теории, предметов и явлений объективного мира. Например, важнейшими категориями являются материя, пространство, время, движение, причинность, качество, количество, причинность и. т.п.

Законы науки отражают существенные связи явлений в форме теоретических утверждений. Принципы и законы выражаются через соотношение двух и более категорий.

Научные принципы - наиболее общие и важные фундаментальные положения теории. Научные принципы играют роль исходных, первичных посылок и закладываются в фундамент создаваемых теорий. Содержание принципов раскрываются в совокупности законов и категорий.

Научные концепции - наиболее общие и важные фундаментальные положения теорий.

Научная теория - это систематизированные знания в их совокупности. Научные теории объясняют множество накопленных научных фактов и описывают определенный фрагмент реальности (например, электрические явления, механическое движение, превращение веществ, эволюцию видов и т.п.) посредством системы законов.

Главное отличие теории от гипотезы - достоверность, доказанность, сам термин теория имеет множество смыслов. Теория в строго научном смысле - это система уже подтвержденного знания, всесторонне раскрывающая структуру, функционирование и развитие изучаемого объекта, взаимоотношение всех его элементов, сторон и теорий.

Научная теория должна выполнять две важнейшие функции, первой из которых является объяснение фактов, а вторая - предсказание новых, еще неизвестных фактов и характеризующих их закономерностей.

Научная теория - одна из наиболее устойчивых форм научного знания, но и они претерпевают изменения вслед за накоплением новых фактов. Когда изменения затрагивают фундаментальные принципы теории, происходит переход к новым принципам, а, следовательно, к новой теории. Изменения же в наиболее общих теориях, приводят к качественным изменениям всей системы теоретического знания, в результате чего происходят глобальные естественнонаучные революции и меняется научная картина мира.

Научная картина мира - это система научных теорий, описывающая реальность.

## **6. Критерии истинности научного знания.**

В настоящее время, в силу ряда объективных причин в мире оказались весьма сильны антинаучные тенденции, представляющие собой заявку на понятное всем, четкое миропонимание, отличное от того, которое дает классическое естествознание. При этом в общественном сознании размывается грань между наукой и псевдонаукой, наукой и мистикой. В этих условиях важно знать критерии разграничения научных и псевдонаучных идей. На схеме рис. 6 даны принципы, справедливые для научных теорий, научного знания, которые отличают научное знание от псевдонаучного.

Критерии разграничения научных и псевдонаучных идей:

Рациональный принцип: основное средство обоснованности знания Решающим источником истинного знания рационализм признает разум.

Принцип верификации: Заключается в установлении истинности научных утверждений в результате их эмпирической проверки *прямая верификация* - прямая проверка утверждений о данных наблюдения или эксперимента

*косвенная верификация* - установление логических отношений между верифицируемыми утверждениями.

Принцип фальсификации: Сформулирован К. Поппером. Суть принципа - Критерием научности знания является его фальсифицируемость, т.е. опровержимость. Другими словами, только то знание может претендовать на звание «научное», которое в принципе опровержимо.

Принцип фальсификации делает знание относительным, т.е. лишает его абсолютности, неизменности, законченности.

## **1.2 Лекция №2 (2 часа).**

**Тема:** «Развитие представлений о природе в Древнем мире»

### **1.2.1 Вопросы лекции:**

1. Представления о природе в древности
2. Уровень познания живой природы в Древней Греции
3. Представления о живой природе на заре новой эры в Древнем Риме
4. Уровень изучения живой природы в Средневековье

### **1.2.2 Краткое содержание вопросов:**

#### **1. Представления о природе в древности**

Идея о единстве и развитии окружающего мира, включая живую природу, была одной из центральных для многих философских школ древности. Речь идёт о древних земледельческих государствах Месопотамии, Египта, Индии и Китая. При этом часто исходили из материальности мира и многообразия его предметов и явлений. Само многообразие предметов и явлений рассматривалось как результат постепенного развития мира. При этом исключения не составлял и человек. Широкое хождение имела и идея превращения одних существ в другие.

Именно в этот период формируется представление о душе как о самостоятельной сущности, включая множественность душ, появляющихся в разных органах и определяющих их функции.

Одновременно практическая деятельность человека способствовала накоплению положительных знаний о домашних животных и культурных растениях. В частности,

были достигнуты успехи по их улучшению. К этому периоду восходят, как показал Ч.Дарвин, истоки применения искусственного отбора в бессознательной форме.

В Месопотамии были выведены верховые породы лошадей и ослов, породы крупного рогатого скота и овец. Известен был прием получения мула скрещиванием осла с кобылой. Применялось искусственное опыление финиковой пальмы и было получено много её сортов. Известно было о существовании пола у растений.

Близкие представления о живой природе были характерны для древнего Египта, что содержит папирус Эберса (XVI в. до н.э.). Здесь особенное развитие получила терминология по анатомии органов. В том же папирусе перечислено большое количество лекарственных растений. В Египте одомашнен одногорбый верблюд, кошка, гуси, голуби и др. Из Индии сюда попали куры, где были достигнуты и успехи инкубации их яиц в особых печах. Древнеиндийская философия рассматривала природу как комплекс 5 элементов: огонь, земля, вода, воздух и эфир. При сочетании с ними вещества организма (слизь, желчь и воздух) образуют все остальные существа и их части. Памятники индийского эпоса, относящиеся к VI вв. до н.э., содержат также описание поведения и образа жизни многих животных и растений. В Древней Индии к наблюдениям относились как к наиболее надежному источнику получения достоверных знаний о природе.

Древнекитайские мыслители (IX—VII вв. до н.э.), опиравшиеся на практику развитого земледелия, скотоводства и медицины, окружающий мир пытались объяснить исходя из наличия в нем полезных материальных частиц, взаимодействие которых дает начало воде, деревьям, огню, земле и металлам. В Китае слабо развивалась анатомия из-за строгого запрета на вскрытие живых и мертвых организмов. В целом, природу они рассматривали не только как материальную, но и развившуюся благодаря естественной необходимости без участия внешнего начала (Ван Чун).

## **2. Уровень познания живой природы в Древней Греции**

Греков рассматривают как основателей рационального знания и науки. Среди них выделяется плеяда философов и мыслителей (Анаксимандр, Гераклит, Демокрит и др.). Ещё в V в. до н.э. и ранее они пытались ответить на вопросы: что есть мир, жизнь и человек?

Общим для этих школ было признание материальности и развития окружающего мира. Они расходились только в определении конкретного его первоначала — «апейрона» (беспредельное). Все происходит из 4-х начал: вода, земля, огонь, воздух. Живые существа и предметы неживой природы образуются по одним и тем же законам апейрона (Анаксимандр).

Как бы ни возникли предметы и тела окружающего мира, они находятся в постоянном изменении, как результат борьбы и необходимости. При этом тела расходятся и сходятся, из различий образуется прекраснейшая гармония и все возникает через борьбу (Гераклит). Этот «мировой мудрец» природу считал своим учителем и жизнь рассматривал в вечном движении, в постоянном разложении и обновлений; одно и то же, изменяясь, снова становится тем же. Изменения в природе и живом мире не целенаправленны, а случайны и обусловлены противоположностью. Основой движения Гераклит считал огонь, из него возникает остальное благодаря столкновению противоположностей. Добро и зло «едино» и из их борьбы возникает гармония мира. При всей привлекательности подобных утверждений они еще далеки от идей эволюции окружающего мира. Живые существа —



представители античной («эллинской») школы — продолжали рассматривать как образованные независимо друг от друга.

Дальнейшим углублением представлений о материи служат идеи атомистов (Левкипп, Анаксагор и Демокрит), которые свойства каждого тела выводили из соответствующих невидимых частиц — «гомоиомер». Распространяя эту идею на живые существа, Эмпедокл пришел к мысли о самостоятельном и раздельном возникновении органов и частей тела животных. Главная роль в организме отводилась крови и органу, больше содержащего ее (Эмпедокл). Эмпедокл считал, что зародыш развивался при одинаково активном участии мужского и женского пола («О природе сущего»). Виды растений и животных живут в среде (вода, воздух и земля), соответствующей преобладающему элементу их тела. Растения возникают раньше животных из земли, их разнообразие обусловлено поглощением из почвы различных элементов. Эмпедокл считал, что мир складывается из 4-х корней: огонь, вода, воздух и земля. Они количественно и качественно неизменны, подобно «простым телам», но по-разному сочетаются между собой. При их разном сочетании получается или вражда, или любовь, которые правят миром: из этой борьбы возникают разные формы организмов.

Демокрит в своем атомистическом учении рождение любой вещи связывал с соединением атомов, а смерть — с разъединением. В природе вечны и неизменны только атомы. По его мнению, разнообразие тел обусловлено разнообразием тех комбинаций, в которые вступают атомы. Величина и форма атомов, их число и расположение он считал подлинным источником разнообразия тел; «ничто не происходит случайно, все совершается по необходимости». В вопросе о формировании эмбриона Демокрит допускал равноправное участие мужского и женского начал. В понимании же наследственности придерживался взглядов, близких гипотезе пангенезиса — о выделении семени всем телом и участием частиц всех органов. При этом могут родиться нередко уроды, в результате неправильного сращения разных начал (семени).

Философы ионийской школы отвергали сверхъестественное, полагая, что жизнь Вселенной течет по строго определенному и неизменному пути. Каждое явление имеет свою причину, в свою очередь каждая причина неизбежно вызывает определенный эффект без вмешательства чьей-либо воли извне.

По преданию первым стал вскрывать животных, чтобы описать увиденное, Алкмеон (VI в. до н. э.). Он описал глазной нерв и наблюдал за развитием куриного эмбриона. Видимо, именно Алкмеона следует считать основоположником анатомии (изучения строения живых организмов) и эмбриологии (изучения развития организмов). Алкмеону принадлежит также описание узкой трубки, соединяющей среднее ухо с глоткой. К сожалению, это открытие прошло незамеченным и вернулись к нему лишь через два тысячелетия.

Однако самым известным именем, связанным с рационалистическим началом в биологии, было имя Гиппократов (около 460—377 гг. до н. э.). Большой заслугой Гиппократов перед биологией было то, что он считал, что в здоровом теле все органы работают слаженно и гармонично, чего нельзя сказать о больном организме. Задача врача и состоит в том, чтобы внимательно следить за изменениями в организме и вовремя исправлять или устранять их вредные последствия. В медицине он заложил основы учения о 4-х жидкостях тела (кровь, слизь, желтая и черная желчь), в результате разных соотношений которых появляются все животные. Короче говоря, по Гиппократу, роль медика сводилась

к тому, чтобы предоставить свободу исцеляющим силам организма. Для того времени эти советы были просто превосходными.

Автор трактата «О священных болезнях», написанного примерно в 400 г. до н. э. и, возможно, принадлежащего перу самого Гиппократ, резко выступает против этой распространенной точки зрения. Гиппократ отвергал всякое вмешательство потусторонних сил и считал, что они не могут быть источником или причиной какого-либо заболевания, в том числе и эпилепсии.

Греческая биология, как и вся эллинская культура в целом, достигла высшего этапа своего развития при Аристотеле (384—322 гг. до н. э.). Наряду с физикой, философией и другими науками Аристотель очень увлекался биологией, в частности, много времени посвятил изучению морских организмов, — как утверждают, это было одно из любимейших его занятий. Труды Аристотеля по биологии относятся к лучшим в его наследии, однако впоследствии они были почти забыты.

В работах Аристотеля можно проследить и идею борьбы за существование в природе. Так, например, он подчеркивает, что животные, обитающие вместе и употребляющие сходную пищу, вступают между собой в борьбу при нехватке последней. Он допускал напряженность борьбы между одинаковыми животными.

Много внимания он уделял образу жизни животных. В работах «О частях животных», «О возникновении животных», «Учение о растениях» и других он подмечает явление аналогии и гомологии, корреляции органов, интересуется вопросами зародышевого развития и наследования признаков в потомстве у человека, а также развитием ощущений, умственной деятельности, связи души и тела (работа «О душе»). Много внимания он уделяет размножению организмов, регенерации — восстановлению целого организма из части. В явлении регенерации он усматривал сходство несовершенных животных и растений.

Аристотель первый по времени натуралист, поставивший научно - исследовательскую работу на небывалую до него высоту. Разнообразны были его научные интересы, в том числе касающиеся живой природы. Здесь следует упомянуть прежде всего попытки классифицировать животных по комплексу признаков, что позволило ему (впервые!) отделить дельфинов от рыб.

Заслугой Аристотеля следует считать и другой его вывод: он разделил покрытых чешуей рыб на две группы — рыбы с костным и рыбы с хрящевым, как у акулы, скелетом.

В «Истории животных» встречаются описания в области сравнительной анатомии и морфологии, предвосхитившие последующие идеи Ж.Кювье и Ж.Сент-Илера. Это дает право назвать Аристотеля основателем сравнительной анатомии. Аристотель замечает, что одни «органы сходны по положению и функциям, а по существу различной природы, другие одной и той же природы, но различны по форме» (т.е. это аналогичные и гомологичные органы).

В заслуги Аристотеля следует также ставить введение понятия «вид» для обозначения группы животных (предметов) одинаковой сущности в отличие от других групп животных (предметов).

Из сказанного видно, насколько всеобъемлющими были интересы Аристотеля и его стремление подкрепить их наблюдениями.

Идеи Аристотеля применительно к растениям получили развитие в работах его любимого ученика — Теофраста (372—287 гг. до н. э.), который после смерти учителя возглавил

созданную им афинскую школу философов. В его труде «Исследования о растениях» содержатся сведения о классификации, использовании, строении и размножении, способах прорастания семян растений. При описании растений он ввел такие ботанические понятия как плод, околоплодник и сердцевина, различал способы их размножения. Отличал злаки и бобовые по семядолям, корням и стеблям, а также мужские и женские растения у финиковой пальмы (нередко отнес их даже к разным видам). Считал, что «дерево самца» отличается наличием цветочной пыли, попадающей на соцветия «дерева самки».

### **3. Представления о живой природе на заре новой эры в Древнем Риме**

У римлян господствовал дух эмпиризма и практицизма, падение интереса к теории. При этом у Рима не было своей философии, он пользовался идеями и философией греков.

Большое внимание римляне уделяли вопросам сельского хозяйства. В этом смысле особенно следует упомянуть о работе Цензора Катона «О делах деревенских», где обращается внимание на возделывание злаков, овощей и плодовых, подбор домашнего скота и т.д. Следует также упомянуть о работе Вергилия «Георгики», содержащей много сведений на этот счет, в том числе рекомендации «о прививках стволов и почек», о винограде и даже повреждениях растений. Интересны описания борьбы самцов за обладание самкой (в результате происходит улучшение потомства), как надо выбирать жеребца при разведении коней, о жизни пчел и т.д.

Особый интерес представляют рассуждения римского философа и поэта Тита Лукреция Кара (I в. до н.э.) в поэме «О природе вещей», где он признает материальность и бесконечность развития вселенной, возможность существования жизни на других мирах. Растения рассматривал как предшественников животных. При этом он допускал и возможность возникновения бабочек из цветков, уродов без ног или вовсе без рук как результат неправильного соединения органов и отклонения условий. Лукреций допускал не только участие мужского и женского начала («семени») в воспроизведении, в передаче признаков потомству, а также преобладание признаков одного из полов, когда могут появиться даже скрытые признаки дальних предков.

Он считал, что «природа движима волей своей, от богов независима вовсе». Основу природы усматривал в непрерывном созидании и разрушении, как результат противоборствующих процессов — «любви и смерти». Все это вытекает из бесконечности и многообразия «первичных телец» — атомов (по Демокриту). Эти же тельца приводят к самозарождению живых существ из земли и разлагающихся остатков самих организмов. При этом растения появляются раньше животных.

Представляют интерес его замечания о способах выживания: «испокон веков от гибели племя свое сохраняют хитростью или отвагой или же ловким проворством»: эти мысли созвучны с представлениями о борьбе за существование и отличаются подлинной новизной.

Ближе к нашей эре, после падения Республики и аристократического императорского Рима (48 г. до н.э.), наблюдается упадок интереса к изучению природы. В это смутное время работал Плиний Старший, оставивший обширный энциклопедический 37 – томный труд «Естественная история» как результат обобщения древней мысли из разных разделов естествознания (включая анатомию, физиологию, зоологию, ботанику, агрономию и медицину).

В ней животные группируются по определённым признакам, описаны поведение и изменчивость животных, инстинкты пчел при поиске нектара, обращено внимание на вскармливание летучей мышью детенышей молоком, гнездовой паразитизм кукушки, изменчивость окраски хамелеонов и т.д. Одновременно встречается много фантазий: как хамелеон питается воздухом, зайцы двуполые, морские животные - промежуточные между растениями и высшими животными.

В работе перечислено свыше 1000 видов растений с указанием их использования, классификация растений сделана произвольно, а их характеристика весьма лаконична.

Как выдающийся завершитель этого периода выделяется Клавдий Гален со своими трудами в области медицины, анатомии и физиологии человека. Он впервые поставил изучение физиологических процессов и психических явлений на экспериментальную основу, углубил представления о связи между строением и функцией органов, организацией и поведением животных. Он собрал и обобщил большой материал по результатам вскрытия различных млекопитающих.

Среди прочих фактов он прибегает к сравнению строения передних конечностей у человека и обезьяны. У человека «руки являются органами, приличествующими разумному существу», его двуногое хождение он связывал с превращением передних конечностей в руки. При рассмотрении строения любого органа он использует широкие сравнения. Он создатель учения о мускулах, автор подробного описания мышц и нервов, центральной и периферической нервной системы. Свой опыт хирургического вмешательства обобщил в трактате «О перерезке нервов».

#### **4. Уровень изучения живой природы в Средневековье**

После падения Римской империи (IV в. н.э.). наступает этап феодального землепользования, связанный с господством христианской церкви в Западной Европе (V—XIV вв. н.э.). Это сопровождалось разрушением хозяйственных и культурных связей между разными ее областями, упадком городской культуры, утратой интереса к естествознанию и прекращению наблюдений за явлениями живой природы, господством теологического их истолкования.

Стремление видеть во всем следы творения приводило даже к отрицанию явных достижений античной науки. Так, лестница веществ и существ Аристотеля была «исправлена» дополнением ангелами и архангелами, выполняющими волеизъявление творца.

Величайший мыслитель того времени монах Василий Великий (329—379) в своем труде «Книга бытия» отрицал очевидные факты влияния условий внешней среды на развитие растений, включая значение солнечной энергии. В явлениях размножения, в форме листовой пластинки и аромате плодов он всюду искал мудрость Творца. Функции ветвей, корней, листьев и плодов он уподобляет функции органов животных. Корень отождествлял с ртом животных, допускал превращения бука в березу, пшеницу в ячмень, дуба — в виноградную лозу. Он не допускал и мысли о естественном развитии живой природы.

Варрона и Колумелла дали сведения о почвах, садоводстве, виноградарстве, способах ухода за животными. Работа Л.Колумеллы «О сельском хозяйстве» включала 12 книг, где агрономические данные занимали наибольшее место, с упоминанием около 400 названий растений.

Еще более ярко антинаучное направление было выражено в трудах Августина Блаженного (354—430) как большого авторитета церкви. Его труды заметно ослабили интерес к изучению природы. Августин Блаженный усматривал во всем наличие «тайных начал всех вещей», что близко к идее преформации. Такой подход оставался доминирующим до конца XIII в.

Альберт Великий (Альберт фон Больштедтский, 1193—1280), последователь Аристотеля и разносторонний ученый, пытался примирить философию и богословие. Написал 7 книг о растениях, признавал наличие у них души, выполнявшей функции роста, питания и размножения. Растения делил на деревья, кустарники, полукустарники и травы. Грибы считал организмами, промежуточными между животными и растениями. Дал описания частей ствола, ветвей, формы и величины листьев, окраску и запах цветов и плодов, масел, ядов, меда, воска; рассматривал такие функции растений как размножение, питание и зимний сон, применял размножение черенками. Альберт Великий допускал возможность превращения пшеницы в ячмень за 2 – 3 года и наоборот. Такие же изменения он допускал у растений в результате трансплантации и черенкования. При этом, якобы, можно достичь превращения бука в березу, дуба в виноград при посадке изолированных ветвей в почву. Много внимания он уделял и животным. При этом описания животных часто сопровождаются фантазиями о комбинировании разных жидкостей из органов, превращении лошадиного волоса в волосатика в воде, о лошади со странными частями тела от слона и быка, саламандры, способной жить в огне.

Фантазия о сотворении мира достигла предела в трудах Фомы Аквинского (1225—1274), пытавшегося согласовать веру и знания. Он учил, что природа создана и управляется Творцом, созерцание творений природы должно приближать человека к «бессмертному и вечному». Фому Аквинского занимала и проблема разума и инстинкта. У животных он отрицал разум, признавал наличие только чувственного восприятия. Инстинкты рассматривал как свойство, унаследованное от родителей. Они лишь внешне напоминают сознательную деятельность, но лишены целенаправленности и сознания.

На фоне мистики и схоластики очень ярко и неожиданно появляется призыв к рациональному восприятию мира со стороны английского философа и естествоиспытателя Роджера Бэкона (1214—1294). Он преподавал в Парижском университете и в Оксфорде. В 1257 г. стал монахом - францисканцем. Занимался математикой, физикой, алхимией.

Получение точных знаний он считал возможным только путем опыта и наблюдений. Основой его взглядов служил тезис, что природа управляется естественными законами без всякого участия духов. Для доказательства ссылался на функции органов зрения, подчиняющихся законам оптики— преломление и отражение света. «Без опыта нет знания», учит Р.Бэкон. Он подробно описывает строение глаза, конкретизируя роль каждой структуры (зрачка, нервов, хрусталика, век, ресниц). В то же время, оставаясь в рамках своей эпохи, наличие двух глаз у человека объясняется необходимостью поддержания красоты лица, а также тем, что Творец предусмотрел сохранение зрения при потере одного глаза в несчастных случаях.

Р.Бэкон авторитетам в науке предлагает противопоставить разум и опыт как взаимосвязанные предпосылки получения истинных знаний. Он подчеркивал, что умозрительно, без опыта, нельзя получить точные знания. Только с достижением таких знаний человек имеет возможность управлять природой. Органические живые тела он

рассматривал как результат комбинации тех же элементов и жидкостей, из которых сложены тела неорганические. Признавал роль озарения в науке (т.е. научной интуиции).

Представляют интерес и его мысли о соотношении чувственного и разумного начала в животном мире. Он учит, что в познании мира животные исключительно пользуются органами ощущения и инстинктами. Инстинктивная деятельность — длительный результат чувственных восприятий предметов в поколениях. Так, пчела продолжает строить шестигранные соты и без пустот между ними в каждом поколении.

Заслуживают внимания и идеи Бэкона о продлении жизни человека; с негодованием он пишет о людях, прожигающих свою жизнь благодаря всяким извращениям и невежеству. Рациональный режим, активность движений и отказ от злоупотреблений — залог долголетия.

Заканчивая общую характеристику представлений о живой природе в феодальном средневековье, следует обратить внимание на господство схоластики в ее толковании. В указанный период биологии как таковой не существовало, она была придатком философии и медицины. Положительные биологические знания касались лишь практических аспектов использования животных и растений, а также медицины. Эта эпоха не только ничего не дала для развития эволюционной мысли, а, напротив, сделала все, чтобы опровергнуть даже ее крупницы, добытые в античном мире. Тем не менее в средневековье были предприняты попытки освободить естествознание от оков церкви и поднять интерес к опытам и наблюдениям. Этот призыв был живо воспринят с развитием производительных сил и производственных отношений капиталистической формации.

### **1.3 Лекция №3 (2 часа).**

**Тема:** «Открытие микроскопа и его применение в биологии»

#### **1.3.1 Вопросы лекции:**

1. Введение в микроскопию: общие понятия, типы микроскопов
2. Предпосылки для создания микроскопа
3. История микроскопии: создание первого микроскопа
4. История усовершенствования микроскопа

#### **1.3.2 Краткое содержание вопросов:**

##### **1. Введение в микроскопию: общие понятия, типы микроскопов**

Сегодня научная деятельность человека в ряде отраслей не представляется возможной без использования микроскопии. Микроскоп является основным атрибутом данной области знаний и широко применяется в большинстве лабораторий медицины и биологии, геологии и материаловедения.

