

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»

С.М. Матвеев

История и основные концепции биологии и экологии

Тексты лекций

Воронеж 2018

УДК 57(09)

Печатается по решению учебно-методического совета ФГБОУ ВО «ВГЛТУ»

Рецензенты: кафедра геоэкологии и мониторинга окружающей среды
ВГУ,
д-р. биол. наук, проф. каф. экологии и защиты леса МГТУ
им. Баумана Д.Е. Румянцев;

Матвеев, С. М.

История и основные концепции биологии и экологии [Текст] :
тексты лекций / С. М. Матвеев ; Мин-во образования и науки, ФГБОУ ВО
«ВГЛТУ». – Воронеж, 2018. – 114 с.

ISBN 978-5-7994-0357-7 (в обл.)

В работе представлены тексты лекций курса «История и основные концепции биологии и экологии» читаемых автором на направлениях подготовки магистров и аспирантов биологического и сельскохозяйственного профиля ВГЛТУ с 2005 г. История биологии – история постановки проблем о живой природе и путях их решения. В условиях всё углубляющейся дифференциации биологии по узким направлениям исследований, курс истории биологии и экологии направлен на обеспечение целостности биологического образования. В тексте лекций излагаются основные концепции, понятия, области и методология исследований биологии и экологии в историческом аспекте их развития и становления.

Для аспирантов и магистрантов биологического и сельскохозяйственного профиля, студентов обучающихся по биологическим специальностям.

Табл. 1. Ил. 3. Библиогр.: 37 наим.

УДК 57(09)

© Матвеев С.М., 2018

© Фото на обложке Матвеева С.В.,

Матвеев А.М., 2018

© ФГБОУ ВО «Воронежский

государственный лесотехнический

университет им. Г.Ф. Морозова», 2018

ISBN 978-5-7994-0357-7

Предисловие

В тексте лекций представлен исторический путь развития основных концепций биологии, последовательные этапы её дифференциации и взаимосвязь в развитии различных областей. Прослеживается изменение мировоззрения различных эпох, а соответственно – методологических подходов к изучению живой природы.

В настоящее время стала очевидной необходимость переакцентации подходов как к изучению, так и к потреблению природных ресурсов в пользу сохранения живой природы, биологических сообществ, целостности естественного покрова планеты – биосферы.

В свою очередь, резко возрос интерес и общественный резонанс к проблемам экологии – науки, которую нередко отождествляют с самой окружающей средой. Часто, к сожалению, можно услышать нелепый фразеологический оборот «плохая экология».

Именно в связи с бурным развитием в последние десятилетия (безусловно – в комплексе биологических наук), экология переросла рамки раздела биологии и вынесена нами в название курса и заглавие данной работы.

Предлагаемые тексты лекций читаются аспирантам биологического и сельскохозяйственного профиля Воронежской государственной лесотехнической академии в рамках дисциплины «История и философия науки» и предназначены для подготовки к сдаче кандидатского минимума по названной дисциплине.

Лекция 1. Что изучает биология? Зарождение биологии

Вопросы:

1. Задачи и цели курса «История биологии и экологии», понятие биологии, дифференциация биологических наук.
2. Некоторые основные обобщения и наиболее заметные успехи биологии.
3. Древняя биология: античные представления о живой природе, Древний Рим (биология в начале нашей эры).
4. Биология в Средневековье (4-14 вв. н.э.) и эпоху Возрождения (15 в.)

1. Задачи и цели курса «История биологии и экологии». Понятие биологии, дифференциация биологических наук

Что собой представляет история той или иной отрасли знаний? Той или иной науки, дисциплины? Очевидно – это сохранившиеся в истории человечества (в форме документов, летописей, рассказов, а позже – статей и книг) даты открытий, имена первооткрывателей и сами открытия и другие события и факты, последовательно составившие определенное направление развития знаний человека о каких-либо предметах и явлениях.

История биологии – история постановки проблем о живой природе и путей их решения.

Необходимость изучения истории науки в целом связана с желанием понять цепь событий, ведущих к современному ее состоянию и определить возможные направления развития в будущем.

Известно, что в науке нет абсолютных истин, она не может предлагать сразу целостное представление о мире. В этом она принципиально отличается от религии и мифологии, которые претендуют на окончательное решение вопроса (Жакоб, цит. по Юсуфов с соавт., 2003, с. 3).

Любая отрасль знаний, науки не может быть завершенной. Она постоянно продолжает развиваться. Нередко, кстати, не только уточняя и добавляя, но и поправляя и даже опровергая уже имеющиеся утверждения и понятия. Постепенно ряд фундаментальных открытий и создает теоретическую базу определенной отрасли науки.

О биологии как комплексной науке, можно говорить, лишь начиная с 1802 г., с момента введения данного термина (одновременно и независимо друг от друга) *Жаном Батистом Ламарком (1744-1829)* и *Готфридом Рейнхольдом Тревиранусом (1776-1837)*, хотя ее история восходит к глубокой

древности. До этого знания о живой природе накапливались в рамках натурфилософии, медицины, растениеводства и животноводства.

Биология – наука о живых организмах, или наука о жизни. Такое определение биологии имеет смысл только в том случае, если мы сможем дать определение жизни, но жизнь не поддается простому определению. По Ф. Энгельсу: **жизнь** есть способ существования белковых тел, и этот способ существования состоит по своему существу в постоянном самообновлении химических составных частей этих тел.

В свою очередь, **белки** – это чрезвычайно сложные вещества, содержащие углерод, водород, кислород, азот (обычно еще серу и фосфор), с очень крупной и высокоорганизованной молекулой, содержащей тысячи атомов. Живой белок способен к размножению, но развился он, очевидно, из обычных химических элементов.

Биологию можно определить как совокупность наук о живой природе (Биолог. энци. словарь, 1989).

Предмет изучения биологии – все проявления жизни: строение и функции живых существ и их природных сообществ, их распространение, происхождение и развитие, связи друг с другом и с неживой природой.

Задачи биологии – изучение закономерностей этих проявлений, раскрытие сущности жизни, систематизация живых существ.

Современная биология включает более 100 дисциплин, возникших в разное время. Ее дифференциация продолжается. Большинство биологов – специалисты в какой-либо одной из биологических наук.

1. Одними из первых в биологии сложились комплексные науки по объектам исследования: **зоология** – изучает типы организмов и их взаимоотношения в животном царстве, **ботаника** – в растительном, **анатомия и физиология** – занимаются изучением строения и функций организма и далее, в зависимости от объекта исследования, подразделяются на **физиологию растений, физиологию животных; анатомия и физиология человека** являются основой **медицины**. В пределах зоологии сформировались более узкие дисциплины – **энтомология, орнитология, териология** и др.; в ботанике – **дендрология, бриология, геоботаника**. В самостоятельные науки выделились: **микробиология, микология, лихенология, вирусология**. Изучением многообразия организмов, их классификацией, занимается **систематика** (растений и животных). Изучением прошлой истории органического мира занимается **палеонтология** (палеобиология).

2. Другой аспект классификации биологических дисциплин – по исследуемым свойствам и проявлениям (механизмам) живого. **Цитология** –

исследует строение, химический состав и функции клеток; **гистология** – изучает свойства тканей; ультраструктуру тканей и клеток изучает **молекулярная биология**.

3. Образ жизни растений и животных и их взаимоотношения со средой обитания изучает **экология**, и более специализированно – **гидробиология**, **биогеография**, **биогеоценология**. Поведение животных изучает **этология**. Закономерности наследственности и изменчивости – предмет исследований **генетики**. Закономерности индивидуального развития (онтогенеза) изучает **эмбриология** или, в более широком смысле, – **биология развития**.

В условиях все углубляющейся дифференциации биологии по узким направлениям исследований, курс истории биологии направлен на обеспечение целостности биологического образования.

2. Некоторые основные обобщения и наиболее заметные успехи биологии

Биология, так же, как физика или химия, охватывает тысячи фактов, установленных путем множества отдельных наблюдений. Безусловно, нет необходимости запоминать все эти факты, чтобы разобраться в достижениях биологии. Как и в любой другой науке, в биологии сформировались широкие обобщения – гипотезы, теории, концепции, законы. Эти обобщения составляют основу современной биологии, и их краткое рассмотрение поможет получить ясное представление о всей сфере биологии, а также поможет проследить в дальнейшем, при более подробном рассмотрении истории биологии, формирование этих обобщений.

1. Одно из основных положений современной биологии состоит в том, что **явления жизни** в значительной степени **можно объяснить в понятиях химии и физики**, не привлекая для этого таинственной «жизненной силы» (витализм). Утверждение, что «все живое происходит только от живого», по-видимому, верно. Представление о том, что даже сравнительно крупные животные, например черви, лягушки, крысы могут «самозарождаться» было опровергнуто еще в 17 веке. Эксперименты Л. Пастера, Дж. Тиндаля и других исследователей еще 150 лет назад убедительно доказали, что и микроорганизмы, например, бактерии, тоже не могут возникать из неживого вещества путем самозарождения. К настоящему времени известен ряд реакций, в результате которых неорганические вещества могут превращаться в органические, под воздействием излучения с высокой энергией: космических лучей, жесткого УФ-излучения, а также электрических разрядов (молния). Самопроизвольное зарождение живых

существов в нашу эпоху, при существующих на Земле условиях, крайне маловероятно, однако вполне возможно, что оно происходило в прошлом.

2. Одним из серьезных достижений биологии (начала 18 века) считают **принципы классификации живых организмов**, разработанные шведским натуралистом *Карлом фон Линнеем (1707-1778)*. В 1735 г. он опубликовал «Систему природы», в которой представил систему классификации видов – прямую предшественницу принятой сегодня. Линней сгруппировал виды в роды, порядки, классы. Каждому виду давалось двойное латинское имя (имя рода и собственное имя), с тех пор утвердилось бинарное номенклатура. Именно Линней назвал вид современного человека – *Homo sapiens*.

3. Широким и основополагающим обобщением биологии является **теория клеточного строения живых организмов**. Эта теория утверждает, что все живые организмы – животные, растения и бактерии – состоят из клеток и из продуктов жизнедеятельности клеток; что новые клетки образуются путем деления предшествовавших клеток; что для всех клеток характерно глубокое сходство в химическом составе и обмене веществ и что активность организма как целого складывается из активности и взаимодействия составляющих его самостоятельных клеточных единиц.

Авторами этой теории считают немецкого ботаника *Маттиаса Якоба Шлейдена (1804-1881)* и немецкого зоолога *Теодора Шванна (1810-1882)*, которые в 1838 г. впервые указали, что растения и животные представляют собой скопления клеток, расположенных в соответствии с определенными законами. На самом деле клеточная теория, как практически любые теории, создана не одним или двумя учеными. Например, еще в 1824 г. французский биолог А. Дютроше писал, что ткани всех организмов состоят из шаровидных клеток, и объяснял процессы роста, а наличие в клетке ядра впервые описано в 1831 г. шотландским ботаником Р. Броуном.

4. **Теория естественного отбора**, выдвинутая английским натуралистом *Чарльзом Робертом Дарвином (1809-1882)*, на которой базируется **концепция эволюции органического мира**.

Представление о том, что все многочисленные формы растений и животных, существующие сейчас, не были «созданы», а произошли от существовавших ранее более простых организмов путем постепенных изменений, накапливавшихся в последовательных поколениях, – это одна из великих объединяющих концепций биологии.

Ч. Дарвин в 1859 г. опубликовал свою книгу «Происхождение видов путем естественного отбора». Согласно теории естественного отбора, любая группа животных или растений имеет тенденцию к изменчивости. Организмов каждого типа рождается больше того их числа, которое может

найти себе пищу и выжить; между множеством рождающихся особей происходит борьба за существование, причем те особи, которые обладают признаками, дающими им какое-либо преимущество в этой борьбе, будут иметь больше шансов на выживание, чем особи, лишенные этих признаков; выжившие организмы будут передавать эти выгодные признаки своему потомству, так что благоприятные изменения будут передаваться последующим поколениям.

5. **Генная теория (теория наследственности).** Теория наследственности включает в себя **законы наследственности** и наследования, открытые австрийским аббатом и ботаником – любителем *Грегором Иоганном Менделем (1822-1884)* в 1865 г. и **хромосомную теорию наследственности**, идея которой высказана *Августом Вейсманом (1834-1914)* в 1889 г. («теория непрерывной зародышевой плазмы»), а современная концепция о линейном расположении единиц наследственности в хромосомах сформулирована *Уолтером Сеттоном (1876-1916)*, американским цитологом, в 1902 г. и детально разработана американским же генетиком *Томасом Морганом (1866-1945)* и его сотрудниками в 1911 г.

Обобщения механизма наследования сформулированы в **законах Менделя**:

- 1) закон единообразия гибридов первого поколения.
- 2) закон расщепления.
- 3) закон независимого комбинирования (наследования) признаков.

Хромосомная теория наследственности – учение о локализации наследственных факторов в хромосомных клетках. Эта теория утверждает, что преемственность свойств организмов в ряду поколений определяется преемственностью их хромосом.

6. Ряд важнейших открытий в биологии связан с выделением **специфических органических веществ** и выяснением их роли в обмене веществ в живых организмах, соответственно: **ферменты** (или энзимы) – в протекании биохимических реакций (*Кирхгоф, 1815; Брюхнер, 1897 и др.*); **витамины** – в полноценном питании (*Гопкинс, 1900; Функ, 1911 и др.*); **гормоны** – в регуляции химической активности клеток (*Бертольд, 1849; Старлинг, 1905 и др.*); **антибиотики** – в преодолении болезней (*Флеминг, 1928; Дюбуа, 1939; Флори, Чейн, 1939; Ваксман, 1943 и др.*).

7. Наиболее заметные успехи биологии во 2-й половине 20-го века связаны с развитием молекулярной биологии и молекулярной генетики, совершившими прорыв в изучении физико-химических основ жизни и наследственности, а конкретно – с **расшифровкой структуры и функциональных последовательностей биосинтеза белков и**

нуклеиновых кислот: расшифровка структуры ДНК, главного носителя генетической информации (*Крик, Уотсон, 1953*) – молекула ДНК имеет вид двойной закручивающейся спирали, формирующей цилиндрическую молекулу. Такая структура позволила объяснить возможности гена к самовоспроизведению, передаче информации и мутациям; **расшифровка генетического кода** (*Ниренберг, 1961, 1963*) – свойственной живым организмам универсальной системы записи наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот в виде последовательности нуклеотидов; **расшифровка пространственной структуры белка и последовательности аминокислот в молекуле белка** (*Кендрью, Пруц, 1957; Филипс, 1967*) – первичная структура белка (последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи) определяется генетическим кодом, а каждый белок обладает уникальной молекулярной структурой; **расшифровка регуляции биосинтеза белка в клетке** (*Жакоб, Моно, 1961*) – гипотеза «включения и выключения» механизма, регулирующего скорость биосинтеза белка; **расшифровка явления обратной транскрипции – переноса информации от РНК к ДНК** (*Темин, Балтимор, 1972*) – открытие, разрушившее постулат молекулярной биологии, согласно которому преобразования в геноме идут в одном направлении – от ДНК к РНК и затем к белку.

8. Одна из основных концепций биологии, относящаяся к экологии, – **учение о биосфере** как о неразрывном единстве жизни на Земле со средой обитания, разработанная русским учёным–энциклопедистом академиком *Владимиром Ивановичем Вернадским (1863-1945)* (*Биосфера, 1926*). Учение о биосфере получило дальнейшее развитие в трудах другого выдающегося русского ученого, геоботаника и лесоведа, академика *Владимира Николаевича Сукачева (1880-1967)*, создавшего **биогеоценологию** (учение о биогеоценозе). Учение о биосфере становится все более актуальным в связи с глобальными проблемами человечества, вызванными антропогенным воздействием на биосферу.

3. Древняя биология: античные представления о живой природе, Древний Рим (биология в начале нашей эры)

Европейская цивилизация долгое время развивалась под влиянием натурфилософских воззрений Египта, Греции и Рима. Философские и культурные достижения древних Китая и Индии долгое время оставались неизвестными европейцам из-за обособленности этих государств.

Однако памятники, например, индийского эпоса 5-6 веков до н.э., хранят многие достижения в познании живой природы: описание поведения

и образа жизни животных и растений, успехи в технике ампутации органов, удалении почечных и желчных камней и др.

В Древнем Китае (9-12 вв. до н.э.) были хорошо развиты земледелие, скотоводство и медицина. В Китае слабо развивалась анатомия из-за строгого запрета на вскрытие живых и мертвых организмов.

Анатомы раннего времени были священнослужителями. Человек, который бальзамировал мумии в Древнем Египте, разработал, располагая знаниями анатомии человека, Кодекс Хамураппи (около 1920 г., до н.э.). Данный кодекс содержит правила регулирования различных медицинских аспектов, т.е. имелись врачи и врачебные знания использовались на практике. Папирус Эберса (16 век до н.э.), кроме знаний по анатомии органов, содержит перечисление большого количества лекарственных растений.

В Египте же были одомашнены одногорбый верблюд, кошка, голуби, гуси.

Однако первоначальные представления о живой природе имели ярко выраженный религиозно-мифический характер.

Пока в сознании людей преобладали суеверия, вера в «сверхъестественные» силы и их абсолютную власть над природой и человеком, изучение окружающего мира, т.е. собственно наука, практически не существовала.

Первыми людьми, пришедшими к философскому переосмыслению устройства окружающего мира, были древнегреческие философы.

Около 600 г. до н.э. в Ионии, на побережье Эгейского моря (территория современной Турции) ряд ионийских философов, первым из них был *Фалес* (640?-546 г. до н.э.), а также *Гераклит*, *Левкипп*, *Демокрит*, *Сократ* и др., отвергли сверхъестественные объяснения происходящего и предположили наличие «естественного закона», управляющего миром. Соответственно, человеческий разум может понять и объяснить, на основе наблюдений, устройство окружающего мира.

Биология вступила в эпоху рационализма. Около 500 г. до н.э. *Алкмеон Кротонский* (6 в. до н.э.) описал нервы глаза и изучил структуру цыпленка, растущего внутри яйца, т.е. стал (в определенной мере) родоначальником анатомии.

Однако наиболее прославлено в истории биологии (в данном случае – медицины) имя Гиппократ (460-370 г. до н.э.). Он родился и жил на острове Кос близ Ионийского побережья. В представлениях Гиппократ не существует бога, покровительствующего медицине. Гиппократ придерживался взглядов Демокрита. Для Гиппократ здоровое тело – это

тело, все органы и системы которого работают хорошо и гармонично, в то время как больное тело – то, где гармония отсутствует. Гиппократ основал медицинскую школу, которая пережила столетия после его времени.

Греческая биология и, фактически, античная наука в целом достигли своего расцвета в лице *Аристотеля (384-322 гг. до н.э.)*. Он основал знаменитый лицей в Афинах, преподавал там и писал почти обо всех предметах, от физики до литературы, от политики до биологии. Биологические книги Аристотеля (в частности, изучение обитателей моря) оказались лучшими из его научных работ, заслуживающими внимания и в настоящее время.

Аристотель описал около 500 видов животных, указав различия между ними, и систематизировал их, сгруппировав материал в порядке увеличения сложности (лестница существ Аристотеля).

Вселенная разделена на четыре царства:

1. Неодушевленный мир земли, воды, воздуха и огня (минералы без души). Неодушевленный мир существует (основа всего).

2. Мир растений над ним (душа питающая). Мир растений не только существует, но и размножается.

– Переходные формы (зоофиты) (душа питающая и чувствующая).

3. Мир животных, находящийся выше (с кровью) (душа питающая, чувствующая и движущая). Мир животных не только существует и размножается, но и движется.

4. Мир человека на вершине (душа питающая, чувствующая, движущая и разумная). Человек не только существует, размножается и движется, он может делать из наблюдений выводы.

Внутри каждого мира есть дальнейшие подразделения.

Растения могут быть разделены на простые и более сложные; животные – на тех, которые имеют красную кровь, и тех, которые ее не имеют; животные без красной крови включают в свой состав в порядке возрастающей сложности губок, моллюсков, насекомых, ракообразных и осьминогов (по Аристотелю).

Животные с красной кровью находятся выше на шкале и включают рыб, рептилий, птиц и зверей.

Аристотель нигде не высказывает предположений, что одна из форм жизни может медленно превратиться в другую. В его работах нет и намека на эволюционную теорию, но его труды служат подготовкой ее возникновения и разработки.

Аристотель основал зоологию (изучение животных) и почти не обращался к изучению растений. После смерти Аристотеля руководство его

школой перешло к его ученику *Теофрасту (Феофрасту) (372-287 гг. до н.э.)*, который основал ботанику (науку о растениях). В его трудах тщательно описаны и систематизированы по жизненным формам 500 видов растений.

Теофраст выделял дикие и культурные растения, вечнозеленые и с опадающей листвой, растения суши и воды, хвойные. Описание растений он сопровождал сведениями об их использовании и распространении, выделял одно- и двудомные. Листья делил на простые и сложные, кору, древесину и сердцевину выделял как части растений. Теофраст ввел такие ботанические понятия, как плод, околоплодник и сердцевина. Он пытался выделить фитогеографические зоны, отмечал развитие долговечности растений в разных условиях произрастания и т.д. (Юсуфов с соавт., 2003).

После правления Александра Македонского, завоевавшего Персидскую империю, греческая культура быстро распространилась вдоль Средиземного моря. Вновь созданная столица Египта, Александрия, на долгие годы Римской империи стала центром распространения античной философии и науки.

Биологии в это время уделялось мало времени, однако получила развитие анатомия в трудах *Герофила* и его ученика *Эрасистрата (около 250 г. до н.э.)*. Герофил рассматривал мозг как пристанище интеллекта и орган, созданный для того, чтобы охлаждать кровь; делал различие между чувствительными нервами (получают ощущения) и моторными нервами (вызывают мускульные движения), между венами и артериями, описал печень, селезенку, сетчатку глаза и т.д.

Эрасистрат добавил к изучению мозга деление на большой мозг (полушария) и малый (мозжечок), отметил мозговые извилины и размеры мозга человека по сравнению с другими животными и связал это с интеллектом (Азимов, 2004).

С этого времени в изучении живой природы наблюдался длительный застой.

В начале нашей эры римлянин *Авл Корнелий Цельс (около 30 г. н.э.)* собрал греческие знания в курс научных бесед. Подготовленный им курс по медицине был признан в Европе и получил большую известность.

Около 60 г. н.э. Диоскорид (греческий врач, работавший в Риме) описал 600 видов растений (больше, чем Теофраст), уделив особое внимание их лекарственным свойствам, т.е. фактически стал основателем **фармакологии**. Римлянин *Гай Плиний Секунд* в середине 1-го века нашей эры написал 37-томную энциклопедию, повторив все известные ему знания античных авторов и добавив много фантазии (Плиний «Естественная история»). В этом труде есть и картина мироздания, и сведения о земледелии и садоводстве,

описаны свойства животных и тысячи различных растений, причем все это с точки зрения полезности для человека. В работе есть и лесоводственные сведения о борьбе за существование среди деревьев («деревья взаимно убивают друг друга своей тенью»), о влиянии почвенных условий на рост, цветение и плодоношение растений, о формах листьев, корней и ветвей, листорасположении. Сочинения Плиния, при всех недостатках, много веков поддерживали интерес к познанию природы.

Последним биологом (а точнее – специалистом в области медицины, анатомии и физиологии человека) античного периода может быть назван *Гален (130-200 гг. н.э.)* – греческий врач, работавший в Риме. Гален изучил анатомию животных путем их вскрытия, углубил представление о связи между строением и функцией органов, организацией и поведением животных, проводил сравнение конечностей обезьян и человека, создал учение о мускулах и т.д.

Следует заметить, что греки, в отличие от римлян, пытались получить истинные знания о природе в целом и систематизировать их, а римляне интересовались прикладными вопросами сельского хозяйства и медицины, с точки зрения «полезности» (рационализм).

Идеи греческих философов и исследователей предвосхитили многие проблемы биологии (Юсуфов с соавт., 2003; Азимов, 2004).

4. Биология в Средневековье (4-14 вв.) и эпоху Возрождения (15 век)

Средневековье – это тысячелетний период истории человечества, в которой биологической науки практически не существовало. Это период господства христианской церкви в Западной Европе, сопровождавшийся упадком культуры, утратой интереса к естествознанию и господством теологического толкования явлений живой природы.

Сохранение последовательности развития биологии от античных греков до наших дней через Средневековье (сохранение научного наследия греческих ученых) связано с именами арабских (мусульманских) ученых-биологов и врачей: *Ибн-Сина Абу Али (Авиценна) (980-1037)*, *Ибн-Рошда (Аверроэс) (1126-1198)* и других.

Труды Аристотеля и Галена были переведены на арабский язык, их изучали и писали комментарии к ним. Наиболее известный труд Авиценны «Канон медицины» (1012-1024 гг.), остававшийся наиболее авторитетным сочинением несколько сот лет, содержал не только сведения по медицине (базирующиеся на теориях Гиппократов), но и сведения по ботанике, геологии, зоологии. Аверроэс был поклонником Аристотеля и защищал его

идеи от искажений в арабской литературе. Он считал, что природа (в том числе и живая) возникла и развивается закономерно, без вмешательства разумного начала, на основе разрушения и зарождения.

Арабские ученые *Разеса (Мухаммед Бен Захариа)* и *Ибн Эль Байтар* (тоже врачи) составили систематику лекарственных растений. Постепенно накапливались знания по физиологии, биогеографии, зоологии, палеонтологии.

Во времена крестовых походов и проникновения христианства на Ближний Восток (11-12 века) европейские ученые стали осваивать мусульманские учения, появились переводы арабских книг (в т.ч. трудов Гиппократа, Аристотеля, Галена переведённых ранее на арабский).

Немецкий ученый *Альберт Великий (Альберт фон Больштедтский, Альбертус Магнус (1193(1206)-1280)* последователь Аристотеля и разносторонний ученый, пытался соединить философию и богословие. Он 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 описание строения и функций растений и их частей, т.е. много сделал по развитию ботаники. В его трудах много и фантазии, например, о возможности достичь превращения пшеницы в ячмень, бука в березу, дуба в виноград.

Одним из учеников Альберта Великого был итальянец (философ и ученый) *Фома Аквинский (1225-1274)*. Он также пытался согласовать веру и знания в познании природы.

В развитии опытного естествознания велика роль англичанина *Роджера Бэкона (1214-1294)*. Получение точных знаний он считал возможным только путем опыта и наблюдений, считал, что природа управляется естественными законами, без всякого участия духов. Он подробно описывал строение глаза и функции его составляющих. Р. Бэкон, за непочтительность к религии, более 20 лет провел в тюрьме, и его труды оказались в забвении. (Юсуфов с соавт., 2003; Азимов, 2004).

Эпоха Возрождения

К середине 15 века, с распадом феодального общества, происходят заметные изменения в подходах к изучению природы. Возникает класс буржуазии, заинтересованный в развитии городов и промышленности. Потребности экономики и культуры способствуют открытию университетов, развитию в них науки. В 1465 г. в Европе осваивается книгопечатание. Многочисленные экспедиции приводят к ряду географических открытий – соответственно появляются новые сведения о растениях и животных.

В естественнонаучном плане эпоха Возрождения (15 век) связана с именем великого итальянского ученого *Леонардо да Винчи (1452-1519)*. Его интересы касались изучения кристаллов, растений, животных и человека, а также истории Земли. Он, как ученый и художник, оставил прекрасные зарисовки и труды по анатомии, занимаясь вскрытиями трупов (к тому времени в Италии это разрешалось), описал строение крыла птиц и особенности их полета. Его «Трактат по анатомии» содержит данные об изменениях в организме человека, начиная с момента зачатия, переплетая сведения по анатомии с наблюдениями в области эмбриологии, физиологии и биомеханики человека. Леонардо да Винчи преуспел в описании и зарисовках растений: форм их жилкования, цветков, тычинок и лепестков, подчеркивал многообразие форм и структур растений. Он также обращал внимание на роль света, влажности, состава почвы, движение корней, побегов и листьев в жизни растений.

Разносторонность биологических интересов Леонардо да Винчи позволяет считать его одним из основателей современной биологии. Его исследования подготовили почву для развития биологии в последующих столетиях, а большая часть сформулированных им проблем стала предметом изучения ряда областей биологии (Юсуфов с соавт., 2003, с. 32-34).

Лекция 2. Рождение современной биологии

Вопросы:

1. Успехи биологических наук в 16 – 17 вв. (зарождение систематики, физиологии растений и животных, микроскописты).
2. Биология в 18 веке: систематика, эмбриология, зарождение эволюционных идей.
3. Формирование биологии как комплексной науки в первой половине 19 века.

1. Успехи биологических наук в 16 – 17 вв. (зарождение систематики, физиологии растений и животных, микроскописты)

Середина 16 века ознаменовалась публикацией большого количества достойных научных трудов в области ботаники, зоологии, систематики, анатомии. Значительная роль этих публикаций в развитии биологии связана с уже распространившимся в Европе книгопечатанием (с 1465 г.), что позволяло тиражировать тысячи копий.

В области ботаники следует назвать книги *И. Бока (1493-1544)* – «Новый травник», *Л. Фукса (1500-1560)* – «История растений», *О. Брунфелса (1470-1534)* – «Живые изображения растений».

«Новый травник» содержал подробное описание 165 растений, их рисунки, сведения о времени цветения и характере местообитания. Кроме того, Бок разделил растения на дикорастущие с душистыми цветами, клевер, злаки, кормовые деревья и кустарники. «История растений» Фукса, содержала описание более 400 видов.

В книге шведского ботаника *И. Баугина (1541-1616)* «Естественная история растений» описано уже 4 000 видов, а его брат, *К. Баугин*, в результате путешествия по Центральной Европе описал около 6 000 видов растений (Юсуфов, с соавт., 2003, с. 35).

Книга швейцарского зоолога *К. Геснера (1516-1565)* «История животных» содержала описание всех известных к тому периоду позвоночных в алфавитном порядке, включая особенности строения, жизнедеятельности, инстинктов, распространения. Конрад Геснер первым предложил принцип бинарной номенклатуры в названии вида (хотя окончательно оформилась и введена в биологию бинарная номенклатура только в 18 веке, Карлом Линнеем).

В систематике и морфологии растений больших успехов достиг итальянский ботаник *Андреа Цезальпино (Цезальпино) (1519-1603)*,

предложивший объективные диагностические признаки для определения растений по особенностям строения плодов, цветков и семян.

А. Цезальпино рассматривал растения как несовершенных животных. Как основные свойства растений он рассматривал питание (функция корней) и размножение (функция семян). Семена он так же рассматривал какместилище души растения. По диагностическим признакам А. Цезальпино выделил семенные растения (деревья, кустарники, травы) и бессемянные (водоросли, мхи, папоротники), выделил так же одно- и двусемянные виды с голыми и покрытыми семенами.

Другой ботаник, *И. Юнг (1587-1657)*, подробно описал различные формы стебля, ветве- и листо- расположения, многообразие форм листьев и соцветий.

Наиболее значительный вклад в систематику растений внес в конце 17 века английский натуралист *Джон Рей (1628-1705)*. Он опубликовал трехтомную энциклопедию жизни растений, в которой описал 18 600 видов. Он делил растения на 31 группу, давая видам четырехчленную классификацию, четко выделяя понятия «род», «вид», «класс». Именно Дж. Рей ввел понятие «**вид**» в биологию, определяя его как «...формы, сохраняющие свою специфическую природу, и ни одна из них не возникает из семени другой формы». В качестве диагностических признаков Дж. Рей первую роль отводил плодам, цветам и их расположению, особенностям венчика и чашечки, форме и строению листьев, особенностям корневой системы. Растения делил на две группы: совершенные (одно- и двусемядольные) и не совершенные (водоросли, грибы, печеночные, мхи, лишайники, папоротники). Задачей ботаники Дж. Рей считал построение филогенетической системы, опирающейся на комплекс признаков (Юсуфов с соавт., 2003).

Позднее (в 1693 г.) Рей написал энциклопедию жизни животных, в которой рассмотрел гораздо меньшее число видов, но предпринял попытку их классификации на основе общности копыт (или пальцев) конечностей и зубов.

Как составная часть ботаники начала развиваться **физиология растений**. Начало экспериментальной физиологии растений и **биохимии** было положено опытами голландского ученого *Яна Ван Гельмонта (Хельмонта) (1577-1644)*. Ван Гельмонт выращивал деревья (укорененные ветви ивы) во взвешенном количестве почвы и показал, что за 5 лет, в течение которых он добавлял только воду, дерево приобрело 74 кг веса, в то время как почва потеряла только 60 г.

Ван Гельмонт сделал вывод, что дерево не производит свою субстанцию из почвы, а производит из воды. Ван Гельмонт не принял в расчет воздух и при этом, по иронии судьбы, был первым, кто начал изучать газообразные субстанции и изобрел слово «газ». Он, к тому же, открыл газ, который назвал «дух дерева» и который, как выяснилось позже, был диоксидом углерода (CO₂), который и является главным источником субстанции в растениях.

Середина 16 века, а именно 1543 г., стала точкой отсчета и в обновлении **анатомии человека и животных**. В 1543 г. итальянский анатом *Андреас Везалий (1514-1564)* опубликовал книгу «О строении человеческого тела».

Нельзя не сказать, что в 1543 г. пошатнулись устои церкви, и не только благодаря развитию биологии: в этом же году Николай Коперник опубликовал книгу, в которой утверждал, что Солнце является центром системы, а Земля – планетой, – революционную книгу в астрономии.

Но в биологии книга Везалия была не менее революционной: это был первый корректный труд по анатомии человека и методам препарирования органов, причем оснащенный великолепными иллюстрациями (Азимов, 2004, с. 34-35).

Итальянская анатомия продолжала развиваться в трудах многих ученых: *Габриэль Фаллопиус (1523-1562)* – изучил трубы, ведущие от яичников к матке (фаллопиевы трубы), *Бартоломео Евстафио (1510-1574)* переоткрыл трубы Алкмеона, ведущие от уха к горлу (евстафиевы трубы), *Джероламо Фабриций (1533-1619)* открыл, что большие вены имеют клапаны, по его мнению – задерживающие ток крови от сердца. Ученик Фабриция, англичанин *Уильям Гарвей (1578-1657)* создал учение о кровообращении, ставшее одним из крупнейших открытий 17 века. В 1628 г. Гарвей опубликовал труд «Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных», содержащий описание большого и малого круга кровообращения, где наиболее активным началом было выделено сердце. Он рассчитал пропускную способность сердца, применив методику перерезки и зажима сосудов, выяснил значение клапанов сердца. Работы Гарвея послужили началом **физиологии животных**, и он первый применил в физиологии количественные измерения и законы гидравлики.

В целом, объяснение явлений жизнедеятельности с точки зрения физических законов называлось «**механистической**» точкой зрения, в отличие от «**витализма**» – ложного учения, проповедующего наличие «жизненной силы», свойственной только живым существам.

Рене Декарт (1596-1650), французский философ, относил биологию к усложненной физике, а объекты биологии (организмы) – к сложным механизмам. Смерть животных он связывал с разрушением деталей живой машины, а жизнедеятельность – с наличием специфики организации мозга и нервов.

Микроскописты

В начале 17 века итальянским ученым *Галилео Галилеем (1564-1642)* был изобретен микроскоп. Применение микроскопа в биологических исследованиях открыло совершенно новый мир микроскопических существ и положило начало **микробиологии**. Стало возможным обнаружение микроскопической структуры тканей, органов, жидкостей.

Датский натуралист *Ян Сваммердам (1637-1680)* подробно описал **метаморфоз** (стадии развития) организмов, нервную систему и другие структуры у пчел. Он также открыл, что кровь не представляет собой однородной жидкости красного цвета, но содержит множество частиц, которые и придают ей этот цвет (теперь их называют красными кровяными тельцами).

Итальянский исследователь *Марчелло Мальпиги (1628-1694)* (врач, анатом, физиолог, ботаник), изучив легкие лягушки, обнаружил комплексную сеть кровеносных сосудов, невидимую невооруженным глазом, которые в одном направлении становились венами, а в другом – артериями (впоследствии их назвали капиллярами). Это открытие завершило теорию циркуляции крови У. Гарвея (Азимов, 2004, с. 47).

М. Мальпиги изучал также растения и насекомых. По результатам наблюдений за развитием тыквы высказал предположение об участии солнечного света в питании растений. Методом кольцевания стебля он установил, что вода движется по сосудам в листья, а из них, в виде переработанного сока, возвращается вниз по коре (Юсуфов с соавт., 2003, с. 39).

М. Мальпиги и *Неемия Грю (1641-1712)*, английский ботаник, первыми провели микроскопическое изучение растений, описали строение тканей листьев, стеблей, корней разных видов растений.

Нидерландский анатом *Ренье де Грааф (1641-1673)* изучил тонкую структуру половых органов млекопитающих.

Английский естествоиспытатель *Роберт Гук (Хук) (1635-1703)* первым в 1665 г. наблюдал клеточное строение у растений и сделал зарисовки своих наблюдений в книге «Микрография».

Особое место в микроскопии занимают исследования голландского натуралиста *Антони ван Левенгука (1632-1723)*. Левенгук, используя

одинарные линзы из кусочков качественного стекла, сконструировал микроскоп с 270-кратным увеличением, что позволило ему сделать массу открытий. В 1677 г. он открыл и описал сперматозоиды у млекопитающих назвав их «анималькулы» (термин «сперматозоиды» введен русским ученым *Карлом Бэр*ом в 1827 г.). В 1683 г. Левенгук первым в истории увидел и описал микроскопические объекты, позднее названные бактериями (став родоначальником **микробиологии**). Его труд «Тайны природы, открытые при помощи микроскопа» (1696 г.) содержал описание микроскопического строения мелких насекомых, их яиц, жала, челюстного аппарата, глаз и т. д.

Микроскоп проложил дорогу дальнейшему развитию биологии.

2. Биология в 18 веке: систематика, эмбриология, зарождение эволюционных идей

Характерной чертой 18 века, века промышленной революции, можно назвать резко возросший интерес к научному знанию. Расширилась сеть университетов, естественных музеев, ботанических садов, что способствовало дальнейшим успехам в развитии биологии.

В 18 веке происходит накопление материала не только в таких областях, как систематика, морфология, анатомия и физиология, но и заметный прогресс наблюдается в области эмбриологии, палеонтологии и биогеографии. В селекции начинается применение методического отбора, приведшего к значительным успехам в сорто- и породовыведении (Франция, Англия) (Юсуфов с соавт., 2003, с. 48).

Многочисленные попытки систематизации животных и растений (упоминавшиеся ранее от Аристотеля до Джона Рея) завершились классификационной системой, принятой до настоящего времени, построенной шведским ботаником *Карлом Линнеем (1707-1778)* окончательно утвердившей принцип бинарной номенклатуры. В 1735 г. К. Линней опубликовал свой труд «Система природы», где в качестве единицы классификации принял «вид», сходные виды объединил в «роды», роды – в «порядки» (впоследствии – «семейства»), порядки – в «классы».

При построении системы он исходил из представлений о неизменяемости и сотворении видов. Каждому виду Линней дал двойное латинское название: первое слово – род, второе – собственно видовое определение. Простота и удобство системы Линнея способствовали ее быстрому признанию.

Для объединения близких видов в роды и далее в порядки и классы Линней использовал ряд диагностических признаков, в частности для растений – количество и размеры тычинок и пестика, строение цветка и др.

Классификация животных, предложенная К. Линнеем, мало отличалась от системы Аристотеля. Так животный мир был разделен на шесть классов: черви, насекомые, рыбы, земноводные (в т. ч. змеи), птицы и млекопитающие. Особой заслугой Линнея было выделение высшего класса животных по наличию млечных желез (включая китов, дельфинов, утконоса, ехидну) и объединение человека с приматами вместе с обезьянами и полуобезьянами (Комаров, 1945, цит. по Юсуфов с соавт., 2003, с. 50).

К. Линней дал человеку видовое название **Homo sapiens**.

Классификация царств растений, выполненная К. Линнеем включала 10 000 видов, 24 класса и более 60 порядков. Хотя к концу 18 века по его системе было описано уже более 20 000 видов. Из-за учета небольшого числа признаков при определении растений, классификация Линнея во многом оставалась искусственной (Юсуфов, с соавт., 2003).

Однако, систематика как наука, созданная К. Линнеем, стала фундаментом дарвинизма (Воронцов, 1999, цит. по Юсуфов Магомедова, с. 51).

Попытки создания «естественной» системы растений, отражающей совокупность всех реально имеющих в природе признаков сходства видов, продолжались (как и продолжают до сих пор).

Первая такая система появилась в 1759 г. и принадлежала французскому ученому *Бернару де Жюсьё (1699-1777)* в виде расположения растений по признакам естественного их родства на грядках ботанического сада в Версале.

Идеями Б. Жюсьё увлекся его племянник *Антуан Лоран Жюсьё (1748-1836)*. Естественную систему он понимал как соблюдение связей, существующих между растениями, начиная от простых к сложным, т.е. как последовательный восходящий ряд от низших к высшим: водоросли, грибы, мхи и папоротники (тайнобрачные), односемядольные, двусемядольные. Понятие «семейство», введенное другим французским ботаником – *П. Маньодем (1689 г.)*, утвердилось в науке после создания системы А. Жюсьё. Он расположил в виде системы 20 000 видов, в книге «Роды растений» (1789 г.). Значение этой работы *К. Е. Тимирязев (1939 г.)* определил как революцию в биологии, прекратившую создание новых искусственных систем и пользование ими (Юсуфов с соавт., 2003, с. 51-52).

В 18 веке были начаты исследования по **географии растений**, большие успехи достигнуты в **физиологии растений и животных**, зародились **эмбриология, фенология** и др. биологические науки.

Открытия в области химии (открытие кислорода, углекислого газа, состава воды и др.) помогли объяснить роль растений в круговороте веществ в природе. В трудах выдающегося русского ученого *Михаила Васильевича Ломоносова (1711-1765)* четко была сформулирована мысль об участии листьев в воздушном питании растений (*1763 г.*), указано, что «растения черпают материал, необходимый для своей организации, из воздуха...». Однако эти мысли остались незамеченными современниками, возможно ввиду их умозрительности (Юсуфов с соавт., 2003, с. 53).

Швейцарские естествоиспытатели *Жан Сенебье (1782 г.)* и *Теодор де Соссюр (1804 г.)* установили роль солнечного света в способности зеленых листьев выделять кислород и использовать для этого углекислый газ воздуха.

На изучение пола растений оказали влияние труды К. Линнея и его наблюдения над опылением растений, за что он был даже удостоен премии Петербургской Академии наук (Юсуфов с соавт., 2003, с. 54).

Немецкий ботаник *Йозеф Кёльрёйтер (1733-1806)* окончательно доказал наличие полов у растений и показал участие в оплодотворении и развитии как яйцеклеток, так и пыльцы растений.

В понимании роли перекрестного опыления значительный вклад принадлежит немецкому ботанику *Кристиану Шпренгелю (1750-1816)* и русскому писателю и естествоиспытателю *Андрею Тимофеевичу Болотову (1738-1833)* – основателю русской сельскохозяйственной науки. Названные ученые, в отличие от Кёльрёйтера, показали, что самоопыление не может быть основным способом воспроизведения растений, так как у многих растений наблюдается разрыв в сроках созревания тычинок и пестика (дихогамия) (Юсуфов с соавт., 2003, с. 55).

Хотя развитие эмбриона и начальные стадии развития организмов привлекали внимание ученых с древних времен, до 18 века эмбриология практически не развивалась. В 18 веке складывается представление о постепенном формировании органов у животных и растений в эмбриональном развитии путем новообразования. Русский эмбриолог немецкого происхождения *Каспар Фридрих Вольф (1733-1794)*, проводя микроскопические наблюдения за развитием отдельных органов растений и животных, проследил время и процесс их становления. Работы К. Вольфа способствовали выделению **эмбриологии** как самостоятельной науки и закладывали учение об онтогенезе.