Полученные с помощью микроскопа результаты позволяют решить ряд задач, например, при постановке точного диагноза, при контроле над ходом лечения, при разработке и внедрении новых препаратов и т.д.

Микроскоп - (от греческого «*mikros*» – малый и «*skopeo*» - смотрю), в общем, – это прибор для получения увеличенного изображения мелких объектов и их деталей, не видимых невооруженным глазом.

Классификация микроскопов может производиться на основании различных параметров, например, назначение, способ освещения, строение оптической системы, но, в

общем, все микроскопы можно разделить на оптические (световые), электронные, рентгеновские и сканирующие зондовые микроскопы. Наиболее популярными являются оптические микроскопы, которые широко представлены в магазинах оптики и максимально доступны. Данные микроскопы позволяют решать основные исследовательские задачи. Другие виды микроскопов относятся уже к специализированным, и используются в основном в лабораториях.

## **2. Предпосылки для создания микроскопа**

Изобретение микроскопа обусловлено, прежде всего, влиянием развития оптики, в частности, линзы.

История создания линзы довольно проста. В античное время в древнем Риме придали большое значение такому явлению, как способность сосуда с водой искажать и увеличивать предметы. Однажды они заметили, что прозрачный сосуд с водой, кроме того, что искажает и увеличивает предметы, способен поджигать и обжигать предметы проходящими через него солнечными лучами. Такой сосуд стал прототипом всем сейчас известной выпуклой линзы.

Известный ученый того времени Архимед применил вогнутые зеркала для того, чтобы истлеть флот противников у родных Сиракуз. Архимед соорудил вогнутую линзу из полированных бронзовых щитов, и сфокусировал её таким образом, чтобы солнечные лучи, отражаясь, попали на корабли римлян. Итогом этого стало то, что в течение нескольких минут весь римский флот превратился в пылающие остатки.

Некоторые оптические свойства изогнутых поверхностей были также известны еще Евклиду (300 лет до н.э.) и Птоломею (127-151 гг.), однако их увеличительная способность не нашла практического применения.

В связи с этим первые очки были изобретены Сальвинио дель Арлеати в Италии только в 1285 г. В 16 веке Леонардо да Винчи и Мауролико показали, что малые объекты лучше изучать с помощью лупы.

## **3. История микроскопии: создание первого микроскопа**

Первый микроскоп был создан лишь в 1595 году Захариусом Йансеном (Z. Jansen). Изобретение заключалось в том, что он смонтировал две выпуклые линзы внутри одной трубки, тем самым, заложив основы для создания сложных микроскопов. Фокусировка на исследуемом объекте достигалась за счет выдвижного тубуса. Увеличение микроскопа составляло от 3 до 10 крат. И это был настоящий прорыв в области микроскопии! Каждый свой следующий микроскоп он значительно совершенствовал.

В этот период (XVI в.) датские, английские и итальянские исследовательские приборы постепенно начали свое развитие, закладывая фундамент современной микроскопии. Следует отметить наиболее важнейшие.

Быстрое распространение и совершенствование микроскопов началось после того, как Галилей (G. Galilei), совершенствуя сконструированную им зрительную трубу, стал использовать ее как своеобразный микроскоп (1609—1610), изменяя расстояние между объективом и окуляром. Однажды Галилей соорудил очень длинную подзорную трубу. Дело происходило днем. Закончив работу, он навел трубу на окно, чтобы на свету проверить чистоту линз. Прильнув к окуляру, Галилей увидел, что все поле зрения занимала какая-то серая искрящаяся масса. Труба немного покачнулась, и ученый увидел огромную голову с выпуклыми черными глазами по бокам. Убрав трубу от глаза, Галилей увидел, что на подоконнике сидела муха.

Позднее, в 1624 г., добившись изготовления более короткофокусных линз, Галилей значительно уменьшил габариты своего устройства.

В 1625 г. членом Римской «Академии зорких» ("Akademia dei lincei") И. Фабером был предложен термин «микроскоп». Это было научное общество, которое, кроме прочего, одобряло и поддерживало применение оптических приборов в науке. Так появился на свет микроскоп — состоящий из двух линз прибор для увеличения изображения маленьких предметов.

А сам Галилей в 1624 г. вставил в микроскоп более короткофокусные (более выпуклые) линзы, благодаря чему труба стала короче.

Следующая страница в истории микроскопа связана с именем Роберта Гука. Это был очень одаренный человек и талантливый ученый. По окончании Оксфордского университета в 1657 г. Гук стал помощником Роберта Бойля. Это была отличная школа у одного из крупнейших ученых того времени. В 1663 г. Гук уже работал секретарем и демонстратором опытов Английского Королевского общества (академии наук). Когда там стало известно о микроскопе, Гуку поручили провести наблюдения на этом приборе. Имевшийся в его распоряжении микроскоп представлял собой полуметровую позолоченную трубу, расположенную строго вертикально. Работать приходилось в неудобной позе — изогнувшись дугой.

Гуку принадлежат первые успехи, связанные с применением микроскопа в научных биологических исследованиях (он первым описал растительную клетку (около 1665 г.)). В своей книге «Micrographia» Гук описал устройство микроскопа.

Прежде всего Гук сделал трубу — тубус — наклонной. Чтобы не зависеть от солнечных дней, которых в Англии бывает немного, он установил перед прибором масляную лампу оригинальной конструкции. Однако солнце светило все же гораздо ярче. Поэтому пришла мысль лучи света от лампы усилить, сконцентрировать. Так появилось очередное изобретение Гука — большой стеклянный шар, наполненный водой, а за ним специальная линза. Такая оптическая система в сотни раз усиливала яркость освещения.

Вскоре после Гука начал вести свои наблюдения голландец Антони ван Левенгук. Это была интересная личность — он торговал тканями и зонтиками, но не получил никакого научного образования. Зато у него был пылкий ум, наблюдательность, настойчивость и добросовестность. Линзы, которые он сам шлифовал, увеличивали предмет в 200—300 раз, то есть в 60 раз лучше применявшихся тогда приборов. Все свои наблюдения он излагал в письмах, которые аккуратно посылал в Лондонское королевское общество. В одном из своих писем он сообщил об открытии мельчайших живых существ — «анималькул», как Левенгук их назвал. Оказалось, что они присутствуют повсюду — в земле, растениях, теле животных. Это событие произвело революцию в науке — были открыты микроорганизмы.

В 1681 г. Лондонское королевское общество в своем заседании подробно обсуждало своеобразное положение. Левенгук описывал изумительные чудеса, которые открывал своим микроскопом в капле воды, в настое перца, в иле реки, в дупле собственного зуба. Левенгук с помощью микроскопа обнаружил и зарисовал сперматозоиды различных простейших, детали строения костной ткани (1673—1677).

Лучшие лупы Левенгука увеличивали в 270 раз. С ними он увидел впервые кровеносные тельца, движение крови в капиллярных сосудах хвоста головастика, полосатость мускулов. Он открыл инфузории. Он впервые погрузился в мир



микроскопических одноклеточных водорослей, где лежит граница между животным и растением; где движущееся животное, как зеленое растение, обладает хлорофиллом и питается, поглощая свет; где растение, еще прикрепленное к субстрату, потеряло хлорофилл и заглатывает бактерии. Наконец, он видел даже бактерии и в великом разнообразии.

В 1698 г. Антони ван Левенгук встретился с российским императором Петром I и продемонстрировал ему свой микроскоп и анималькул. Император был так заинтересован всем, что он увидел и что объяснил ему голландский ученый, что закупил для России микроскопы голландских мастеров. Их можно увидеть в Кунсткамере в Петербурге.

#### **4. История усовершенствования микроскопа**

В 1668 г. Е. Дивини, присоединив к окуляру полевую линзу, создал окуляр современного типа. В 1673 г. Гавелий ввел микрометрический винт, а Гертель предложил под столик микроскопа поместить зеркало. Таким образом, микроскоп стали монтировать из тех основных деталей, которые входят в состав современного биологического микроскопа. Вопрос о усовершенствовании микроскопа подвигался вперед достаточно медленно.

В 1824 г. громадный успех микроскопа дала исследовательская задумка Саллига, воспроизведенная французской фирмой Шевалье. В этот период был усовершенствован объектив. Он раньше состоял из одной линзы, теперь он был расчленен на части, его начали изготавливать из многих ахроматических линз. Это позволило исправить ошибки системы, и стало впервые возможным говорить о настоящих больших увеличениях - в 500 и даже 1000 раз. Граница предельного видения передвинулась от двух к одному микрону. Далеко позади оставлен микроскоп Левенгука.

В 70-х годах 19 века победоносное шествие микроскопии двинулось вперед. Это стало возможным благодаря исследованиям Аббе (E. Abbe). Достигнуто было следующее: во-первых, предельное разрешение передвинулось от полумикрона до одной десятой микрона. Во-вторых, в построении микроскопа вместо грубой эмпирики введена высокая научность. В-третьих, наконец, показаны пределы возможного с микроскопом, и эти пределы завоеваны.

Сформирован штаб ученых, оптиков и вычислителей, работающих при фирме Цейсса. В капитальных сочинениях учениками Аббе дана теория микроскопа и вообще оптических приборов. Выработана система измерений, определяющих качество микроскопа.

Когда выяснилось, что существующие сорта стекол не могут удовлетворить научным требованиям, планомерно созданы были новые сорта. Вне тайн наследников Гинана - Пара-Мантуа (наследники Бонтана) в Париже и Ченсов в Бирмингеме - созданы были вновь методы плавки стекла, и дело практической оптики развито до такой степени, что можно сказать: Аббе оптическим снаряжением армии почти выиграл мировую войну 1914-1918 гг.

Труды английского оптика Дж. Сиркса (1893) положили начало интерференционной микроскопии. В 1903 г. Р. Жигмонди и Зидентопф создали ультрамикроскоп, в 1911 г. Саньяком был описан первый двухлучевой интерференционный микроскоп, в 1935 г. Зернике предложил использовать метод фазового контраста для наблюдения в микроскопах прозрачных, слабо рассеивающих свет объектов. В середине XX в. был изобретен электронный микроскоп, в 1953 г. финским

физиологом Вильской (А. Wilska) был изобретен аностральный микроскоп. Большой вклад в разработку проблем теоретической и прикладной оптики, усовершенствование оптических систем микроскопа и микроскопической техники внесли М.В. Ломоносов, И.П. Кулибин, Л.И. Мандельштам, Д.С. Рождественский, А.А. Лебедев, С.И. Вавилов, В.П. Линник, Д.Д. Максудов и др.

#### **1.4 Лекция №4 (2 часа).**

**Тема:** «Развитие представлений о молекулярной сущности живого»

##### **1.4.1 Вопросы лекции:**

1. Развитие представлений о сущности жизни
2. Развитие представлений о строении вещества
3. История развития молекулярной биологии

##### **1.4.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Развитие представлений о сущности жизни

Первая концепция, которая попыталась определить сущность жизни и черты живого, возникла в глубокой древности. Её основоположник – аристотель до н. э.).

##### **I. Виталистическая концепция**

Витализм (от лат. *vitalis* – жизненный, живой, животворящий) – идеалистическое учение о сущности жизни, объясняющее специфику живых организмов присутствием в них особой нематериальной непознаваемой жизненной силы. Он абсолютизирует качественное своеобразие живого.

Берет свое начало от первобытного анимизма – представления об одушевленности всех тел природы (обычай – пускать кошку в новый дом – деревья имеют душу, а если их срубили, то они свой гнев могут послать на человека, а кошка принимает все на себя).

Основные положения:

- 1 - материя сама по себе безжизненная, служит для построения живых существ. Душа – придает организмам форму и целесообразность;
- 2 - душа – проявление божественного начала, не поддается физико-химическому исследованию → непознаваема → человек не может познать сущность жизни;
- 3 - живые существа качественно отличаются от неживой природы: в них создаются особые органические соединения под действием жизненной силы, другим путем их невозможно произвести;
- 4 – к живым телам не применимы законы сохранения и превращения энергии (это было впоследствии опровергнуто, благодаря достижениям науки). В 17-18 веках витализм получил широкое распространение благодаря врачу Г. Шталю (1660-1734), который утверждал, что душа препятствует распаду организма на легко разлагаемые вещества из которых он состоит; когда душа покидает тело, находящиеся в нем вещества начинают разлагаться. Душа управляет всеми жизненными процессами, пока она в организме – он живет.

На основе витализма появляются другие учения:

- в 17 веке появилось дуалистическое учение – между телами неживой природы и живыми существами существует резкая грань;

- учение об «археях», которые управляют и регулируют деятельность тела (археи – духовные начала).

Сторонники этих учений для объяснения особенности живого привлекают нематериальные факторы; истолковывают природу человеческого сознания также идеалистически.

Метафизическая концепция

Получает широкое распространение с 1819 г. – объясняет сущность жизни с материалистических позиций (противостоит витализму) – живые тела отличаются от неживых только степенью сложности, а качественных отличий нет.

Основные положения:

1 – все процессы жизнедеятельности – это только химические и физические процессы, но достаточно сложные;

2 – не признается специфика, особенности живого;

3 – накоплены факты, опровергающие основные положения витализма:

Ф. Велер (1829 г.) в лаборатории получил мочевины, нагревая аммонийную соль циановой кислоты) → из неорганических веществ вне живого организма можно получить органические вещества; раскрыл сущность фотосинтеза → закон сохранения и превращения энергии характерен и для живой природы.

Диалектико-материалистическая концепция

Диалектико-материалистическое толкование жизни впервые сделано Ф. Энгельсом в работе «Анти-Дюринг» и «Диалектика природы».

Классическое определение жизни по Энгельсу – жизнь – есть способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей из внешней природой, причем с прекращением этого обмена прекращается и жизнь, что приводит к разложению белка. При этом Энгельс имел в виду не собственно белки, а структуры, содержащие белки. Основные положения:

1 – жизнь материальна по своей природе и не нуждается для объяснения в нематериальных началах;

2 – это особая форма движения материи, закономерно возникающая и разрушающаяся;

3 – обмен веществ – это основной процесс, характеризующий жизнь, из него вытекают все основные, характерные черты живого:

- движение,

- рост,

- размножение,

- сокращаемость,

- раздражимость.

Однако обмен веществ происходит и в неживой природе: химические превращения (горение свечи → образование углекислого газа и воды), он происходит повсюду, но он качественно отличается от обмена веществ в живой природе: неживые тела при превращениях, обмене веществ перестают быть тем, чем были, а живые существа – существуют до тех пор, пока происходит обмен веществ → если он прекратится – прекратится жизнь.

Современное представление о сущности жизни

До сих пор нет определения «жизнь», «живое», которое признавалось бы всеми и всех удовлетворяло.

Можно выделить две основные концепции, к которым сводятся многочисленные определения:

1) жизнь определяется субстратом, носителем её свойств (например, белком), однако сам по себе субстрат вне организма никаких признаков жизни не проявляет; он может быть синтезирован химическим путем;

2) жизнь определяется как совокупность специфических физико-химических процессов, но только обмен веществ не может служить единственным критерием жизни.

Если придерживаться только какой-то из этих концепций, то сущность живого не будет полностью раскрыта. Современное определение не сводит жизнь только к физико-химическим закономерностям.

Жизнь – это форма движения материи более высокого уровня. В самом общем смысле жизнь можно определить как активное поддержание и самовоспроизведение специфической структуры, идущее с затратой энергии, полученной извне. Таким образом, живым организмам необходима постоянная связь с окружающей средой. Эта связь осуществляется путем обмена веществ и энергии.

Обмен веществ – совокупность процессов ассимиляции и диссимиляции, которые сопровождаются перераспределением энергии – является условием для поддержания и воспроизведения необходимой для жизни структуры.

Способы получения энергии живыми организмами извне:

автотрофный фотосинтезирующий – использование энергии солнечного света и её трансформация в энергию химических связей органических соединений (растения, цианобактерии); автотрофный хемосинтетический – использование энергии малоокисленных неорганических соединений (железо- и серобактерии); гетеротрофный – использование энергии, освобождающейся при распаде органических веществ, синтезированных автотрофами или другими гетеротрофами (большинство бактерий, грибы, животные).

В ходе метаболических процессов значительная часть энергии теряется в виде тепла, а усваивается лишь около 10%.

Специфичность структуры – для каждого вида, существа структура специфична, она обуславливается и поддерживается определенной информацией, которая содержится в генетических программах. Эти программы способны размножаться матричным путем. Матричный синтез определяет сущность жизни как процесса самовоспроизведения. Генетическая информация варьирует вследствие наследственной изменчивости → это создает предпосылки для действия естественного отбора и как следствие, для эволюции. Таким образом, следствием матричного синтеза и обмена веществ, обеспечивающим этот синтез, является биологическая эволюция. Она не свойственна неживой природе → жизнь – это форма движения материи более высокого уровня.

#### ОСНОВНЫЕ УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

Жизнь на Земле представлена чрезвычайно разнообразными формами: неклеточные – клеточные, доядерные – ядерные, одноклеточные – многоклеточные. (Яблоков, стр. 33)

Все многообразие живых организмов изучается в соответствии с определенными уровнями (уровни изучения жизни):

молекулярный, субклеточный, клеточный, тканевый, организменный, онтогенетический, популяционный, видовой, биогеоценотический, биосферный.

Уровень организации жизни, а не её изучения, определяется следующими критериями:

1 – наличием специфических элементарных (дискретных) структур - единиц;

2 – элементарным явлением – что происходит, как изменяется эта единица.

Выделяют основные уровни организации жизни:

молекулярно-генетический;                      онтогенетический;                      популяционно-видовой;  
биогеоценотический.

На каждом уровне проявления жизни приобретают новые свойства и особенности, отличные от свойств на предыдущих уровнях. Однако, специфические для каждого уровня процессы, глубоко связаны между собой и являются взаимоопределяющими. Это и обеспечивает целостную и многогранную картину жизни. На всех уровнях организации жизнь охвачена эволюционным процессом.

1. Молекулярно-генетический уровень:

элементарная единица – ген; элементарное явление –

- конвариантная редупликация;

- мутации;

- передача и реализация информации управляющим системам – белкам (синтез 1-го белка из тысяч аминокислот происходит за 5-6 минут);

точное знание этого уровня является необходимой предпосылкой для ясного понимания жизненных явлений, происходящих на остальных уровнях; основная структура – ДНК, в настоящее время успешно расшифрован ее код, конвариантная редупликация, основанная на матричном синтезе, сохраняет не только генетическую норму, но и отклонения от неё – мутации – основу процесса эволюции; матричный синтез; целостность за счет репарацирующих систем и контроля процессов взаимодействия генов.

2. Онтогенетический уровень:

элементарная единица – особь, индивид; элементарное явление – онтогенез; это следующая, более комплексная ступень организации живого; особь выступает как единое целое (жизнь представлена в виде дискретных индивидуумов), если разделить особь на части, то теряется её индивидуальность; не всегда легко можно определить границы индивидуума, особи → понятию «особь» придают операционное значение и указывают к какой среде она относится (у обелии – половые особи – гонангии, питающие – гидранты); затруднен анализ колониальных организмов: коралловых полипов, обелии, сифонофоры. Каждая составляющая существует в виде отдельного организма, но зависящего от других частей. Но между компонентами существует разделение функций; с т. з. генетики – это одно и то же существо, т. к. у них один генотип; с т. з. эволюции особь – это морфофизиологическая единица, происходящая от одной зиготы, гаметы, споры, почки, которая индивидуально подлечит действию элементарных эволюционных факторов; понятие «особь» в полной мере применительно лишь к неколониальным организмам, для колониальных, симбиотических и вегетативно размножающихся форм – понятие «особь» относительно; на этом уровне единицей является особь с момента её возникновения до смерти; этот период – онтогенез – индивидуальное развитие особи; онтогенез характеризуется:

1 – реализацией наследственной информации в определенных условиях среды;

2 – проверкой жизнеспособности данного генотипа в процессе естественного отбора;

3 – отличием родственных организмов (родителей и потомков, потомков между собой) в силу отличия генотипов;

4 – дифференцировкой, которая лежит в основе возникновения всех эволюционных новообразований; целостность организма поддерживается коррелятивной зависимостью признаков.

Организм:

- в широком смысле слова – любая биологически целостная система, состоящая из взаимозависящих и соподчиненных элементов, которые функционируют как единое целое – это и колония, и семья, популяция (общественные насекомые);
- в узком смысле слова – это особь, индивид, живое существо.

3. Популяционно-видовой уровень:

элементарная единица – популяция; элементарное явление – изменение генетического состава популяции; целостность имеет принципиально иной характер, т. к. особую роль приобретают отношения между особями одного вида; вид состоит из популяций, популяции из особей; популяция как дискретная единица способна к:

1 – длительному существованию;

2 – самостоятельному эволюционному развитию; в популяции осуществляется взаимодействие особей, которое поддерживается обменом генетической информацией в процессе полового размножения; отдельная особь зависит от процессов, протекающих в популяциях; изменение генетического состава популяции определяется действием факторов эволюции, степенью их «давления».

4. Биогеоценотический уровень (биогеоценоз – это устойчивая саморегулирующаяся система, в которой органические компоненты неразрывно связаны с органическими):

элементарная единица – биогеоценоз; элементарное явление – элементарное эволюционное преобразование в популяциях; основные его свойства – автономность и саморегуляция; это незамкнутая система – имеет энергетические «входы» и «выходы», которые связывают между собой соседние биогеоценозы; обмен веществ между ними осуществляется:

- в газообразной фазе,
- в жидкой фазе,
- в твердой фазе,
- в форме живого вещества (миграция организмов);

биогеоценоз – это арена, среда для эволюции популяций, видов, входящих в него; популяции разных видов воздействуют друг на друга по принципу прямой и обратной связи; биогеоценоз – это продукт совместного исторического развития видов (эволюции), приспособленных к совместному сосуществованию в определенных условиях; целостность определяется отношениями между особями разных видов и физическими условиями среды – абиотическими факторами.

## ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ЖИВОГО

обмен веществ, размножение, наследственность, рост, развитие, изменчивость, приспособляемость, раздражимость.

Каждое из этих свойств в отдельности не позволяет провести границу между живым и неживым. Только весь набор представляет возможность с большей вероятностью дать более или менее полную характеристику жизни.

Выделим те черты, которые имеют организационную, информационную и эволюционную трактовку.

1. Дискретность (дискретный – разделенный, состоящий из отдельных частей) – относительная обособленность живых объектов друг от друга.

любая особь многоклеточного организма состоит из дискретных частиц – клеток; любая клетка включает определенные органеллы; органеллы состоят из дискретных, обычно высокомолекулярных органических веществ; органические вещества состоят из дискретных атомов; атомы состоят из элементарных частиц; все дискретные части и единицы системы взаимодействуют друг с другом.

2. Целостность биологических систем.

отдельные компоненты связаны в единую систему; целостность поддерживается в процессе развития; этим качественно отличается от целостности неживого; для живых систем характерно увеличение упорядоченности, целостности; в живом проявляется способность к самоорганизации материи.

3. Конвариантная редупликация (самовоспроизведение с изменениями).

означает возможность передачи по наследству отклонений от исходного состояния; потому, хотя и похожи на своих родителей, никогда не бывают идентичными с ними; она определяет уникальность проявления дискретности и целостности живого → среди живых систем нет двух совершенно одинаковых; это приводит к разнокачественности особей и разной степени приспособленности к условиям обитания, т. е. определяет возможность биологической эволюции; она осуществляется на основе матричного принципа, при воспроизведении изменения неизбежны из-за:

1 – мутационной изменчивости,

2 – структурных изменений за счет движения атомов и молекул (любая достаточно сложная молекулярная структура обладает ограниченной степенью сложной);

если эти изменения не приводят к летальному исходу, то они будут передаваться по наследству в результате самовоспроизведения по матричному принципу; это единственное специфичное свойство для земных форм жизни.

4. Приспособляемость (адаптированность) к среде обитания.

все живые организмы и отдельные органы соответствуют своему образу жизни; по особенностям строения можно в общих чертах представить в какой среде живет организм; есть целый ряд адаптаций, которые обеспечивают выживание в разнообразных и непостоянных условиях среды; адаптации бывают разного характера: морфологические, физиологические, поведенческие.