В 1735 г. французский естествоиспытатель *Рене Реомюр (1683-1757)* установил зависимость сезонного развития растений от различных метеорологических факторов, положив начало **фенологии**. В 1748 г. К. Линней предложил создать сеть наблюдательных фенологических пунктов. В России А.Т. Болотов на протяжении 50 лет (середина 18 – начало 19 века) проводил метеонаблюдения с одновременной регистрацией отдельных этапов в развитии деревьев и других растений. Позже, в 19 веке, фенологические наблюдения в России вели также К.Ф. Рулье, Н.А. Северцов, Д.Н. Кайгородов, Г.И. Танфильев и др.

Интенсивно в 18 веке развивались исследования по регенерации органов различных животных (Р. Реомюр, А. Трамбле, Л. Спалланцани, Ш. Бонне). Р. Реомюр ввел термин «регенерация» и внёс большой вклад в изучение насекомых и их поведения, хотя он выступал против идеи преобразования насекомых в ходе эволюции. *Шарль Бонне (1720-1793)*, швейцарский естествоиспытатель, в опытах по регенерации достиг восстановления утраченных органов у морских звезд, улиток, раков и саламандры, а также целого организма из отрезков у гидры и различных червей. В результате Ш. Бонне сделал заключение о регенерации как общебиологическом явлении (в т.ч. у растений), имеющем значение для выживания индивидуума. Именно Ш. Бонне в эмбриологической работе (1792 г.) ввёл термин **эволюция**, хотя и понимал его в смысле роста и развертывания имеющихся зачатков (Юсуфов с соавт., 2003).

В 18 веке зародились идеи теории эволюции. Так называемые «**трансформисты**» критиковали постулат об абсолютной неизменяемости видов.

К.Ф. Вольф в книге «Теория зарождения» (1759 г.) попытался установить связь между возникновением структур в эмбриогенезе и изменяемостью видов.

Жорж-Луи Леклерк Бюффон (1707-1788) построил смелую гипотезу о прошлом истории Земли, разделив ее на ряд периодов, и появление растений, животных и человека относил к последним периодам.

В 1785 г. *Джеймс Хаттон (Геттон) (1726-1797)*, шотландский геолог опубликовал книгу «Теория происхождения Земли», в которой на основе оценки скорости действия климатических факторов, процессов горообразования, определил возраст Земли в миллионы лет (вопреки библейскому представлению).

Эта новая концепция была встречена в обществе крайне враждебно, однако вскоре именно она объяснила масштабные находки ископаемых останков животных.

3. Формирование биологии как комплексной науки в первой половине 19 века

Введение в 1802 г. термина «биология» (Ж.Б. Ламарком и Г.Р. Тревиранусом) ознаменовало оформление биологии как самостоятельной обширной области знаний, в свою очередь состоящей из комплекса дисциплин, изучающих различные аспекты живой природы. Кроме того, в 19 веке сформировались многие теоретические положения и обобщения биологии.

Углубление знаний в области многообразия, строения и жизнедеятельности существ привело к нарастанию противоречий накопленного фактического материала с установившимся принципом постоянства и независимого происхождения видов. Многие биологи стали высказывать мысли об изменяемости, целесообразности организации и эволюции видов. Подобные элементы эволюционных идей, хотя и не стали еще общепризнанными, все же способствовали ревизии официальных догм биологии и формированию учения Ж.Б. Ламарка, где нашли воплощение идеи трансформизма предыдущих поколений исследователей (Юсуфов с соавт., 2003, с. 87).

Жан Батист Ламарк (1744-1829) – французский биолог, с 1793 г. возглавлял кафедру зоологии в музее естественной истории в Париже. В 1802 г. в книге «Гидрология», поясняя роль воды, Ж.Б. Ламарк утверждает, что поверхность Земли менялась постепенно, на протяжении веков, под влиянием ныне действующих сил природы (Юсуфов с соавт., 2003, с.87-88).

В 1809 г. Ж.Б. Ламарк опубликовал двухтомный труд «Философия зоологии», в котором предположил, что используемые органы у живых существ растут в течение всей жизни, повышая свою эффективность, а неиспользуемые – дегенерируют. Эта особенность развития либо дегенерации органов, передаваемая потомству, теперь называется наследственно приобретенными характеристиками (Азимов, 2004, с. 59-60).

В период с 1815 по 1822 гг. Ж.Б. Ламарк опубликовал семитомный труд «Естественная история беспозвоночных животных», где упорядочил характеристику и классификацию беспозвоночных, выделил их в самостоятельный раздел зоологии. Этот труд лег в основу современной зоологии беспозвоночных. В своих трудах Ж.Б. Ламарк подчеркивал естественную логику эволюционного развития. Он, в частности, писал: «Природа, действующая во всем постепенно, не могла произвести всех

животных за раз: она сформировала сперва самых простых, а затем, постепенно, – сложных» (Ж.Б. Ламарк, цит. по Юсуфов с соавт., 2003, с. 88).

Никто до Ж.Б. Ламарка не высказывал идеи о происхождении одних видов из других, вплоть до человека, в соответствии с законами естественного развития, а не благодаря божественному вмешательству.

Следует также сказать, что Ламарк даже отрицал само понятие «вид» и реальность существования видов в природе. Он считал, что существует непрерывная цепь индивидуумов, а виды надуманы систематиками искусственно. Он также отрицал, соответственно, возможность вымирания видов, но допускал, что пока не изменятся условия среды, вид всегда сохранится неизменным (Юсуфов с соавт., 2003, с.88).

Насколько Ж.Б.Ламарк был неправ, а насколько прав – покажет время.

Были и другие исследователи в первой половине 19 века, пытавшиеся выдвигать идею эволюции окружающего мира (В.С. Уэлс, 1818; Э. Блит, 1835; Р. Чемберс, 1844; Г. Спенсер, 1852; А.Н. Бекетов, 1860 и др.).

Противоположные воззрения на происхождение и развитие животного мира стали предметом длительной дискуссии двух французских зоологов:

Жоржа Леопольда Кювье (1769-1832) и Этьена Жоффруа Сент-Илера (1772-1844).

Ж.Л. Кювье – основоположник **сравнительной анатомии животных и палеонтологии**. Ж.Л. Кювье изучил анатомию ископаемых животных, выполнил исследования, углубляющие принцип корреляций органов животных, основал собственную систему классификации, базирующуюся на структурах и функциях органов, а не на поверхностных сходных признаках (как это было у К. Линнея). Ж.Л. Кювье расширил и дополнил систему Линнея, сгруппировал классы в еще большие группы (позже названные отрядами), одну из групп он назвал, по Ж.Б. Ламарку, позвоночные. Описывая целостность организации животных как результат взаимодействия структур (органов), зависящий от условий и образа жизни, Ж.Л. Кювье в то же время не находил генетической связи между ископаемыми формами и ныне живущими, отрицая идею эволюционного развития. Приспособленность животных к условиям существования Ж.Л. Кювье объяснял принципом **«конечных причин»**, т.е. что творец дал каждому из своих творений все необходимое для существования. Ж.Л. Кювье считал невозможными существенные изменения у животных под действием среды. Постепенные отличия ископаемых форм жизни от существующих, возрастающие с глубиной находок, Ж.Л. Кювье объяснял **«теорией катастроф»** (1812 г.). Катастрофы периодически потрясали Землю (природные катаклизмы – землетрясения, наводнения и т.п.) и уничтожали

все живое. После каждой катастрофы появлялись новые формы жизни, отличные от прежних. Соответственно, современные живые существа, включая человека, появились после последней катастрофы.

Э.Ж. Сент-Илер, в отличие от Ж.Л. Кювье, был сторонником идеи эволюции органического мира. В своем двухтомном труде «Философия анатомии» (1818-1822 гг.) он изложил «**теорию аналогов**», согласно которой все существа в природе созданы по общему принципу, с различными вариациями.

Он показал гомологичность (сходство) органов у различных животных, например – наличие головы, сердца, передних конечностей (в виде рук, крыльев). В теории аналогов Э.Ж. Сент-Илер выдвинул два важных принципа: коннексии и уравнивания. **Принцип коннексии** говорит о взаимосвязи гомологичных органов, одинаковом их расположении относительно друг друга – орган будет скорее изменен, атрофирован, уничтожен, нежели перемещен. **Принцип уравнивания** органов гласит: полное развитие одного органа возможно только за счет недоразвития другого сложного органа. Это способствует сбалансированному развитию организма и ведет к рудиментации некоторых органов, находящихся в общей системе.

В противовес Ж.Л. Кювье, ныне живущих животных Э.Ж. Сент-Илер рассматривал как непосредственных потомков вымерших форм, как результат непрерывного изменения форм животных в ряду поколений (Юсуфов с соавт., 2003, с. 69).

Именно в условиях существования видел Э.Ж. Сент-Илер главную причину эволюции животных и справедливо критиковал принцип «конечных причин» Ж.Л. Кювье.

А «теория катастроф» была повержена (разумеется, не сразу) публикацией трехтомного труда английского геолога *Чарльза Лайеля* (1797-1875) «Основы геологии» (1830-1833 гг.). В этой работе Ч. Лайель (вслед за Дж. Хаттоном) утверждал, что Земля проходила только постепенные изменения, которые вполне объясняются факторами, действующими на ее поверхности и в настоящее время (**принцип униформизма**). Хотя сам Ч. Лайель был последователем идей Ж.Л. Кювье.

Это утверждение было исключительно важным для обоснования эволюционного учения Ч. Дарвина.

В 19 веке продолжились исследования **онтогенеза** и **эмбрионального развития органов**. Русский биолог *Карл Максимович Бэр* (1792-1876) в 1827 г. открыл (внутри фолликулы яичника (граафовой фолликулы)) яйцеклетку млекопитающих (в т.ч. – человека) и изучил процесс ее развития в живое

существо – зародыш, т.е. продолжил начатые более полувека назад К. Вольфом эмбриологические исследования. К. Бэр, на основе сравнения развития зародышей разных животных, сформулировал **четыре закона**:

- 1) в каждой большой группе общее образуется раньше специального;
- 2) специальное постепенно формируется из общего;
- 3) эмбрионы одной животной формы не проходят через взрослые этапы других форм;
- 4) сходство форм проявляется только в самих эмбрионах.

Результаты исследований К. Бэр опубликовал в книге «История животных. Наблюдения и размышления» (1828, 1837 гг.), принесшей ему мировую известность. К. Бэр возродил теорию К. Вольфа по **эпигенезу** (учение о зародышевом развитии организмов как процессе, осуществляемом путем последовательных новообразований), детализировано показав, что яйцо имеет несколько слоёв ткани, вначале не дифференцированных, но из каждого слоя развиваются специализированные органы.

Швейцарский анатом *Рудольф Кёлликер (1817-1906)* указал в 1840-х годах, что яйцеклетка и сперматозоид – это индивидуальные клетки, слияние которых дает оплодотворенное яйцо, которое также является отдельной клеткой, дающей начало развитию эмбриона.

К 40-м годам 19 века завершилось формирование **клеточной теории строения организмов** – одного из крупнейших обобщений биологии. У этой теории много авторов, внесших свой вклад в её становление, но окончательное её оформление связано с именами немецких физиологов *Маттиаса Шлейдена (1804-1881)* и *Теодора Шванна (1810-1882)*.

М. Шлейден в 1838 г. написал в своей работе, что все растения состоят из клеток, и что клетка – это универсальная единица жизни, а также, что именно из единственной клетки вырастает весь живой организм.

В 1839 г. Т. Шванн указал, что все животные, так же как и растения, состоят из клеток, а каждая клетка окружена мембраной, отделяющей её от остального мира. Т. Шванн в работе «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений» (1839 г.) ясно и четко сформулировал **учение о клеточном строении организмов**:

- 1) все ткани состоят из клеток;
- 2) все клетки имеют общий принцип развития, т.е. возникают одним и тем же путем;
- 3) каждая клетка обладает самостоятельной жизнедеятельностью – организм есть суммарная жизнедеятельность клеток.

С утверждением клеточной теории как самостоятельные науки выделились: **гистология** (наука о тканях многоклеточных животных) и **цитология** (наука о клетке).

Итак, в первой половине 19-го века были выработаны следующие основные положения.

1. В разных областях биологии благодаря распространению сравнительного метода получены данные, свидетельствующие о единстве организации и развития живых организмов, о последовательности смены форм жизни в истории Земли.
2. Трансформацию форм жизни в геологическом прошлом связывали с ныне действующими на поверхности Земли факторами.
3. Исследованы и описаны основы эмбрионального развития органов животных.
4. Сформулирована клеточная теория строения организмов.
5. Высказывалась идея о действии отбора в природе.
6. Предложена первая научная концепция эволюции, опирающаяся на принципы историзма и развития.

Биология постепенно стала превращаться в теоретическую и обобщающую науку. Несмотря на достигнутые успехи, в биологии до середины XIX века господствующей оставалась идея о постоянстве и неизменности видов, из-за неясности механизма эволюционного процесса.

Лекция 3. Теория эволюции органического мира – одна из великих объединяющих концепций биологии

Вопросы:

1. Понятие эволюции. Структура теории эволюции.
2. Учение Ч. Дарвина о естественном отборе (об эволюции организмов).
3. Основные принципы и законы эволюции.
4. Происхождение жизни на Земле.

1. Понятие эволюции. Структура теории эволюции

Эволюция – от латинского *evolutio* – развертывание или разматывание, – постепенный закономерный переход из одного состояния в другое; или, другими словами, – необратимый процесс исторического изменения живого (применительно к живым организмам). Термин **эволюция** утвердился в биологии после публикации эмбриологической работы Шарля Бонне в 1762 г. (хотя это слово впервые употребил М. Хейл, в 1677 г., как термин, объединяющий индивидуальное и историческое развитие организмов). Планеты и звезды, земная кора, химические соединения и даже химические элементы, состоящие из электронов, протонов, нейтронов и других субатомных частиц, претерпевали постепенные закономерные изменения, которые иногда называют **эволюцией неорганического мира**.

Теория **эволюции органического мира** представляет собой применение этой концепции к живым организмам. В основе этой теории лежит положение о том, что все разнообразные растения и животные, существующие в настоящее время, произошли от более простых организмов путем постепенных изменений, накапливавшихся в последовательных поколениях. Одной из основных тенденций в эволюции большинства растений и животных было увеличение приспособленности к той или иной среде, что часто сопровождалось специализацией и усложнением структур и их функций.

В настоящее время эволюция не прекратилась и протекает даже быстрее, чем во многие из прошлых эпох.

Структура теории эволюции

Современная теория эволюции представляет собой постепенное развитие положения о возникновении живых организмов в результате длительного и сравнительно медленного процесса естественного отбора, действующего на различные наследственные вариации. Самым важным для современного эволюционного учения является представление о том, что

ответы на вопросы об эволюционных изменениях крупного масштаба (**макроэволюция** (Филипченко, 1927)) могут быть получены только на основе знания мелкомасштабных эволюционных изменений (**микроэволюция** (Филипченко, 1927; Тимофеев-Ресовский, 1938)), таких мелких, что к ним далеко не всегда применим термин «эволюционные». Эти малые изменения изучает **генетика популяций (популяционная генетика)**. Соответственно, популяционная генетика лежит в основе всех других эволюционных исследований.

Понятие «эволюционные исследования» охватывает множество различных областей. Сюда относятся **систематика** – наука о распределении организмов по группам и принципах их классификации; **морфология** – наука о различных свойствах и признаках организмов, включая анализ причин возникновения этих свойств и признаков; **эмбриология**, изучающая развитие организмов; **палеонтология** – наука о древних вымерших окаменелых организмах и многие другие области биологии (Рьюз, 1977, с. 76-77).

Каждая из названных дисциплин относится к своей особой области фактов и опирающихся на них утверждений. Вместе с тем, многие из этих дисциплин допускают заимствования из смежных областей, в частности, используя выводы, полученные в других областях, как свои, принимаемые без доказательства, посылки. Все эти дисциплины объединяет то, что все они предполагают знание генетики, в особенности – генетики популяций (см. схему, рис. 1).

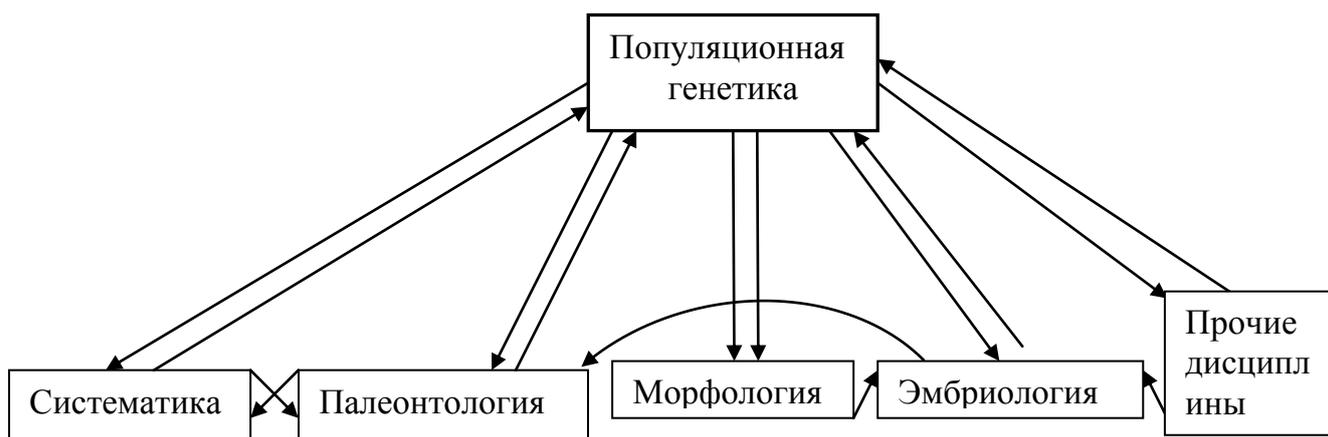


Рис. 1. Структура теории эволюции: (из кн. М. Рьюз «Философия биологии», 1977, с. 78). Двойные стрелки – взаимные связи, одинарные стрелки – связи между подчиненными дисциплинами

Получаемые популяционной генетикой данные о путях передачи наследственных изменений от одного поколения популяции к другому необходимы любому эволюционисту. Очевидно, не будет преувеличением сказать, что популяционная генетика является стержнем эволюционной теории. (Рьюз, 1977, с. 77-78).

2. Учение Ч. Дарвина о естественном отборе (об эволюции организмов)

Чарльз Роберт Дарвин (1809-1882) родился 12 февраля 1809 г. в Шрюсбери (Англия) в семье врачей. Учился на медицинском факультете Эдинбургского университета, затем, по настоянию отца, перешел на богословский факультет Кембриджского университета, который и окончил в 1831 г. В то время богословский факультет давал серьезную подготовку в области естественных наук, в том числе – геологии и биологии. В декабре 1831 г. Ч. Дарвин получил место натуралиста на корабле «Бигль» и отправился в пятилетнее кругосветное путешествие, целью которого было создание гидрографических карт для Британского флота (в том числе – съемка восточных и западных берегов Южной Америки и прилегающих островов).

В период путешествия Ч. Дарвин изучал геологию, животный и растительный мир (в т.ч. ископаемые кости) Южно-Американского материка, собрал обширные коллекции и сделал множество описаний и заметок. Затем «Бигль» побывал у Галапагосских островов, где Ч. Дарвин продолжал свои наблюдения, но уже в сравнении с наблюдениями и коллекциями с материка. Данные и анализ наблюдений заставили его усомниться в теории божественного творения, положении о неизменяемости видов, и заставили искать иное объяснение собранным фактам.

Корабль завершил плавание в октябре 1836 г.

Как можно видеть из дневников Ч. Дарвина, мысль о естественном отборе зародилась у него еще в 1836 г., однако он потратил 20 лет на собрание воедино огромной массы фактического материала, в результате чего был создан труд «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение избранных пород в борьбе за жизнь», вышедший в свет в ноябре 1859 г.

В период кругосветного путешествия Ч. Дарвин заразился тропической лихорадкой, которая мучила его всю жизнь (умер Ч. Дарвин 19 апреля 1882 г.) Он был человеком в высшей степени организованным, каждый день работал строго по регламенту, составленному в конце предыдущего дня.

В 1858 г. Ч. Дарвин получил (для рецензии и опубликования) рукопись от молодого натуралиста *Альфреда Рассела Уоллеса (1823-1913)*, изучавшего распространение растений и животных на Больших Зондских островах и Малайском архипелаге. В этой работе А. Уоллес выдвигал идею естественного отбора, к которой пришел самостоятельно, независимо от Дарвина. Ч. Дарвин и А. Уоллес представили совместный доклад о своей теории на заседании Линнеевского общества в Лондоне в 1858 г., а в следующем году Дарвин опубликовал свой фундаментальный труд.

Ч. Дарвин сделал двойной вклад в фонд научных знаний: он представил множество тщательно подобранных сведений и неоспоримых доводов для доказательства существования органической эволюции, а также создал теорию – **теорию естественного отбора** – для объяснения того, как это происходит (Вилли, 1968; Юсуфов с соавт., 2003).

Предложенное Чарльзом Дарвином и Альфредом Уоллесом объяснение путей, которыми происходит эволюция, сводится к следующим положениям:

1. Изменчивость свойственна любой группе животных и растений, и организмы отличаются друг от друга во многих различных отношениях. (Им не были известны причины изменчивости, и они считали её одним из внутренне присущих организму свойств. Теперь мы знаем, что наследуемые изменения возникают в результате мутаций).
2. Число организмов каждого вида, рождающихся на свет, больше того их числа, которое может найти пропитание и выжить; тем не менее численность каждого вида в естественных условиях довольно постоянна. Поэтому следует предполагать, что большая часть потомства в каждом поколении погибает. Если бы все потомки какого-либо вида выживали и размножались, то скоро они вытеснили бы все другие виды на земном шаре.
3. Поскольку рождается больше особей, чем может выжить, происходит борьба за существование, конкуренция за пищу и местообитания. Это может быть активная борьба на жизнь или на смерть или же менее явная, но не менее действенная конкуренция, как, например, при переживании растениями и животными засухи или холода.
4. Изменения, облегчающие организму выживание в определенной среде, дают своим обладателям преимущество перед другими организмами, менее приспособленными к данному комплексу внешних условий. Концепция «выживания наиболее приспособленных» представляет собой ядро **теории естественного отбора**.
5. Выживающие особи дают начало следующему поколению, и таким образом «удачные» изменения передаются последующим поколениям.

В результате каждое следующее поколение оказывается все более приспособленным к своей среде; по мере изменения среды возникают дальнейшие приспособления. Если естественный отбор действует на протяжении многих лет, то последние отпрыски могут оказаться настолько несхожими со своими предками, что их можно будет выделить в самостоятельный вид.

Может также случиться, что некоторые члены данной популяции приобретут одни изменения и окажутся приспособленными к изменениям среды одним способом, тогда как другие ее члены, обладающие другим комплексом изменений, окажутся приспособленными иначе; таким путем от одного предкового вида могут возникнуть два и более видов.

У животных и растений наблюдается немало и таких изменений, которые в данных условиях среды не приносят организму ни пользы, ни вреда. Эти изменения не подвержены прямому влиянию естественного отбора, но они тоже передаются следующему поколению.

Дарвиновская теория естественного отбора была очевидно разумна и тщательно обоснована, соответственно, вскоре она была признана большинством биологов.

Одно из возражений, выдвигавшихся против этой теории вначале, заключалось в том, что она не может объяснить причин появления у организма многих структур, кажущихся бесполезными. Однако, в настоящее время нам известно, что многие морфологические различия между видами не имеют значения для выживания, а представляют собой побочные проявления эффекта генов, обуславливающие внешне незаметные, но очень важные для выживания физиологические признаки.

Другие неприспособительные различия могут быть обусловлены генами, лежащими в той же хромосоме, что и гены, обуславливающие признаки, важные для выживания (Вилли, 1968).

По Ч. Дарвину, исторический процесс эволюции обуславливается тремя факторами: изменчивостью, наследственностью и отбором (искусственным или естественным).

Изменчивость вызывает появление новых свойств и признаков в органах растения или животного.

Наследственность закрепляет эти новые свойства и признаки.

Отбор устраняет все организмы, не отвечающие:

– требованиям человека (**искусственный отбор**);

– окружающим условиям существования (**естественный отбор**).

(Жуковский, 1982).

Ч. Дарвин различал изменчивость:

неопределенную (индивидуальную) или наследственную (зависящую от природы организма);

определенную (ненаследственную, зависящую от специфики внешних условий).

Согласно современным представлениям, в основе индивидуальной изменчивости лежат механизмы мутационных и комбинативных процессов. В основе определенной (паратипической) изменчивости лежит действие внешних условий (Юсуфов с соавт., 2003).

Одно из основных положений популяционной генетики и теории эволюции состоит в том, что каждая популяция характеризуется определенным **генофондом**.

В популяции, находящейся в генетическом равновесии, генофонд не изменяется от поколения к поколению.

В эволюционирующей популяции генофонд от поколения к поколению изменяется. Генофонд популяции может изменяться за счет:

- 1) мутаций (мутация – наследственное изменение в строении генов и ДНК);
- 2) гибридизации, т.е. притока генов из какой-то другой популяции;
- 3) естественного отбора.

Эволюция в результате естественного отбора означает, что особи с определенными признаками оставляют больше выживающих потомков и вносят, соответственно, больший вклад в генофонд следующего поколения, чем особи, обладающие иными признаками.

3. Основные принципы и законы эволюции

Эволюционное учение (теория эволюции) в настоящее время общепризнано. Безусловно, это ключевая теория биологии, совершившая переворот в методологии биологических исследований утверждением принципа необходимости изучения жизненных форм в динамике (как в пространстве, так и во времени).

Как объединяющая теория, **теория естественного отбора** объясняет следующие факты:

- 1) возникновение многообразия органических форм на основе единства их происхождения – **принцип монофилии**;
- 2) приспособленность видов к окружающим условиям – **принцип целесообразности**;

3) доминирующую роль естественных процессов и законов в постепенном историческом развитии живой природы – **принцип историчности развития**;

4) соотношение между изменчивостью и реальностью видов в природе (Юсуфов с соавт., 2003, с. 109).

Теория эволюции продолжает развиваться, дополняться и уточняться с появлением новых фактов и открытий. В настоящее время остаются дискуссионными, например, вопросы постепенного или скачкообразного происхождения видов; приложимости принципа отбора к молекулярному уровню; механизма эволюции экосистем и т.д. (Юсуфов с соавт., 2003, с. 110).

Однако по некоторым основным положениям ученые достигли общего мнения. Установлено, что основой эволюции служат изменения в генах и хромосомах, что для зарождения нового вида необходима та или иная изоляция, что естественный отбор обеспечивает сохранение некоторых (но не всех) возникающих мутаций.

Кроме того, существует пять основных **законов эволюции** (сформулированных в таком виде американским биологом Клауде Вилли в книге «Биология», 1968, с. 642):

1. **Эволюция происходит с разной скоростью в разные периоды.** В настоящее время она протекает быстро, что подтверждается появлением многих новых форм и вымиранием многих старых.
2. **Эволюция организмов различных типов происходит с разной скоростью.** Например, на одном полюсе находятся плеченогие: некоторые виды этих животных совершенно не изменились за последние 500 млн. лет (раковины плеченогих, найденные в древних породах, идентичны современным), на другом полюсе находится человек: за последние несколько сотен тысяч лет появилось и вымерло несколько видов гоминид.

Эволюция протекает быстрее при первом появлении нового вида, а затем, по мере стабилизации групп, постепенно замедляется.

3. **Новые виды образуются не из наиболее высокоразвитых и специализированных форм, а, напротив, из относительно простых, неспециализированных форм.** Например, млекопитающие развились не из крупных специализированных динозавров, а из группы мелких неспециализированных рептилий.
4. **Эволюция не всегда идет от простого к сложному.** Существует много примеров «регрессивной» эволюции, когда сложная форма давала начало более простым: так например, бескрылые птицы казуары

произошли от птиц, имевших способность летать; многие бескрылые насекомые произошли от крылатых; безногие змеи – от рептилий; кит, не имеющий задних конечностей, – от четвероногих млекопитающих. Все это связано со случайным характером мутаций, которые не всегда вызывают изменения от простого к сложному.

Если какому-либо виду выгодно иметь более простое строение или совсем лишиться какой-либо структуры, то мутации в этом направлении будут накапливаться естественным отбором.

5. **Эволюция затрагивает популяции, а не отдельные особи и происходит в результате процессов мутирования, естественного отбора и дрейфа генов.**

Дрейф генов – изменение частоты генов в популяции в ряду поколений под действием случайных (стохастических) факторов, приводящее, как правило, к снижению наследственной изменчивости популяций. Наиболее отчетливо проявляется дрейф генов при резком сокращении численности популяции (в результате какого-либо стихийного бедствия, например – пожар в лесу).

К названным (по К. Вилли) пяти основным законам эволюции, очевидно, следует добавить шестой закон, сформулированный известным бельгийским палеонтологом *Луи Долло (1857-1931)*, (цит. по Войткевич с соавт., 1989, с. 130): **закон необратимости эволюции**: «Организм не может вернуться, хотя бы частично, к предшествующему состоянию, которое было уже осуществлено в ряду его предков».

4. Происхождение жизни на земле

Возраст Земли в настоящее время определяется около 4,6 млрд. лет. Наша планета, вероятно, образовалась из первичной межзвездной газовой пылевой туманности (облака) путем ее сжатия.

Возраст древнейших сохранившихся участков земной коры составляет около 4 млрд. лет (комплекс Исуа в Западной Гренландии имеет возраст не менее 3,8 млрд. лет, а осадкообразование его началось еще раньше, не менее 4 млрд. лет назад).

Возникновение жизни и биосферы на нашей планете до настоящего времени остается одной из наиболее дискуссионных проблем. Как отметил видный советский палеонтолог академик Б.С. Соколов (цит. по Войткевич с соавт., 1989, с. 117), «... даже на «сумасшедший вопрос», что древнее: Земля или жизнь на ней, строго говоря, мы не можем дать определенного ответа».

О происхождении органической жизни на Земле существует пять основных концепций и целый ряд теорий и гипотез.

Концепции происхождения жизни на Земле

1. Жизнь была создана Творцом в определённое время – креационизм.
2. Жизнь возникла самопроизвольно из неживого вещества (её придерживался ещё Аристотель, который считал, что живое может возникать и в результате разложения почвы).
3. Концепция стационарного состояния, в соответствии с которой жизнь существовала всегда.
4. Концепция панспермии – внеземного происхождения жизни.
5. Концепция происхождения жизни на Земле в историческом прошлом в результате процессов, подчиняющихся физическим и химическим законам.

Теории и гипотезы

1. **Линейная теория акад. Александра Ивановича Опарина (1894-1980)**, выдвинутая в 1924 г., базирующаяся на самозарождении органических веществ из неорганических (и их накоплении без окисления при отсутствии в атмосфере кислорода), т.е. возникновение жизни в результате длительной эволюции углеродных соединений.

В концентрированных растворах белков, нуклеиновых кислот могут образовываться сгустки подобно водным растворам желатина. А.И. Опарин назвал эти сгустки, коацерватными каплями или коацерватами, которые в некотором смысле ведут себя подобно живым объектам: самопроизвольно растут, делятся и обмениваются веществом с окружающей их жидкостью через уплотнённую поверхность раздела.

2. **Возникновение биосферы по Владимиру Ивановичу Вернадскому (1864-1945)**, основанное на принципе вечности жизни, существовании на самом раннем этапе развития единого живого вещества, а также зарождении живых существ в океане.

3. **Теория Виталия Иосифовича Гольданского (1923-2001)**, представленная в 1986 г., об образовании сложных органических веществ в пылинках межзвездных облаков (при температуре 10° - 20° К под действием УФ-излучения).

В. И. Гольданский предположил, что в условиях сверххолодного межзвездного газа, пронизываемого космическими излучениями, возможен избирательный синтез оптически активных молекул. Действительно, в космосе обнаружены молекулы аминокислот. При сверхнизких температурах избирательность химических реакций очень высока.

4. **Теория панспермии (космозоев)**, выдвинутая в 1865 г. немецким медиком *Германом Рихтером (1818-1876)* и окончательно сформулированная *Сванте Августом Аррениусом (1859-1927)*, шведским биохимиком, в 1895 г. Панспермия – гипотеза о повсеместном распространении во Вселенной зародышей живых существ. Согласно панспермии, в мировом пространстве рассеяны зародыши жизни (например, споры микроорганизмов), которые движутся под давлением световых лучей, а попадая в сферу притяжения планеты, оседают на ее поверхности и закладывают на этой планете начало живого. Согласно этой теории, на Землю из Космоса (возможно с других планет) занесены готовые споры растений и микроорганизмов (с метеоритами и космической пылью).

5. **Теория У. Мартина (Германия) и М. Рассела (Великобритания)** утверждает, что первые живые организмы на Земле могли появиться внутри камней, выстилающих дно океана. Крошечные полости внутри минералов выступили в роли клеток (а именно – образующиеся в отложениях сульфида железа (FeS) «соты» в горячих источниках на морском дне). Синтез органических веществ из неорганических (ионы аммония (NH₄⁺) и монооксид углерода (CO), катализатор FeS) происходил в этих ячейках.

6. **Гипотеза мира РНК.** Идея РНК мира была впервые высказана Карлом Вёзе в 1968 г., позже развита Л. Оргелем, окончательно сформулирована американским молекулярным биологом *Уолтером Гильбертом (родился в 1932 г.)* в 1986 г. и продолжает развиваться (*А.С. Спирин, 2003*). Мир РНК — гипотетическая стадия возникновения жизни на Земле, в которую функции как хранения генетической информации, так и катализа химических реакций выполняли ансамбли молекул РНК. Впоследствии из их ассоциаций возникла современная ДНК-РНК-белковая жизнь, обособленная мембраной от внешней среды.

7. В определённой мере развитием теорий В.И. Гольданского и панспермии являются современные **теории, появившиеся у итальянских ученых.** По их мнению, все живое на Земле могло возникнуть из межзвёздной космической пыли. С помощью квантово-химических расчетов ученым удалось доказать, что аминокислоты, образующиеся в газопылевых облаках глубокого космоса, могут быть захвачены межзвездной космической пылью. С ее помощью аминокислоты могли попадать на землю в первичный бульон, синтезируя первые белки. Хотя содержимое первичного бульона формировалось, конечно, на Земле, добавляют ученые, часть аминокислот могла попасть на землю с помощью пыли.

Вероятно, возникновение жизни есть переход химической эволюции вещества к эволюции биологической. Однако когда и где произошел такой переход?

В процессе становления жизни условно можно выделить четыре этапа:

- 1) синтез низкомолекулярных органических соединений из газов первичной атмосферы;
- 2) полимеризация мономеров с образованием цепей белков и нуклеиновых кислот;
- 3) образование фазовообособленных систем органических веществ, отделенных от внешней среды мембранами;
- 4) возникновение простейших клеток, обладающих свойствами живого, в том числе репродуктивным аппаратом, гарантирующим передачу дочерним клеткам всех химических и метаболических свойств родительских клеток.

Первые три этапа относятся к периоду химической эволюции, с четвертого начинается биологическая эволюция.

Представления о происхождении жизни на Земле далее изложены по книге Г.В. Войткевича, В.А. Вронского «Учение о биосфере» (1989 г.).

Большинство авторов гипотез о происхождении жизни на Земле допускали, что в течение огромного промежутка времени планета наша была безжизненной и на её поверхности, в атмосфере и океане, происходил медленный абиогенный синтез органических соединений, который привел к образованию первых примитивных организмов.

С другой стороны, появились и другие, противоположные представления о необычайной длительности существования жизни на Земле. Они были высказаны выдающимися учеными нашей страны – В.И. Вернадским, Л.С. Бергом, Л.А. Зенкевичем.

Лев Семёнович Берг (1876-1950), в частности, в 1947 г. писал о том, что 3-4 млрд. лет явно не достаточно для того, чтобы произошло и зарождение жизни, и её длительная эволюция, приведшая к современному разнообразию органического мира.

Следы существования, которые оставляют организмы геологического прошлого, подразделяются на морфологические и геохимические. Наиболее очевидные морфологические следы встречаются в виде остатков естественной мумификации, окаменелостей и отпечатков (трупы животных в вечной мерзлоте, окаменевшие скелеты губок и кораллов, кости позвоночных животных). Окаменение (фоссилизация) – это процесс замещения тканей погибшего организма минеральными веществами, растворенными в природных водах.

Окаменелые остатки организмов встречаются в отложениях последних этапов геологической истории, охватывающих 570 млн. лет. Этот период назван **фанерозеом** или фанерозойским эоном (от греческого «фанерос» – очевидный, чёткий, и «зое» – жизнь). К фанерозею относятся три последние эры в истории земной коры: палеозойская, мезозойская, кайнозойская (см. схему в приложении).

Более древний этап геологической истории назван **криптозоом** (от греческого «криптос» – скрытый) (иначе «докембрий»), эры: протерозой, архей, катархей). Он охватывает весь промежуток времени от 570 млн. лет назад до образования Земли (около 4,6 млрд. лет назад). Организмы криптозоэя не имели твердого скелета и представлены преимущественно микрофоссилиями (от «фоссилизация») или их постройками, которые в наиболее типичных случаях выражены в **строматолитах**. В морфологическом отношении строматолиты оказываются наиболее древними проявлениями жизни. Они представляют собой шаровидные или полушаровидные слоистые образования, состоящие преимущественно из карбоната кальция. Все строматолиты являются мелководными образованиями и связаны с условиями осадконакопления. Строителями их были сине-зеленые водоросли и бактерии. Древнейшие строматолиты найдены в разрезе докембрия Западной Австралии в формации Варравуна, возраст которой 3,5 млрд. лет.

Геохимические следы существования древних организмов остаются в виде органических соединений в осадочных горных породах земной коры. Важным достижением геохимии является установление в очень древних породах углерода биогенного фотосинтетического происхождения. Следы деятельности фотосинтезирующих организмов в виде органических соединений обнаружены в сланцах системы Онвервайт в Южной Африке, возраст которой 3,44 млрд. лет. В горных породах древнейшего участка земной коры, уже упоминавшегося комплекса Исуа в Западной Гренландии, также обнаружены следы геохимического характера, подтверждающие существование биосферы с фотоавтотрофными организмами. Это могли быть сине-зеленые водоросли или их предки, возникшие в процессе эволюции, предшествовавшей дате 4 млрд. лет назад (по другой версии, фотосинтезирующие клетки возникли 2 млрд. лет назад (Биол. энциклопед. словарь, 1989)).

Появлению автотрофной фотосинтезирующей жизни должна предшествовать гетеротрофная, как более примитивная (см. схему, рис. 2), то есть начало жизни отодвигается за пределы даты 4 млрд. лет назад. Следовательно, вероятно, жизнь на Земле существует столько же, сколько и

сама наша планета, что подтверждает обобщение В.И. Вернадского: «эмпирически ... мы не нашли указаний на время, когда живого вещества на нашей планете не было. Жизнь на ней геологически вечна» (цит. по Войткевич с соавт., 1989, с. 121.).

Вероятно, жизнь могла зародиться в пределах Солнечной системы, а химическая эволюция вещества происходила еще в условиях космоса, до зарождения Земли и других планет.

По другой версии (Биол. энциклопед. словарь, 1989), первые признаки жизни на нашей планете появились 3,8 млрд. лет назад.



Рис. 2. Схема последовательного развития вещества по пути образования фотосинтезирующих организмов (из кн. Г.В. Войткевич, В.А. Вронский «Основы учения о биосфере», 1989, с. 121)

Основные успехи развития биологии во второй половине XIX века.

1. Теория естественного отбора как базовая концепция эволюции органического мира – новая эра в биологии и мышлении.

2. Формирование экологии как науки (в т.ч. геоботаники).

3. Теория наследственности (законы Г.И. Менделя, хромосомная теория наследственности А. Вейсмана).

Лекция 4. Происхождение человека

Вопросы:

Введение.

1. Кто такие приматы?
2. Австралопитек (*Australopithecus*) – человекообезьяна – недостающее звено.
3. Первые люди – человек прямоходящий (*Homo erectus*) – питекантроп – обезьяночеловек.
4. Неандертальцы (*Homo sapiens neanderthalensis*).
5. Кроманьонцы – современный человек – (*Homo sapiens sapiens*) человек разумный.
6. Современные человеческие расы.

Введение

Еще в 18 веке господствующей точкой зрения, касающейся прошлого, была библейская из Книги Бытия. Она утверждала, что мир был сотворен за шесть дней примерно 6000 лет назад. К середине 19 века, благодаря исследованиям геологов, вопрос о возрасте Земли был пересмотрен: основатель современной геологии Чарльз Лайель доказал, что Земля существует миллионы лет. Вот тогда и возник вопрос: а где всё это время находились люди?

И не окаменелые кости наших предков (их находили в 1700, 1829, 1848 гг., наконец, в 1856 г., а возможно и раньше) убедили человечество в его древней истории: ученых убедили каменные орудия. Из века в век все, кто когда-либо копал землю, натывались на эти орудия, они считались изделиями сил стихии – воды, солнца, молнии.

В 1830-х гг. французский таможенный инспектор и археолог – любитель *Буше де Перт (1788-1868)*, коллекционируя оббитые камни, во множестве найденные на северо-западе Франции, пришёл к убеждению, что это – орудия, изготовленные человеком в доисторические времена.

Он опубликовал свои открытия, и только в 1858 г. английская ученая делегация, посетив места, где де Перт собирал камни, официально закрепила за человеком головокругительно древнее прошлое. А через год, в 1859 г. ученый мир был потрясен выходом в свет книги Ч. Дарвина «О происхождении видов путём естественного отбора, или Сохранение избранных рас в борьбе за выживание».

Эта книга стала наиболее значимой в истории биологии. Биология в целом стала не просто собранием фактов; она стала организованной наукой, базирующейся на стройной фундаментальной теории. Ч. Дарвин доказал, что виды растений и животных не вечны, а способны изменяться и порождать новые виды, а геологическая летопись регистрирует развитие жизни, от низших форм к высшим. О том, что и человек, возможно, произошел от низших форм, Ч. Дарвин прямо почти не говорил, однако данные для такого революционного заключения существовали: найденные в 1856 г. окаменелые кости из пещеры в долине Неандерталь.

В 1871 г. Ч. Дарвин публикует вторую книгу – «Происхождение человека». В ней он рассматривал рудиментарные органы человека (аппендикс, копчик, мускулы, предназначенные для движения ушей) как доказательство эволюционных изменений.

1. Кто такие приматы?

Приматы – отряд высших млекопитающих подотряда плацентарных.

Предками приматов были примитивные насекомоядные млекопитающие. Самые ранние плацентарные млекопитающие были мелкими, живущими на деревьях насекомоядными животными (похожими внешне на землеройку). Именно от них произошли все приматы, существующие в настоящее время. Наиболее ранние приматы **Prosimiae** были распространены около 80 млн. лет назад. В результате эволюции ранних приматов, в третичном периоде текущей Кайнозойской эры, эпоха – олигоцен (40-50 млн. лет назад) возникли три большие группы: обезьяны Нового Света **Geboidea**, обезьяны Старого Света **Cercopithicoidea** и человекообразные обезьяны и человек **Hominoidea**. Обезьяны Нового Света, оказавшись изолированными от других приматов в Южной Америке, эволюционировали независимо. Сейчас это игрунки, капуцины, коата. Для этой группы характерны широкий и плоский нос, хорошо развитый цепкий хвост. Обезьяны Старого Света – макаки, мандрилы, павианы, носатые обезьяны и др. Нос у этих обезьян более узкий, все обычно сидят с выпрямленной спиной, и у всех на ягодицах имеются голые мозолистые подушки для сидения, часто ярко-красные или синие. Мандрилы и павианы оставили деревья и живут на земле, но ходят на четырех ногах и отличаются вытянутой мордой и крупными клыками. Хвост у этих обезьян есть, но не хватательный.