2. Развитие представлений о строении вещества

В 1647 г. выходит книга французского философа П. Гассенди, в которой он пишет о том, что все тела состоят из атомов, аналогично тому как из строительных материалов построены дома. В телах атомы объединяются в группы, которые Гассенди назвал молекулами. Он считал, что если атомы соединяются друг с другом в нескольких точках, то образуется жидкое тело, если же точек соединения много, то образуется твердое тело. Конечно, взгляды Гассенди были наивными, но тем не менее они способствовали развитию атомистических представлений о строении вещества.

Роберт Бойль, английский химик и физик, который положил начало становлению химии как самостоятельной науки и дал первое научное определение химического элемента, также придерживался атомистических взглядов.

Атомно-молекулярные представления о строении вещества развивал М. В. Ломоносов. Он объяснял свойства тел конфигурацией молекул, образующих эти тела, а изменение

свойств тел в химических реакциях - изменением конфигураций молекул. Конечно, это еще не была современная теория строения вещества. Как и другие ученые, сторонники механистического мировоззрения, Ломоносов основными характеристиками атомов и молекул считал их массу, скорость, координаты.

Химики получили веское доказательство существования атомов и молекул после того, как Джоном Дальтоном в 1807 г. был открыт закон кратных весовых отношений. Но природа химической связи осталась необъяснимой. Вы знаете, что это удалось сделать только на основе квантовых представлений.

Дальнейшее развитие химии связано с работами Лавуазье. С ними вошел в науку закон сохранения массы вещества, в химии стали систематически применяться количественные методы, была выяснена роль кислорода в процессах горения и дыхания, что способствовало опровержению теории флогистона, утверждению атомистических представлений, зарождению органической химии.

К 1850 г. атомно-молекулярная теория стала господствующей и в химии, и в физике. Во многом этому способствовал шведский ученый Якоб Берцелиус. Он построил систему атомных весов всех известных тогда химических элементов. Каждый вид атомов получил «права гражданства» в научной картине мира. Разработанная им электрохимическая теория позволила высказать догадку о силах, действующих между атомами, о распределении электричества на атомах, о неравноценности их «полюсов». Как видим, благодаря химии каждый вид атомов стал приобретать свое лицо. Обратите внимание на классификацию материальных объектов по Берцелиусу (рис. 28). Такая классификация уже не вписывалась в механическую картину мира, в которой основным было представление об элементах мира как о неделимых частицах, обладающих массой. Невидимые, невещественные, невесомые субстанции Берцелиуса подготавливали формирование представления о поле - еще одном виде материи.

Исследования в области органической химии помогли биологам расправиться с «жизненной силой», которая в живом организме должна была руководить образованием органических веществ из неорганических.

Накопление экспериментальных данных о химических и физических свойствах химических элементов позволило Д. И. Менделееву открыть периодический закон (1869 г.). В основу классификации элементов Д. И. Менделеев положил массу их атомов: как и другие сторонники механистического мировоззрения, основным свойством атомов он считал массу. Но картина изменения свойств веществ, созданная Менделеевым, не вписывалась в механическую картину мира.

Как видим, развитие биологии, химии, физики привело к тому, что начался распад механической картины мира.

Механистический детерминизм не подтверждался развитием науки и вызывал возражения философов. Механицизм утверждал покорность ходу событий, невозможность их изменения: зачем бороться с какими-то неприятностями, если они «запрограммированы» миллионы лет тому назад расположением частиц и их скоростями? Подобное мировоззрение не допускало никаких революций, никаких изменений в собственной судьбе или судьбе общества.

В 1781 г. выходит книга И. Канта «Критика чистого разума». В ней автор, пытаясь проникнуть в глубь истории с ее картинами ужасающей жестокости, бесчеловечности, глупости, ставит вопрос: «Как весь этот видимый хаос совместить с понятием прогресса



человеческого развития?» - и приходит к выводу, что суетное на одном системном уровне оказывается закономерным на другом, более высоком уровне. Природные задатки человека, его разум развиваются не в индивиде, а в роде. Род людской развивается в направлении прогресса, несмотря на отдельные эгоистические желания. Источником естественного развития Кант считает борьбу. Таким образом, мы видим, что человеческая мысль подошла к диалектической идее о единстве и борьбе противоположностей, которые составляют основу всякого развития.

Закон естественного отбора был открыт Ч. Дарвином под влиянием идеи о причине развития. Как вы помните, этот закон носит статистический характер - случайные изменения на одном системном уровне (на уровне индивидуального развития) проявляются путем естественного отбора на уровне вида. Выход книги Дарвина «Происхождение видов» (1859 г.) совпал с открытием Дж. Максвеллом статистического закона о распределении молекул по группам, отличающимся различными скоростями. Этот закон определяет вероятность распределения молекул по скоростям, т. е. он допускает случайные события. Согласно представлениям механической картины мира, как вы помните, случайностям в мире не было места. С открытием закона Максвелла в науку входит понятие о динамических и статистических закономерностях. Первые с абсолютной точностью определяют поведение отдельных тел, вторые - определяют вероятность поведения тел, входящих в большие ансамбли. Таким образом, статистические закономерности определяют поведение тел на макроуровне, на микроуровне же поведение микрочастиц продолжали объяснять строгие динамические закономерности, т. е. механистический детерминизм оказался ограниченным «сверху» (на макроуровне).

Утвердить в науке теорию вероятности помогли работы Л. Больцмана, связанные со статистическим обоснованием второго начала термодинамики, установлением связи между энтропией и вероятностью. Все это привело к тому, что механическое движение уже перестало быть господствующим видом движения материи, хотя еще продолжало существовать представление о едином виде материи - веществе.

Этому способствовало также открытие Р. Майером закона сохранения энергии, величайшего закона природы, который стал основой для объяснения явлений природы во всем естествознании, мощным орудием материалистического объяснения мира.

### **3. История развития молекулярной биологии**

Молекулярная биология - это наука о познании природы, о явлении жизнедеятельности, путем изучения биообъектов на молекулярном уровне.

Отличительной чертой МБ является изучение явлений жизни на неживых или примитивных организмах, изучает клеточные мембраны, вирусы, бактериофаги, структуру и функции биополимеров (белки, жиры, нуклеиновые кислоты). Молекулярной биологии около 50 лет, основана на границе биохимии, биофизики и физиологии. МБ основана в 1953 году в апреле, когда Крик и Уотсон написали статью в журнале «Nature» с предложением пространственной молекулы ДНК. Основанием построения для этой модели, послужили работы по рентгеноструктурному анализу, в которых участвовали Уилкинсон и Франклин.

Медицинская генетика - изучает роль наследственности и возникновения заболеваний.

Наследственные болезни - болезни, причиной которых являются вредные мутации в наследственном аппарате клеток (в гаметах и зиготе).

Впервые термин «МБ» ввел У. Астбери, который выяснил зависимость между молекулярной структурой и свойствами волокнистых белков. Далее ученые применили его в 1945 году, но как наука начала развиваться в 1953 году с момента открытия модели молекулы ДНК Уотсоном и Криком в клетках живых организмов.

#### Основные этапы развития молекулярной биологии

##### 1. Первый период 1935-1944 гг.

Макс Дельбрюк и Сальвадор Лурия занимались изучением бактерий и вирусов

В 1940 г. Джордж Бидл и Эдуард Татум сформулировали гипотезу - "Один ген -один фермент". Но что такое ген в физико-химическом плане тогда еще не знали. Здесь происходит стык физики, химии и биологии.

##### 2. Второй период 1944-1953гг.

Была доказана генетическая роль ДНК. В 1953 г. появилась модель двойной спирали ДНК, за которую ее создатели Джеймс Уотсон, Френсис Крик и Морис Уилкинс были удостоены Нобелевской премии.

##### 3. Догматический период 1953-1962 гг.

Сформулирована центральная догма молекулярной биологии:

Перенос генетической информации идет в направлении ДНК → РНК → белок.

В 1962 г. был расшифрован генетический код.

##### 4. Академический период с 1962 г. по настоящее время, в котором с 1974 года выделяют генно-инженерный субпериод.

#### Основные открытия

1944 г. Доказательство генетической роли ДНК. Освальд Эйвери, Колин Мак-Леод, Маклин Мак-Карти.

1953 г. Установление структуры ДНК. Джеймс Уотсон, Френсис Крик.

1961 г. Открытие генетической регуляции синтеза ферментов. Андре Львов, Франсуа Жакоб, Жак Моно.

1962 г. Расшифровка генетического кода. Маршалл Нирнберг, Генрих Маттеи, Северо Очоа.

1967 г. Синтез *in vitro* биологически активной ДНК. Артур Корнберг (неформальный лидер молекулярной биологии).

1970 г. Химический синтез гена. Гобинд Корана.

1970 г. Открытие фермента обратной транскриптазы и явления обратной транскрипции. Говард Темин, Дэвид Балтимор, Ренато Дульбеко.

1978 г. Открытие сплайсинга. Филипп Шарп.

1982 г. Открытие автосплайсинга. Томас Чек.

### **1. 5 Лекция №5 (2 часа).**

**Тема:** «Развитие знаний о термодинамических процессах в живом»

#### **1.5.1 Вопросы лекции:**

1. Термодинамика живых систем
2. Управление и регулирование в живых системах

#### **1.5.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Термодинамика живых систем

Состояние живых систем в любой момент времени (динамическое состояние) характерно тем, что элементы системы постоянно разрушаются и строятся заново. Этот процесс носит название биологического обновления. Для обновления элементов в живых системах требуется постоянный приток извне веществ и энергии, а также вывод во внешнюю среду тепла и продуктов распада. Это означает, что живые системы обязательно должны быть открытыми системами. Благодаря этому в них создается и поддерживается химическое и физическое неравновесие. Именно на этом неравновесии основана работоспособность живой системы, направленная на поддержание высокой упорядоченности своей структуры (а. значит, на сохранение жизни) и осуществление различных жизненных функций. Кроме того, живая система, благодаря свойству открытости, достигает стационарности, т.е. постоянства своего неравновесного состояния. В изолированной системе (такая система не обменивается с внешней средой веществом и энергией), находящейся в неравновесном состоянии происходят необратимые процессы, которые стремятся привести систему в равновесное состояние. Переход живо системы в такое состояние означает для нее смерть. Таким образом, открытость – одно из важнейших свойств живых систем. Весьма важным является вопрос о применимости законов термодинамики к живым системам. К началу документа I закон (начало) термодинамики. Первый закон термодинамики гласит: изменение энергии системы равно количеству тепла, полученному системой, плюс работа внешних сил, совершенная над системой  $DE = Q + A$  Для адиабатически изолированных ( $Q = 0$ , то есть обмена теплом с внешней средой не происходит) и замкнутых ( $A = 0$ , то есть внешние силы отсутствуют) систем  $DE = 0$ . Последнее утверждение является законом сохранения энергии: при всех изменениях, происходящих в адиабатически изолированных и замкнутых системах полная энергия системы остается постоянной. Если рассматривать термодинамическую систему, состоящую только из живой системы, то закон сохранения энергии неприменим, так как живая система является открытой. Для термодинамической системы, включающей в себя живую систему и среду, с которой система обменивается энергией и веществом, закон сохранения энергии выполняется. Действительно, как показали опыты, общее количество энергии, которое получает организм за некоторый промежуток времени, вновь обнаруживается впоследствии в виде: а) выделяемого тепла; б) в совершаемой внешней работе или выделяемых веществах; в) в виде теплоты сгорания веществ, синтезированных за этот промежуток времени за счет энергии, поступившей извне. II закон (начало) термодинамики. Второй закон термодинамики утверждает, что в изолированной термодинамической системе энтропия никогда не может уменьшаться. Она равна нулю при обратимых процессах и может только увеличиваться при необратимых процессах, то есть  $DS \geq 0$ . Переход системы из неравновесного состояния в равновесное необратим, поэтому также  $DS \geq 0$ . Здесь есть также определенная связь с упорядоченностью системы, а также с информацией (большая упорядоченность соответствует большому количеству информации). Можно говорить при этом о единстве природы информации и энтропии. Действительно, увеличение энтропии соответствует переходу системы из более упорядоченного в менее упорядоченное состояние. Такой переход сопровождается уменьшением информации, содержащейся в структуре системы. Беспорядок, неопределенность можно трактовать как недостаток информации. В свою очередь возрастание количества информации уменьшает неопределенность. Вспомним физический смысл энтропии. Все процессы, самопроизвольно протекающие в природе,

необратимы и способствуют переходу системы в равновесное состояние, которое всегда характеризуется тем, что: а) в процессе этого перехода всегда безвозвратно выделяется некоторая энергия и для совершения полезной работы она использована быть не может; б) в равновесном состоянии элементы системы характеризуются наименьшей упорядоченностью. Отсюда следует, что энтропия является как мерой рассеяния энергии, так и, что сейчас для нас главное, мерой неупорядоченности системы. Применение второго закона термодинамики к живым системам без учета того, что это открытые системы, приводит к противоречию. Действительно, энтропия должна всегда возрастать, то есть должна расти неупорядоченность живой системы. В то же время мы хорошо знаем, что все живые системы постоянно создают из беспорядка упорядоченность. В них создается и поддерживается физическое и химическое неравновесие, на котором основана работоспособность живых систем. В процессе развития каждого организма (ортогенеза), так же как и в процессе эволюционного развития (филогенеза) все время образуются новые структуры, и достигается состояние с более высокой упорядоченностью. А это означает, что энтропия (неупорядоченность) живой системы не должна возрастать. Таким образом, второй закон термодинамики, справедливый для изолированных систем, для живых систем, являющихся открытыми, неприменим. Для открытых термодинамических систем изменение энтропии состоит из суммы  $DS = DS_i + DS_e$  где  $DS_i$  – изменение энтропии в ходе процессов, происходящих в самой живой системе,  $DS_e$  – изменение энтропии при обмене веществом и энергией с окружающей средой. Согласно второму закону термодинамики величина  $DS_i$  может быть только положительной или в предельном случае (обратимые процессы) равна нулю. Величина  $dS_e$  может быть положительной ( $DS_e > 0$ , система получает энтропию) и отрицательной ( $DS_e < 0$ , система отдает энтропию). При этом суммарное изменение энтропии может быть и отрицательным. При  $DS_e < 0$  и  $|DS_e| > |DS_i|$  :  $DS = DS_i + DS_e < 0$ , что означает увеличение упорядоченности в случае, когда систему покидает больше энтропии, чем возникает внутри нее в ходе необратимых процессов. Рассмотрим производную энтропии по времени, которую называют скоростью изменения или производством энтропии. Из выражения для  $DS$  следует, что производство энтропии открытой системы: Для стационарного состояния, когда неравновесность во времени не изменяется, производство энтропии должно быть равно нулю (производная от постоянной величины): Это означает, что, т.е. энтропия, возникающая в ходе процессов, происходящих внутри системы ( $dS_i$ ), должна полностью переходить во внешнюю среду. К началу документа Теорема Пригожина. Согласно теореме Пригожина, если открытую термодинамическую систему при неизменных во времени условиях предоставить самой себе, то прирост энтропии будет уменьшаться до тех пор, пока система не достигнет стационарного состояния динамического равновесия; в этом состоянии прирост энтропии будет минимальным, то есть. Таким образом, мы можем сказать, что для открытой системы в стационарном состоянии производство энтропии минимально. Для живых систем это означает следующее: В течение времени жизни живой системы ее элементы постоянно подвергаются распаду. Энтропия этих процессов положительна (возникает неупорядоченность). Для компенсации распада (компенсации неупорядоченности) должна совершаться внутренняя работа в форме процессов синтеза элементов взамен распавшихся. А это означает, что эта внутренняя работа является процессом с отрицательной энтропией (такие процессы называют негэнтропийными, а отрицательную

энтропию – негэнтропией). Негэнтропийный процесс противодействует увеличению энтропии системы, которое связано с процессом распада и создает упорядоченность. Источником энергии для совершения негэнтропийной внутренней работы являются: Для организмов - гетеротрофов (питающихся только органической пищей) – энергия в виде химических связей и низкая энтропия поглощаемых высокоструктурированных органических веществ. В этом случае поглощаемые пищевые вещества обладают больше упорядоченностью (меньшей энтропией), чем выделяемые продукты обмена. Организмы гетеротрофы переносят упорядоченность (негэнтропию) из питательных веществ в самих себя. Для организмов - автотрофов (самостоятельно синтезирующих для себя питательные вещества из неорганических соединений с участием солнечного излучения) – энергия солнечного света, представляющего электромагнитное излучение с низкой энтропией. Таким образом, обмен веществ с точки зрения термодинамики необходим для противодействия увеличению энтропии, обусловленному необратимыми процессами в живой системе. Если рассматривать систему «живой организм плюс среда», из которой берутся питательные вещества и в которую отдаются продукты обмена, то второй закон термодинамики справедлив: энтропия этой системы возрастает и никогда не уменьшается. Это означает, что живая система создает внутри себя упорядоченность за счет того, что она уменьшает упорядоченность в окружающей среде. Итак, живая система является открытой системой, и ее энтропия не возрастает, как это имеет место в изолированной системе. Это означает, что живая система постоянно совершает работу, направленную на поддержание своей упорядоченности, и находится в неравновесном стационарном состоянии. Производство энтропии при этом (как следует из теоремы Пригожина) минимально. Таким образом, с позиций термодинамики можно утверждать, что живым системам присущи процессы, уменьшающие энтропию систем и, следовательно, поддерживающие их организованность. Следующий вопрос заключается в том, как реализуются процессы самоуправления и самоорганизации живых систем. Вопрос этот прежде всего связан с рассмотрением жизни как информационного процесса. Недаром кибернетика определена ее создателем Н. Винером как «наука об управлении и передачи информации в живых организмах и машинах». Прежде всего, рассмотрим две важнейшие функции организованных и управляющих систем – управление и регулирование.

## **2. Управление и регулирование в живых системах**

Управление и регулирование – близкие понятия, однако, между ними есть определенная разница. Управление – функция организованных систем, обеспечивающая выполнение следующих задач: · сохранение определенной структуры системы; · поддержание режима деятельности системы; · реализацию цели деятельности системы по определенному правилу (алгоритму). Эти задачи решаются с помощью регулирования. Регулирование – функция управляющих систем, обеспечивающая выполнение таких задач, как: · поддержание постоянства регулируемой величины на некотором определенном уровне; · изменение регулируемой величины по заданному закону (программное регулирование); · изменение регулируемой величины в соответствии с ходом некоторого внешнего процесса (следящее регулирование). Гомеостазис. В целом регулирование направлено на поддержание гомеостазиса – относительно динамического постоянства характеристик внутренней среды организма. Гомеостазис обусловлен способностью живых систем вырабатывать реакции в ответ на изменение параметров внешней среды, которые исключают или сводят к минимуму последствия этих изменений

(ср. с рассмотренным ранее принципом Ле-Шателье). Задачи управления в живой системе, таким образом, состоят в том, чтобы как можно эффективнее отвечать на изменения, происходящие во внешней и внутренней ее среде, то есть нейтрализовать возмущающие воздействия на систему. Живая система решает задачу управления путем своевременной перестройки своей структуры в соответствии с изменившимися условиями. Иными словами, процесс управления является процессом упорядочения системы в соответствии с изменениями во внешней и внутренней среде с целью противодействия факторам дезорганизации. Этот процесс осуществляется с помощью элементов, входящих в состав самой системы. В живых системах управляющие факторы воздействуют на систему не извне, а возникают в ней самой. Поэтому управление в живых системах является самоуправлением, процессы регулирования – процессами саморегулирования, а сами живые системы являются самоорганизующимися системами. Здесь уместно дать еще одно определение самоорганизации. Самоорганизация – процесс, в ходе которого создается, поддерживается или совершенствуется организация сложной системы. Свойства самоорганизации присущи всем живым системам: клеткам, организмам, популяциям, биогеоценозам. Процессы самоорганизации происходят за счет перестройки существующих и образования новых связей между элементами системы. В самоорганизующихся системах приспособление к изменяющимся условиям или улучшение процесса управления достигается изменением структуры системы управления: включением или отключением элементов системы, изменением связей между элементами и их подчиненностью, изменением алгоритмов управления. Уровни управления. В организме существует несколько уровней управления. Внутриклеточный механизм регуляции осуществляет биохимическую регуляцию в соответствии с генетической информацией, которая содержится на молекулярном уровне. Механизм тканевой регуляции – более высокий уровень регуляции, чем клеточный. Ткани взаимодействуют в рамках организма путем обмена определенными химическими веществами. Регулирует это взаимодействие еще один, более высокий уровень – железы внутренней секреции. Они вырабатывают гормоны, циркулирующие в крови, которые управляют организмом как целым. Высший уровень регуляции – центральная нервная система, которая присутствует у всех многоклеточных организмов. Она воздействует на все другие уровни регуляции. Управление организмом имеет многоуровневый «иерархический» характер. На каждом уровне управление направлено на решение задач, присущих этому уровню. Чем выше уровень, тем более общие для системы задачи на нем решаются. Главная же цель, общая для живой системы в целом ставится и решается на высшем уровне управления. Цели и задачи нижележащих уровней носят вспомогательную роль по отношению к общей цели. Основой для процессов управления и регуляции является обмен информацией благодаря наличию информационных связей. Рассмотрим подробнее информационные связи внутри организма.

Информационные связи внутри организма Гормональная связь. Гормон, то есть химический сигнал, по кровотоку посылает во все части организма, но только в определенные органы, способные принять данный сигнал, реагируют на него как приемники. Нервные связи (только у многоклеточных организмов). Информационным параметром нервных связей служит частота следования импульсов. Частота импульсов увеличивается при росте интенсивности стимула. Генетическая связь. Источником сообщения в этом случае является молекула дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК).

Функционирование этой связи будет рассмотрено позже. Таким образом, процесс управления в информационном смысле носит антиэнтропийный характер: получая информацию об окружающей среде, живая система уменьшает информационную энтропию внутри себя, использует получаемую информацию для поддержания своей организованности.

Цели управления в живых системах чрезвычайно разнообразны. В любой системе цель управления в общем виде заключается в достижении системой множества полезных для нее свойств при разнообразных внешних воздействиях. Здесь мы рассматриваем живые, биологические системы. Биологической системой, которой присущи все свойства живого и все задачи управления, является организм, в том числе одноклеточный. Клетка, хотя и самоуправляемая, не является автономной системой, так как регуляция в клетке подчинена организму. Обратные связи. Важной стороной управления в живых системах является наличие обратных связей. Принцип обратных связей является одним из основных принципов самоуправления, саморегуляции и самоорганизации. Без наличия обратных связей процесс самоуправления невозможен. С помощью обратных связей сами отклонения объекта от заданного состояния формируют управляющие воздействия, которые приводят состояние объекта в заданное. Иными словами, обратная связь – это обратное воздействие результатов процесса на его протекание. Обратная связь может быть положительной и отрицательной. Положительная обратная связь – такая обратная связь, когда результаты процесса усиливают его. Если же результаты процесса ослабляют его действие, говорят об отрицательной обратной связи. Действие обратных связей можно рассмотреть на примере роста численности популяции некоторых видов, к примеру, мелких рыбёшек, в зависимости от наличия пищи (планктона) и наличия рыб-хищников. Чем больше пищи, тем большее число потомков рыбёшек может прокормиться и затем дать новое потомство. При неограниченном количестве пищи и отсутствии хищников и болезней у рыбёшек их численность могла бы неограниченно возрастать. Здесь имеет место положительная обратная связь, выражающаяся в том, что процесс роста популяции рыбёшек ведет к еще большему (в геометрической прогрессии) её росту. В случае наличия рыб-хищников возникает еще одна обратная связь: численность хищников будет влиять на количество корма для них (на количество мелких рыбёшек). Эта обратная связь будет отрицательной. В результате действия обратных связей численность в популяциях является волнообразной (так называемые «волны жизни») и колебания численности будут происходить вокруг некоторого среднего уровня. Роль положительных и отрицательных обратных связей различна. Отрицательные обратные связи обеспечивают стабильность функций живых систем, их устойчивость к внешним воздействиям. Они являются основным механизмом энергетического и метаболического баланса в живых системах, контроля численности популяций, саморегуляции эволюционного процесса. Положительные обратные связи играют позитивную роль усилителей процессов жизнедеятельности. Особую роль они играют для роста и развития. Таким образом, общие характеристики обратных связей могут быть сформулированы следующим образом: Отрицательные обратные связи способствуют восстановлению исходного состояния. Положительные – уводят организм все дальше от исходного состояния. Самоорганизация на всех уровнях начинается на основе механизмов положительной обратной связи, на которые затем накладываются ограничения отрицательных обратных связей. Иерархия целей управления в живых системах. Рассмотрим наиболее общую цель всех живых

систем – сохранение и продолжение жизни. Здесь цель достигается в следующем порядке: Цель I порядка – обеспечить существование систем (достигается поддержанием стационарного неравновесного состояния, при котором  $\dot{S} = \min$ .) Нарушение этого состояния означает смерть. Цель II порядка – обеспечить высокое качество существования системы → поддержание гомеостаза. Гомеостаз – необходимое условие высокого качества функционирования системы; Цель III порядка – достижение максимально высоких показателей существования системы (максимальная энергетическая эффективность и надежность). По мере ухудшения внешних условий система отказывается от иерархически менее важных целей («не до жиру – быть бы живу!»).