К группе человекообразных относятся многочисленные ископаемые обезьяны и обезьянолюди, человек и четыре рода современных обезьян:

гиббон, орангутанг, шимпанзе и горилла (семейство **Pongidae**). У этих обезьян хвосты рудиментарные или их нет совсем, руки длиннее ног, положение тела полувыпрямленное, грудь относительно широкая, большие пальцы противопоставлены остальным. Головной мозг антропоидов крупнее, чем у низших приматов, и по своему строению ближе к мозгу человека. Рост от 0,9 м (гиббон) до 1,8 м (горилла). Вес гориллы до 280 кг.

Человек стоит ближе к шимпанзе и горилле, чем к другим приматам, но и от них он отличается достаточным количеством признаков для выделения его в особое семейство **Hominidae**.

Почти все кости, мышцы, внутренние органы и кровеносные сосуды у обезьян и человека одинаковы. Но есть и отличия:

- 1) головной мозг у человека в 2,5-3 раза крупнее;
- 2) нос человека имеет выраженную переносицу и вытянутый кончик;
- 3) в середине верхней губы у человека ямка и губы вывернуты наружу;
- 4) у человека выступающий подбородок;
- 5) большой палец ноги у человека не противопоставляется остальным;
- 6) человеческая стопа «сводчатая» – приспособлена к несению нагрузки;
- 7) у человека слабо развит волосяной покров;
- 8) клыки человека мало выступают из остальных зубов;
- 9) человеку свойственно вертикальное положение тела;
- 10) у человека ноги длиннее рук.

В нижнеолигоценовых отложениях Египта (т.е. около 45 млн. лет назад) найдены останки последнего общего предка группы обезьян Старого Света, человекообразных обезьян и человека: **парапитека (египтопитека)** (он был мельче всех современных обезьян). Здесь расходится эволюционная линия обезьян Старого Света с линией высших приматов.

В отложениях того же периода найдены останки первой человекообразной обезьяны, названной **проплиопитек**, которая вероятно, произошла от парапитека.

В эпоху миоцена от примитивных антропоидов произошли гигантские **приматы**, и произошло разделение линий, ведущих к разным типам современных антропоидов. Первым, вероятно, отделился предок гиббона, затем – орангутанга. Наиболее вероятным общим предком гориллы, шимпанзе и человека является **дриопитек** – ископаемая человекообразная обезьяна эпохи миоцена (около 30-40 млн. лет назад).

В раннеплиоценовых отложениях в Индии и Кении (10-14 млн. лет назад) обнаружены зубы и фрагменты челюсти следующего предка на генеалогическом древе человека – **рамапитека (Ramapithecus)** – обезьяноподобного животного с зубами и челюстями человеческого типа.

Был ли он прямоходящим – неизвестно. Но рамапитек и ряд других данных позволяют сделать вывод о том, что гоминиды отделились от человекообразных обезьян по меньшей мере 15 миллионов лет назад.

2. Австралопитек (*Australopithecus*) – человекообезьяна – недостающее звено

Почему австралопитека называют недостающим звеном? Да потому, что его, непосредственного предка человека (т.е. представителя рода *Homo*), очень долго не могли отыскать и нашли только в 20 веке. Первые останки человекообезьяны (череп) найдены в 1924 г. в Южной Африке профессором анатомии из Йоганнесбурга *Реймондом Дартом* в кусках породы из каменоломни. Р. Дарт, изучив находку, обнаружил сравнительно большой объем черепной полости, небольшую челюсть и относительно вертикальную лицевую плоскость – как и у человекообразных обезьян. Но человекообразные обезьяны обитают в тропических лесах, а в Южной Африке таких лесов нет – и не было более 100 миллионов лет. Зубы найденного черепа скорее походили на зубы человека, чем человекообразной обезьяны, а положение большого затылочного отверстия, через которое спинной мозг соединяется с головным, указывало, что существо имело прямую осанку. Человек ли это? Но мозг его слишком мал, и слишком оно примитивно. Р. Дарт назвал непосредственного предка человека ***Australopithecus africanus*** – «южноафриканская человекообразная обезьяна».

Несколько позже открытие Р. Дарта было подтверждено находками его друга, *Роберта Брума*, и других ученых. В пяти местах Южной Африки были обнаружены сотни костей австралопитеков, причем двух типов: «массивного» (судя по тяжелой челюсти) и «изящного» («умелого»). К сожалению, все эти находки не могли датировать – их находили не в определенном геологическом пласте, который подсказал бы их возраст, а среди обломков взорванной толщи камней и песка. Однако Р. Брум предположил, что австралопитек жил около 2 миллионов лет назад. И только в 1959 году супруги *Луис и Мэри Лики*, антропологи, нашли в Восточной Африке, в Танганьике (север Танзании), останки гоминида, сходного с австралопитеком «массивного» типа (даже еще более массивного, названного «бойсеи»). По счастью, череп лежал над слоем вулканического пепла, возраст которого можно было определить: ему оказалось около 1 млн. 750 тыс. лет.

Самец австралопитека «изящного», который, очевидно, впоследствии и развился (эволюционировал) в род Номо, имел рост от 1,3 до 1,5 метра и весил 35-45 кг. Самки были еще мельче. Судя по величине и предполагаемой форме мозга, речью он не обладал, но был способен издавать выразительные звуки, понятные сородичам. Общение дополнялось жестами, телодвижениями, мимикой.

Эволюционные изменения, приведшие к появлению рода Номо, связывают в первую очередь с изменениями в среде обитания приматов (переход к наземному образу жизни в саванне), изменениями в пищевом рационе (твердые семена растений) и в поведении.

Изменение образа жизни, в свою очередь привело к физическим изменениям строения тела: освобождению рук, слабой востребованности клыков (для защиты можно использовать руки и орудия), развитию мощных коренных зубов для перетирания семян (опять же клыки – только помеха для движения челюстей). Возрастающая роль руки оказывает эволюционирующее воздействие на мозг – он становится больше. В результате – утверждение прямохождения и изменение строения черепа.

Формирование поведения шло параллельно с физической эволюцией, но следует помнить, что все эти процессы шли очень медленно, без сознательного им содействия. Не было человекообразной обезьяны, которая в один прекрасный день «решила», что ей лучше спуститься на землю и порвать отношения с собратьями, которые остаются на деревьях. На протяжении долгого времени развивалась линия человекообразных, которые постоянно искали пищу на земле и постепенно приобрели физические и поведенческие особенности, наиболее подходящие для такого образа жизни.

Заканчивая рассказ о непосредственном предке человека – недостающем звене, австралопитеке, должен обязательно сказать, что я озвучиваю и представляю только одну (правда, на данное время доминирующую) точку зрения на генеалогическое древо человека. Таких «древ» различными учеными построено множество и далеко не все, например, считают австралопитека (или ряд его подвидов) действительно предком человека, а не «двоюродным братом», тупиковой ветвью эволюции. Да и не только австралопитека – нет единого мнения и по поводу дриопитека, питекантропа и даже неандертальского человека.

Например, *Ричард Лики* (сын Луиса и Мэри Лики, нашедших австралопитека Бойсеи) отыскал в Кении в 1972 г. окаменелости гоминида очень близкого к человеку, но возрастом более 2,5 млн. лет. Он был прямоходящим и он был охотником!

Другой антрополог, Джордж Шаллер, также напоминает, что человек – примат по происхождению, но хищник по образу жизни. И нужно учитывать его двойственное прошлое. А низшие и человекообразные обезьяны в основном – вегетарианцы и живут в пределах ограниченных участков. Черты сходства сообщества гоминидов и человеческого общества могли возникнуть случайно.

В загадках прошлого вопросов всегда больше, чем ответов.

3. Первые люди – человек прямоходящий (*Homo erectus*) – питекантроп – обезьяночеловек

Еще несколько десятилетий назад мало кто решался признать в питекантропе, открытом *Эженом Дюбуа (1858-1940)*, голландским антропологом, в 1891 г. на острове Ява, и в родственных ему формах, найденных в континентальной Азии (Китае) и Европе, первых истинных людей. Да и сам Э. Дюбуа искал вовсе не первого человека, а пресловутое «недостающее звено» между обезьяной и человеком. Собственно название «питекантроп» (как, кстати, и термин «экология») предложил Эрнст Геккель для тогда еще гипотетического существа. Подчеркивая прямохождение своей находки, Э. Дюбуа назвал его ***Pithecanthropus erectus*** (питекантроп прямоходящий) и до конца жизни был убежден, что это и есть «недостающее звено».

Человек прямоходящий появился в тропиках в результате развития австралопитековых около 1,3 млн. лет назад. Он имел прямую осанку и ходил пружинящим шагом. Рост его достигал 165 см, вес – 70 кг. Своей человеческой осанкой и походкой он обязан особенностям в строении таза и стопы. У человека прямоходящего таз больше напоминал чашу, чем у австралопитека и поэтому место сочленения бедра с тазом выдвинулось несколько вперед. Такое смещение позволило человеку прямоходящему стоять и ходить на прямых ногах. Стопа его, получившая свод, помогающий ей выдерживать вес тела, полностью утратила хватательную способность, присущую задним конечностям обезьян.

В результате перечисленных изменений человек прямоходящий оказался первым приматом, способным долго и без напряжения ходить на двух ногах. Противопоставление большого пальца обеспечило его руке значительную ловкость. Однако кости человека прямоходящего были значительно крупнее, чем у современного человека, мышцы – мощнее. У него был низкий покатый лоб, мощное, выступающее вперед надбровье и массивная нижняя челюсть лишь с легким намеком на подбородок. Мозг у

него увеличился по сравнению с австралопитеком на 100 % и достиг 940 см³ (против средних 1400 см³ у современного человека). Для сравнения – объём мозга у гориллы – 600 см³.

Человек прямоходящий был первым гоминидом, который выбрался за пределы тропиков в зону умеренного климата. Более миллиона лет он медленно распространялся, обходя естественные преграды из Африки и Юго-Восточной Азии до Европы. Расселение на север, вероятно, вызвало одно внешнее изменение: человеческая кожа, скорее всего, посветлела, благодаря малому количеству солнечного света зимой и недостаточному синтезу тёмной (или прикрытой шкурой) кожей витамина D).

В связи с расселением в более холодные климаты, образ жизни человека прямоходящего начал изменяться. Но он обладал достаточным интеллектом, чтобы защититься от низких температур без помощи эволюции.

Употребление огня – вот неопровержимое доказательство того, что человек прямоходящий был первым истинным человеком.

Со временем он научился поддерживать неугасающее пламя в своем очаге. Огонь, очевидно, использовался и как оружие: чтобы отпугивать хищников, выгонять из пещер или загонять на охотников добычу. Человек прямоходящий освоил приготовление пищи на огне. Организм приматов плохо усваивает сырое мясо, а огонь обрабатывает мясо, облегчая его усвоение. Жареное мясо легче жевать, что, в свою очередь, сказалось на строении лица и зубов. Археологи находят среди окаменелостей на стоянках первых людей и раздробленные человеческие черепа, и обугленные человеческие кости. Очевидно, первым людям был свойствен каннибализм.

Очаг стоял центром общения и способствовал укреплению идеи дома.

Появление «дома» или, точнее, базового лагеря изменило социальную жизнь людей и, совместно с охотой, сформировало четкое разделение труда: мужчины – охотники, женщины – собирательницы пищи и няни для малышей. Кроме того, укрепилась зависимость между индивидами.

На совершенно новую ступень социальной организации человека подняла речь. Речь стала средством, с помощью которого человек приобретал и передавал следующему поколению систему навыков, а не только врожденные стереотипы поведения.

Однако, как полагают антропологи, у человека прямоходящего гортань была расположена выше, чем у современного человека, что заметно уменьшает величину находящейся над ней глотки. А такое строение речевого аппарата делает возможной только медленную и неуклюжую речь.

4. Неандертальцы (*Homo sapiens neanderthalensis*)

Слово «неандерталец» всем знакомо, более того, в быту оно используется чуть ли не как ругательство, еще бы: какой-то низколобый сгорбленный громила с тупым взглядом и невнятным бормотанием. Такой нелестной (и несправедливой) характеристике неандертальцы обязаны временем обнаружения первых окаменелостей – в 1856 г. – когда идея эволюции только витала в воздухе и понималась превратно. Трудно отказаться от старых, удобных представлений о прошлом человека, от его исключительности – а тут еще обезьяноподобный предок!

Неандертальский человек впервые был обнаружен недалеко от немецкого города Дюссельдорфа, в узкой и глубокой долине одного из притоков Рейна, носящей название Неандерталь. Это были невысокие коренастые люди, с крупными конечностями, горизонтально вытянутой и несколько приплюснутой головой, скошенным лбом. Лицевые кости у них были массивные и выступающие вперед, большой надглазничный валик, тяжелая нижняя челюсть, срезанный подбородок. Мы не знаем, обладал ли неандерталец пышной бородой или растительность на его лице была скудной, как у некоторых современных рас. Мы не знаем даже, была ли его кожа темной или светлой.

Безусловно, неандертальцы отличались от человека современного, но, тем не менее, и телом и духом они уже были настолько людьми, что должны заслуженно разделять с современным человеком его видовое название *Homo sapiens* – человек разумный. Погребение мертвых, сострадание к себе подобным и попытки воздействовать на судьбу (культовые обряды) – вот новые аспекты, привнесённые в человеческую жизнь неандертальцами. Неандерталец был последним древним человеком, а не первым. Позади него 5 миллионов лет медленной эволюции, на протяжении которых австралопитек, потомок обезьян и еще не совсем человек, стал первым видом истинного человека – человеком прямоходящим, который, в свою очередь, породил следующий вид – человека разумного. Неандертальцы появились около 100 тыс. лет назад (к тому времени уже существовали переходные разновидности от человека прямоходящего – например гейдельбергский человек – ***Homo heidelbergensis***). И существовали неандертальцы около 60 тыс. лет, до появления (около 40 тыс. лет назад) кроманьонца, а потом сравнительно внезапно исчезли.

Исключительно важная деталь: жизнь неандертальцев проходила в суровую ледниковую эпоху – в непрерывно меняющемся мире то наступающих, то отступающих ледников.

Неандертальцы продвинулись далеко за пределы распространения своего предшественника, человека прямоходящего, и проникли в холодные области на севере и во влажные тропики на юге. Приспосабливаясь к новым условиям жизни, они стали искуснейшими создателями каменных орудий.

Исчезновение неандертальцев (или превращение их в кроманьонцев) – очень быстрое по меркам эволюционных изменений и потому довольно загадочное.

Одна из логичных гипотез связывает это превращение с развитием речевых способностей, а точнее, со стремительной эволюцией глотки, повлекшей изменения строения черепа. Другими словами, череп современного человека – другой способ упаковки того же мозгового вещества. Другая гипотеза ставит во главу угла меньшее использование неандертальцами передних зубов как встроеного орудия (для скручивания растительных волокон, размягчения шкур, обравнивания деревянных копий) в результате усовершенствования обработки камня.

Две доминирующие модели происхождения современного человека (теория замещения и теория непрерывного развития) считают неандертальцев угасшей ветвью на генеалогическом древе человека. Так или иначе, но неандертальский тип людей сменился кроманьонским.

5. Кроманьонцы – современный человек – (*Homo sapiens sapiens*) человек разумный

В 1868 г. на юго-западе Франции, вблизи горы Кро-Маньон, землекопы, насыпавшие железнодорожную насыпь, наткнулись на древнюю нишу в скале, защищенную от дождя и снега нависающим выступом. Раскапывая землю, накопившуюся под выступом, они обнаружили кремневые орудия, разбитую кость какого-то животного и останки пяти людей. Один мужской скелет сохранился почти целиком. Если не считать некоторой массивности, он мало чем отличался от скелетов современных людей: высокий свод черепа, почти вертикальная плоскость лица, отчетливо выражен подбородочный выступ. Однако найденные там же каменные орудия и кости вымерших животных не оставляли сомнений в том, что этот человек жил в очень давние времена (сделанные позднее датировки определили возраст находок в 25 тыс. лет).

Несколько позже, в 1931 г., в пещере Схул на горе Кармель в Палестине (недалеко от г. Хайфа) были найдены окаменелые кости человека, сохранявшего черты и неандертальца, и кроманьонца, т.е. являвшегося переходным типом.

Появление кроманьонцев датируют 40 тыс. лет назад, они жили в конце ледникового периода (в конце Вюрмского оледенения). Большинство ученых считает, что с появлением кроманьонца, т.е. человека современного вида, процесс биологической эволюции человека завершился.

Дальнейшее изучение окаменелостей кроманьонских людей показало, что их нельзя считать представителями одной расы. В отдельных географических зонах с различным климатом сложились свои физические типы. С увеличением численности людей произошла изоляция отдельных популяций.

Обнаружены многочисленные стоянки и места проживания кроманьонцев на нашей планете: в Италии, Испании, Франции, Китае, Южной Африке. Именно кроманьонцы – первооткрыватели Америки и Австралии. На территории России более чем в 10 пунктах обнаружены места обитания человека возрастом не менее 20-30 тыс. лет: в Сибири, от Енисея до Камчатки; в 200 км от Москвы (под Владимиром, стоянка Сунгирь); в селе Костёнки Хохольского района Воронежской области – т.е. в степях долины Дона.

Кроманьонцы были не только умелыми мастерами, но и художниками – их рисунки, найденные в пещерах Франции и Испании (преимущественно – изображения животных), обнаруживают замечательное понимание графических принципов. Кости животных кроманьонцы покрывали резьбой, создавали костяные, каменные и глиняные скульптуры, одежду украшали бусами и браслетами из костей животных.

Кроманьонец оставался охотником и собирателем пищи, хотя он и освоил рыболовство, постройку зимних жилищ, изобрел иглу и даже лук. Рацион кроманьонца включал все виды пищи, какие дает природа, и он здорово умел добывать ее.

Только в период неолита (8-9 тыс. лет назад) начало развиваться земледелие и скотоводство, и человек постепенно становился оседлым.

6. Современные человеческие расы

Центрами происхождения современного человека, по-видимому, являются Африка и Азия.

Белые расы распространились к западу по обоим берегам Средиземного моря до Европы, Юго-Западной Азии и Северной Африки, вытесняя кроманьонцев. Некоторые обитатели Ирландии и Скандинавского полуострова, а также баски из Южной Франции и Северной Испании обнаруживают значительное сходство с кроманьонцами. **Негроидные расы**

распространились по обе стороны от Индийского океана, в Африку и Меланезию. Они, по-видимому, оттеснили **бушменов** на самую оконечность Южной Африки, а **австралоидов** – в Австралию и Тасманию.

Монголоиды распространились к востоку и к северу и заселили Сибирь и Китай. Около 40 тыс. лет назад они пересекли Берингов пролив и заняли Северную и Южную Америку.

Генетически расу можно определить как популяцию, существенно отличающуюся от других популяций по частоте встречаемости одного или нескольких генов.

Фенотипически раса может быть определена как популяция, представители которой, несмотря на индивидуальную изменчивость, характеризуются определенным сочетанием морфологических и физиологических особенностей, являющихся у них общими в силу общности происхождения.

Хотя, конечно, все расы имеют общее происхождение.

Современные расы людей.

Европеоидная (белая) раса. К белой, или кавказской, расе относятся более разнообразные типы, чем к каждой из двух других основных рас.

Основных групп три: средиземноморская, северная и альпийская. Две смешанные группы также играют большую роль в расовом составе современной Европы: арменоидная (помесь средиземноморской и альпийской групп) и динарская (помесь всех трех).

Негроидная (чёрная) раса. Современные негроиды – это обитатели Африки и островов Тихого океана. К ним относятся: негры (или собственно негроиды), негритосы (или пигмеи), океанические негроиды (или меланезийцы), уничтоженная группа (раса?) тасманийцы, южноафриканские бушмены, и очень на них похожие, – готтентоты.

Монголоидная (жёлтая) раса. Типичные представители встречаются в Монголии и Восточной Сибири, а также – несколько смешанные с другими типами – в Китае, Корее и Японии.

К ним относятся: типичные монголоиды, арктические монголоиды (эскимосы). Смешанными, преимущественно монголоидными, расами (группами?) являются индонезийцы и американские индейцы.

Не принадлежат к основным расам и не являются результатом гибридизации групп:

Айны – северные острова Японии и Сахалина,

Австралоиды – австралийские аборигены,

Ведды – распространены по всей Индии, а также в Юго-Восточной Аравии (Вилли, 1968 и др.).

Лекция 5. Биология в 20 веке

Вопросы:

Введение

1. Генетика.
2. Иммунология.
3. Молекулярная биология и молекулярная генетика.
4. Непрерывность развития эволюционной теории или современные представления биологической науки.

Введение

20-й век ознаменовался новым прорывом в изучении живой природы, что связано как с формулировкой новых идей и подходов, так и с разработкой и внедрением более совершенных методов исследований. Это привело к дальнейшему углублению дифференциации и специализации разделов биологии, а также к изменению проблематики классических ее направлений. На смену ученым-энциклопедистам все чаще приходят глубокие профессионалы, посвятившие себя узкоспециальному предмету исследований. В то же время, характерной чертой биологии 20-го века следует признать переход к биосферному и популяционному мышлению в классических областях биологии, а также интенсификацию изучения физико-химических процессов, лежащих в основе наследственности и жизнедеятельности организмов (развитие молекулярной биологии и генетики).

Биология 20-го века успешно развивалась во всех областях. Наиболее существенные достижения второй половины века относятся к разделам: эволюция органического мира, молекулярная биология и генетика. Наибольший вклад внесён в познание молекулярных основ живой природы, структуры генома ряда существ и механизмов реализации наследственной информации.