## **1. 6 Лекция №6 (2 часа).**

**Тема:** «Становление понятий о процессах саморегуляции и самоорганизации живых систем»

### **1.6.1 Вопросы лекции:**

1. Задачи управления и регулирования
2. Информационные связи внутри организма
3. Цели и специфика управления в живых системах

### **1.6.2 Краткое содержание вопросов:**

#### **1. Задачи управления и регулирования**

Саморегуляция и самоорганизация – близкие понятия, однако, между ними есть определенная разница. Самоорганизация – функция организованных систем, обеспечивающая выполнение следующих задач: · сохранение определенной структуры системы; · поддержание режима деятельности системы; · реализацию цели деятельности системы по определенному правилу (алгоритму). Эти задачи решаются с помощью регулирования. Саморегуляция – функция управляющих систем, обеспечивающая выполнение таких задач, как: · поддержание постоянства регулируемой величины на некотором определенном уровне; · изменение регулируемой величины по заданному закону (программное регулирование); · изменение регулируемой величины в соответствии с ходом некоторого внешнего процесса (следящее регулирование).

Гомеостаз. В целом регулирование направлено на поддержание гомеостаза – относительно динамического постоянства характеристик внутренней среды организма. Гомеостазис обусловлен способностью живых систем вырабатывать реакции в ответ на изменение параметров внешней среды, которые исключают или сводят к минимуму последствия этих изменений (ср. с рассмотренным ранее принципом Ле-Шателье). Задачи управления в живой системе, таким образом, состоят в том, чтобы как можно эффективнее отвечать на изменения, происходящие во внешней и внутренней ее среде, то есть нейтрализовать возмущающие воздействия на систему. Живая система решает задачу управления путем своевременной перестройки своей структуры в соответствии с изменившимися условиями. Иными словами, процесс управления является процессом упорядочения системы в соответствии с изменениями во внешней и внутренней среде с



целью противодействия факторам дезорганизации. Этот процесс осуществляется с помощью элементов, входящих в состав самой системы. В живых системах управляющие факторы воздействуют на систему не извне, а возникают в ней самой. Поэтому управление в живых системах является самоуправлением, процессы регулирования – процессами саморегулирования, а сами живые системы являются самоорганизующимися системами. Здесь уместно дать еще одно определение самоорганизации.

Самоорганизация – процесс, в ходе которого создается, поддерживается или совершенствуется организация сложной системы. Свойства самоорганизации присущи всем живым системам: клеткам, организмам, популяциям, биогеоценозам. Процессы самоорганизации происходят за счет перестройки существующих и образования новых связей между элементами системы. В самоорганизующихся системах приспособление к изменяющимся условиям или улучшение процесса управления достигается изменением структуры системы управления: включением или отключением элементов системы, изменением связей между элементами и их подчиненностью, изменением алгоритмов управления. Уровни управления. В организме существует несколько уровней управления. Внутриклеточный механизм регуляции осуществляет биохимическую регуляцию в соответствии с генетической информацией, которая содержится на молекулярном уровне. Механизм тканевой регуляции – более высокий уровень регуляции, чем клеточный. Ткани взаимодействуют в рамках организма путем обмена определенными химическими веществами. Регулирует это взаимодействие еще один, более высокий уровень – железы внутренней секреции. Они вырабатывают гормоны, циркулирующие в крови, которые управляют организмом как целым. Высший уровень регуляции – центральная нервная система, которая присутствует у всех многоклеточных организмов. Она воздействует на все другие уровни регуляции. Управление организмом имеет многоуровневый «иерархический» характер. На каждом уровне управление направлено на решение задач, присущих этому уровню. Чем выше уровень, тем более общие для системы задачи на нем решаются. Главная же цель, общая для живой системы в целом ставится и решается на высшем уровне управления. Цели и задачи нижележащих уровней носят вспомогательную роль по отношению к общей цели. Основой для процессов управления и регуляции является обмен информацией благодаря наличию информационных связей. Рассмотрим подробнее информационные связи внутри организма.

## **2. Информационные связи внутри организма**

Гормональная связь. Гормон, то есть химический сигнал, по кровотоку посылает во все части организма, но только в определенные органы, способные принять данный сигнал, реагируют на него как приемники. Нервные связи (только у многоклеточных организмов). Информационным параметром нервных связей служит частота следования импульсов. Частота импульсов увеличивается при росте интенсивности стимула. Генетическая связь. Источником сообщения в этом случае является молекула дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Функционирование этой связи будет рассмотрено позже. Таким образом, процесс управления в информационном смысле носит антиэнтропийный характер: получая информацию об окружающей среде, живая система уменьшает информационную энтропию внутри себя, использует получаемую информацию для поддержания своей организованности.

**3. Цели управления в живых системах** чрезвычайно разнообразны. В любой системе цель управления в общем виде заключается в достижении системой множества

полезных для нее свойств при разнообразных внешних воздействиях. Здесь мы рассматриваем живые, биологические системы. Биологической системой, которой присущи все свойства живого и все задачи управления, является организм, в том числе одноклеточный. Клетка, хотя и самоуправляемая, не является автономной системой, так как регуляция в клетке подчинена организму. Обратные связи. Важной стороной управления в живых системах является наличие обратных связей. Принцип обратных связей является одним из основных принципов самоуправления, саморегуляции и самоорганизации. Без наличия обратных связей процесс самоуправления невозможен. С помощью обратных связей сами отклонения объекта от заданного состояния формируют управляющие воздействия, которые приводят состояние объекта в заданное. Иными словами, обратная связь – это обратное воздействие результатов процесса на его протекание. Обратная связь может быть положительной и отрицательной. Положительная обратная связь – такая обратная связь, когда результаты процесса усиливают его. Если же результаты процесса ослабляют его действие, говорят об отрицательной обратной связи. Действие обратных связей можно рассмотреть на примере роста численности популяции некоторых видов, к примеру, мелких рыбёшек, в зависимости от наличия пищи (планктона) и наличия рыб-хищников. Чем больше пищи, тем большее число потомков рыбёшек может прокормиться и затем дать новое потомство. При неограниченном количестве пищи и отсутствии хищников и болезней у рыбёшек их численность могла бы неограниченно возрастать. Здесь имеет место положительная обратная связь, выражающаяся в том, что процесс роста популяции рыбёшек ведет к еще большему (в геометрической прогрессии) её росту. В случае наличия рыб-хищников возникает еще одна обратная связь: численность хищников будет влиять на количество корма для них (на количество мелких рыбёшек). Эта обратная связь будет отрицательной. В результате действия обратных связей численность в популяциях является волнообразной (так называемые «волны жизни») и колебания численности будут происходить вокруг некоторого среднего уровня. Роль положительных и отрицательных обратных связей различна. Отрицательные обратные связи обеспечивают стабильность функций живых систем, их устойчивость к внешним воздействиям. Они являются основным механизмом энергетического и метаболического баланса в живых системах, контроля численности популяций, саморегуляции эволюционного процесса. Положительные обратные связи играют позитивную роль усилителей процессов жизнедеятельности. Особую роль они играют для роста и развития. Таким образом, общие характеристики обратных связей могут быть сформулированы следующим образом: Отрицательные обратные связи способствуют восстановлению исходного состояния. Положительные – уведут организм все дальше от исходного состояния. Самоорганизация на всех уровнях начинается на основе механизмов положительной обратной связи, на которые затем накладываются ограничения отрицательных обратных связей. Иерархия целей управления в живых системах. Рассмотрим наиболее общую цель всех живых систем – сохранение и продолжение жизни. Здесь цель достигается в следующем порядке: Цель I порядка – обеспечить существование систем (достигается поддержанием стационарного неравновесного состояния, при котором  $\dot{S} = \min$ .) Нарушение этого состояния означает смерть. Цель II порядка – обеспечить высокое качество существования системы → поддержание гомеостаза. Гомеостазис – необходимое условие высокого качества функционирования системы; Цель III порядка – достижение максимально высоких

показателей существования системы (максимальная энергетическая эффективность и надежность). По мере ухудшения внешних условий система отказывается от иерархически менее важных целей («не до жиру – быть бы живу!»).

### **1. 7 Лекция №7 (2 часа).**

**Тема: «Формирование представлений о причинах разнообразия форм живого. Развитие эволюционной теории»**

#### **1.7.1 Вопросы лекции:**

1. Воззрения философов древнего мира и суждения натуралистов XVI-XVIII вв. о причинах разнообразия форм живого.
2. Эволюционная теория Ч. Дарвина и ее развитие.
3. Влияние успехов генетики на развитие эволюционной концепции. Синтетическая теория эволюции.

#### **1.7.2 Краткое содержание вопросов:**

##### **1. Воззрения философов древнего мира и суждения натуралистов XVI-XVIII вв. о причинах разнообразия форм живого.**

Начиная с древнейших времен, существовало множество различных взглядов на происхождение видов, из которых уже тогда определилось два основных направления: метафизическое (Пифагор, Платон, Аристотель) и диалектическое (Гераклит, Эмпедокл, Анаксимандр).

Пифагор (VI в. до Р.Х.) верил в бессмертие души и считал, что все происходящее в мире снова и снова повторяется через определенные периоды времени.

Платон (427-347 гг. до Р.Х.), будучи объективным идеалистом, явился создателем "теории идей".

Метафизика Аристотеля (384 -322 гг. до Р.Х.), по мнению Рассела, - это разбавленные здравым смыслом взгляды Платона. Он выдвинул доктрину универсалий, созвучных идеям Платона. Учение Аристотеля - телеология, то есть учение о цели. Бог - источник вечного движения, перводвигатель.

Гераклит (540-480гг до Р.Х.) , как известно, придерживался диалектических взглядов на развитие мира. Отсюда его знаменитое выражение: "все течет, все изменяется". Однако он верил в вечность и неизменяемость жизни после смерти и в вечность и неизменяемость Бога.

Учение Эмпедокла (440г. до Р.Х) об эволюции живых существ носило несколько фантастический характер. "Там были головы без ушей, руки без плеч, глаза безо лбов, отдельные конечности, стремящиеся соединиться. Всё это соединялось, как попало; там были неуклюжие создания с бесчисленными руками, ... существа с туловищем человека и головой быка. В конце концов, выжили только некоторые формы", которые являлись наиболее приспособленными.

Согласно философии Анаксимандра (564 г. до Р.Х.), существует вечное движение. Миры возникли не в результате творения, а в результате развития. В живом царстве имела место эволюция. Живые существа, по его мнению, возникли из влажного элемента, когда он подвергнулся выпариванию солнцем.

Следующий всплеск философских идей в биологии в области происхождения видов определился в период, последовавший за эпохой Возрождения: в ХУП и ХУШ века.

Английский биолог Джон Рей (1623-1705гг) - автор определения понятия "вид". Вид по Д. Рею - это совокупность тождественных друг другу организмов, способных давать подобное себе потомство .

Карл Линней (1707-1778) считал, что: "Видов столько, сколько различных форм было создано в самом начале. Видов столько, сколько различных форм произвел в начале мира Всемогуший; эти формы согласно законам размножения произвели множество других, но всегда подобных себе. Однако, как и Д. Рей, он отмечал, что у растений могут быть вариации "по величине, махровости, опушению, цвету, вкусу и запаху. Величина растений изменяется в зависимости от места, почвы, климата, а также избытка питания". Эти взгляды также укладывались в современные представления о модификационной изменчивости.

Альбрехт фон Галлер(1708-1777), швейцарский физиолог и эмбриолог, автор восьмитомного учебника "Основы физиологии"(1747), возглавлял школу преформистов. По его утверждению, ничто в теле животных не возникает заново, но все развивается из первоначальных зачаточных структур по их подобию. Зародыши всех будущих форм вложены в зародыши современных; они не могут быть обнаружены с помощью микроскопа, так как чрезвычайно мелки и прозрачны. По подсчетам Галлера, от сотворения мира до наших дней смогло развернуться около 200 млрд. зародышей, которые все сразу были созданы в дни творения.

По мнению Шарля Боннэ (1720-1793гг), швейцарского естествоиспытателя и философа, все существа образуют непрерывную цепь, вне которой стоит только Бог. Минералы постепенно переходят в организованные существа, а те в свою очередь связаны между собой цепью едва заметных переходов.

Представителем раннего трансформизма был Ж. Бюффон(1707-1788), высказывавший некоторые элементы эволюционизма. Он отрицательно относился к работам Линнея и считал, что в природе нет тех групп, на какие мы делим животных и растения: нет ни видов, ни родов, ни порядков, ни классов. Есть лишь особи и индивидуумы (. Он считал, что виды животных могут изменяться под влиянием климата.

Натурфилософские воззрения Эразма Дарвина(1731-1802) - деда Чарльза Дарвина - о происхождении жизни почти дословно являют собой поэтическое оформление теории А.И.Опарина, выдвинутой в XX веке. Опарин, как известно, предложил теорию самопроизвольного самозарождения коацерватов в водной среде. Э. Дарвин признавал единство происхождения всех видов растений и животных.

Русский академик П.С.Паллас(1744-1811) считал, что вид есть единица постоянная и виды следует считать "проектированными в первом плане творения и назначенными для образования той цепи существ, которой мы восхищаемся, не имея возможности объяснить её, так же как и выбор цветов и украшений, которые тоже творческая сила употребила для украшения своих произведений".

В первой половине XIX века среди ученых-биологов выделяются две особенно яркие фигуры: Ж.Б. Ламарк (1744-1829) и Жорж Кювье (1769-1832). Как известно, первый из них был эволюционистом, считавшим понятие "вид" условным, а второй - сторонником неизменности и постоянства видов. Каждый из них выдвигал свои аргументы.

Ж.. Кювье был убежден в неизменности видов на основе многолетнего опыта работы в области сравнительной анатомии.

Необходимо особенно подчеркнуть, что подавляющее большинство ученых-естествоиспытателей и философов, живших вплоть до середины XIX века, независимо от их взглядов на происхождение видов, единодушно признавали Всемогущего Творца в лице Господа Бога.

На формирование эволюционных взглядов Дарвина большое влияние оказали также широко распространенные в Англии идеи, порожденные социально-экономическими условиями, – идея свободы конкуренции и всеобщей борьбы за существование в человеческом обществе. Свобода конкуренции, борьба за существование провозглашались как всеобщий закон природы. Из работы А. Смита «Исследование о природе и причинах богатства народов» Дарвин извлек идею о естественной «гибели неудачников», что позволило ему подойти к идее естественного отбора.

До Дарвина эту проблему решали с метафизических позиций, в силу чего целесообразность признавалась абсолютной и изначальной, раз и навсегда данной. Третья проблема касалась движущих сил и факторов эволюции. Все эти проблемы впервые нашли свое решение в эволюционной теории Дарвина, которая и совершила переворот в биологической науке.

**2. Эволюционная теория Дарвина** являлась одним из первых удачных примеров решения важных проблем развития живой природы с позиций естественноисторического материализма. Она оказала огромное влияние на все биологические науки, утвердив понимание живой природы и дав материалистическое объяснение явлениям целесообразности.

Положительной стороной теории Дарвина является ее тесная связь с селекционной практикой, которая послужила основой для построения эволюционной теории. Для анализа процесса эволюции органического мира Дарвин не просто использовал данные практики, а критически пересмотрел свои выводы с учетом достижений биологии и сельского хозяйства. Это отвечало общепризнанному принципу, согласно которому практика является главным критерием истины, и привело к коренной перестройке биологических наук и разрешению многих общебиологических проблем.

Книга Чарльза Дарвина «Происхождение видов...» является самой значительной работой в биологии за последние 125 лет. Но споры вокруг этой работы идут непрерывно, начиная с первого дня её выхода в свет. Через две недели после появления первого издания этой книги Ф. Энгельс писал К. Марксу: «... до сих пор никогда еще не было столь грандиозной попытки доказать историческое развитие в природе, да к тому же еще с таким успехом». Но были и ярые противники концепции Дарвина. Сначала борьба шла за само признание факта эволюции. А к концу XIX века этот факт стал в науке общепринятым. Тогда разгорелись споры вокруг дарвинизма (точнее, вокруг основ дарвинизма – принципа естественного отбора). Его роль принижалась, сводилась к простому «просеиванию» отдельных вариаций, отвергался и творческий характер отбора. В середине XX века начался новый этап критики дарвинизма, на этот раз с позиции молекулярной биологии. Некоторые исследователи, изучающие жизнь на уровне молекул, стали заявлять, что тут принципы Ч. Дарвина не применимы, что эволюция идет по каким-то случайным направлениям, огромными скачками, случайно приводя к возникновению совершенных форм. Примечательно, что еще современникам Дарвина было ясно: главное

в дарвинизме – совсем не объяснение механизма изменчивости организмов в ходе эволюций. Сам Дарвин как раз принимал изменчивость как постулат, предоставив разгадку ее механизмов будущим поколениям биологов.

Порой остается только удивляться, насколько аргументация современных противников дарвинизма даже в деталях совпадает с критикой, на которую уже был дан ответ в «Происхождении видов...». Многие из них не читали работу Дарвина и спорят не с дарвинизмом, а со своим искаженным и неверным представлением о нем.

За время, прошедшее с первого издания «Происхождения видов», эволюционная теория претерпела значительное развитие. Открыты генетические механизмы эволюции, расшифрованы пути эволюции для большинства крупных групп растительного и животного мира. В общем учении об эволюции выделились два огромных направления – изучение эволюции на внутривидовом уровне (микроэволюция) и изучение закономерностей эволюционного процесса в более крупных масштабах (макроэволюция). Но все эти грандиозные достижения не изменили того главного вывода, который сделал Дарвин в «Происхождении видов»: естественной и постоянно работающей силой эволюции, единственным направленным фактором, оказывается естественный отбор. История показывает, что отказ от этого положения неизбежно приводит ученых к различным вариантам идеалистических представлений.

Классический дарвинизм продолжает развиваться, решая все новые и новые проблемы эволюционной теории.

Лучшее подтверждение этого – большое число современных глубоких исследований в области эволюции. В нашей стране издано немало книг, рассказывающих о достижениях в изучении эволюционной теории. Среди них: Н.В.Тимофеев-Ресовский, Н.Н.Воронцов и А.В.Яблоков.

На основе дарвинизма перестраивались все отрасли биологической науки. Палеонтология стала выяснять пути развития органического мира; систематика – родственные связи и происхождение систематических групп; эмбриология – устанавливать общее в стадиях индивидуального развития организмов в процессе эволюции; физиология человека и животных – сравнивать их жизнедеятельность и выявлять родственные связи между ними.

В начале XX века стало развиваться экспериментальное изучение естественного отбора, быстро развивались генетика, экология. Идеи Дарвина в России встретили поддержку передовой интеллигенции. В вузах либеральная часть профессуры перестраивала курс зоологии и ботаники в свете дарвинизма. Появились статьи в журналах, освещавшие учение Дарвина. В 1864 году «Происхождение видов» впервые было опубликовано на русском языке.

### **3. Влияние успехов генетики на развитие эволюционной концепции.**

#### **Синтетическая теория эволюции.**

Теория естественного отбора Ч.Дарвина была расширена и модифицирована в свете современных данных генетики, молекулярной биологии, экологии, этологии и получила название в отечественной литературе - синтетическая теория эволюции (СТЭ), а в изданиях англоязычных авторов - неodarвинизм. СТЭ - теория органической эволюции путем естественного отбора признаков, детерминированных генетически. Эволюция определяется здесь как происходящий под действием естественного отбора процесс изменения частот генов в генофонде популяций, что на уровне генотипов особей,

составляющих эти популяции, приводит к накоплению и комбинированию полезных наследственных уклонений, определяющих фенотипические адаптации этих особей. Онтогенез рассматривается как реализация наследственной информации, а филогенез - как формирование и испытание новых наследственных информационных программ.

Подход, свойственный СТЭ, основан на допущении, согласно которому между генами и признаками фенотипа, равно как и между признаками фенотипа и относительной приспособленностью организмов к среде существует однозначное соответствие. Другими словами, фенотипическое проявление генов полностью определяет селективную ценность особей. При таком подходе можно, не рассматривая различные формы проявления борьбы за существование или особенности протекания индивидуального развития организмов, приписывать соответствующие значения приспособленности непосредственно генам. Такая несколько упрощенная трактовка механизма эволюционных изменений подвергалась неоднократной критике (Н.Н. Иорданский, А.С. Северцов, И.И. Шмальгаузен). Другим уязвимым местом неodarвинизма является отрицание качественного различия между *микро-* и *макроэволюционным уровнем организации жизни*.

Концепция уровней организации жизни на Земле, разработанная Н.В. Тимофеевым-Ресовским, в середине прошлого века, имела большое эвристическое значение для развития эволюционного учения. Все многообразие живых организмов на нашей планете со структурной и функциональной точек зрения было предложено разделить на 4 уровня: молекулярно-генетический, онтогенетический, популяционно-видовой и биосферный (биогеоценотический). На первом уровне осуществляется конвариантная редупликация (буквальный перевод самовоспроизведение с изменением), лежащая в основе всего эволюционного процесса. На онтогенетическом уровне происходит реализация генетической информации одновременно с ее приведением в соответствие с требованиями естественного отбора, именно через фенотипы оказывающего свое направляющее влияние на процесс эволюции. На популяционно-видовом уровне в ряду поколений протекает исторический процесс изменения форм организмов, приводящий к образованию пусковых механизмов эволюции, дифференциации форм, формированию адаптаций и видообразованию. На биосферном уровне протекает сложнейшее взаимное приспособление различных групп и видов друг к другу (формирование биогеоценотических равновесий).

Иногда выделяют дополнительные уровни организации (клеточный, органный, биомный и т.д.), причем это выделение проводится достаточно произвольно, без общего критерия. В отличие от этого вышеназванные четыре уровня выделены на единой общей основе наличия элементарных структур и явлений, определяющих специфику этих уровней. Несмотря на определенную специфику каждого уровня, они тесно связаны друг с другом, каждый более высокий иерархический уровень определяется предшествующим. Немаловажно подчеркнуть, что изменчивость элементарных эволюционных единиц наблюдается на всех уровнях организации и является необходимой предпосылкой действия элементарных эволюционных явлений на любом из них (Тимофеев-Ресовский, 1974; Яблоков, Юсуфов, 1999).

Направленность эволюционных изменений можно проследить на микроэволюционном, биогеоценотическом (биосферном) и макроэволюционном уровнях организации. В определении направления микроэволюции действуют в основном два фактора:

изменчивость и условия среды. Весьма распространенное утверждение, что направляющим фактором микроэволюционных изменений является естественный отбор, не совсем корректно: направление отбора представляет производную от изменчивости и действия среды, которое реализуется через условия борьбы за существование. Фенотипическая изменчивость, точнее ее генотипическая компонента, которая служит материалом для эволюции и одним из параметров, определяющих ее направление, весьма разнообразна. В целом прогрессивная эволюция растений и животных в значительной мере была связана с возрастанием пластичности фенотипических реакций, так как при столкновении популяций с новыми условиями среды выживают, как правило, особи, обладающие более широкой нормой реакции. В эволюции, идущей по таким признакам, направленность изменений организации в соответствии с изменениями экологических условий проявляется особенно четко.

### **1. 8 Лекция №8 (2 часа).**

**Тема:** «Становление представлений о соотношении форм живых организмов»

#### **1.8.1 Вопросы лекции:**

1. Развитие систематики. Система природы К. Линнея.
2. Современные постулаты биологии в области систематизации живого. Концепции о филогенезе организмов.

#### **1.8.2 Краткое содержание вопросов:**

##### **1. Развитие систематики. Система природы К. Линнея.**

Со времени античных натурфилософов происходило накопление описаний различных живых организмов – растений, животных, грибов. Люди видели, что одни организмы похожи между собой, другие – нет. Объяснить это с научной точки зрения они не могли. Но возникла необходимость упорядочить накопленную сумму знаний (объем информации). Поэтому полностью закономерным стало возникновение такой отрасли естествознания, как систематика.

Эпоха Великих Географических Открытий обогатила ученый мир знаниями о новых формах живых организмов, существенно расширив границы человеческих знаний. Английский ученый Джон Рей заложил теоретические основы научной классификации живых организмов. Он предложил систематизировать их по схожести и отличиям, обнаруженным в процессе изучения. Выдающуюся роль в создании стройной системы органического мира сыграл шведский ученый Карл Линней.

Основой своей системы Карл Линней считал вид как элементарную единицу живой природы. Будучи верующим человеком, он считал виды живых организмов созданными творцом и неизменными. Правда, в конце жизни, Линней допускал возможность некоторых вариаций видов. Карл Линней описал примерно 10 тысяч видов растений. Почти 1500 из них были открыты им самим. Кроме того он описал более 4000 видов животных. Линней окончательно ввел в систематику унифицированную бинарную (двойную) номенклатуру. Он сформулировал четкое представление о виде, как основной единице классификации, о дискретности вида и его устойчивости. Виды Линней объединял в роды, роды – в отряды, отряды – в классы. За основу в классификации растений было взято строение цветка (количество тычинок). Всего Линней выделил 24 класса растений и 6 классов животных. Кроме того он разработал систему описания –



четкие критерии, что существенно облегчило систематизацию. Бинарная номенклатура, предложенная Линнеем, состояла из двух слов. Первое слово означало название рода, второе – видовое название. Но ради справедливости следует сказать, что предложенная Линнеем классификация была искусственной. Он часто брал не комплекс признаков. А всего один. Это приводило к тому, что он объединял в одну группу растения, которые не имели ничего общего. Например, морковь объединил со смородиной (пять тычинок в цветке), а злаковые он отнес к разным классам из-за разного количества тычинок. По своим убеждениям он был креационистом и метафизиком. Он отвергал возможность изменения видов и их количества. Но это не умаляет заслуги Карла Линнея перед наукой.

## **2. Современные постулаты биологии в области систематизации живого. Концепции о филогенезе организмов.**

Последарвиновский период - период борьбы за признание эволюции - характеризовался созданием классификаций различных групп животных и растений. Концепция типа стала постепенно замещаться концепцией популяций, согласно которой виды состоят из изменчивых популяций, причем даже в пределах крупных таксонов возможны отклонения от "типа", характерного для данной категории. Признание изменчивости вида заставило обратить серьезное внимание на типы изменчивости и на оценку изменчивости методами популяционного анализа и статистическими методами. Создание классификации поставило перед исследователем ряд сложных вопросов, например: представляют ли изученные две формы один или два вида, чем обусловлено их сходство - филогенетическим родством или только внешним, конвергентным сходством. Все эти вопросы представляют собой третью задачу систематики, которая была поставлена Дарвином - изучение и анализ внутривидовой изменчивости и выявление факторов эволюции; при решении этих вопросов систематика соприкасается с генетикой, биогеографией, экологией, сравнительной анатомией и данными палеонтологии.

Изучение любой группы с позиции систематики проходит три стадии, именуемые: альфа-, бета- и гамма-систематикой (Майр, Линсли, Юзингер, 1946). Первая - альфа-систематика - это аналитическая стадия, в течение которой на современном научном уровне изучается каждая группа и даются названия; вторая стадия - бета-систематика - это систематическая стадия, включающая объединение элементов группы в систему таксонов, и третья стадия, или гамма-систематика, является заключительной, теоретически обобщающей все полученные результаты. Современная систематика сочетает в себе методы анализа и синтеза.

В настоящее время различают филогенетическую и искусственную систематики. Филогенетическая систематика строится на основании выяснения генетических взаимоотношений родственных групп во времени и пространстве. Всех животных можно расположить в систематическую иерархию, состоящую из таксонов, ранг которых постепенно повышается. Филогения и систематика рассматриваются в неразрывной связи как две стороны единого процесса познания фактической истории органического мира; причем если филогения изучает родственные связи и выясняет общность отдельных таксонов, то систематика стремится разделить выделенные филогенетические ветви на отдельные соподчиненные таксоны. Поэтому нельзя отождествлять филогению и систематику.

Искусственные систематики отличаются от филогенетической тем, что организмы группируются по внешним сходным признакам, причем различают несколько

разновидностей искусственных систематик. К искусственной систематике по необходимости прибегают тогда, когда классифицируются отдельные части организмов, например ринхолиты, аптихи, конодонты, скелетные элементы голотурий; они получают видовые и родовые названия и даже иногда объединяются в более высокие таксоны. Для некоторых из них, например конодонт, до сих пор неизвестно, к какой группе организмов они принадлежали. Для таких групп предлагается выделить паратаксоны - особые категории, которые не подчиняются правилам зоологической номенклатуры.

Имеются искусственные классификации по принципиальным соображениям, когда авторы считают, что в действительности филогенетические системы не существуют, а имеются особые "естественные", или типологические, систематики, основанные на изучении ряда признаков, позволяющие находить черты сходства и различий, опираясь на статистические обобщения. Они важны для наведения порядка в разнообразии организмов. Хотя эти систематики и претендуют на "естественность", но они далеки от филогенетической систематики и представляют, как правило, искусственную группировку организмов. Многие неродственные группы организмов, как известно, при сходных условиях жизни часто приобретают внешне сходные черты и при искусственной систематике часто оказывались в одном таксоне.

Для каждой группы имеются свои характерные признаки. Таксономические единицы реально существуют и важно найти критерии для их выделения. Наиболее общими, приложимыми для всех групп, могут служить критерии, рекомендованные В. Е. Руженцевым в качестве принципов систематики. К их числу относятся следующие критерии, или принципы: хронологический, гомологий, онтогенетический, актуализма, основного звена, хронологический.

Хронологический принцип - при выделении любой таксономической группы и решении вопросов филогении важно иметь по возможности точные хронологические данные о изучаемой группе, положении ее представителей в естественных разрезах; незнание хронологии может привести к ошибкам и неправильным выводам.

Принцип гомологий основан на изучении гомологичных и аналогичных структур, причем если гомологичное сходство проистекает от общности происхождения, то аналогичное - от общности адаптаций к сходным условиям. Сравнение на основе аналогичных образований также приводит к ошибкам, к созданию искусственной систематики; сравнение, основанное на гомологичных образованиях, позволяет выявлять действительные родственные связи.

Онтогенетический принцип дает возможность проследить развитие отдельных структур в процессе индивидуального развития, выявлять их сходство и различия. Ранние стадии онтогенеза указывают на родство более крупных таксонов и могут служить основой для их выделения; более поздние стадии указывают на родственные связи низших таксонов (роды, виды). Весь ход онтогенеза показывает направление филогенетического развития всей группы. Для выяснения конкретного филогенеза какой-либо группы следует особенно внимательно изучать поздние онтогенетические стадии с целью отыскания черт, характерных для ближайших предков. Для некоторых групп, например для насекомых, такой метод совсем не применим.

Принцип актуализма заключается в сравнении вымерших животных с современными: на этом основании делаются попытки восстановить строение и адаптации вымерших форм. Принцип актуализма может применяться с определенными оговорками.

Принцип основного звена базируется на выявлении тех изменений, которые возникают в данной группе в процессе развития и приводят в дальнейшем к возникновению и становлению новой группы, т. е. к выявлению узла дивергенции, места расхождения признаков. Вначале возникшие отличия бывают выражены очень слабо, затем они усиливаются и становятся ведущими. Установление основного звена - одна из наиболее сложных проблем систематики.

Хорологический принцип состоит в выявлении распределения организмов в пространстве и их экологических особенностей, географической изменчивости.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

### **2.1 Лабораторная работа №1 ( 2 часа).**

**Тема:** «Методология научного исследования»

**2.1.1 Цель работы:** сводится к изучению критериев и систем подлинно научного исследования.

#### **2.1.2 Задачи работы:**

1. дать определения понятиям метод, методологические принципы научных исследований;
2. изучить требования, предъявляемые к научному методу;
3. познакомиться с многообразием методов научного познания.

#### **2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

тетради, ручки, линейки.

#### **2.1.4 Описание (ход) работы:**

**Задание 1:** Изучив теоретическую часть, дать определения понятиям метод и методология, методологический аппарат. Составить сравнительную таблицу для теоретических и эмпирических уровней научного познания.

В успехе научных исследований методология играет решающую и определяющую роль. Методология – это логическая организация деятельности человека, состоящая в определении цели и предмета исследования, подходов и ориентиров в его проведении, выборе средств и методов, определяющих наилучший результат.

Цель исследования заключается в наиболее эффективных вариантах решения проблемы, построения системы и организации ее функционирования и развития. Цели могут быть как текущими, так и перспективными, общими и локальными, постоянными и эпизодическими.

Методологический аппарат включает в себя: принципы организации и проведения исследования; способы определения его стратегии (подходы к постановке проблемы и определению ее состава и т.п.); тактические средства методологического анализа (методы научного исследования, аппаратура); понятийно-категориальную основу научного исследования (определение проблемы, объекта, предмета, гипотезы, цели и

задач и т.п.); требования к результатам исследования (актуальность, научная новизна, теоретическая и практическая значимость и т.д.).

Подлинно научным может быть исследование, в котором используют все составные элементы методологического аппарата. Для этого необходимо соблюдать следующие принципы:

- объективность: всесторонний учет фактов, порождающих то или иное явление, условий развития, адекватности исследовательских подходов и средств, позволяющих получать истинные знания об объекте;
- выделение основных факторов, решающих звеньев, определяющих результаты исследовательского процесса;
- единство логического и исторического: в каждом исследовании сочетание истории объекта (генетический аспект), его теории (структуры, функций, связей), а также перспектив его развития;
- системность: изучение процесса с учетом всех его требований, и прежде всего требования целостного подхода к исследованию процесса;
- восхождение от абстрактного к конкретному и от конкретного к абстрактному.

Понятие метод (от гр. *metodos* – путь к чему-либо) означает совокупность приемов и операций практического и теоретического освоения действительности. Метод вооружает исследователя системой принципов, требований, правил, руководствуясь которыми можно достичь намеченной цели. Владение методом означает знание того, каким образом и в какой последовательности нужно совершать действия для решения задач, а также уметь применять знание на практике.

Целая область знания специально занимается изучением методов – это **методология**, т.е. учение о методах (от гр. *metodos* – метод и *logos* – учение). Важнейшей задачей методологии является познание происхождения, сущности, эффективности методов. Методы принято делить по степени общности, т. е. по широте применимости в процессе научного исследования.

**Диалектическую группу методов познания** составляют общенаучные методы, которые используют в самых различных областях науки, т.е. они имеют весьма широкий, междисциплинарный спектр применения: их классифицируют на эмпирический и теоретический.

**Эмпирический уровень** научного познания характеризуется непосредственным исследованием реально существующих, чувственно воспринимаемых объектов (природных или социальных). При этом преобладают чувственное познание, рациональный момент и его формы (суждения, понятия и др.), поэтому исследуемый объект отражается преимущественно со стороны своих внешних связей и проявлений, доступных живому созерцанию, и выражает внутренние отношения. На этом уровне осуществляется процесс накопления информации об исследуемых объектах и явлениях путем наблюдений, выполнения разнообразных измерений, экспериментов, проводится также первичная систематизация получаемых фактических данных в виде таблиц, схем, графиков и др. Эмпирические методы построены на практической деятельности, осмысление которой дает представление о сути и особенностях событий и ситуаций.

В эмпирических методах выделяют две группы:

- 1) методы наблюдений;
- 2) методы эксперимента.

Первая группа характеризует исследования с минимальным вмешательством в исследуемые события и ситуации; вторая предполагает искусственное создание ситуаций для изучения особенностей поведения объекта. Эти особенности в обычных условиях могут быть незаметны, но в экспериментальных условиях они проявляются в полной мере.

Методы наблюдений подразделяют на прямое и косвенное наблюдения. *Прямое наблюдение* – это наблюдение в реальном масштабе времени и на основе непосредственного общения или прямых коммуникаций; *косвенное наблюдение* – это наблюдение, основывающееся на опосредованных связях и коммуникациях и дифференциации временного режима наблюдений (выбор специальных отрезков времени). Уже на втором уровне научного познания обобщают научные факты, формулируют некоторые закономерности.

**Теоретический уровень** научного познания характеризуется преобладанием понятий, теорий, законов и других форм. Отсутствие непосредственного практического взаимодействия с объектами обуславливает ту особенность, что объект изучают только опосредованно, в мысленном эксперименте, но не в реальности. Однако созерцание при этом не устраняется, а становится подчиненным аспектом познавательного процесса. На данном уровне происходит раскрытие существенных сторон связей, закономерностей, присущих изучаемым объектам, явлениям. Достигается это путем обработки данных с помощью систем абстракций: понятия, умозаключения, законы, категории, принципы и др. Однако на теоретическом уровне нет фиксации эмпирических данных. Теоретическое мышление нельзя свести к суммированию эмпирически полученного материала. Это более высокая ступень в научном познании, и направлена она на формирование теорий, гипотез, законов, которые отвечают требованиям всеобщности и необходимости, т.е. действуют везде и всегда. Гипотезы и теории формируются в процессе теоретического осмысления научных фактов, статистических данных, получаемых на эмпирическом уровне. Теоретическое мышление опирается на чувственно-наглядные образы (в том числе схемы, графики и т.п.), с которыми имеет дело эмпирический уровень исследования.

Выделяя два уровня, не следует их отрывать друг от друга и противопоставлять. Эмпирический уровень не может существовать без достижений теоретического уровня. Эмпирическое исследование обычно опирается на определенную теоретическую конструкцию, которая определяет направление этого исследования, обуславливает и обосновывает применяемые методы. Эмпирический уровень – это фундамент теоретического. Общенаучные методы применяют только на эмпирическом уровне (наблюдение, эксперимент, измерение). Некоторые методы применяют только на теоретическом (идеализация, формализация), а моделирование – на обоих уровнях.

Согласно К. Попперу, является абсурдной вера в то, что мы можем начать научное исследование с чистых наблюдений, не имея чего-то похожего на теорию. Поэтому некоторая концептуальная точка зрения совершенно необходима. Наивные же попытки обойтись без нее могут, по его мнению, только привести к самообману и некритическому использованию какой-то неосознанной точки зрения.

Уровни познания взаимосвязаны, граница между ними условна и подвижна. Эмпирическое исследование выявляет с помощью наблюдений и экспериментов новые данные, стимулирует теоретическое познание (которое их обобщает и объясняет), ставит

перед исследователем новые более сложные задачи. Теоретическое познание развивает и конкретизирует собственное содержание, открывает широкие горизонты для эмпирического познания, ориентирует и направляет его в поисках новых фактов, способствует совершенствованию его методов и средств и т.п. Первым шагом в понимании системы общенаучных методов исследования является их классификация, что позволяет их упорядочить, показать связи и особенности.

Результативность науки зависит от методов, которые будут использованы при выполнении исследовательских работ. Однако при выборе метода необходимо учитывать следующие моменты: цели исследования; требования, предъявляемые к конечным результатам исследования; точность и достоверность; ограничения по срокам, ресурсам, возможностям исследователей; использование технических средств; данные об аналогах; фактические данные об объекте и внешней среде; достоинства и недостатки каждого из рассматриваемых методов.

Выбор того или иного метода учитывает цели и требования к глубине и точности исследования. Он осуществляется следующим образом: интуитивно, руководствуясь опытом исследователя; эвристически (творчески), используя приемы логики и формальные методологические правила; экспертными способами, исходя из логики, знаний и интуиции экспертов; консультативными способами, т.е. используя рекомендации специалистов-консультантов; формальными методами обосновывают и (или) оптимизируют методы.

***Задание 2: На основе теоретического материала привести примеры использования всех методов в микробиологии.***

Научные методы должны отвечать определенным требованиям.

**Результативность и надежность метода** состоит в том, что он должен по своим разрешающим способностям однозначно давать результат с высокой степенью вероятности. Это зависит как от каждого компонента метода, так и от общей структурной их компоновки.

**Экономичность метода**, т.е. затраты на его создание и использование должны быть всегда меньше величины, окупаемой результатами исследования; следует учитывать обусловленность метода кадровыми, экономическими и социально-организационными факторами.

**Ясность и распознаваемость метода**, т.е. методом может воспользоваться при соответствующей подготовке любой исследователь.

**Воспроизводимость метода**, т.е. возможность его использования неограниченное число раз зависит от воспроизводимости всех компонентов данного метода.

**Обучаемость методу** основана на его воспроизводимости, ясности и распознаваемости.

Методы, используемые как в теоретической, так и в практической деятельности, очень разнообразны. Следует отметить, что и система методов, используемых в современной науке, столь же многообразна, как сама наука. Методы научного познания условно можно разделить на четыре уровня:

1. эмпирический: наблюдение, сравнение, счет, измерение, анкетный опрос, собеседование, тесты и др.;
2. экспериментально-теоретический: эксперимент, анализ и синтез, индукция и дедукция, моделирование, гипотетический, исторический, логические методы и т.д.;

3. теоретический: абстрагирование, идеализация, формализация, анализ, синтез, индукция и дедукция, аксиоматика и обобщение и др.;
4. метатеоретический: диалектический метод и метод системного анализа, который имеет свои этапы.

Сложность методологической структуры современных исследований вызывает потребность в классификации методов. Наиболее приемлема классификация, когда все методы исследования разделены на пять групп: организационные, эмпирические, методы обработки данных, интерпретационные и междисциплинарные.

**Организационные методы. Сравнительный метод** как способ организации исследования получил в науке наибольшее распространение.

**Лонгитюдный метод** связан с многократным обследованием одних и тех же объектов в течение продолжительного времени.

В последние годы при изучении различных явлений в больших масштабах применяется **комплексный подход**. Комплексный способ организации исследования предполагает при едином объекте исследования определенное разделение функций между исследователями по изучению отдельных сторон исследуемого объекта. **Комплексный метод** – эффективный способ организации системных исследований, призванных раскрывать структурно-функциональные связи сложного целостного объекта.

**Эмпирические методы.** К ним относят все способы получения и добывания научных фактов: обсервационные (наблюдение, самонаблюдение), диагностические, экспериментальные и др.

**Методы обработки данных. Количественные методы** помогают выразить в числовых характеристиках различные стороны явлений или связи между ними. К основным методам количественного описания явлений и их закономерностей относятся: шкалирование, корреляционный анализ, факторный анализ и другие математические методы.

Шкалирование представляет собой отображение какого-либо свойства объекта или явления в числовом множестве. Построение и разновидности шкал определяются характеристиками измеряемого свойства объекта и способом числового отражения. Полученные с помощью той или иной шкалы показатели различных свойств объекта подвергаются затем корреляционному анализу, если исследователь задается целью выявить связи между различными измеряемыми характеристиками.

Самой первой формой корреляционного анализа является установление попарной зависимости переменных. К факторному анализу прибегают тогда, когда хотят установить и выявить скрытые для исследователя факторы, по отношению к которым первичные эмпирические показатели гипотетически считаются производными.

**Качественные методы** обработки эмпирических данных выступают в виде разнообразных приемов классификации, дифференциации, категоризации на основе заданных критериев.

**Интерпретационные методы** тесно связаны с организационными. Они задают способ обобщения и объяснения установленных фактов и их связей. Выделяют два ведущих метода интерпретации: генетический и структурный. При первом методе обработанный материал объясняется с точки зрения генетических связей изучаемых явлений. При структурном методе полученные данные интерпретируются в терминах и характеристиках взаимосвязи между частями и целым.

**Методы междисциплинарного исследования.** Это совокупность ряда синтетических, интегративных способов (возникших как результат сочетания элементов различных уровней методологии), нацеленных главным образом на стыки научных дисциплин, тогда как **дисциплинарные методы** представляют собой систему приемов в той или иной дисциплине, входящей в какую-нибудь отрасль науки или возникшей на стыке наук. Каждая фундаментальная наука представляет собой комплекс дисциплин, которые имеют свой специфический предмет и свои своеобразные методы исследования.

**Задание 3: познакомиться с многообразием методов научного познания и ответить на вопросы.**

Для общего представления состава методов познания наиболее удобен двухкритериальный классификационный признак их группировки) по отношению к способу и получению информации об исследуемых объектах (теоретические; логико-интуитивные; эмпирические; комплексно-комбинированные методы).

Теоретические методы. Аналитические методы: теория вероятности, теория игр, поиск максимальных и минимальных функций, математическое, дифференциальное, интегральное исчисление, методы математического программирования, математическая логика, теория множеств и др.

Статистические методы: математическая статистика, теория информации.

Графические методы: методы графов, номограмм, диаграмм, гистограмм, графиков.

Аксиоматизация: выведение бездоказательных положений.

Идеализация.

Восхождение от абстрактного к конкретному.

Моделирование: моделирование операций по схемам случайных процессов и статистических испытаний, статистическая имитация и др.

Логико-интуитивные методы. Экспертные методы: мозговой штурм и его разновидности (мозговая атака, обмен мнениями, комиссия, конференция идей, коллективная генерация идей, творческое совещание, коллективный блокнот). Методы синектики. Методы сценариев. Методы Дельфи. Постановка проблем. Метод доказательства. Метод конструирования гипотез. Классификация и типология. Метод научного обсуждения и научной полемики. Метод структуризации (построение дерева целей). Морфологический анализ. Анализ проблем. Метод аналогий. Тестирование. Метод главных компонент. Матричный метод. SWOT-анализ.

Эмпирические методы. Наблюдение (активное, моментное, фотография результатов), сравнение, измерение (линейные размеры и морфометрия), нормативный, мысленно-экспериментальный, опрос (беседа, фокус-группы), изучение документов, информационных материалов и др.

Комплексно-комбинированные методы. Абстрагирование, анализ, синтез, индукция, дедукция, композиция, декомпозиция, корреляционный, факторный, динамический, ретроспективный, квалиметрический, индексный, системный анализ, параметрический, аналитико-расчетный, анализ взаимного влияния (совокупность корреляций регрессивного), диагностический, детальный, глобальный, экспертно-аналитический, блочный и др.

Процесс познания отличается от всякого другого прежде всего своей логичностью. Поэтому, какие бы ошибки с точки зрения логики ни делали авторы научных работ при описании хода исследования, всегда можно доказать, что любая ошибка такого рода



сводится в конечном счете к нарушению требований в первую очередь того или иного логического закона: закона тождества, закона противоречия, закона исключенного третьего и закона достаточного основания.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте методы научного познания. Что относится к методам научного познания? 2. Какие существуют логические законы в научной работе? 3. Что означают умозаключения, как их можно квалифицировать? 4. Какие вы знаете правила проверки в каждом случае умозаключения о причинной зависимости? 5. Что такое аргументирование? 6. Какими способами можно опровергнуть или снизить ценность исследования? Опишите их. 7. В чем сущность метода мозговой атаки?

## **2.2 Лабораторная работа №2 ( 2 часа).**

**Тема: «Развитие представлений о природе от средневековья до конца 17 века. Наука нового времени»**

**2.2.1 Цель работы:** сформировать представление о развитии естествознания от средневековья до конца 17 века.

### **2.2.2 Задачи работы:**

1. изучить развитие биологии с V по XV века;
2. освоить методику дискуссии по заданной теме;
4. проанализировать роль личностей в формировании научных идей и концепций.

### **2.2.3 Описание (ход) работы:**

**Задание 1.** Изучив развитие биологии с V по XV века. Ответить на вопрос: Роль Аристотеля, Плиния и Галена в формировании естественнонаучных представлений у ученых Средневековья.

**Задание 2.** Темы для дискуссии: Труды Альберта Великого и Венсана де Бовэ, как основные источники биологических знаний в средние века. Развитие медицинской науки (Авиценна). Разработка методологических основ науки Р. Бэконом. Социально-экономические предпосылки и их роль в развитии биологических наук в эпоху Возрождения.