Полный охват всех выдающихся достижений биологии в 20-м веке занял бы слишком много времени, поэтому остановимся на областях, достигших наибольшего прогресса именно в 20-м веке: генетика, иммунология, молекулярная биология и генетика и развитие эволюционной теории в целом. Развитие экологии, в т.ч. учения о биосфере, рассматривается в последующих лекциях.

1. Генетика

Ветвь биологии, занимающаяся явлениями наследственности и изучением законов, управляющих сходствами и различиями между родственными организмами, называется **генетикой** (Вилли, 1968, с. 540). Такое определение генетики дано в пятом издании, переведённом на русский язык, замечательной книги, учебника «Биология» американского ученого *Клауде Вилли*.

В биологическом энциклопедическом словаре (1989 г.) вы найдете уже такое определение: **генетика** (от греч. genesis – происхождение) – наука о наследственности и изменчивости живых организмов и методах управления ими.

История генетики – яркий пример быстрого и мощного прогресса за сравнительно короткий срок (около 150 лет). Многие классические разделы биологии за 1000 лет не смогли достичь того, чего достигла генетика: по накоплению фактов, пониманию природы изучаемых явлений, по строгости идей, точности экспериментов и стройности теоретических обобщений.

В основе генетики лежат **законы наследственности**, открытые австрийским аббатом и ботаником-любителем *Грегором Иоганном Менделем* (1822-1884) в 1865 г. (точнее – с 1857 по 1865 гг. и опубликованные в 1866 г.) в результате опытов по скрещиванию декоративного горошка.

В 18-19 веках многие исследователи пытались установить, как передаются признаки из поколения в поколение: скрещивали разные виды растений, получали гибриды, имевшие признаки, промежуточные между признаками обоих родителей, и никому не удавалось раскрыть природу механизмов наследственности. Грегор Мендель добился успеха потому, что он изучал наследование не всех сразу, а единичных контрастирующих признаков, например: зеленые семена горошка – желтые семена; красные цветки – белые цветки; высокие стебли – низкие стебли. Мендель подсчитывал число экземпляров каждого типа и вёл тщательные записи всех своих скрещиваний и подсчётов.

Законы Менделя.

1. **Закон единообразия гибридов первого поколения:** потомство первого поколения от скрещивания устойчивых форм, различающихся по одному признаку, имеет одинаковый фенотип по этому признаку. (Все – гетерозиготы).
2. **Закон расщепления:** при скрещивании гибридов первого поколения между собой, среди гибридов второго поколения, в определённом

соотношении, появляются особи с фенотипами исходных родительских форм и гибридов первого поколения.

В случае одного признака расщепление идёт в соотношении 1:2:1 (по 1 – родители, 2 – гибриды первого поколения) или по фенотипу – 3:1 (но два из них гетерозиготы (несут признаки обоих родителей)).

3. **Закон независимого комбинирования (наследования) признаков:** каждая пара альтернативных признаков ведет себя в ряду поколений независимо друг от друга, в результате чего среди потомков второго поколения, в определённом соотношении, появляются особи с новыми (по отношению к родительским) комбинациями признаков.

На основе своих опытов Мендель пришел к выводу, что наследственность управляется единицами (которые он назвал «факторами»), находящимися в клетках каждого индивидуума. Он предположил, что у взрослых растений имеется по два таких фактора, которые разделяются при образовании пыльцевых зёрен и яйцеклеток, так что в яйцеклетку или сперматозоид попадает только по одному фактору каждого сорта. Это блестящее умозаключение было подтверждено после того, как немецкий цитолог *Уолтер Флемминг (1843–1905)* увидел хромосомы и деление клеток, назвав процесс **митозом** (в 1882 г.), а бельгийский цитолог *Эдуард Ван-Бенеден (1864–1910)* обнаружил в 1887 г., что формирование половых клеток (яйцеклеток и сперматозоидов) не сопровождается репликацией (удвоением) хромосом (**мейоз**).

Открытие Менделя не привлекало внимания более 30 лет, пока в 1900 году три исследователя: *Х. Де Фриз* (Голландия), *К. Корренс* (Германия) и *Э. Чермак* (Австрия) независимо друг от друга вторично не открыли законы Менделя. *Хуго Де Фриз (1848-1935)* к тому же создал **теорию мутаций**. Он обнаружил, что индивидуальные характеристики передаются из поколения в поколение без смешения и усреднения, причем в каждом поколении появляется новая разновидность растений одного и того же вида, отчетливо отличающаяся от прочих, и она тоже закрепляется наследственно. Де Фриз назвал эти изменения **мутациями** (по латыни – изменения), произошло это в 1901-1903 гг. По этому начало 20-го века считают рождением **генетики**, а сам термин «генетика» был предложен *У. Бэтсоном* в 1906 г.

В 1902 г. американский цитолог *Уолтер Сеттон (1876–1916)* указал, что поведение хромосом подтверждает наследственные факторы по Менделю, и предложил современную концепцию линейного расположения единиц наследственности в хромосомах. Фундаментальные исследования в области **хромосомной теории наследственности** принадлежат американскому генетику *Томасу Моргану (1866-1945)* и его школе.

В 1907 г. Т. Морган предложил новый биологический инструмент – плодую мушку дрозофилу, способную к быстрой смене поколений. К 1911 г. были разработаны первые хромосомные схемы для дрозофилы. Подтверждение выводов на других биологических объектах превратило хромосомную теорию в общебиологическую. Эта теория утверждает, что преемственность свойств организмов в ряду поколений определяется преемственностью их хромосом. Развитие хромосомной теории завершилось составлением генетических карт хромосом многих объектов (кишечная палочка, томаты, кукуруза и др.) и поиском способов получения искусственных мутаций заданного направления (*Н.В. Тимофеев-Ресовский, М. Дельбрюк, 1931; В.В. Сахаров, 1932; И.А. Рапопорт, 1943 и др.*).

Советские ученые внесли большой вклад в развитие генетики. Работы выдающегося ученого-генетика *Николая Ивановича Вавилова (1887-1943)* создали генетические основы современной селекции и растениеводства, сформулированный им в 1920 г. закон гомологических рядов в наследственной изменчивости позволил ему в дальнейшем установить центры происхождения культурных растений на всех континентах планеты, в которых сосредоточено наибольшее разнообразие наследственных форм.

Трагический этап в развитии генетики, и в целом в жизни нашей страны, датируется 1930-ми – 1940-ми гг. Для опровержения выводов классической генетики и доказательства явления наследования приобретённых в течение жизни изменений использовались данные по биологии развития растений: опыты с «переделкой озимых в яровые» (*Т.Д. Лысенко*). В это время интенсивно изучалась рядом ученых реакция разных злаковых культур на действия температуры. Первоначально эти исследования представляли определенный научный интерес и были поддержаны в науке, в том числе и Н.И. Вавиловым. Однако придание биологии классового и партийного характера привело к постепенному запрету исследований во многих её классических направлениях. Прежде всего была отвергнута генетика, а ученые-генетики и другие, поддержавшие, так называемых «идейных противников» были репрессированы. Н.И. Вавилов был арестован и погиб. Кульминацией так называемой «мичуринской биологии», а вернее – идей сторонников Т.Д. Лысенко и «линии партии» стала августовская сессия ВАСХНИЛ 1948 г., где с итоговым докладом «О положении биологической науки», поддержанным И.В. Сталиным, выступил Т.Д. Лысенко. В докладе указывалось, что менделизм – вейсманизм – морганизм чужды советскому народу, прогрессивному «мичуринскому» учению. Свойство наследственности принадлежит не генам и хромосомам, а всем компонентам живого организма.

Борьба против репрессий, против лженауки не прекращалась. Большую роль, в частности, в этой борьбе сыграла непримиримая позиция *Иосифа Абрамовича Рапопорта (1912-1990)* – генетика, открывшего химические мутагены и внедрившего их в селекцию растений. В конце концов, в 1964 г., была доказана абсурдность и пагубность этого направления в науке, но развитие биологии в нашей стране было отброшено назад на многие десятилетия (Юсуфов с соавт., 2003).

В настоящее время на генетически хорошо изученных объектах проводится анализ молекулярных процессов, лежащих в основе развития организмов с учетом дифференциальной активности генов. Много остается и нерешённых вопросов. Например, не выяснен до конца вопрос соотношения генетических и внешних факторов индивидуального развития (онтогенеза). Отсутствует общая теория онтогенеза. Генетика рассматривает онтогенез с точки зрения взаимодействия генотипа и фенотипа. В изучение древесных растений с этой точки зрения (лесную генетику) большой вклад внесли отечественные ученые: *П.Б. Раскатов, 1979; Е.С. Чавчавадзе, 1979; А.И. Сиволапов, 1997; Н.Е. Косиченко, 1999; Е.В. Титов, 1999; А.К. Буторина, 2008 и др.*

2. Иммунология

Иммунология – (от лат. *Immunitas* – освобождение, избавление от чего либо) – биологическая наука, изучающая защитные реакции организма, направленные на сохранение его структурной и функциональной целостности и биологической индивидуальности.

Иммунитет бывает **естественный** (наследственная невосприимчивость к определенным болезням у животных и растений). Например, корь у европейцев протекает легко, а у индейцев очень тяжело, а малярия – тяжело протекает у европейцев. Бывает иммунитет **приобретённый**: человек, переболевший, например, чумой, оспой, корью, никогда не заболит ей снова. Активно приобретённый иммунитет обусловлен образованием в организме «антител» (специфических белков), которые выделяются в кровь и тканевую жидкость после проникновения в организм «антигена» (какого-либо чужеродного белка). Антиген и антитело реагируют друг с другом, и это предохраняет организм от повреждения. Приобретенный иммунитет не наследуется.

Зародилась иммунология не в 20-м веке. Основоположниками её можно считать английского врача *Эдуарда Дженнера (1749-1823)*, французского химика *Луи Пастера (1822-1895)* и русского биолога *Илью Ильича Мечникова (1845-1916)*.

Э. Дженнер еще в 1796 г. открыл метод вакцинации (и ввёл этот термин от латинского «вакка» – корова), он внёс жидкость от оспины коровьей оспы (это лёгкая форма болезни) в царапину на теле человека – возникло лёгкое заболевание, с появлением одной оспины в месте втирания. Л. Пастер выделил микроорганизмы – возбудители сибирской язвы, куриной холеры, бешенства, создал вакцины, провёл вакцинации и доказал возникновение иммунитета. Л. Пастер впервые разработал научные принципы иммунопрофилактики (1879 г.) И.И. Мечников в 1883 г. наблюдал факт противобактериального противостояния (битву между белыми кровяными тельцами и бактериями), в случае победы (уничтожения очага инфекции) наступал благоприятный перелом в болезни. Мечников сформулировал клеточную теорию иммунитета, и открыл защитную роль **фагоцитоза**.

Конец 19-го века и положил начало иммунологии. *Роберт Кох (1843-1910)*, немецкий врач, как и Л. Пастер, выделил бактерию, вызывающую сибирскую язву (1876 г.), а также возбудителей многих других болезней, в том числе возбудителя туберкулёза (1882г.). Большой вклад в становление иммунологии внесли бывшие ассистенты Р. Коха: *Эмиль Фон Беринг (1854-1917)* и *Пауль Эрлих (1854-1915)*. Э. Беринг предложил способ иммунизации антитоксичными сыворотками (1890 г.), а П. Эрлих считается создателем теории антител (1897 г.) и основателем химиотерапии (1909 г.). В 1909 г. И.И. Мечников и П. Эрлих удостоены Нобелевской премии за исследования в области иммунитета.

Шведский биохимик *Арне Тиселиус (1902-1971)* в 1938 г. разработал первый метод концентрирования антител с помощью электрофореза и в 1948 г. был также удостоен Нобелевской премии.

Но только с середины 20-го века, благодаря широкому использованию достижений биохимии, клеточной биологии и генетики, началось интенсивное развитие иммунологии как самостоятельной биологической науки.

Информация по иммунологии второй половины 20-го века очень обширна. Среди основных достижений этого периода – открытие главного генетического локуса (локус – местоположение определенного гена на генетической или цитологической карте хромосомы) тканевой совместимости у мышей (*Дж. Д. Снелл, 1948*); открытие природы иммунологической толерантности (ослабленного или отсутствующего ответа как на первое введение антигена, так и на повторное) (*П. Медавар, 1958*); открытие главного комплекса антигенов тканевой совместимости у человека (*Ж. Доссе, 1958*); создание клонально-селекционной теории иммунитета (*Н.*

Ерне, 1955 и Ф. Бёрнет, 1957); расшифровка структуры антител (*Р.Р. Портер, 1958; Дж. Эдельман, 1959*).

В 1960-е -1970-е гг. центральное место в иммунологии заняло изучение молекулярной биологии иммунного ответа. *Б. Бенасеррафом* была сформулирована концепция генов иммунореактивности (1963 г.). В 1975 г. *С. Мильштейн и Г. Кёллер* разработали биотехнологию получения моноклональных антител, секретируемых клеточными гибридами.

Все названные ученые – лауреаты Нобелевских премий разных лет.

В настоящее время большое внимание уделяется изучению иммунитета растений, существенных результатов в этой области добились отечественные специалисты: *Б.П. Токин, 1980; Л.В. Метлицкий, О.Л. Озерецковская, 1985; М.Н. Запрометов, 1985, 1988, 1993; М.М. Тельтченко, Г.А. Остроумов, 1990; А.П. Дмитриев, 1999; И.А. Торчевский, 2002; Р.К. Салев и др., 2002; Б.Ф. Ванюшин и др. 2002.*

3. Молекулярная биология и молекулярная генетика

Молекулярная биология и молекулярная генетика – направления биологии второй половины 20-го века, сделавшие прорыв в изучении физико-химических основ жизни и наследственности. Их успехи связаны с развитием не только биологии, но и смежных областей естествознания.

Термин «**молекулярная биология**» впервые был использован в 1946 г. *У. Астбери*. Сейчас под этим названием объединяют разделы биохимии, посвященные изучению молекулярных механизмов важнейших общебиологических явлений на стыке с другими науками (микробиология, биофизика и генетика). В качестве основных проблем молекулярной биологии выделяют функцию, строение и физико-химические свойства нуклеиновых кислот, их биосинтез, кодирование информации о синтезе белков и механизме её реализации, молекулярные основы регуляции изменчивости, наследственности и т.д. Проблемы молекулярной биологии касаются раскрытия биологических функций молекул, составляющих тело организма, их синтез и распад, взаимные превращения (*Ванюшин, 1975, цит. по Юсуфов с соавт., 2003, с. 197*).

В области молекулярной генетики успехи, начиная с 1982 г., связаны с клонированием генов и их использованием в биотехнологии. В этих целях созданы банки генов и искусственные хромосомы человека. Большое внимание уделяется получению и использованию трансгенных организмов, несмотря на протесты по поводу их использования. Идет изучение молекулярных основ старения (*Юсуфов с соавт., 2003, с. 207*).

Рассмотрим некоторые важнейшие достижения молекулярной биологии и молекулярной генетики в 20-м веке:

– **расшифровка структуры ДНК**, главного носителя генетической информации. Британские биохимики *Фрэнсис Комптон Крик (1916-2004)* и *Джеймс Деви Уотсон (родился в 1928 г.)* в 1953 г. представили структурную модель молекулы ДНК имеющую вид двойной спирали, закручивающейся вокруг общей оси и формирующей цилиндрическую молекулу. «Остов» спирали составляют двойные сахаро-фосфатные цепочки. Такая структура позволяет объяснить известные свойства гена: его способность к точному самовоспроизведению, к передаче информации и к мутациям. Каждая молекула ДНК производит свой собственный редупликат (дублируется): две сахаро-фосфатные цепочки раскручиваются и каждая служит моделью для нового «комплекта». Если молекулы ДНК производили редупликацию вдоль линии хромосомы, то образуются две идентичные хромосомы. Если в ходе удвоения произошли какие-то изменения (что случается крайне редко), то новая молекула ДНК, будет слегка отличаться от предшествующей, являясь мутацией;

– **расшифровка генетического кода**. Генетический код – свойственная живым организмам единая система записи наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот в виде последовательности нуклеотидов. Каждый ген представляет собой молекулу ДНК, состоящую из четырех различных типов нуклеотидов: аденин (А), гуанин (Г), тимин (Т), цитозин (Ц). (В РНК вместо тимина присутствует урицил (У)). Наследственная информация передается от одного поколения к другому посредством кода, который заключается в определённой линейной последовательности нуклеотидов четырех типов (А, Т, Ц и Г). Генетический код состоит из «трёхбуквенных» элементов, так называемых «кодонов»; три нуклеотида, составляющие кодон, определяют ту или иную аминокислоту. Последовательность кодонов в молекуле ДНК, в свою очередь определяет последовательность аминокислот в белке.

Генетический код, по-видимому, универсален – кодоны ДНК и РНК соответствуют одним и тем же аминокислотам у всех изученных организмов – от вируса до человека.

Расшифровка генетического кода, т.е. нахождение соответствия между кодонами и аминокислотами (по предположению *Ф. Крика*, высказанному в 1961 г.) экспериментально была осуществлена *Маршаллом Уорреном Ниренбергом (родился в 1927 г.)* и его коллегами (*Х. Маттеи, С. Очоа, Х. Корана*) в 1961-1965 гг.

61 кодон из 64 кодирует определённые аминокислоты, а 3 так называемых стоп-кодона определяют окончание синтеза полипептидной цепи. Кодон АУГ (у бактерий ещё некоторые) определяет начало синтеза полипептидной цепи.

– **Расшифровка пространственной структуры белка и последовательности аминокислот в молекуле белка.** Каждый белок обладает уникальной молекулярной структурой, которая определяется специфической линейной последовательностью аминокислот. Информация о порядке расположения аминокислот в специфических белках заключается в генах. Первичная структура белка (последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи) определяется генетическим кодом. Вторичная структура – это укладка полипептидной цепи в L-спиральные участки и β-структурные образования. Третичная структура – трехмерная пространственная упаковка полипептидной цепи. Четвертичная структура (встречается не у всех белков) – ассоциация нескольких полипептидных цепей в единую структуру. Первичная структура белка (наиболее устойчивая) определяет вторичную и третичную, т.е. «самосборку» белковой молекулы. *Дж. Кендрью и М. Пруц* (1957 г.) первым построили модель структуры белковых молекул (миоглобина и гемоглобина), *Д. Филлипс* (1967 г.) – лизоцима и т.д.

– **Расшифровка регуляции биосинтеза белка в клетке (концепция оперона).** Контролируя синтез полипептида, ДНК не вступает в непосредственное взаимодействие с аминокислотами. Вместо этого, на молекуле ДНК строится промежуточная матрица – молекула РНК, которая в свою очередь управляет построением пептидной цепи. Кодовые отношения между ДНК, РНК и белком слагаются из следующих этапов:

- 1) редупликации ДНК, в результате которой образуется новая ДНК;
- 2) транскрипции кода ДНК, в результате которой образуется матричная или информационная РНК;
- 3) трансляции кода информационной РНК, т.е. перевода его в специфическую последовательность аминокислот в белке (см. схему, рис. 3).

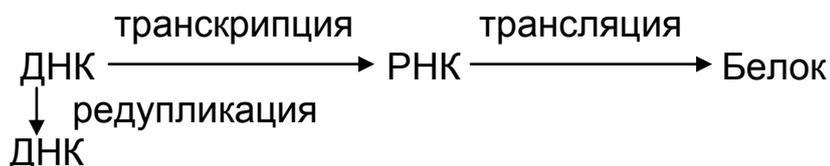


Рис. 3. Кодовые отношения между ДНК, РНК и белком

Скорость синтеза белка, вероятно, контролируется частично генетическим аппаратом, а частично – факторами среды. Управляющий механизм регуляции биосинтеза белка, согласно гипотезе *Ф. Жакоба и Ж.*

Моно (1961 г.), разработанной ими в результате исследований на микроорганизмах, можно кратко описать следующим образом. Помимо структурных генов, содержащих код для синтеза специфических белков, существуют так же гены-регуляторы с кодами для синтеза «репрессоров» – молекул, блокирующих синтез информационной РНК. Репрессоры могут находиться в активном или неактивном состоянии, в зависимости от того, связаны ли они с «индуктором» – веществом, которое вызывает увеличение количества какого-либо фермента или с «корепрессором» – веществом, вызывающим уменьшение количества фермента. Активные репрессоры присоединяются к определенным участкам ДНК – операторам – и блокируют транскрипцию примыкающих к ним структурных генов. Смежные структурные гены, контролируемые одним репрессором, составляют так называемый «оперон» – группу генов, которые транскрибируются на одну молекулу и-РНК и находятся под контролем одного общего репрессора.

– **Расшифровка явления обратной транскрипции – переноса информации от РНК к ДНК.**

На основе методики синтеза ДНК на матрице РНК, *Г. Темин и Д. Балтимор* (1972 г.) открыли явление обратной транскрипции с помощью фермента ревертазы, выделенной из очищенных ретровирусов. Таким путем удалось синтезировать цепи ДНК (комплементарные (соответствующие) матричной РНК) и выяснить структуру отдельных генов, ответственных за включение аминокислот в белки.

Перечисленные достижения молекулярной биологии и молекулярной генетики далеко не исчерпывают список открытий. Эти науки находятся в начале своего развития, и сегодня, возможно, совершаются самые удивительные открытия, а может быть они ещё ждут вас.

4. Непрерывность развития эволюционной теории или современные представления биологической науки

Только во второй половине 20-го века стало очевидным, что достижения генетики не опровергают учения Ч. Дарвина, а полностью подтверждают и развивают его.

С 1940-х годов, путем объединения данных генетики популяций, микросистематики, экологии и других наук, начинается новая эра развития дарвинизма, его принципиальное, фактическое и идейное обогащение – «синтетическая теория эволюции» (*Дж. Гексли, 1940*) в основе которой лежит учение о **микроэволюции** с признанием популяции как элементарного

носителя эволюции и характеристикой элементарных явлений и факторов (*Н.В. Тимофеев-Ресовский и др., 1977; цит. по Юсуфов с соавт., 2003, с. 183*).

Этот этап современного дарвинизма ознаменовался также разработкой **математической теории естественного отбора** и ее экспериментальным подтверждением; совершенно отчетливо оформилась **генетическая теория естественного отбора**, определившая его как избирательное размножение генотипов или вклад генотипа в генофонд популяций. Изменились и представления о виде и видообразовании с утверждением политипической концепции вида и признанием разных форм видообразования (**теория «прерывистого равновесия»**); разрабатываются концепции взаимоотношений онто- и филогенеза (филогенез – от греч. «phylon» – род, племя – историческое развитие мира живых организмов), факторов и механизмов эволюции (Юсуфов с соавт., 2003).

Далее представления о развитии эволюционной теории и современном состоянии биологических исследований изложены по работе *Леонида Петровича Татарина* (родился в 1926 г.), русского зоолога, эволюциониста, академика, Советника РАН «*Контуры современной теории биологической эволюции*», *Вестник РАН, т. 75, № 1. – 2005. – С. 36-40*.

Синтетическая теория эволюции возникла из синтеза классического дарвинизма и генетики популяций, успешно развивающейся в 1920-е – 1930-е годы в Советском Союзе, США, Великобритании и Германии. Особым путем шли к современному эволюционному учению *Джулиан Гексли* (1942, 1963), *Джордж Гейлорд Симпсон* (1946), *Эрнст Генрих Майер* (1968, 1974). Большой вклад в развитие теории эволюции внесли русские учёные – *Николай Алексеевич Северцов* (1827-1885), зоолог и *Алексей Николаевич Северцов* (1866-1936), эволюционист и особенно *Иван Иванович Шмальгаузен* (1884-1963), базировавшийся на эволюционно-морфологическом наследии А.Н. Северцова (1922, 1934, 1939, 1952) и широко использовавший последние достижения в области экспериментального изучения морфогенеза. И.И. Шмальгаузен (1938, 1939, 1942, 1946, 1968, 1969) не употреблял термина «синтетическая теория эволюции» и говорил просто о современном дарвинизме, противопоставляя его «неодарвинизму» *А. Вейсмана* (1905). «Неодарвинизм» А. Вейсмана и его теорию «зачаткового» отбора И.И. Шмальгаузен считал антидарвиновским. Построения А. Вейсмана частично оказались ошибочными, но он основывался (по выражению *К.М. Завадского, 1973*) «на поразительном даре предвидения направлений будущего развития науки».

А. Вейсман в 1883-1885 гг. предложил концепцию «зародышевой плазмы» («зачатковой плазмы»). Зародышевая плазма – материальная субстанция ядер половых клеток, определяющая совокупность наследственных задатков организма.

Половые клетки (по А. Вейсману) не стареют и обеспечивают непрерывность передачи зародышевой плазмы из поколения в поколение (потенциальное бессмертие). Поэтому никакие изменения, возникающие в соматических клетках (не половых) не могут передаться потомству. Наследственные изменения возникают только при непосредственном воздействии на зародышевую плазму в хромосомах.

Гипотеза «зачаткового отбора» (1896 г.), как дополнение к дарвинизму, утверждает: наиболее сильные элементы зародышевой плазмы (детерминанты) в процессе конкуренции за зародышевый материал увеличиваются в размерах, обеспечивая усиленное развитие соответствующих органов, а более слабые уменьшаются и могут исчезнуть, что ведет к ослаблению или исчезновению зависящих от них органов. В результате лишь часть детерминантов передается следующему поколению.

Высшей точкой развития синтетической теории эволюции было появление молекулярной генетики и раскрытие генетического кода. Но последовавшие за этим открытия в области механизма мутаций незаметно привели к серьезному кризису в синтетической теории. Открытие обратной транскриптазы показало возможность обратной транскрипции РНК в ДНК и подорвало «центральную догму молекулярной биологии», по которой преобразования в геноме идут только в одном направлении от ДНК к РНК и затем к белку. В это верил, например, такой выдающийся генетик, как *Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский (1900-1981)*, один из создателей теории микроэволюции. Еще более поразительным было открытие того факта, что у высших организмов (эвкариот) примерно половина генома не кодирует белки. И в кодирующих последовательностях огромное число точечных мутаций может быть селективно нейтральными (Киселев, 2000). Подобные факты уже в 1980-х годах привели к возникновению в молекулярной биологии **теории нейтральности молекулярной эволюции** (*Кимура, 1985*). В геноме обнаружены мобильные элементы, играющие важную роль в регуляции активности генов.

Постепенно выяснилось, что транскрипция РНК по матрице ДНК, также как и обратная транскрипция ДНК по матрице РНК, проходит с сильно повышенным уровнем ошибок (в десятки раз) по сравнению с обычными при репликации ДНК (*Стил, Линдли, Бландэн, 2002*).

В результате диапазон генетической изменчивости при транскрипции резко возрастает, что расширяет возможности «зачаткового» отбора.

Выдающуюся роль сыграли достижения молекулярной генетики и в познании морфогенеза. Основные достижения связаны с **гомеотическими мутациями**. Гомеотические гены играют ключевую роль в определении плана строения многоклеточных животных. Механизм действия гомеотических генов изучен еще очень плохо.

Успехи молекулярной генетики уже привели к пересмотру воззрений на механизм наследственных изменений и на механизмы морфогенеза, тем не

менее можно с уверенностью сказать, что в теории эволюции важнейшее место по-прежнему занимает идея Ч. Дарвина о естественном отборе. Но в механизме мутаций большое место принадлежит молекулярным процессам самоорганизации (*Эйген, 1973*), о которых раньше мало что знали, а также случайным процессам нестатического характера, рассматриваемым в **теории физического хаоса** (*Дэвис, 1990*).

Бурный прогресс молекулярной генетики не означает, что организменные области эволюционной биологии утрачивают свое значение. Без таких направлений, как например, **эволюционная и функциональная морфологии**, немыслимы дальнейшие успехи в изучении организменной эволюции. Но после работ А.Н. Северцова, Дж. Симпсона и И.И. Шмальгаузена, в эпоху которых эволюционная морфология достигла расцвета, новых важных обобщений в этих разделах достигнуто относительно немного, тогда как молекулярная генетика, по существу, только начала развиваться и сейчас находится в периоде бурного расцвета.

В последние десятилетия достигнут значительный прогресс **эволюционных обобщений на экосистемном уровне**. Этому вопросу уделял большое внимание и сам Ч. Дарвин. В области экосистемных связей заметно стремление представить взаимоотношения видов в стабильных экосистемах предельно сбалансированными и гармоничными. Это верно только отчасти. Существующее равновесие в экосистемах постоянно может нарушаться, что проявляется, например, в колебаниях численности отдельных видов даже без влияния человека и без катастроф. Многие виды находятся под угрозой вымирания, причём не всегда это связано с деятельностью человека. Равновесие в экосистемах, затрагивающее хотя бы отдельные виды, может нарушаться и при массовом размножении болезнетворных бактерий и вирусов. Ещё живы воспоминания об эпидемиях чумы, оспы или жёлтой лихорадки. Да и сейчас очень опасной может быть даже обыкновенная краснуха, в случае заражения беременных женщин. Ещё недавно, вирусу герпеса не придавали особого значения, но выяснилось, что герпес не только высыпает в виде легкой сыпи на губах, но и тяжело поражает половые органы, а в некоторых случаях – и мозг человека. При всей сложности взаимосвязей в экосистемах и подчас непредсказуемом характере их нарушений преувеличением выглядит тенденция считать недопустимыми даже малейшие изменения, которые неизбежны при хозяйственной деятельности человека.

Сейчас наметился прогресс исследований и на биосферном уровне. **Биосферная эволюция** неразрывно связана с планетарными процессами эволюции Земли. В этой области отмечается значительный успех

исследований ранних этапов эволюции жизни в докембрии (*Соколов, 1997; Федонкин, 2000*).

Теория эволюции не может проходить и мимо вопроса о **происхождении жизни**, новая трактовка которого, основанная на концепции первичности мира РНК, дана академиком *А.С. Спириным* (2003 г.).

Теория эволюции непрерывно изменяется, охватывает все новые и новые области биологии и уже давно переросла рамки синтетической теории эволюции середины 20-го столетия. Большую роль в новом развитии теории сыграли *А.В. Яблоков, 1976, 1986; Н.Н. Воронцов, 1999; С. Гоулд, 2002; Л.П. Татаринов, 2005* и многие другие ученые. Завершить же продолжающийся синтез теории эволюции практически невозможно.

Новые открытия в биологии XXI века

В 2007 году объединение ученых университета Висконсис-Мэдисон и Киотского университета провели эксперимент, благодаря которому клетки кожи взрослого человека стали вести себя как стволовые клетки эмбриона. Клетка смогла трансформироваться практически в любой вид. Таким образом, клетки из ДНК человека могут стать органом для пересадки. Выращенный таким способ орган, не будет отторгаться организмом пациента.

Исследование «Геном человека», завершилось в 2006 году. Данный проект был назван самым важным исследованием в области биологии. Главная цель работы – определить последовательность нуклеотидов, а также изучить около 20 000 тыс. генов человека. Под руководством Джеймса Уотсона, в 2000 г. была представлена часть структуры генома, а в 2003 г. исследования структуры были завершены. Несмотря на то, что официально «Геном человека» был закончен в 2006 году, анализ некоторых участков продолжается и сегодня. Данное исследование открывает новые перспективы развития теории эволюции. Знания, полученные в ходе работы, уже активно используются в медицине.

Директор центра "Биоинженерия" РАН, академик Константин Скрыбин в своем выступлении отметил, что расшифровка генома, которую в конце 2009 года завершили в научном центре "Курчатовский институт", обошлась примерно в 40-50 тысяч долларов, тогда как первый в истории геном был расшифрован более чем за 3 миллиарда долларов. "Я уверен, что через два-три года... стоимость расшифровки одного генома составит 1 тысячу долларов", – сообщил Скрыбин. Он также отметил, что в рамках международного консорциума по изучению рака уже через три года будет собрано около 24 тысяч геномов пациентов с этим диагнозом, что, как

надеется академик, позволит выявить генетические различия у больных и здоровых людей, которые могут стать причиной возникновения заболевания.

Биологи дали наиболее точную на сегодняшний день оценку количества видов живых организмов в природе.

По данным ученых, на планете обитает 8,7 миллиона (с погрешностью 1,3 миллиона) видов существ, из которых примерно 7,7 миллиона составляют животные. В рамках работы ученые рассматривали только эукариоты — организмы, клетки которых содержат ядра (термин «вид» применяется только к эукариотам). Из-за этого, например, в «перепись» не попали археи и бактерии. Новый результат оказался гораздо точнее предыдущих оценок, которые лежали в пределах от 3 до 100 миллионов. Из нового исследования, в частности, вытекает, что примерно 86 процентов сухопутных и 91 процент морских организмов до сих пор не открыты. По оценке исследователей, для каталогизации неизвестных видов потребуется как минимум 480 лет интенсивных исследований. В рамках работы ученые использовали статистический метод анализа графа классификации различных видов. Им удалось построить интерполяционную модель, на основании которой они и сделали собственное предположение. По сути, ученые считали количество неизвестных видов на основании того, как классифицированы уже найденные (на настоящий момент известно 1,2 миллиона видов). По словам ученых, информация о разнообразии жизни на Земле является абсолютно фундаментальным знанием. В частности, подобные знания необходимы при изучении воздействия человеческой деятельности на экологию. Совсем недавно ученые обнаружили, что живые организмы распространены на планете шире, чем считалось до сих пор. Так, ученые обнаружили круглых червей, обитающих на глубине более километра. Ранее предполагалось, что многоклеточные на подобной глубине существовать не могут из-за высокого давления и отсутствия достаточного количества питательных веществ.

Лекция 6. История и область исследований экологии

Вопросы:

1. Понятие экологии, определения, предмет и области исследований.
2. Зарождение и становление экологии:
 - а) экология до Э. Геккеля (зарождение);
 - б) экология после Э. Геккеля (становление – 20-й век).
3. Экология сегодня, глобальные экологические проблемы.

1. Понятие экологии, определения, предмет и области исследований

Родоначальником экологии, давшим имя этой науке, считается немецкий зоолог *Эрнст Генрих Геккель (1834-1919)*.

Термин «экология» составлен из двух греческих слов: «oikos» (ойкос) – жилище, дом, местопребывание и «логос» – слово, знание, наука. Т.е., в буквальном переводе, экология – наука о жилище, о доме.

Э. Геккель в книге «Всеобщая морфология организмов» (1866) дал следующее определение **экологии**: познание экономики природы, одновременное исследование всех взаимоотношений живого с органическими и неорганическими компонентами среды, включая непременно неантагонистические и антагонистические взаимоотношения растений и животных, контактирующих друг с другом.

В 1868 г., в книге «Естественная история миротворения» Э. Геккель предложил более краткое определение: **экология** – наука об экономии, образе жизни, о внешних жизненных отношениях организмов друг с другом.

В настоящее время термин «экология» понимается и применяется очень широко (и, к сожалению, слишком неопределённо).

Приведу два современных определения экологии.

Экология – наука об отношениях растительных и животных организмов и их популяций друг с другом и со средой обитания (Израэль с соавт., 1987, с. 9).

Экология – биологическая наука, изучающая организацию и функционирование надорганизменных систем различных уровней: популяций, биоценозов (сообществ), биогеоценозов (экосистем) и биосферы (Биол. энциклопед. словарь, 1989, с. 730).

Исходя из широкого понимания термина «экология», российский эколог *Николай Фёдорович Реймерс (1931–1993)* в словаре-справочнике «Природопользование» (1990 г.) дал классификацию понятия «экология», включающую 30 ее определений. А в учебном пособии *Геннадия*

Самуиловича Розенберга (родился в 1949 г.) с соавторами (1999 г.) приведено более 60 определений экологии. Анализ этих понятий позволяет отметить, что сегодня категория «экология» отражает сложный междисциплинарный научный комплекс идей, проблем, знаний о природе, о влиянии природы на человека, о взаимоотношениях в системе «природа-общество».

Академик *Никита Николаевич Моисеев (1917-2000)* в книге «Расставание с простотой» (1998 г.) характеризует **экологию** (человеческого общества), как науку о том, как человечеству существовать в роли «элемента биосферы» (по Палехова П.В., 2000, с. 33-35).

В настоящее время всё еще нет общепризнанного определения экологии как науки. Если рассматривать экологию как биологическую дисциплину, то можно выделить две трактовки понимания этой науки. Первая, более широкая по смыслу, следующая: **экология** – это наука об отношениях (взаимодействиях) организмов друг с другом и с окружающей средой (Скуфьин, 1986, с.7).

В качестве **предмета исследования** изучаются организм или особь, популяция, биоценоз, экосистема, иногда вид.

Экология в более узком смысле, или **общая экология** – это учение об экосистемах, раскрывающее общие закономерности их состава, структуры, функционирования и эволюции.

В такой трактовке экология с одной стороны, имеет широкие возможности для внедрения экологического принципа в биологические науки, а с другой – опирается на свой собственный объект исследований, приобретая базу для научных исследований и экспериментов.

Существует еще одно толкование **экологии** – как науки, выходящей за рамки биологии, стоящей на стыке биологических, географических, технических и социальных наук (Скуфьин, 1986, с. 7-8).

По мнению профессора *Виктора Аполлоновича Кобылянского (1942-2007)*, занимающегося философскими вопросами экологии, экология, хотя и зародилась в недрах биологии, не является чисто биологической дисциплиной. Он предлагает (2003 г.) подразделять ее на биоэкологию (биологическую), геоэкологию (географическую), социоэкологию (социальную), а так же выделяет биосферологию как глобальную биологическую науку.

Однако он же предупреждает об опасности растворения всяких экологий в конкретных науках: географии, биологии, антропологии, социологии.

Специфическим объектом биоэкологии, по мнению В.А. Кобылянского, является любое взаимодействие косного и живого. Объектом экологии в

целом выступает то или иное экологическое взаимодействие, а предметом – изучение законов и принципов этого взаимодействия с целью его эффективного использования в деятельности людей (точнее – с целью минимизации вмешательства человека в механизм этого взаимодействия (Матвеев С.М.)).

Один из крупнейших современных экологов, академик РАН, директор Зоологического института РАН Александр Фёдорович Алимов (родился в 1933 г.) считает совершенно неоправданным выделение биоэкологии или геоэкологии, а также споры о том, биологическая ли это наука. Он напоминает, что в 1990 г. V-й Международный экологический конгресс определил экологию как биологическую науку.

В системе биологических наук, изучающих разные организационные уровни биосистем (см. табл.), экология занимает вполне определенное место. Главным объектом исследований экологии А.Ф. Алимов считает экосистему.

Таблица

Уровни биосистем как объекты исследования биологических наук

Уровень организации биосистем	Наука
Сообщества, экосистемы	Экология
Видовые популяции	Экология, популяционная генетика
Организмы	Естественная история (образ жизни), генетика, физиология, анатомия
Органы	Физиология, анатомия
Клетки	Клеточная биология, цитология
Органеллы, молекулы	Клеточная биология, молекулярная биология, биохимия

Академик А.Ф. Алимов даёт следующее определение экологии:

Экология – фундаментальная биологическая наука, исследующая системы надорганизменного уровня, их структуру и функционирование в пространстве и времени в естественных и изменяемых человеком условиях.

В качестве раздела экологии он считает возможным выделение социоэкологии (А.Ф. Алимов «Об экологии всерьёз», Вестник РАН, т. 72 № 12.– 2002, с. 1075-1080).

Ещё в конце 19 века экологию стали делить на **аутэкологию**, изучающую действие факторов среды на определенные виды и **синэкологию**, изучающую взаимоотношения организмов, а так же различные их совокупности (сообщества).

В настоящее время Высшей аттестационной комиссией (ВАК) РФ ученая степень по специальности «**Экология**» (03.00.16) присуждается по различным отраслям наук: биологические, физико-математические,

сельскохозяйственные, химические, технические – в зависимости от особенностей области исследований.

Специальность «экология» оценивается ВАК по следующим требованиям.

Формула специальности. Экология – наука, которая исследует структуру и функционирование живых систем (популяции, сообщества, экосистемы) в пространстве и времени в естественных и изменённых человеком условиях.

Предмет экологии: совокупность живых организмов (включая человека), образующих на видовом уровне – популяции, на межпопуляционном уровне – сообщество (биоценоз), и в единстве со средой обитания – экосистему (биогеоценоз).

Области исследований.

1. **Факториальная экология** – исследование влияния абиотических факторов на живые организмы с целью установления пределов толерантности и оценки устойчивости организмов к внешним воздействиям.
2. **Популяционная экология** – изучение закономерностей, управляющих динамикой численности популяций, их пространственной и демографической структурой. Установление механизмов, лежащих в основе регуляции численности видов и обеспечивающих устойчивость популяции в изменяющихся биотических и абиотических условиях.
3. **Экология сообществ** – изучение разнообразных типов межпопуляционных отношений (конкуренция, мутуализм, паразитизм и т.п.), обеспечивающих образование сообществ как систем с относительно стабильным видовым составом. Основные задачи: изучение механизмов, поддерживающих динамическое равновесие в сообществе; исследование временных и пространственных сукцессий.
4. **Системная экология** – изучение взаимодействия сообществ с абиотической средой обитания и закономерности превращений вещества и энергии в процессах биотического круговорота. В задачи системной экологии входят также: типизация экосистем и оценка биологической продуктивности основных трофических уровней в экосистемах разных типов.
5. **Прикладная экология** – разработка принципов и практических мер, направленных на охрану живой природы, как на видовом, так и на экосистемном уровне; разработка принципов создания искусственных экосистем (агроэкосистемы, объекты аквакультуры и т.п.) и управления их функционированием. Исследование влияния антропогенных факторов на

экосистемы различных уровней с целью разработки экологически обоснованных норм воздействия хозяйственной деятельности человека на живую природу.

- б. **Экология человека** – изучение общих законов взаимодействия человека и биосферы, исследование влияния условий среды обитания на людей (на уровне индивидуума и популяции). Разработка принципов и механизмов, обеспечивающих устойчивое развитие человеческого общества при сохранении биоразнообразия и стабильного состояния природной среды.

2. Зарождение и становление экологии

а) экология до Э. Геккеля (зарождение)

Историю формирования «экологических» представлений (о связях между популяциями животных, растений и условиями их местообитания) можно начать с первобытного человека. Естественно, практическая жизнь требовала соответствующих знаний и навыков. Древнегреческие мыслители также не обошли вниманием связи между растениями, животными и окружающей средой.

Но вряд ли «экологическое сознание» можно считать зарождением экологии как науки. Более весомо экологические представления проявились в трудах ученых-биологов в 18-м – начале 19-го века. Совокупность таких, экологически ориентированных, работ постепенно высветила необходимость выделения специальной дисциплины, **экологии**, что и было предложено Э. Геккелем в 1866 г., в книге «Всеобщая морфология организмов».

Наиболее интересны и заслуживают внимания в качестве предтеч экологии следующие труды:

- «Естественная история» французского биолога-путешественника *Жоржа-Луи Леклерка Бюффона (1707-1788)* – многотомный труд, за который Бюффон был подвергнут гонениям со стороны церкви (из-за смелых высказываний об эволюции) и был вынужден публично, в Сорбонне, отречься от своих взглядов, как «противоречащих рассказу Моисея» (Юсуфов, Магомедова, 2003);
- «О земных слоях» *Михаила Васильевича Ломоносова (1711-1765)*, где он высказывает идеи эволюционного развития животного мира и почвы;
- «Зоогеография Азиатской России» и «Флора России» соратника М.В. Ломоносова по Петербургской академии *Петра Симона Палласа (1741-1811)*. Исследования Палласа и представленная им генетическая связь между систематическими группами животных в виде разветвлённого дерева оказали большое влияние на развитие экологии животных.

Исследования немецкого ученого и путешественника *Александра фон Гумбольдта (1769-1859)* заложили основы экологической географии растений: в 1807 г. им опубликованы «Идеи о географии растений». А. Гумбольдт путешествовал по Америке, Сибири, Алтаю и другим странам, и на основе обширного фактического (ботанического в первую очередь) материала выделил 19 типов растительных формаций, продемонстрировал роль климата в формировании групп растительных ландшафтов, сформулировал положения о широтной и высотной зональности.