**Задание 3.** После просмотра видеоматериала, составьте план конспект по следующим вопросам: Развитие принципов познания природы в трудах Ф. Бэкона, Галилея, Декарта. Синтез эвристического и теоретического знания Ф. Бэконом, Г. Галилеем и Р. Декартом. Создание —Лестницы существ К. Лейбницем. Развитие ботанических и зоологических исследований. Попытки классификаций растений и животных. Система А. Чезальпино. Линнеевская система классификаций организмов. Физиологические основы изучения растений. Исследования Ф. Реди. Развитие анатомии,

физиологии и эмбриологии животных. Достижения в области медицины, труды А. Везалия. Учение Гарвея. Преформизм и эпигенез. Ж. Бюффон и его «Естественная история». Взгляды на эпигенез К. Вольфа.

### **2.3 Лабораторная работа №3 ( 2 часа).**

**Тема: «Эволюция микроскопии»**

**2.3.1 Цель работы:** проанализировать историческое развитие микроскопии как оптического метода, и сделать выводы о роли этого метода в развитии естественно-научного знания.

#### **2.3.2 Задачи работы:**

1. изучить оборудование и принципы методов катоптрики и диоптрики, как первоосновы для развития микроскопии.
2. познакомиться с особенностями микроскопов различных эпох и объектов исследования этими микроскопами;
3. проанализировав полученные данные, сделать вывод о роли микроскопии в развитии естественно-научного знания..

#### **2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. лупа, трубка полая, линзы, микроскоп монокулярный, микроскоп бинокулярный.

#### **2.3.4 Описание (ход) работы:**

**Задание 1:** изучить оборудование и принципы методов катоптрики и диоптрики, как первоосновы для развития микроскопии.

Оптика – та наука, которая уже в древности была связана с практическими нуждами. Греческие геометры, приступив к исследованию оптических явлений, в том числе атмосферной оптики, обнаружили видимую прямолинейность распространения света: подсказкой здесь послужили отбрасываемые предметами тени. Методика прослеживания луча для нахождения изображения (*катоптрика* - наука об отражении лучей от зеркальных поверхностей), впервые серьезно изученная во времена Пифагора, широко используется при оптических расчетах и в наши дни.

Автором первых дошедших до нас греческих работ по оптике был **Евклид**. До нас дошла его “Оптика” - трактат по теории перспективы. “Катоптрика” Евклида не сохранилась. Вероятно, уже в древности это сочинение было оттеснено на второй план более объемной “Катоптрикой” **Архимеда** (теперь также утерянной), содержавшей строгое изложение всех достижений греческой геометрической оптики. Сам Архимед был не только теоретиком оптики, но и мастером оптических наблюдений, о чем свидетельствует описанная им методика определения видимого диаметра Солнца.

Трактат **Герона** “Катоптрика”, содержит ряд новых моментов по сравнению с одноименными работами Евклида и Архимеда. В другом трактате - “О диоптре” - Герон описывает универсальный визирный инструмент – *диоптру* (как назвал его автор), сочетавший функции созданных гораздо позднее теодолита и секстанта.

Со времен Герона все ученые стали разделять оптику на катоптрику, т. е. науку об отражении, и *диоптрику*, т. е. науку об изменении направления световых лучей при попадании в прозрачные среды, например воду или стекло, или, как мы теперь говорим, о преломлении. Законы преломления изучались Евклидом и Аристотелем, но наиболее подробно исследовались со времен **Клеомеда**(50 г. до н.э.).

Таким образом, открытые в античности основные оптические эффекты определили развитие как фундаментальной, так и прикладной оптики и легли в основу количественных оптических исследований средних веков. После античного периода развития науки о световых явлениях на протяжении почти 900 лет оптические исследования принесли мало нового. Возрождение античного знания и дальнейшее развитие науки началось в арабском мире.

Оптику арабы называли «илм ал-маназир» - наука о зрительных инструментах.

В то время “Оптика” **Альхазена** была первым серьезным исследованием, остававшимся вплоть до XVII века лучшим руководством, несмотря на дополнения и изменения, вносимые в него позднейшими исследователями. В своем трактате он не только устанавливает возможность получения действительных изображений с помощью зеркал и прозрачных преломляющих сред, но также опровергается теория окулярных пучков, и даются объяснения некоторым оптическим иллюзиям. Крупнейшим сочинением по оптике, написанным в средние века, была “Книга оптики” **Ибн ал-Хасайма**. На основе изучения анатомии глаза ученый рассматривает механизм зрения. Независимо от Ибн ал-Хасайма камеру-обскуру рассматривал **ал-Бируни** в “Тенях”, где были впервые описаны также явления дифракции и интерференции света.

Создание линзы, также приходящееся на это время, является первой в истории попыткой расширить возможности *сенсорного аппарата* человека. Если бы арабы создали оптику и ничего больше, то и в этом случае они бы внесли важнейший вклад в науку.

В Европе после крушения Римской империи вплоть до X - XI веков культурная и научная жизнь переживала период затишья. В области оптики единственным важным достижением за это время было изобретение в XIII в. очков (первые очки были изобретены **Сальвино дель Арлеати** в Италии в 1285 г.), тогда же появились наконец первые серьезные исследования по оптике.

Однако остановить развитие очкового ремесла было невозможно, и, начиная с конца XV века, происходит резкий сдвиг оптики в практическую область, во многом благодаря трудам **Леонардо да Винчи**.

Говоря о творчестве Леонардо, нельзя разделять его деятельность как ученого и инженера и его художественную деятельность. Сам он такое разделение не делал. Идея союза науки и практики, пронизывающая все энциклопедическое творчество Леонардо, проявилась и в его оптических исследованиях. В его “Атлантическом кодексе” и других манускриптах были поставлены и решены задачи построения хода лучей в глазу, рассмотрены вопросы *аккомодации* и *адаптации* глаза, дано научное объяснение действия линз, зеркал и очков, встречаются вопросы *аббераций* и рисунки *каустических* поверхностей, приведены результаты первых *фотометрических* исследований, описаны технологии изготовления линз и зеркал. Изучение бинокулярного зрения привело Леонардо да Винчи к созданию около 1500г. *стереоскопа*, он изобрел ряд осветительных устройств, в том числе ламповое

стекло, мечтал о создании **телескопа** из очковых линз. В 1509г. им была предложена конструкция станка для шлифовки вогнутых зеркал, подробно описано изготовление параболических поверхностей.

Фундамент современной научной оптики линз заложил выдающийся немецкий астроном **Иоганн Кеплер**. Помимо интенсивных занятий астрономией, он изобретает зрительную трубу, состоящую из двух положительных линз (телескоп Кеплера) с большим полем зрения и промежуточным перевернутым действительным изображением, в плоскости которого можно располагать визирующее устройство. Его главным трудом по оптике стала "Диоптрика", написанная всего за два месяца 1610г. под впечатлением открытий Галилея. В 1611 г. Кеплер разработал схему много линзового микроскопа

Таким образом, в первом 10-летии XVII в. Кеплер научно объяснил ряд оптических явлений (отражение, преломление). Он впервые ввел понятие фокуса и дал глубокий анализ механизма зрения.

**Задание 2:** познакомиться с особенностями микроскопов различных эпох и объектов исследования этими микроскопами.

Усовершенствование оптики позволило **Антони ван Левенгуку** (1632-1723) в 1674 г. изготовить линзы с увеличением, достаточным для проведения простых научных наблюдений (рис.4.). Наряду с Левенгуком в XVII в. сразу несколько ученых занимались микроскопией. **Декарт** в своей книге "Диоптрика" (1637 г.) описал сложный микроскоп, составленный из двух линз - плоско-вогнутой (окуляр) и двояковыпуклой (объектив).

Наблюдения Левенгука поставили человечество лицом к лицу с величайшей из тайн - тайной живого вещества. С этого времени микроскопия биологических объектов становится мощным двигателем науки.

В 1680 - Ливенгук открыл инфузории, красные кровяные тельца, сперматозоиды (совместно с **Гаммом**), позднее он же открыл мир бактерий. **Марчело Мальпиги**(1628-1694) изучал развитие цыпленка в яйце. Он первым применил микроскоп для изучения строения мозга, сетчатки, нервов, селезенки, почек и др. Используя микроскоп со 180-кратным увеличением, описал (1661) сеть капиллярных сосудов, соединяющих артерии с венами. В 1666 наблюдал почечные канальцы и сформулировал первые представления о мочеобразовании. Мальпиги считают основателем анатомии беспозвоночных, начало которой он положил в своем «Трактате о тутовом шелкопряде». Открыл сосудистые элементы стебля, установил наличие восходящего и нисходящего токов веществ в растениях. Другие ботанические работы касались внешней анатомии растений: органов их размножения, листьев. Мальпиги – автор двухтомного труда «Анатомия растений» (1675–1679). Именем Мальпиги названы многие открытые им органы и структуры: мальпигиевы тельца (в почках и селезенке), мальпигиев слой (в коже), мальпигиевы сосуды.

XVII в. был временем исключительного напряжения сил. Далее события развивались гораздо более спокойно. Вообще XVIII столетие не блещет поражающими гениальными открытиями, несмотря на то, что это - эпоха организации научных исследований, основания академий во многих стран. Лондонское общество возникает незадолго до конца XVII, французское - приблизительно в те же годы; в 1725 г. **Петр I** учредил Петербургскую академию, и до 1750 г. появились академии практически во всех странах Европы. Несомненно, работа всюду велась огромная, но она была не столь

видной. Так, по крайней мере, можно объяснить себе блеск XVII столетия по сравнению с XVIII-ым

На протяжении XVIII века из зоологии и ботаники выделились как самостоятельные науки **микроскопическая анатомия, эмбриология**, к 1800 году – **гистология** (выступил со своим учением французский анатом К.Биш (1801)). Огромную роль в развитии гистологии сыграла **клеточная теория**, которую сформулировали к 1839 г. **Шлейдени Шванн**

Бурное развитие науки требовало все больше микроскопической техники с все более высоким качеством оптики.

Первая труба Галилея, в которую он наблюдал мир Юпитера, и микроскоп Левенгука были простыми неахроматическими линзами. Ньютон был убежден, что вообще **ахроматизация**, уничтожение цветных каемок, невозможна.

Во всех сложных микроскопах XVII - XVIII вв. при увеличениях выше 120 - 150 раз сферическая и хроматическая аберрации сильно искажали изображение. Поэтому становится понятным то предпочтение, которое микроскописты того времени, начиная с А. Левенгука, отдавали простому однолинзовому микроскопу.

Опыты в этом направлении все же делались, и **Доллонду**, английскому мастеру, удалось без всякой теории рядом удачных проб построить ахроматический объектив для зрительной трубы, а **Эйлер** теоретически объяснил ошибку Ньютона и вместе со своим учеником, академиком **Фуссом**, дал точный рецепт, как изготовить ахроматический микроскоп. Академик Петербургской академии **Эпинус** такой микроскоп выполнил. По описаниям инструмент этот весьма странного для нас и несовершенного вида. Он в 1 м длины, объектив у него фокусом в 18 см (не миллиметров) и его максимальное увеличение 70. Т.е., он дает меньшее увеличение, чем левенгуковы линзы.

Огромным препятствием в деле ахроматизации было отсутствие хорошего **флинта**.

Все **оптические стекла** отличаются друг от друга характером зависимости показателя преломления от длины волны. Основными характеристиками стекол являются показатель **преломления для основной длины волны, общая дисперсия** и **коэффициент относительной дисперсии (число Аббе)**. Чем меньше число Аббе, тем больше дисперсия, то есть сильнее зависимость показателя преломления от длины волны.

Комбинация стекол, принадлежащим различным группам, дает возможность создавать высококачественные оптические системы. Кроны и флинты - это основные группы оптических стекол. Ахроматизация требует двух стекол: крона и флинта. Последний представляет стекло, в котором одной из основных частей является тяжелая окись свинца, обладающая непропорционально большой дисперсией. Вследствие тяжести при плавке она ложится на дно горшка, а так как мешать стекло в то время не умели, то стекла получались очень случайного состава и очень неоднородные. Мешали тогда, погружая на железной палке картошку и куски дерева так, чтобы они доходили до дна горшка. Сгорающая масса пузырилась, бурлила и хоть отчасти перемешивала стекло.

Дальнейшие шаги на пути ахроматизации микроскопа были предприняты одновременно разными мастерами в Германии, Англии и Франции.

Громадным успехом в деле оптики было начинание швейцарца **Гинана**, который всю свою жизнь положил на выработку однородного стекла. Он погружал в расплавленное стекло полый шамотный конус и железным крюком водил его в горшке,

водил часами, иногда днями. Это те приемы перемешивания, которые по существу применяются и до сих пор. Потомки Гинана завезли его метод в Париж (**Бонтон**) и Бирмингем (братья **Ченсы**), где секреты Гинана тщательно хранились до мировой войны 1914 г.

В 1824 г. громадный успех микроскопа дала простая практическая идея **Саллига**, воспроизведенная французской фирмой **Шевалье**. Объектив, раньше состоявший из одной линзы, расчленен на части, его начали изготавливать из **многих ахроматических линз**. Так, увеличив число параметров, появилась возможность исправления ошибок оптической системы, и стало впервые возможным говорить уже по настоящему о больших увеличениях - в 500 и даже 1000 раз. Граница предельного видения передвинулась от двух к одному микрону.

Биология ответила быстрым успехом.

Влияние клеточной теории и успехи микроскопической техники начиная с 40-х годов XIX столетия вызвали бурное развитие **цитологических исследований**. Ботаники и зоологи делали важнейшие открытия в области строения и развития клеток. В сущности, тогда именно возникают те науки, которые есть «микроскопические» по существу - **цитология** - наука о клетке и **бактериология (микробиология)**.

Микроскопические фирмы *Oberhauser* и *Hartnack, Chevalier, Nachet, Ross* и особенно **Амичи** состязаются друг с другом, кто лучше приготовит сложный объектив, составленный из многих линз. Чисто эмпирически определяются **число линз**, их **расстояния** и **кривизна их поверхностей**. В громадной практике соревнующихся выясняется, что особенное значение для видения мельчайших объектов имеет **величина угла**, под которым лучи вступают в первое стекло объектива.

Впереди всех идет **Амичи**, который довел этот угол до 100° и более. Он впервые применяет иммерсию. В 1827 г. Амичи разрабатывает **апланатический фронтальный сегмент**. Этот флорентийский профессор физики и делатель микроскопов, лидирует в то время среди всех изобретателей в микроскопии.

1846 году в это состязание включается **Карл Цейсс**, создав в Йене мастерскую точной механики и оптики, и с 1847 приступил к серийному производству микроскопов. В результате в середине XIX столетия граница видимости от одного микрона отступила до полумикрона.

В 70-е годы благодаря деятельности доктора **Эрнста Аббе** (1840-1905) создание микроскопов получило теоретическую основу.

Во времена до Аббе микроскопов не рассчитывали, а усовершенствовали линзы объектива путем постепенных проб. Если взять самую передовую книгу по микроскопии того времени - **Гартинга** 1859 г., то в ней нет почти ни одной формулы. В ней масса интересных рецептов, как нужно делать микроскопы, масса исторических сведений. Но чувствуется, что искусство делать микроскопы было тогда именно искусством, а не техническим предприятием, основанным на точных научных данных.

Все это изменил Аббе. Был сформирован штаб ученых, оптиков и вычислителей, работающих при фирме Цейсса. В капитальных сочинениях Аббе дана теория микроскопа и вообще оптических приборов. Выработана система измерений, определяющих качество микроскопа. Аббе провел такую работу, что позволило ему в 1872 году предложить целый ряд объективов, включающий 17 типов, в том числе три



иммерсионных системы, позволивших получить еще невиданное до того времени качество изображения. Все это в результате привело к тому, что:

Во-первых, предельное разрешение передвинулось от  $\frac{1}{2}$  микрона до  $\frac{1}{4}$  микрона.

Во-вторых, в построении микроскопа вместо грубой эмпирики введена высокая научность.

В-третьих, наконец, показаны пределы возможного светового микроскопа: нельзя видеть объекты меньше полудлины волны - утверждает дифракционная теория Аббе, - и нельзя получить изображения меньше полудлины волны, т.е. меньше 0,2 микрона (формула теоретически возможной разрешающей способности микроскопа –  $d = \lambda/2n \sin \alpha$ ).

Когда выяснилось, что существующие сорта стекол не могут удовлетворить научным требованиям, планомерно были созданы новые сорта оптического стекла. На фирме Цейса появляется еще один целеустремленный ученый, химик в области стекла **Отто Шотт** (1851-1935). Многочисленные эксперименты, необходимые для получения новых сортов стекол и определения их свойств, были связаны с большими затратами. В результате этого выиграла не только микроскопия, но и был основан всемирно известный **Иенский стекольный завод «Schott & Genossen»**. Вне тайн наследников Гинана - **Пара-Мантуа** в Париже и **Ченсов** в Бирмингеме, именно Шоттом были вновь разработаны методы плавки оптического стекла.

Профессор **Август Келер** (1866—1948) был первоначально сотрудником Карла Цейсса в Иене и опубликовал уже в 1893 году предписания по правильному освещению микроскопических препаратов.

Он разработал великолепно продуманную систему освещения для микроскопа, позволяющую на практике использовать полную разрешающую способность объективов Аббе, в частности для микрофотографии. Введенный Келером вид освещения за счет применения конденсора, разработанного Аббе, дает возможность получения равномерного освещения объекта и изображения, а также добиться повышения разрешающей способности.

Таким образом, к концу XIX века световые микроскопы приблизились к теоретически допустимому разрешению. Видимая область спектра находится в пределах 0,4-0,7 мкм, а т.к. теоретически разрешение составляет  $\frac{1}{2}$  длины волны, то 0,2 мкм является пределом для разрешения светового микроскопа.

В дальнейшие годы шла разработка новых методов контраста в микроскопии – **темное поле, фазовый контраст**, английский оптик Г. Сорби создал первый микроскоп для наблюдения объектов в **поляризованном свете, флуоресцентный (люминесцентный) метод** (создан в 1911 г. русским ботаником М.С. Цветом), **интерференционный контраст** (первый микроскоп, основанный на основе этого метода разрабатывает и создает в 1930 г. Лебедев) и другие.

**Задание 3:** проанализировав полученные данные, сделать вывод о роли микроскопии в развитии естественно-научного знания.

#### 2.4 Лабораторная работа №4 ( 2 часа).

**Тема:** «Применение микроскопии в биологии, медицине, лабораторной диагностике и других отраслях науки»

**2.4.1 Цель работы:** изучить значение микроскопии в биологии, медицине, лабораторной диагностике и других отраслях науки.

**2.4.2 Задачи работы:**

1. изучить значение микроскопии в биологии, медицине, лабораторной диагностике и других отраслях науки.

2. ознакомиться с особенностями использования различных видов микроскопии на практике.

**2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

компьютер с доступом в интернет и видеосистема

**2.4.4 Описание (ход) работы:**

*Задание 1:* После онлайн мастер-класса по применению микроскопии в научных и медицинских лабораториях г. Оренбурга, сделать выводы о востребованности и актуальности данного метода в медицине, науке, ветеринарии.

**2.5 Лабораторная работа №5 ( 2 часа).**

**Тема:** «Исследования структуры белка»

**2.5.1 Цель работы:** Познакомить студентов с методами исследования структуры белков

**2.5.2 Задачи работы:**

1. изучить историческое развитие представлений о строении и свойствах белков.

2. дать оценку методам изучения структуры белка.

**2.5.3 Описание (ход) работы:**

*Задание 1:* изучить историческое развитие представлений о строении и свойствах белков.

Название «Белки» (Б.) впервые было дано веществу птичьих яиц, свёртывающемуся при нагревании в белую нерастворимую массу. Первые работы по выделению и изучению белковых веществ были выполнены в 18 в. Однако они носили описательный характер.

В 19 в. Ж. Гей-Люссак и Л. Тенар первыми осуществили аналитические исследования ряда Б. и установили, что белковые вещества сходны как по внешним признакам и свойствам, так и по элементному составу. Важным событием в изучении Б. явилось выделение из белкового гидролизата аминокислоты глицина (франц. химик А. Браконно, 1820). Первая концепция строения Б. (теория протеина) принадлежит голландскому химику Г. Мульдеру (1836). Он сформулировал понятие о минимальной структурной единице – протеине, присутствующей во всех Б, в состав некоторых Б. включены сера и фосфор.



Эта теория была повсеместно признана, но уже в 1846 Ю. Либих и работавший у него в лаборатории рос. химик Н. Лясковский высказали несогласие с определёнными её положениями, а спустя некоторое время она осталась в прошлом. Несмотря на это, труды Г. Мульдера привлекли большое внимание к аналитич. исследованиям Б., совершенствованию препаративных методов белковой химии, сделали Б. гл. объектом развивающейся химии природных соединений. Постепенно формируется представление о функциях Б. в живых организмах. В 1835 Й. Я. Берцелиус предположил, что Б. играют роль биокатализаторов. Вскоре были открыты протеолитические ферменты – пепсин (1836) и трипсин (1856). На формирование совр. представлений о структуре Б. повлияли работы нем. анатома и физиолога Г. Мейснера по расщеплению Б. протеолитическими ферментами. К кон. 19 в. было изучено большинство аминокислот, входящих в состав Б., и в 1894 А. Коссель выдвинул идею о том, что осн. структурными элементами Б. являются аминокислоты. В нач. 20 в. значит. вклад в изучение Б. внёс Э. Фишер, который, используя методы органич. химии, доказал, что Б. построены из  $\alpha$ -аминокислот, связанных амидной связью. Он же сделал первые аминокислотные анализы Б., дал правильное объяснение протеолизу. В 1-й пол. 20 в. получили развитие физико-химич. методы анализа Б., определены молекулярные массы многих из них, получены данные о сферич. форме глобулярных Б. (Т. Сведберг, 1926). Был выделен белковый гормон – инсулин (Ф. Бантинг, Ч. Г. Бест, 1922), получены первые кристаллич. ферменты (Дж. Б. Самнер, 1926; Дж. Х. Нортроп, 1929), доказана белковая природа антител (1939), разработаны методы хроматографич. анализа Б. (А. Мартин, Р. Синг, 1944). В нач. 1950-х гг. была высказана идея о трёх уровнях организации белковых молекул (дат. биохимик К. У. Линдерстрём-Ланг, 1952), которая позднее нашла подтверждение. Развитие аналитич. методов привело к созданию автоматич. аминокислотного анализатора (С. Мур, У. Стайн, 1958), существенной модификации хроматографич. методов и совершенствованию рентгеноструктурного анализа; был создан секвенатор – прибор для определения последовательности аминокислотных остатков в Б. (П. Эдман, Дж. Бегг, 1967). В эти годы была определена структура нескольких сотен белков. Разработка эффективного метода анализа нуклеотидной последовательности ДНК (А. Максам и У. Гилберт, Ф. Сенгер) существенно облегчила определение последовательностей аминокислот в Б. исходя из данных о структуре кодирующих их генов. Это позволило устанавливать структуру Б., доступных в ничтожно малых количествах (напр., интерферон), а также Б., обладающих большой молекулярной массой (содержащих 700 и более аминокислотных остатков). Успехи структурного анализа позволили приступить к определению пространственной организации и молекулярных механизмов функционирования надмолекулярных комплексов, в т. ч. рибосом и вирусов. В кон. 20 в. появилась новая область исследования Б. – протеомика, в задачу которой входит комплексный анализ совокупности белков отд. клеток, органов и систем, функционирующих в данный конкретный момент времени в норме и при патологии.

**Задание 2:** дать оценку методам изучения структуры белка

Для определения первичной структуры Б. прежде всего разделяют его полипептидные цепи, затем определяют аминокислотный состав цепей, N- и C-концевые аминокислотные остатки и последовательность аминокислот.

Полипептидные цепи подвергают специфич. расщеплению протеолитич. ферментами (напр., трипсином, который гидролизует связи по остаткам лизина и аргинина, или

протеазой из *Staphylococcus aureus*, гидролизующей связи по остаткам глутаминовой кислоты) или химич. реагентами (напр., бромцианом, расщепляющим связи, образованные остатками метионина, гидроксиламином – между остатками аспарагина и глицина). Смесь образовавшихся фрагментов разделяют и для каждого из них определяют аминокислотную последовательность. Осн. методом исследования аминокислотной последовательности пептидов и белков является их деградация с помощью фенилизотиоцианата (метод Эдмана); при этом происходит последовательное отщепление N-концевых аминокислотных остатков в виде фенилтиогидантоинов, которые поглощают свет в УФ-области с максимумом поглощения 265–270 нм. С помощью спец. прибора – секвенатора – удаётся осуществить автоматич. отщепление и идентификацию фенилтиогидантоинов. Для этих же целей применяют масс-спектрометрию. В последние годы для установления первичной структуры Б. в осн. пользуются данными о последовательности нуклеотидов в их структурных генах. Для определения содержания канонич. элементов вторичной структуры в Б. используют методы кругового дихроизма и дисперсии оптич. вращения. О пространственном расположении атомов в молекуле Б. судят на основании рентгеноструктурного анализа его кристаллов. С помощью дифференциальной спектроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния и флуоресценции изучают изменение конформации Б. в процессе функционирования или при изменении внешних условий. Прямую информацию о пространственном строении Б. в растворе даёт метод ядерно-магнитного резонанса.

#### Физико-химические свойства

Молекулы Б. имеют массу от нескольких тысяч до 1 миллиона и выше. Константа седиментации варьирует от 1 до 20 и более. Средний удельный объём белковых молекул 0,70–0,75 см<sup>3</sup>/г. Молекулы Б. обладают слабой способностью к диффузии и не проходят через полупроницаемые мембраны. Максимум поглощения Б. в УФ- области спектра, обусловленный наличием в их молекулах ароматич. аминокислотных остатков, находится вблизи 280 нм. В ИК-области спектра Б. поглощают за счёт СОО- и NH-групп при 1600 и 3100–3300 см<sup>-1</sup>. Растворимые Б. – гидрофильные коллоиды, активно связывающие воду. Б. – амфотерные электролиты, т. к. имеют свободные карбоксильные и аминные группы. Изoeлектрические точки у разных Б. колеблются от менее 1,0 (у пепсина) до 10,6 (у цитохрома с) и выше. Растворимость Б. также может существенно различаться. Одни Б. легко растворяются в воде, другим для растворения требуется наличие небольших концентраций солей, третьи переходят в раствор только под действием сильных щелочей или детергентов. Разные Б. неодинаково осаждаются из растворов органическими веществами (напр., спиртами) или высокими концентрациями солей (высаливаются). Существенные различия в растворимости и др. особенности используются при выделении индивидуальных Б. Белки дают ряд цветных реакций, обусловленных наличием определённых аминокислотных остатков или химических группировок. К важнейшим из них относятся

биуретовая (реакция с биуретом, на пептидную связь) и нингидриновая (с нингидрином, на аминокгруппу) реакции. Боковые группы аминокислотных остатков способны вступать во многие химические реакции. При этом реакционная способность одних и тех же группировок существенным образом зависит от положения в полипептидной цепи Б.: как от локализации группировки в общей пространственной структуре Б., так и от влияния

соседних боковых групп. Наивысшей реакционной способностью обычно обладают группировки, расположенные в составе активного центра белка.

#### Получение белков

Разработаны методы выделения индивидуальных Б., основанные гл. обр. на хроматографии, включая аффинную, эксклюзионную, ионообменную и гидрофобную. Особенно продуктивно их применение в режиме высокоэффективной жидкостной хроматографии. Широко используются также ультрафильтрация, электрофорез и др. Критериями чистоты Б. являются гомогенность при электрофорезе, хроматографии и ультрацентрифугировании. У Б., состоящего из одной полипептидной цепи, она устанавливается при анализе N-концевой аминокислоты. Для получения пептидов, в т. ч. гормонов и их разнообразных аналогов, а также пептидов, несущих антигенные детерминанты разл. Б. и используемых для приготовления соответствующих вакцин, широко применяется химич. синтез. Осуществлён химич. синтез некоторых небольших Б., однако эта очень трудоёмкая процедура до сих пор имеет скорее теоретическое, чем практическое значение. Б., имеющие пром. значение (ферменты, гормоны, цитокины, интерфероны), синтезируются с помощью технологии рекомбинантных ДНК (генетической инженерии) в чужеродных организмах и являются продуктами биотехнологич. производств. Методы белковой инженерии позволяют целенаправленно изменять структуру белков.

### **2.6 Лабораторная работа №6 ( 2 часа).**

**Тема:** «Принципиально новая постановка вопроса о происхождении жизни А.И. Опарина»

**2.6.1 Цель работы:** формирование у студентов умений и потребности отстаивать свои взгляды, убеждения

**2.6.2 Задачи работы:** познакомить студентов с различными позициями в отношении гипотезы о происхождении жизни А.И.Опарина.

#### **2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

модели опытов А.И. Опарина

#### **2.6.4 Описание (ход) работы:**

**Задание 1:** познакомиться с различными позициями в отношении гипотезы о происхождении жизни А.И.Опарина, выделить сильные и слабые стороны гипотезы.

Одним из главных препятствий, стоявших в начале нашего века на пути решения проблемы возникновения жизни, было господствовавшее тогда в науке и основанное на повседневном опыте убеждение в том, что органические вещества в природных условиях возникают только биогенно, то есть путем их синтеза живыми существами. Поэтому так важно было появление концепции А.И. Опарина, вступившей в противоречие с общепринятым тогда мнением. Он выступил с утверждением, что монополия биотического синтеза органических веществ характерна лишь для современной эпохи существования нашей планеты. В начале же своего существования, когда Земля была безжизненной, на ней осуществлялись абиотические синтезы углеродистых соединений и их последующая предбиологическая эволюция. Совершалось постепенное усложнение

этих соединений, формирование из них индивидуальных фазовообособленных систем, превращение их в протобионты, а затем и в первичные живые существа.

Книга Опарина «Происхождение жизни» была опубликована еще в 1924 г., хотя пик исследований опаринской школы приходится на 50 - 60-е годы. Появление жизни он стал рассматривать как единый естественный процесс, который состоял из протекавшей в условиях ранней Земли первоначальной химической эволюции, перешедшей постепенно на качественно новый уровень - биохимическую эволюцию. По его мнению, этот процесс с самого начала был неразрывно связан с геологической эволюцией Земли. Поэтому Опарин предположил и экспериментально доказал, что под действием электрических разрядов, тепловой энергии, ультрафиолетовых лучей на газовые смеси, содержащие пары воды, аммиака, циана, метана и др., появились аминокислоты, нуклеотиды и их полимеры, которые по мере увеличения концентрации органических веществ в «первичном бульоне» гидросферы Земли способствовали возникновению коллоидных систем, так называемых коацерватных капель.

Согласно гипотезе Опарина, возникновение и развитие химической эволюции произошло в ходе образования и накопления в первичных водоемах исходных органических молекул. Весь дальнейший процесс ему представлялся следующим образом. Органические вещества сталкивались в сравнительно неглубоких местах первичных водоемов, прогреваемых Солнцем. Солнечное излучение доносило в то время до поверхности Земли ультрафиолетовые лучи, которые в наше время сдерживаются озоновым слоем атмосферы. В свою очередь ультрафиолетовые лучи обеспечивали энергией протекание химических реакций между органическими соединениями. Таким образом, в некоторых зонах первичных водоемов протекали случайные химические реакции. Большая их часть быстро завершилась из-за недостатка исходного сырья. Но в хаосе химических реакций произвольно возникали и закреплялись реакции циклических типов, обладавшие способностью к самоподдержанию. Результатом этих реакций и стали коацерваты - пространственно обособившиеся целостные системы. Существенной их особенностью была способность поглощать из внешней среды различные органические вещества, что обеспечивало возможность первичного обмена веществ со средой. А уже функционировавший «естественный отбор» способствовал «выживанию» наиболее устойчивых коацерватных систем. Иными словами, первичная клеточная структура, описанная Опариним, представляла собой открытую химическую микроструктуру и уже была наделена способностью к первичному метаболизму (обмену веществ), хотя еще не имела системы для передачи генетической информации на основе функционирования нуклеиновых кислот.

В ходе развивавшегося «естественного отбора» возникли важнейшие свойства жизни, отличающие ее от предыдущего этапа развития. Возникшие целостные многомолекулярные системы, фазовообособленные от окружающей среды определенной границей раздела, сохраняют с ней взаимодействие по типу открытых систем. Только такие системы, черпающие из внешней среды вещества и энергию, могут противостоять нарастанию энтропии и даже способствовать ее уменьшению в процессе своего роста и развития, что является характерным признаком всех живых существ.

Естественный отбор сохранял те целостные системы, в которых более совершенной была функция обмена веществ (еще один характерный признак жизни), способствовавшая быстрому росту системы и ее динамической устойчивости в данных

условиях существования, этим и объясняется целесообразность строения живых объектов, то есть приспособленность внутримолекулярного и надмолекулярного строения частей к выполняемым ими функциям и приспособленность организма в целом к существованию в данных условиях внешней среды.

Выживающие в ходе естественного отбора системы имели специфическое строение белково- и нуклеоподобных полимеров, которые и обусловили появление третьего качества живого - наследственности, специфической для живой формы передачи информации.

Органическая химия знает примеры реакций такого типа. Их отбор и выживание следует рассматривать как возможный качественный скачок, создавший предпосылки для перехода от химической к биологической эволюции. Вместе с отбором и совершенствованием циклических комплексов происходил отбор и совершенствование участвующих в этих реакциях органических молекул.

Популярность концепции Опарина в научном мире очень велика. Его ученики и последователи и сегодня продолжают исследования в этом направлении. Но у этой концепции есть как сильные, так и слабые стороны. Какие?

## **2.7 Лабораторная работа №7 (2 часа).**

**Тема:** «Два направления в изучении термодинамических свойств живых организмов»

**2.7.1 Цель работы:** изучение на практике некоторых закономерностей энергетики организма и ознакомление с методом прямой калориметрии

### **2.7.2 Задачи работы:**

1 определение энерготрат лабораторного животного – мыши.

### **2.7.3 Описание (ход) работы:**

В работе применяется физиологический калориметр упрощенной конструкции. Он состоит из двух коробок с крышками. Во внутренней коробке находится клеточка из медной сетки, в которую помещается животное. Для измерения температур используется термопара, один из спаев которой наклеен на стенку внутренней коробки калориметра, а другой – на стенку внешней коробки. ЭДС, возникающая в термопаре, прямо пропорциональна разности температур между внутренностью калориметра и окружающей средой:  $\varepsilon = K_t \times \Delta T = K_t (T_i - T_e)$ . Электродвижущая сила термопары измеряется чувствительным милливольтметром. Постоянная термопары  $K_t$  указывается на рабочем месте. В калориметре такой конструкции теплообмен между прибором и окружающей средой имеет заметную величину. С одной стороны, это хорошо: при тщательной теплоизоляции калориметра внутренний сосуд быстро нагревался бы, и условия, в которых находится животное, сильно отличались бы от нормальных. Благодаря отводу части тепла от калориметра в окружающую среду температура внутри прибора растет значительно медленнее, и опыт протекает в более физиологичных условиях. Но теплообмен между калориметром и средой необходимо учитывать при расчете энерготрат; далее описано, как это делается. Напишем для данного случая дифференциальное уравнение теплового баланса:  $dQ = C \cdot dT + X \cdot \Delta T \cdot dt$ , где  $dQ$  – количество тепла, выделенное животным за время  $dt$ ,  $\Delta T$  – разность температур между внутренним сосудом калориметра и окружающей средой,  $C$  – теплоемкость внутренней коробки с клеткой,  $X$  –

суммарный коэффициент теплообмена калориметра с окружающей средой. Первый член в уравнении отражает тепло, затраченное на нагревание калориметра (температура животного во время опыта практически не меняется, поэтому теплоемкость животного учитывать не надо). Второй член выражает отдачу тепла в окружающую среду. Если это уравнение проинтегрировать, получим:  $Q = C(T_k - T_n) + X \, dt$ . Выполнить интегрирование в общем виде нельзя, так как зависимость  $\Delta T$  от времени заранее неизвестна. Но мы знаем, что величина определенного интеграла численно равна площади, заключенной между кривой, осью абсцисс и ординатами, проведенными через начало и конец рассматриваемого интервала. Начертив график, изображающий изменение разности температур  $\Delta T$  с течением времени, легко найти указанную площадь, а тем самым – величину интеграла. Теплоемкость калориметра можно определить заранее (она указана на рабочем месте). Что же касается коэффициента теплообмена  $X$ , то он может изменяться в зависимости от конкретных условий проведения опыта. Поэтому, чтобы найти  $X$ , проводим дополнительный эксперимент. Вместо животного помещаем в калориметр электронагреватель с мощностью, близкой к мощности мыши. В этом случае уравнение теплового баланса будет иметь вид:  $dQ' = I^2 R \, dt = C \cdot dT' + X \cdot \Delta T' \, dt$ , или после интегрирования:  $I^2 R \, t = C(T_k' - T_n') + X \, T' \, dt$ , где  $I$  – ток, идущий через нагреватель,  $R$  – сопротивление нагревателя. Штрихом обозначены величины, полученные в опыте с нагревателем, без штриха – с мышью. Из этого уравнения можно найти  $X$ . Интеграл, как и для опыта с мышью, определяется графически. Решив систему двух уравнений в общем виде, легко показать, что в результат входит отношение двух интегралов (или отношение площадей), поэтому график можно строить в произвольном масштабе.

Порядок выполнения лабораторной работы 1. Включить питание милливольтметра и поставить прибор на предел измерения 1 мВ (0-100). Записать в таблицу константы установки: теплоемкость калориметра  $C$ , постоянную термопары  $K_t$  и сопротивление нагревателя  $R$ .

2. Поместить мышь в калориметр, аккуратно закрыть крышки. Через 2-3 минуты начать отсчет времени; одновременно измерить ЭДС термопары и записать ее в таблицу.

3. Измерять и записывать значения ЭДС в течение 10 мин через каждые 2 мин.

4. Вынуть мышь, дать калориметру проветриться и остыть в течение 3 – 5 минут. Поместить внутрь калориметра нагреватель, закрыть крышки.

5. Включить нагреватель. Измерить и записать силу тока (не забыть перевести полученное значение в амперы). Одновременно начать отсчет времени. Измерить и записать ЭДС.

6. Повторять измерения ЭДС каждые 2 минуты в течение 10 минут. Результаты записать в таблицу. Закончив измерения, выключить нагреватель, вынуть его из калориметра. Привести в порядок рабочее место. Обработка результатов измерений. По данным таблицы построить на одном листе миллиметровки графики зависимости  $\Delta T$  (для опыта с мышью) и  $\Delta T'$  (для опыта с нагревателем) от времени. Найти площади  $S$  и  $S'$  под этими графиками, численно равные соответствующим интегралам. Значения площадей выразить в  $\text{см}^2$ . По результатам опыта с нагревателем рассчитать суммарный коэффициент теплообмена:  $X = \frac{Q - C(\Delta T_k - \Delta T_n)}{S}$ , Рассчитать величину энерготрат животного за время опыта:  $Q = C(\Delta T_k - \Delta T_n) + X \cdot S$ . Рассчитать тепловую мощность мыши  $P = Q/t$ , где  $t$  – время (в секундах). Основная ошибка измерений в данной работе связана с нестабильностью теплообмена, а также с тем, что мышь в калориметре движется, в результате чего температура

калориметра в разных точках может оказаться неодинаковой. Оценка этой погрешности требует проведения дополнительных опытов.

## **2.8 Лабораторная работа №8 (2 часа).**

**Тема:** «Идеи В.И. Вернадского. Труды Т. Бауэра, И. Пригожина, Э. Шредингера»

**2.8.1 Цель работы:** углубление (осмысливание) студентами теоретических вопросов темы и выработка правильного понимания ее прикладной значимости.

### **2.8.2 Задачи работы:**

1. .Описать Идеи В.И. Вернадского и А.Е. Ферсмана.
2. Дать характеристику трудам Т. Бауэра, И. Пригожина, Э. Шредингера.

### **2.8.3 Описание (ход) работы:**

Выбор формы изучения данной темы в виде доклада продиктован, во-первых, огромным объемом материала для изучения, во-вторых, его информационной доступностью, и в – третьих, возможностью раскрытия творческих способностей студентов.

Индивидуальный подход реализуется в возможности студента выбора темы задания и методах реализации поставленных вопросов.

Примерная тематика докладов:

1. Идеи В.И. Вернадского
2. Труды А.Е. Ферсмана.
5. Принцип Эрвина Бауэра: фундамент синергетики
4. Самоорганизация живых систем по И. Пригожину
5. Позиция Э. Шредингера по вопросу внутренней самоорганизации живой материи.

**Задание 1:** Изучив материалы по определенной тематике, составить доклад-представление по плану.

*Контрольные вопросы:* 1. С какими процессами в живом связывают проявления пространственной симметрии и асимметрии в структурах органических молекул?

2. Природа состояния неравновесности живого организма.
3. Кто ввел понятие отрицательной энтропии?

## **2.9 Лабораторная работа №9 (2 часа).**

**Тема:** «Пути развития представлений о системности живого»

**2.9.1 Цель работы:** Проверить знания и практические навыки о процессах саморегуляции и самоорганизации живых систем.

### **2.10 Лабораторная работа №10 (2 часа).**

**Тема:** «Представления о структуре вещества наследственности. Экспериментальный подход к выяснению действия генов. Развитие учения о гомеостазе. Кибернетические принципы саморегуляции»

**2.10.1 Цель работы:** углубление (осмысливание) студентами теоретических вопросов темы и выработка правильного понимания ее прикладной значимости.

### **2.8.2 Задачи работы:**

1. Расширить представления о структуре вещества наследственности, экспериментальному подходу к выяснению действия генов.

### **2.8.3 Описание (ход) работы:**

Генетические подходы к исследованию поведения позволяют выяснить, с чем именно связана изменчивость интересующего нас признака, т.е. в какой степени она связана с изменчивостью генотипов данной группы животных, а в какой — с внешними по отношению к генотипу событиями, воздействующими на ЦНС, а следовательно, и на поведение. В таких исследованиях важную роль играет использование так называемых генетических моделей — групп животных, состоящих из генетически «охарактеризованных», нередко идентичных (или почти идентичных) по генотипу особей с определенными физиологическими или биохимическими особенностями. Используют, например, линейных животных — инбредные и селектированные линии. Между инбредными линиями (мышей или крыс) обнаруживаются различия по тем или иным признакам поведения. Выявление таких межлинейных различий — обычно первый этап исследования. Следующим шагом в классических исследованиях по генетике поведения бывает скрещивание животных из линий, обнаруживших контрастные значения признака, с получением гибридов и анализом расщепления признаков во втором и последующем поколениях. Наряду с этим в генетике поведения используются селектированные линии, сформированные путем искусственного отбора на высокие и низкие значения какого-либо признака поведения (в таких случаях для скрещивания в последовательных поколениях отбираются животные соответственно с высокими и низкими значениями интересующего исследователя признака). После выведения таких линий нередко проводится их скрещивание и анализ проявления признаков у потомства.

Данные такого классического генетического анализа делают возможным вывод и о количестве генов, которые определяют основной вклад в изменчивость изучаемого признака поведения. Тестирование поведения гибридов первого поколения дает информацию о доминантном, промежуточном или рецессивном наследовании интересующего признака. Если данный признак определяется одним, двумя или тремя генами, то это можно установить по картине его распределения у гибридов второго поколения и потомков возвратного скрещивания. Если же в определении признака участвует большее число генов, то необходимо применять методы генетики количественных признаков. Современный этап развития науки обогатил генетику поведения новыми методами. К их числу относятся:

- метод рекомбинантных инбредных линий ;
- метод QTL—quantitative trait loci;
- создание и исследование мозаичных и химерных животных ;
- создание трансгенных организмов и животных-нокаутов.

Нейрогенетика и генетика поведения сформировались в большой степени благодаря работам на дрозофиле (*Drosophila melanogaster*). Это относится и к генетическому исследованию процесса развития нервной системы, и к выявлению специфических для



нервной системы генов и генных комплексов, оказывающихся сходными и у дрозофилы, и у млекопитающих.

Мыши (*Mus musculus*) также чрезвычайно важный экспериментальный объект нейрогенетики и генетики поведения. На мышах разных линий, как инбредных, так и селектированных, исследованы генетические вариации в поведении и корреляция иногда достаточно сложных признаков поведения с изменчивостью строения некоторых отделов мозга. Мыши широко используются также для изучения нейро-биологических основ процесса обучения, причем все большую роль начинают играть исследования поведения и способности к обучению у мышей, у которых генноинженерными методами определенные гены либо выключены (мышь-нокаут), либо видоизменены (искусственные мутанты). Изучение таких животных методами генетики поведения дает также возможность моделировать целый ряд неврологических и психических заболеваний человека (эпилепсия, алкоголизм, депрессивные состояния, болезнь Альцгеймера и др. — Driscoll, 1992).

Крысы (*Rattus norvegicus*) также достаточно часто используются как объект генетики поведения. Мозг крысы крупнее и более удобен для хирургических манипуляций и электрофизиологических исследований. В то же время разведение крыс в количествах, необходимых для генетических исследований, стоит очень дорого. Вследствие этого, а также в связи со значительно большей изученностью генома мыши генетические исследования поведения крыс не очень многочисленны. Тем не менее именно на них были проведены многие классические работы.

#### 4. Изменчивость поведения и выявление роли генотипа.

Традиционный вопрос, стоящий перед исследователями в области генетики поведения, — это выяснение роли генетических факторов в определении особенностей поведения.

Задачи генетики поведения:

относительная роль генетических и средовых факторов, а также их взаимодействия при формировании поведения;

механизмы действия генов, определяющих формирование ЦНС и экспрессирующихся в мозге;

механизмы реализации действия мутантных генов, затрагивающих функцию ЦНС, которые могут служить моделями заболеваний нервной системы человека;

генетико-популяционные механизмы формирования поведения и его изменений в процессе микроэволюции.

Вторая и третья проблемы нередко выделяются в направление, получившее название нейрогенетики.

Общая задача генетики поведения — это интеграция целостного, «организменного» и молекулярно-биологического подходов для создания возможно более полной картины роли генотипа в формировании мозга, в развитии его отдельных реакций и поведения.

В настоящее время генетические исследования поведения и лежащих в его основе нейрофизиологических процессов проводятся по нескольким направлениям. Условно обычно выделяют два основных подхода:

♦ «от поведения к гену» — это изучение отдельных признаков целостного поведения животного с последующим более детальным анализом феноменологии на уровне отдельных хромосом и генных комплексов или же единичных генов;

♦ «от гена к поведению» — это исследование функции гена (как на молекулярном, так и на физиологическом уровне) с последующим анализом его влияния на поведение. Современная генная инженерия, стремительно развивающаяся в последние десятилетия, существенно продвинула вперед такие методы. Этот подход получил также название «обратной генетики». Методы обратной генетики позволяют прицельно изменять строение гена (gene targeting) или выключать из работы определенные участки генома, т.е. последовательности ДНК, кодирующие те или иные белки. Это могут быть структурные белки, которые определяют, например, строение синаптического аппарата нейронов (видоизменение или выключение белков-рецепторов нейромедиаторов), или регуляторные белки, отсутствие которых делает невозможным нормальное функционирование важных для клетки процессов (как, например, белок CREB и нарушение фосфорилирования).

Выбор признаков поведения. Несомненно, что для успеха генетического исследования, например способности животного к обучению, необходимо выбрать такой поведенческий признак, который представлял бы собой естественную «единицу» той или иной формы поведения. Как уже упоминалось, в генетических исследованиях поведения наиболее часто используют линии лабораторных грызунов — крыс и мышей. Очевидно, что для проведения исследований по генетике поведения мышей и крыс следует быть основательно знакомым с их поведением. Кроме того, важно помнить, что в основе генетического подхода лежит выявление изменчивости (вариативности) признаков.

Суть генетического подхода состоит в оценке размаха изменчивости признака у данного вида, популяции или группы особей и в анализе происхождения этой изменчивости.

В период накопления фактов в генетике поведения внимание исследователей привлекали разные признаки, характеризующие поведение: предрасположенность к судорогам, общая возбудимость, локомоторная активность, ориентировочно-исследовательские реакции, разные аспекты репродуктивного поведения, классические и инструментальные условные реакции, чувствительность к действию фармакологических веществ. Опыт, накопленный в первый период развития генетики поведения, можно суммировать следующим образом.

Для исследования роли генотипа в формировании поведения следует выбирать:

- ♦ признаки, которые легко поддаются количественному учету (например, четкие видоспецифические движения — чистка шерсти или «стойки» у грызунов);
- ♦ признаки, которые легко измерить по степени выраженности (например, уровень локомоторной активности, измеряемый по длине пройденного животным пути за фиксированное время опыта).

Многие признаки поведения сильно зависят от ряда внешних по отношению к нервной системе факторов, например от сезона года и/или от гормонального фона. Это вызывает дополнительные трудности при проведении генетических исследований.

Какую именно генетическую модель необходимо выбрать для исследования поведения, определяется конкретными целями и спецификой изучаемого фенотипического признака.

Роль генотипа и среды в формировании поведения. Одним из важных вопросов генетики поведения является разработка теоретической концепции и методических приемов определения относительной роли генотипа и среды в формировании признаков

поведения. Этот вопрос неотделим от проблемы формирования поведения в онтогенезе, т.е. проблемы относительной роли «природы» и «воспитания» (nature-nurture).

Накопление информации об особенностях развития поведения животных разных видов, успехи генетики поведения и генетики развития позволили сформулировать ряд общих правил, помогающих определять относительную роль того и другого компонента в формировании конкретного поведенческого акта. Эти правила учитывают особенности поведения данного вида животных, степени жесткости или, наоборот, пластичности основных компонентов его поведения, а также иногда прямую информацию о генетическом контроле его особенностей.

В 1965 г. К. Лоренц достаточно четко сформулировал некоторые общие положения о соотношении врожденных и приобретенных компонентов в эволюционных преобразованиях поведения животных. Этому вопросу посвящена актуальная и по сей день его книга «Эволюция и модификация поведения» (Lorenz, 1965).

Лоренц предположил, что совершенствование поведения в эволюции может идти двумя путями:

первый из них связан с повышением в репертуаре поведения «удельного веса» специализированных и жестко запрограммированных реакций типа врожденных завершающих актов. При таком типе организации поведения способность к обучению в определенной степени ограничена, а спектр реакций,

которые животное приобретает в результате индивидуального опыта, относительно узок;

второй путь эволюционного совершенствования поведения — это усиление индивидуальной адаптации за счет расширения диапазона возможностей другой фазы поведенческого акта — поисковой. В этом случае врожденные реакции часто могут оказаться «замаскированными» различного рода индивидуально приобретенными наслоениями.

По представлениям Лоренца, усиление специализации поведения, наличие жестких программ поведения, пусть даже предусматривающих широкий диапазон реакций, ограничивают возможности отдельных особей в приспособлении к новым условиям. Эволюция по второму пути создает широкие возможности для индивидуального приспособления к разнообразным ситуациям.

В целом можно сказать, что эволюция поведения беспозвоночных (например, насекомых) шла в основном по пути усложнения и совершенствования фиксированных комплексов действий с жесткой внутренней программой, т.е. по первому пути. В то же время эволюция поведения позвоночных шла по пути повышения способности к быстрым адаптациям — за счет усовершенствования поискового поведения, т.е. за счет расширения возможностей осуществлять поведенческие акты по лабильной индивидуальной программе.

В начале 70-х годов XX в. эти представления развил Э. Майр, изложив их в терминах, более близких генетике. Он постулировал существование двух типов генетических программ — «закрытых» и «открытых». На основе молекулярно-генетических данных, накопленных к тому времени, Майр предположил, что онтогенетическая программа последовательной реализации наследственной информации (связанной с формированием мозга и поведения) может зависеть от влияния внешних

условий в разной степени, т.е. она может быть закрытой для их влияний или, наоборот, открытой.

Как известно, история биологии, и в частности биологии развития, прошла этап бурных дебатов, которые получили название «nature-nurture controversion». Речь шла о приоритете в поведенческих реакциях либо природных задатков организма, либо воспитания («врожденное» и «приобретенное»). В настоящее время этот спор разрешен в рамках достаточно общепризнанной эпигенетической концепции. (В первоначальной форме эта концепция рассматривает роль генотипа и средовых влияний в эмбриогенезе, однако в принципе применима и к рассмотрению природы разного типа влияний на формирование признаков поведения взрослого животного).

Суть эпигенетической концепции заключается в следующем. Формирование мозга в онтогенезе — нейрогенез — представляет собой непрерывный процесс, в ходе которого происходит взаимодействие сигналов, поступающих из внешней среды, и информации, считываемой с генома.

В схематической форме, однако, нельзя обойтись без условного деления процесса развития на стадии. При этом последовательные стадии развития можно представить в виде схем, в которые входит ряд компонентов. Успех каждой стадии развития обеспечивается наличием следующих компонентов: фенотипа P, продуктов экспрессии определенных генов G и существованием некоторого набора внешних условий E, которые могут варьировать в определенных пределах:

$$P1 + G1 + E1 \rightarrow P2 + G2 + E2 - P3 \text{ и т.д.,}$$

где P1 — фенотип зиготы, P2 — фенотип следующей стадии. При развитии нервной системы эта картина усложняется тем, что в категорию «внешних» условий попадают влияния, которые исходят от других клеточных элементов нервной системы. Общий анализ показывает, что на нейрон действуют продукты экспрессии генов, которые можно условно разделить на 4 категории в зависимости от особенностей их экспрессии:

экспрессируются в дифференцирующихся нейронах;

в нейронах иных групп, нежели данная;

в глиальных клетках;

гены, обнаруживающие свое влияние на уровне целого организма (например, гены, кодирующие белки—предшественники гормонов).

Одна из важных причин появления разногласий в определении роли врожденного и приобретенного в поведении заключалась в том, что разные исследователи ставили перед собой разные цели. Целью одних работ было изучение внешних, средовых влияний на поведение, целью других — изучение наследственных задатков или нейрофизиологических механизмов реакций организмов. Очевидно, что разные цели исследований определяли и выбор видов животных и разные формы их поведения, а это, естественно, могло вести к появлению достаточно контрастных результатов. Одна из причин таких контрастов — разная норма реакции разных признаков поведения.

Согласно современным представлениям, все признаки организма (в том числе и признаки поведения) генетически детерминированы, однако степень их генетической обусловленности признаков (т.е. жесткость соответствующей генетической программы) варьирует в широких пределах. В одних случаях развитие признака полностью контролируется внутренней программой, и воздействия внешних факторов в процессе онтогенеза могут изменить его лишь в очень малой степени. В других случаях программа

записана только «в общих чертах», и формирование признака подвержено разнообразным влияниям.

Степень изменчивости признака в пределах, задаваемых его генетической программой, и представляет собой, как уже говорилось выше, норму реакции.

Как и любые другие, все признаки, характеризующие поведение, находятся под влиянием генотипа и среды.

Каждый признак поведения формируется как результат взаимодействия этих двух источников изменчивости. В соответствии с это-логической схемой акта поведения, можно сказать, что действия, относящиеся к поисковой фазе поведенческого акта, имеют широкую норму реакции, тогда как реакции типа завершающих актов — узкую.

Так, например, осуществляя поиск пищи, животное может обучиться доставать ее из ранее недоступных ему мест, используя для этого разнообразные движения. Однако умерщвление добычи оно может осуществить с помощью достаточно жесткой, видоспецифической последовательности действий (фиксированного комплекса действий).

Очевидно, что для четкого описания зависимости данного поведения от внешних влияний и/или от врожденных задатков необходимо искусственно выращивать животных в условиях, где внешняя стимуляция строго «дозирована». Такие эксперименты были названы «де-привационными» (от англ. deprive — лишать). Метод изолированного воспитания (депривационный эксперимент) был предложен с целью выяснить, в какой степени поведение животного может сформироваться в отсутствие привычных для данного вида внешних условий. Суть метода заключается в том, что животных выращивают в изоляции вплоть до взрослого состояния, когда можно определить, насколько спектр их поведения отличается от нормальных особей этого вида. Степень и формы депривации достаточно разнообразны, например изоляция детеныша от матери после, а иногда и до прекращения вскармливания (у млекопитающих) или изоляция от сверстников и других особей своего вида (например, выращивание певчих птиц в звукоизолирующих камерах, лишение их слуха и т.п.). В некоторых депривационных экспериментах животным создают так называемую обедненную среду обитания: их выращивают в очень простых клетках, лишенных большинства внешних стимулов, обычных для животных данного вида. Типичный пример обедненной среды для содержания лабораторных грызунов — обычные клетки; для «обогащения» среды исследователи помещают туда лесенки, тоннели, полки, предметы для манипулирования и т.д.

Вопрос о роли врожденного и приобретенного в поведении решается в настоящее время конкретно в каждом случае, применительно к анализируемой форме поведения и виду животного.

## **2.11 Лабораторная работа №11 ( 2 часа).**

**Тема:** «Создание эволюционной эмбриологии животных. Эволюционное направление в палеонтологии»

**2.11.1 Цель работы:** углубление (осмысливание) студентами теоретических вопросов темы и выработка правильного понимания ее прикладной значимости.

### **2.11.2 Задачи работы:**

1. Изучить историю создания эволюционной эмбриологии животных.
2. Ознакомиться с учеными – основоположниками данного направления биологии.
3. Ознакомиться с основами эволюционного направления в палеонтологии.
4. Выявить прикладную значимость данных разделов биологии.

### **2.11.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

компьютеры, микроскопы, видеопроектор.

### **2.11.4 Описание (ход) работы:**

**Задание 1.** Получить у преподавателя три микропрепарата и ответить на проблемный вопрос. «Каким прилагательным можно охарактеризовать данные препараты?»

Изучив теоретическую часть, снова рассмотрите препараты и зарисуйте их, указав на рисунке, те гомологичные черты, которые стали основой для создания эволюционной эмбриологии животных.

#### **3.9. Создание эволюционной эмбриологии животных**

Среди многих отраслей биологии, испытавших благотворное влияние учения Дарвина, одно из первых мест занимает эмбриология. Эмбриологи середины XIX в. ограничивались в своих работах сравнением зародышевого развития позвоночных, главным образом птиц и амфибий. Отрывочные наблюдения, свидетельствовавшие о том, что у некоторых беспозвоночных, подобно позвоночным, зародыш состоит из отдельных слоев, привлекали к себе мало внимания. Однако, еще в 1829 г. Г. Ратке попытался гомологизировать зародышевые слои речного рака с зародышевыми листками позвоночных. Такую же попытку позднее сделали А. Келликер (1842) и Г. Цаддах (1854) при изучении эмбриологии насекомых. Стремясь сопоставить эмбриональное развитие насекомых и позвоночных, Келликер дал слоям, на которые расщепляется зародышевая полоска на брюшной стороне бластодермы у насекомых, название серозного и слизистого листков. Эта схема перестала удовлетворять эмбриологов после того, как Ремак реформировал учение о зародышевых листках и стал говорить о них не только как о зачатках будущих частей сформировавшегося животного, но и как о функционирующих зародышевых органах.

Отголоском представлений Келликера в области эмбриологии насекомых явилась работа Г. Цаддаха. Он описал появление зародышевой полоски, расщепляющейся на два листка, которые, однако, по его мнению, соответствуют не серозному и слизистому листкам позвоночных, как думал Келликер, а их роговому и мышечному листкам. Цаддах утверждал далее, что первичные сегменты насекомых соответствуют первичным позвонкам (сомитам) и что так называемые зародышевые валики являются не чем иным, как спинными пластинками, описанными Бэрм у зародышей позвоночных. Вскоре выяснилось, что наружный листок, описанный Цаддахом у зародышей ручейника, является не зародышевым листком, а провизорной внезародышевой оболочкой. А. Вейсман, установивший эту ошибку, пришел к отрицанию существования зародышевых листков у насекомых. Выводы Вейсмана являлись, таким образом, новой опорой мнению, которое в те времена было общепринято, что каждый тип животных — позвоночные, мягкотелые, суставчатонogie и пр.— представляет особое, строго замкнутое целое и что поэтому нет никакой возможности проводить параллель между анатомическим устройством и историей развития представителей этих разных типов».

Мысль о зародышевых листках как основе для сопоставления способов развития животных, относящихся к различным типам, была столь чужда эмбриологам середины XIX в., что даже в тех случаях, когда отдельные листки были отчетливо видны у зародышей, они не связывали эти наблюдения с учением о зародышевых листках. Так обстояло дело и в тех случаях, когда А. Крон у медуз и иглокожих или К. Гегенбаур у сагитты видели двуслойную стадию, позднее получившую название гастролы.

Теория типов, сформулированная Кювье на сравнительно-анатомической основе и подтвержденная эмбриологическими исследованиями Бэра, оставалась незыблемой вплоть до того времени, когда Дарвин обосновал идею единства происхождения всего животного мира. Дарвин целеустремленно и детально обсуждал проблемы эмбриологии и с большим вниманием следил за работами современных ему эмбриологов. Наибольшее значение он придавал тем, тогда еще немногочисленным исследованиям, которые демонстрировали единство закономерностей эмбрионального развития позвоночных и беспозвоночных, и, прежде всего, работам А. О. Ковалевского.

К началу 60-х годов XIX в. эмбриология позвоночных была разработана достаточно детально. Что касается эмбриологии беспозвоночных, то в этой области было накоплено много разрозненных наблюдений, которые не удавалось еще связать общей руководящей идеей. Было описано, в частности, дробление яиц некоторых кишечнополостных, червей, моллюсков и иглокожих, строение и превращение личинок многих беспозвоночных. Однако о внутренних процессах их развития, о способах закладки и дифференцирования органов у них почти ничего не было известно, а главное, не удавалось с достоверностью найти общие черты в эмбриональных процессах у животных, относящихся к разным типам. Поэтому эволюционная эмбриология как наука, основывающаяся на историческом принципе, не могла еще возникнуть. Датой ее зарождения следует считать середину 60-х годов — начало эмбриологических исследований основоположников эволюционной сравнительной эмбриологии А. О. Ковалевского и И. И. Мечникова.

К этому времени общие принципы теории эволюции, сформулированные Дарвином, уже нашли подтверждение в систематике и сравнительной анатомии, в работах некоторых палеонтологов, в данных географического распределения организмов, в практике разведения домашних животных и культурных растений. Перед зоологами начала второй половины XIX в. стояла задача доказать родство между позвоночными и беспозвоночными и установить истинное систематическое положение, а следовательно, филогенетические отношения с остальным животным миром некоторых групп такого сборного типа, как черви, сомнительных в систематическом отношении форм — бесчерепных, оболочников, мшанок, плеченогих, щетинкочелюстных и т. д., а также тех классов животных, эмбриональное развитие которых, судя по их внешним особенностям, протекает совершенно отлично от позвоночных (в частности губок, кишечнополостных, щетинконогих кольчецов, боконервных, лопатоногих и головоногих моллюсков, ракообразных, паукообразных и насекомых).

Именно эти формы и привлекли к себе внимание Ковалевского и Мечникова. Они потратили 20 лет упорного труда на раскрытие закономерностей их эмбрионального развития. Плодом исследования этих ученых, за которыми пошли многие зоологи и эмбриологи как в России, так и за ее пределами, явилось не только детальное знакомство с разнообразными формами эмбрионального развития у представителей разных систематических групп животных, но и принципиальные обобщения, совокупность

которых по справедливости получила название эволюционной сравнительной эмбриологии.

Первая эмбриологическая работа А. О. Ковалевского, его магистерская диссертация, опубликованная в 1865 г., была посвящена развитию ланцетника. Ковалевский утверждает, что низшее позвоночное (точнее, низшее хордовое) животное начинает развиваться по типу беспозвоночных, именно кишечнополостных, и лишь позднее приобретает признаки позвоночного. Первым из этих признаков является способ образования центральной нервной системы. Ковалевский показал, что эта стадия соответствует стадии образования медуллярной трубки у зародышей лягушки и миноги. Уже в этой ранней работе А. О. Ковалевский выступил как убежденный эволюционист-дарвинист.

Почти одновременно с первой работой о развитии ланцетника Ковалевский напечатал статью по эмбриологии асцидий (1866). Результаты этих исследований, как писал Ковалевский, превзошли его ожидания. Они привели его к выводам, которые первоначально казались совершенно парадоксальными. Было установлено полное соответствие в образовании нервной системы у позвоночных и асцидий. Описав клеточный тяж, состоящий из одного ряда пузырчатых клеток и расположенный в хвосте личинки асцидий, Ковалевский смело приравнивал его к хорде ланцетника и зародышей позвоночных и тем самым установил несомненное родство асцидий, которых в то время причисляли к моллюскам, с позвоночными. К заключению об их родстве на основании собственных исследований, подтвердивших наблюдения Ковалевского, вскоре присоединились немецкий зоолог К. Купфер (1870) и русский зоолог и эмбриолог М. С. Ганин (1870).

С утверждением Ковалевского о родстве между оболочниками и позвоночными не сразу согласился даже Мечников, посвятивший полемике с ним несколько статей. Мечников лишь постепенно, шаг за шагом, уступал свои прежние позиции. Уже в статье 1871 г. Ковалевский ссылается на письмо Мечникова, в котором последний выражает согласие с его основными соображениями о развитии нервной системы и хорды у асцидий. Правильность наблюдений и выводов Ковалевского в дальнейшем подтвердили бельгийские эмбриологи П. ван Бенеден и Ш. Жюлен (1884) и другие авторы.

Считая сравнительную эмбриологию источником доказательств единого происхождения всех многоклеточных животных, Ковалевский в докторской диссертации, посвященной развитию загадочной в систематическом отношении группы форонид (1867), наметил ту основную задачу, решение которой позволит, по его мнению, заложить основы этой новой науки. Он полагал, что для всех животных должен быть, прежде всего, выяснен способ развития главных органов пищеварительного канала, стенок полости тела и нервной системы, т. е. тех образований, которые у позвоночных возникают соответственно из нижнего, среднего и верхнего зародышевых листков. Он с большой проницательностью показал, что основой сравнительной эволюционной эмбриологии является учение о гомологии зародышевых листков у всех типов животных.

**Задание 2.** Сделать доклад – презентацию о научной деятельности А.О. Ковалевского и И.И. Мечникова.

**Задание 3.** Сделать выводы о прикладной значимости данных разделов биологии и записать в тетрадь.



## **2.12 Лабораторная работа №12 (2 часа).**

**Тема:** «Сравнительная анатомия в свете Дарвинизма. Развитие филогенетической систематики животных»

**2.12.1 Цель работы:** углубление (осмысливание) студентами теоретических вопросов темы и выработка правильного понимания ее прикладной значимости.

### **2.12.2 Задачи работы:**

1. Ознакомиться с особенностями сравнительной анатомии в свете Дарвинизма.
2. Изучить развитие филогенетической систематики животных.

### **2.12.3 Описание (ход) работы:**

**Задание 1.** Изучив скелеты различных животных, укажите по каким признакам можно судить об их эволюционном родстве?

Сравнительная анатомия животных сложилась как самостоятельная наука задолго до появления учения Дарвина. К середине XIX в. она достигла высокого уровня развития. Что же внесла в эту науку эволюционная теория?

Сразу после опубликования «Происхождения видов» интерес к сравнительной анатомии резко возрос. Факт этот ни у кого не вызывает сомнений. Но в оценке состояния этой дисциплины в конце XIX — начале XX в. мнения сильно расходятся. Так, по мнению А. А. Любищева (1962), ее репутация к концу XIX в. очень упала. Э. Норденшельд, имея в виду морфологические исследования на базе дарвинизма, утверждал, что в 70-80-е годы XIX в. противники эволюционной теории уже сказали свое последнее слово, в то время как приверженцы не видели еще никаких трудностей в ее использовании. Причин падения интереса к сравнительной анатомии было несколько. Среди них следует назвать кризис филогенетического направления, развитие экспериментального направления в морфологии, развитие прикладных направлений, оживление идеалистических течений. Сказалась и неудовлетворенность формулой Геккеля «филогенез есть механическая причина онтогенеза», которая первоначально воспринималась как ключ к каузальному объяснению многих биологических явлений. Все это, несомненно, отразилось на развитии сравнительной анатомии и морфологии в целом, однако не только в отрицательном, как подчас полагают, смысле. На определенном этапе указанные факторы сыграли свою роль, заметно снизив к концу века прежде весьма повышенный интерес к сравнительной анатомии, от которой ожидали больше, чем она могла дать. Оказалось, что эволюционная теория дает метод, с помощью которого можно найти подход к решению проблемы, но не готовый ответ. Те, кто рассчитывал на легкий успех, пережили известное разочарование. Но в целом морфология от подобного усложнения только выиграла. То же самое можно сказать относительно влияния на сравнительную анатомию (и морфологию в целом) экспериментального направления, проникновения в биологию физики, химии и т. п. Если смотреть широко на развитие науки в целом, то становится ясным, что отток сил и переключение в конце XIX в. внимания на новые области исследования имели, в конечном счете, положительное значение для развития морфологии. Подчинение исследовательской работы в области сравнительной анатомии вначале запросам

филогенетического направления, а затем эволюционной морфологии вовсе не означало, что с победой теории Дарвина сравнительная анатомия в какой-то мере утратила свое значение как самостоятельная наука и была поглощена учением об историческом развитии животного мира. Изучение эволюции организмов действительно стало в последарвиновский период важнейшей задачей сравнительной анатомии. Сравнительно-анатомические доказательства эволюции прочно вошли в учение об историческом развитии организмов. Но это не означало для сравнительной анатомии потери самостоятельности. Наоборот, получив научную основу в виде теории Дарвина, сравнительная анатомия обрела неведомые ей раньше перспективы и тем самым укрепила свое право на существование. Что же касается сравнительной анатомии беспозвоночных, то ее формирование как подлинно научной дисциплины относится к середине XX в.

Вторая половина XIX в. отмечена бурным развитием систематики. С момента опубликования теории происхождения видов Дарвина вопрос о том, действительно ли в природе происходит эволюция, и являются ли современные животные и растительные организмы потомками общих предков, оказался в центре внимания биологов. Неудивительно, что научные интересы систематиков этого периода были сосредоточены главным образом на филогенетических исследованиях. Такая направленность исследований способствовала, с одной стороны, более полному обоснованию эволюции в органическом мире, с другой — привела к упрочению и распространению особого способа изображения филогенетических связей в виде так называемых родословных древ. Метод изображения отношений организмов при помощи разветвленных схем применялся в самой общей форме и раньше. Намек на него встречается уже в работе П. С. Палласа «Elenchus Zoophytorum» (1766). Ламарк в дополнениях к первому тому «Философии зоологии» привел графическое изображение родственных связей между различными группами животных в виде ветвящейся схемы. В 1829 г. Э. И. Эйхвальд в своем курсе зоологии поместил схему животного мира в виде ветвящегося дерева.

**Задание 2:** Зарисовать схематично филогенетическую систематику животных по Геккелю. Какие критерии для систематизации использовали ученый?

### **2.13 Лабораторная работа №13 (2 часа).**

**Тема:** «Микробиология и ее преобразующее воздействие на биологию»

**2.13.1 Цель работы:** научиться определять степень научности полученной информации и отграничивать научное знание от других видов знания, выбирать виды средств и методы научного поиска, излагать и критически анализировать получаемую информацию

#### **2.14.2 Задачи работы:**

1. изучить историю развития микробиологии, как науки
2. определить области влияния микробиологического знания

#### **2.14.3 Описание (ход) работы:**

Занятие проводится в форме деловой игры «Колода карт», в которой каждая карта имеет свое значение. Аудитория делится на команды и выставляет оппонентам свои

«козырные» позиции для доказательства верности своих положений. Аргументы каждой из сторон рассматриваются независимыми экспертами.

**Задание 1:** Изучив историю микробиологии, выделить наиболее значимые персоналии. Ответить на вопросы: 1. «Кто, по вашему мнению, совершил революцию в микробиологии?» 2. Какой микроорганизм является самым уникальным на планете?

3. Разработку какого метода в микробиологии, вы бы назвали «интуитивной»?

4. Определите области наибольшего влияния микробиологического знания и др.

## **2.14 Лабораторная работа №14 (2 часа).**

**Тема:** «Возникновение и развитие вирусологии»

**2.14.1 Цель работы:** научиться определять степень научности полученной информации и отграничивать научное знание от других видов знания, выбирать виды средств и методы научного поиска, излагать и критически анализировать получаемую информацию

### **2.14.2 Задачи работы:**

1. изучить историю развития вирусологии, как науки, выделить наиболее актуальные вопросы и перспективы развития

2. проверить знания и практические навыки, полученные при изучении курса «История и методология науки»