Основы экологической зоогеографии проявились в трудах русского зоолога *Эдуарда Александровича Эверсмана (1794-1860)*; описывая зоографию Оренбургского края («Естественная история Оренбургского края», 1840 г.) он много внимания уделял биотическим связям видов. Э. Эверсман разделил описываемую территорию на полосы, различающиеся климатически, составом флоры и фауны, по типу ландшафтных зон.

Развитие экологических идей в ботанике (основы экологии растений) связано с именем швейцарского ученого *Огюстена Пирама Декандоля (1778-1841)*. Он, в частности, ввёл понятие «местообитание вида», в отличие от географического местонахождения.

Следует так же упомянуть об успешном изучении питания растений в первой половине 19-го века, которое привело к формированию принципа **круговорота веществ в природе**.

Член-корреспондент Петербургской академии наук, немецкий химик, *Юстус Либих (1803-1873)* в 1840 г., в докладе «Органическая химия и её приложение к земледелию и физиологии растений» на основе экспериментов отверг идею о возможности поглощения корнями готовых органических веществ и показал значение минеральных элементов почвы, углекислого газа атмосферы, воды для питания растений. По его мнению, минеральные вещества, извлекаемые растениями из почвы, должны быть обязательно возвращены обратно, для сохранения плодородия почвы – **закон возврата или минимума**.

Основоположником Российской школы экологов («отцом экологии») по праву считается профессор Московского университета *Карл Францевич Рулье (1814-1858)*. За свою короткую, 44-летнюю жизнь он выявил целый ряд экологических закономерностей, обосновал многие экологические понятия, проводил исследования по широкому кругу вопросов биологии.

В частности, К. Рулье указывал, что все животные и растения одной местности не только связаны друг с другом, но и сама эта связь является необходимым условием их длительного существования, он назвал это явление «**закон общения организма со средой**». Такое общение ведет к

возникновению изменений у животных, т.е. к приспособлению – «**закон подвижности жизненных элементов**». Он выдвинул также «**закон многопричинности биологических явлений**» и выступал против принципа «изначальной целесообразности» в живой природе как лишённого основания.

В додарвиновской биологии К. Рулье наиболее близко подошел к пониманию эволюционного процесса, тесно увязывая его с геологическими событиями на поверхности Земли. При этом он считал, что эволюция идёт не только по пути повышения организации, но в большей мере формирования многообразия.

К. Рулье говорил о необходимости выделения новой науки, хотя термина «экология» ещё не существовало.

Идеи К. Рулье получили развитие в трудах его ученика *Николая Алексеевича Северцова (1827-1885)*, работавшего в Воронежской губернии. Его магистерская диссертация «Периодические явления в жизни зверей, птиц и гад Воронежской губернии», опубликованная в 1855 г., содержит зрелый экологический анализ богатого животного мира лесостепи Русской равнины по комплексу признаков. Особенности животных в ней рассматриваются во взаимодействии с факторами среды, растениями и условиями предшествующих поколений.

Заслуга Н.А. Северцова состоит также в обосновании принципа (или метода) необходимости длительного стационарного изучения животных в сообществах во взаимодействии с комплексом биотических и абиотических условий их обитания.

Следует отметить большой вклад в развитие экологии растений (и зарождение дендрохронологии) русского ученого, ботаника и лесоведа *Андрея Николаевича Бекетова (1825-1902)*. В статье «Гармония в природе» (1859 г.) он подчёркивал, что причина строения, наружного вида и всей сущности каждого существа заключается в окружающих условиях. Он сформулировал **общий закон плодовитости**: «чем растение легче подвержено истреблению, тем многочисленнее его средства к размножению. Количество семян тем значительнее, чем растение проще построено». С другой стороны растения даже и сложного строения, но скоропроходящие, также производят более семян, чем растения долговечные (цит. по Юсуфов с соавт., 2003, с. 93-94).

В другой работе «О влиянии климата на возрастание сосны и ели» (1868 г.), А.Н. Бекетов отмечал, что внешние условия различно действуют на рост деревьев, и что факторы, определяющие утолщение слоев у одних деревьев, вызывают совершенно противоположные явления у других (цит. по Битвинкас, 1974, с. 10).

Опубликование теории Ч. Дарвина о происхождении видов путем естественного отбора (1859 г.) способствовало становлению экологии как самостоятельной научной дисциплины. Это и не удивительно – естественный отбор, ведущий фактор эволюции, базируется на отношениях организма с окружающей средой, т.е. на экологическом предмете исследований.

С учетом достижений в области зоо- и фитогеографий, и опираясь на идеи Ч. Дарвина, Э. Геккель для акцентирования внимания на роли экологических факторов в формировании облика живой природы и предложил выделить специальную дисциплину «**ЭКОЛОГИЯ**».

Возросший интерес к задачам экологии и развитие исследований экологической направленности имели большое значение для внедрения экологического мышления в разные области биологии. В свою очередь, развитие биологии положительно сказалось на формировании экологии как науки, конкретизации её методов и проблем, представлений о популяции как об экологическом элементе, определяющем как взаимодействие видов со средой, так и сложные межвидовые взаимоотношения.

б) экология после Геккеля (становление – 20-й век)

В 1875 г. австрийский геолог *Эдуард Зюсс (1831-1914)* предлагает понятие «**биосфера**», а в 1877 г. немецкий гидробиолог *Карл Август Мёбиус (1825-1908)* описывает животнo-растительное сообщество устричной банки (мели) в Северном море и даёт ему название «**биоценоз**».

В конце 19-го столетия замечательный русский ученый, почвовед и географ *Василий Васильевич Докучаев (1846-1903)*, изучив природную зональность на территории России, выделяет естественно-исторические зоны суши (позднее названные ландшафтно-географическими).

Климент Аркадьевич Тимирязев (1843-1920), ученик А.Н. Бекетова, вошедший в историю мировой физиологии растений как один из основоположников учения о фотосинтезе, много сделал для популяризации дарвинизма в России и формирования экологического мышления.

В начале 20-го века оформились биологические школы гидробиологов, фитоценологов, ботаников, зоологов, в каждой из которых развивались определённые стороны экологической науки.

В это же время оформилось лесоведение как учение о лесе (экология леса), основоположником которого является *Георгий Фёдорович Морозов (1867-1920)*. В 1904 г. в Лесном журнале публикуется его работа «О типах

насаждений и их значении в лесоводстве», а несколько позже (1912 г.) выходит в свет его фундаментальный труд «Учение о лесе».

В 1910 г. на III Международном ботаническом конгрессе в Брюсселе (Бельгия) экологию официально разделили на **экологию организмов (аутэкологию)** и **экологию сообществ (синэкологию)**.

В 1914 и 1916 гг. в Великобритании и США организуются экологические научные общества, а с 1920 г. это общество в США начинает выпуск журнала «Экология». Экологию начали преподавать в ряде университетов мира. В 1924 г. *Рихард Гессе (1868-1944)*, немецкий зоолог, вводит в науку понятие «**биотоп**». В 1926 г. публикуется «Биосфера» В.И. Вернадского. *Владимир Иванович Вернадский (1863-1945)* своими идеями и теоретическими исследованиями намного опередил современную ему науку и подготовил условия для понимания целостности биологических организмов и физической среды их обитания, определил понятие «**биосфера**» как глобальную функцию живого вещества (по Палехова П.В., 2000, с. 34).

Первая половина 20-го века – безусловно, расцвет экологического направления в науке.

В 1920-е – 1930-е годы формируется **популяционная экология**: *Ч. Элтон, 1927, 1930; С.А. Северцов, 1930, 1941; А.Н. Формозов, 1935; Г.Ф. Гаузе, 1945* и др.

В это же время в нашей стране интенсивно развивается **фитоценология**, трудами *В.Н. Сукачёва (1925, 1942 и др.)* и ряда других исследователей: *В.В. Алехина, 1916, 1928; Б.А. Келлера, 1927; Л.Г. Раменского, 1925, 1938; А.П. Шенникова, 1937.*

Выдающимся советским геоботаником *Владимиром Николаевичем Сукачёвым (1880-1967)* создано **учение о биогеоценозе (биогеоценология)**. Сам термин «**биогеоценоз**» предложен В.Н. Сукачёвым в 1942 г. В биогеоценологии связь биогеоценоза и биотопа (экотопа) выражена в виде взаимобмена веществом и энергией. Термин «**экотоп**» предложен *Георгием Николаевичем Высоцким (1865-1940)*, русским почвоведом, лесоводом, географом в 1915 г.

В.Н. Сукачёв разработал принципы комплексного биогеоценологического изучения живой природы, а также применил их в работах по реконструкции былых биогеоценозов четвертичного периода. На основе биогеоценологического подхода, В.Н. Сукачёв разработал **учение о типах леса** (типах лесного биогеоценоза).

В 1935 г. английский ученый *Артур Тенсли (1871-1955)* ввёл в экологию понятие «**экологическая система**» (в работе «Правильное и неправильное использование концепции и терминов в экологии растений»).

Эти два понятия (**экосистема** и **биогеоценоз**) в современной научной литературе часто употребляются как синонимы, хотя, определённое отличие этих понятий существует. Термин «экосистема» в настоящее время определяют как совокупность организмов и среды их обитания (Словарь иностранных слов, 1993), и – по А. Тенсли – экосистема не имеет чётко выраженных границ. Тогда как биогеоценоз привязан к местообитанию (учитывая приток энергии), для биогеоценоза обязательно наличие 3-х компонент – живого, косного и биокосного вещества.

Развитие экосистемного анализа привело к возрождению на новой – экологической – основе **учения В.И. Вернадского о биосфере**. В его поздних трудах («Несколько слов о ноосфере», 1944 г.) биосфера предстаёт как глобальная экосистема, стабильность функционирования которой основана на экологических законах обеспечения баланса вещества и энергии.

К сожалению, развитие экологии в СССР было заторможено сначала Великой Отечественной войной, а затем августовской 1948 г. сессией ВАСХНИЛ, где победили антинаучные взгляды Т.Д. Лысенко. Подверглось нападкам учение о биосфере В.И. Вернадского. Взгляды таких экологов, как *Д.Н. Кашкар*, *Г.Ф. Гаузе*, *А.Н. Формозов* (исследования в области взаимоотношений видов), *Г.Г. Винберг* (гидробиология), *В.С. Ивлев* (трофология) и др. были публично осуждены. Ставилось под сомнение существование экологии как науки.

Примерно с середины 60-х годов в нашей стране начинается подъём биологии, продолжается развитие экологии.

Значительные успехи в изучении наземных и водных экосистем были достигнуты в рамках Международной биологической программы (МБП) 1964-1974 гг. Ведущая роль исследований, выполненных в нашей стране под руководством русского гидробиолога *Георгия Георгиевича Винберга (1905-1987)*, признана мировым научным сообществом.

Во второй половине 20-го века множество работ посвящается вопросам общей экологии. Среди них «Глобальная экология» *М.И. Будыко (1977)*, «Основы экологии» *Р. Дажо (1975)*, «Основы общей экологии» *Р. Риклефса (1979)*, «Экология» (1968), «Основы экологии» (1975) *Ю. Одума*, «Основы учения о биосфере» *Г.В. Войткевича и В.А. Вронского (1989)*, «Экология. Теория, законы, правила, принципы и гипотезы современной «большой» экологии» *Н.Ф. Реймерса (1994)* и многие другие.

Значительное внимание уделяется проблемам сохранения природных ресурсов, рационального природопользования и охраны природной среды: *Новиков Г.А.* «Основы общей экологии и охраны природы», 1979; *Иоганзен Б.Г.* и др. «Экология, биоценология и охрана природы», 1979; *Израэль Ю.А.* «Экология и контроль состояния природной среды», 1979; *Израэль Ю.А., Ровинский Ф.Я.* «Берегите биосферу», 1987; *Реймерс Н.Ф.* «Природопользование», 1990; *Скуфьин К.В.* «Экология и охрана природы», 1986 и др.

Много работ посвящается исследованиям достижений науки в решении экологических проблем: *Андерсон Дж. М.* «Экология и науки об окружающей среде: биосфера, экосистемы, человек», 1985; *Е.А. Ваганов* и др. «Экологическая биофизика (т. 2)», 2002; *С.И. Розанов* «Общая экология», 2003; *Харченко Н.А., Лихацкий Ю.П.* «Экология», 2003.

В последние годы ряд работ посвящается философским проблемам экологии. В первую очередь это труды академика *Н.Н. Моисеева* «Расставание с простотой», 1998; «Универсум, информация, общество», 2001; а также профессора *В.А. Кобылянского* «Философия экологии», 2003.

3. Экология сегодня, глобальные экологические проблемы

Сначала экология была преимущественно эмпирической и описательной наукой, пытающейся собрать и как-то упорядочить огромное количество данных, касающихся распределения и динамики численности различных организмов, а также существование различных надорганизменных систем – популяций, сообществ, экосистем и всей биосферы.

В теоретическом базисе экологии на протяжении 20-го века произошли серьезные изменения. В 1920-х годах важная роль ещё принадлежала аналогиям, заимствованным из других наук, в частности, физической химии или экспериментальной эмбриологии. К концу столетия на первое место стали выходить собственно экологические принципы, следующие из таких элементарных, присущих всем организмам, свойств, как размножение, экспоненциальный рост численности и наличие ограничений, накладываемых на этот рост средой и структурно-функциональными особенностями организмов.

Сдвиг акцентов отразился и на современном операциональном определении экологии как науки о взаимодействиях, определяющих (де-факто – «ограничивающих») обилие и распространение организмов (*Гиляров А.М., 2005 «Перестройка в экологии: от описания видимого к пониманию скрытого», Вестник РАН, т. 75, № 3, с. 214-223).*

Алексей Меркурьевич Гиляров, доктор биол. наук, проф. кафедры общей экологии биофака МГУ, подчёркивает прогрессивную роль в развитии экологии методологии редукционизма (от латинского reduction – отодвигание назад, возвращение) – принцип, утверждающий возможность сведения высших явлений к низшим, основополагающим. Подчеркивает, что основные процессы, определяющие существование и взаимодействие популяций, не настолько сложны, чтобы их нельзя было изучать с помощью простых математических и лабораторных моделей.

В качестве примера А.М. Гиляров приводит расхождение во взглядах на методологию изучения растительного покрова между В.Н. Сукачевым и *Леонтием Григорьевичем Раменским (1884-1953)*.

В трудах В.Н. Сукачева фитоценоз – растительное сообщество, рассматриваемое как «дискретная целостная система с детерминированным развитием». Растительный покров для Л.Г. Раменского – это не совокупность сообществ, а «многими факторами обусловленная текучая непрерывность, сложно отзывающаяся на смену условий в пространстве и во времени». Л.Г. Раменский выражал решительное несогласие с доминирующими представлениями о расчленении растительности на неподвижные единицы (ассоциации, сообщества), подчеркивая, что все течёт, не считаясь ни с какими условными границами... устойчивы же не группировки, а только законы сочетаемости растений, они и подлежат изучению».

По мнению А.М. Гилярова, здесь наблюдается антагонизм во взглядах между органицизмом (интегратизмом, холизмом, детерминизмом) и континуализмом (стохастизмом, редукционизмом). Редукционисты обращаются к более элементарным (а главное – более реальным) объектам – локальным популяциям разных видов.

К настоящему времени экология стала способна не только описывать (в том числе и количественно) исследуемые структуры и процессы, но и объяснять их, причем объяснение касалось как непосредственных механизмов, лежащих в основе тех или иных явлений, так и возможностей их эволюционного происхождения. От описания статики экологии перешли к анализу динамики, в том числе к тем скрытым процессам, которые поддерживают стационарное состояние популяций, экосистем и биосферы.

В экологии постепенно выработался набор методологий, позволяющих анализировать цепочки причинно-следственных отношений и вскрывать не всегда очевидные механизмы взаимодействий организмов как между собой, так и с неживыми компонентами среды. В основе этих методологий лежат базовые понятия современного естествознания: законы сохранения, принципы термодинамики, закономерности структурно-функциональной организации живых организмов и др. (Гиляров, 2005).

Очень важная особенность современного этапа развития экологии – это растущее осознание того, что любая выявленная упорядоченность структуры строго привязана к определенному масштабу пространства – времени и,

соответственно, может существенным образом изменяться или вообще никак не обнаруживаться при использовании иного масштаба.

В современной экологии наблюдается радикальное расширение горизонта исследований (Гиляров, 2005).

Глобальные проблемы человечества (экологические проблемы)

Причиной обострившихся до предела к началу 21-го века глобальных экологических проблем стали демографический взрыв и одновременная научно-техническая революция.

Просто и ёмко эта мысль выражена в работе *Эмори Лавинса (Amory Lovins)*, (родился в 1947 г.) «Роль эффективного энергопотребления» (Глобальное потепление, 1993, с. 102):

«Земля круглая – это факт, и этот факт кладёт ясно различимый предел, как росту населения, так и темпам роста индустриализации. Биосоциальная ёмкость сферы жизни не беспредельна – именно это, вкупе с явлением невозобновляемости большинства ресурсов, ограничивает разрастание «процесса «лос-анжелизации» нашей планеты».

Один из основоположников исследований по проблемам окружающей среды в нашей стране, ученый-геолог, академик и вице-президент РАН *Александр Леонидович Янин (1911-1999)* перечислил **главные экологические проблемы**, возникшие под влиянием антропогенной деятельности (материал подготовлен к печати после его смерти, в 2000 г.):

1. Нарушение озонового слоя.
2. Обезлесивание и опустынивание территорий.
3. Загрязнение атмосферы и гидросферы.
4. Выпадение кислотных дождей.
5. Уменьшение биоразнообразия.

Необходимы широкие исследования и глубокий анализ изменений в области глобальной экологии для создания возможности принятия кардинальных решений с целью сокращения ущерба природным условиям (*Янин А.Л., «Потепление климата и другие глобальные экологические проблемы на пороге XXI века», Экология и жизнь, № 1(18), 2001, с. 43-44.*)

Можно также выделить ряд экологических проблем, характерных для **лесостепной зоны**:

1. Аридизация.
2. Снижение лесистости.
3. Деградация почв.
4. Гибель малых рек.
5. Ухудшение способности экосистем и агроландшафтов к саморегуляции и естественному восстановлению.

Лекция 7. Учение о биосфере В. И. Вернадского

Вопросы:

1. Общие принципы функциональной структуры экосистем (законы Коммонера, закон Вернадского).
2. Учение о биосфере:
 - а) зарождение учения;
 - б) структура биосферы и биотический круговорот;
 - в) ноосфера, антропогенное воздействие на биосферу.
3. Ритмика в природе.
4. Биосферология.
5. Экологические ориентиры цивилизации.

1. Общие принципы функциональной структуры экосистем (законы Коммонера, закон Вернадского)

Основной проблемой экологии считается продуктивность и стабильность экосистем, иначе говоря – продуцирование, накопление и расходование органических веществ в **биокозных** (не живых, но «соприкоснувшихся с живым», созданных при участии окислительно-восстановительных процессов) системах с учётом сохранения и постоянного самообновления элементов этих систем и сформированных ими вещественно-энергетических отношений.

Экосистема – это элементарная единица биосферы, начиная с уровня которой осуществляется относительно устойчивый круговорот веществ и поточная система расходования энергии Солнца (Скуфьин, 1986, с. 29).

Стабильность экосистем поддерживается наличием компенсационных механизмов, позволяющих дополнять отрицательное влияние изменения какого-либо одного элемента экосистемы положительным изменением другого, и наоборот.

Способность экосистемы противостоять изменениям её абиотических и биотических элементов (компонентов) и сохранять длительное время свойственную ей равновесность продуцирования и разложения органического вещества, поддерживая тем самым качественный состав функционального механизма биотического круговорота, называется **гомеостазом**.

Гомеостаз основан на обратной связи, которая противостоит нарушающему систему воздействию и тем самым гасит его последствия.

Обратная связь складывается из сочетания положительной и отрицательной связей.

Экосистема включает в себя сложное сочетание кругообразных замкнутых связей, соединённых компенсаторными отношениями (подобно сети паутины).

Соответственно, она ведёт себя как управляемая система, подобно кораблю с рулём (иначе – кибернетическая система, от греческого «кибер» – руль). Правильный курс такого корабля поддерживается не жёстким контролем прямолинейности, а компенсационными поворотами руля вправо и влево, что приводит к синусоидальному движению с переменным отклонением в обе стороны от правильного курса (циклическое движение, гармоника, «волна») (по Скуфьин, 1986).

Частота и амплитуда колебаний циклического движения зависят от скорости движения и инерции системы. Скорость задаётся космическими ритмами, а устойчивость существования экосистем зависит от разнообразия и количества компенсаторных связей – биоразнообразия.

Приложив это правило к экосистеме, можно рассчитывать, что гомеостаз будет выше, а система – стабильнее, устойчивее, если её продуктивность, производительность выше и больше инерция, или биомасса.

Гомеостаз лесной экосистемы высок, т.к. велика её биомасса и высока продуктивность (нарастание биомассы, производительность) т.е. лесная экосистема, естественного происхождения, – устойчива. Высокий гомеостаз естественной экосистемы, в отличие от искусственно созданной, поддерживается богатым видовым составом (биоразнообразие), осуществляющим **принцип дублирования**, альтернативности обработки одних и тех же ресурсов.

Способность к гомеостазу (равновесию между продуцированием и разложением органики) представляет собой наиболее существенное свойство экосистемы. При всей специфичности слагающих, определяющих способность к гомеостазу какой-либо конкретной экосистемы, имеются **общие принципы**, характерные для всех экосистем, которые можно назвать экологическими принципами, а некоторые авторы именуют их экологическими законами.

В популярной, запоминающейся форме они представлены американским экологом *Барри Коммонером* (родился в 1917 г.) в книге «Замыкающийся круг» (опубликована на русском языке в Ленинграде, в 1974 г.) в виде 4 законов:

законы Коммонера:

1. Всё связано со всем.
2. Всё должно куда-то деваться.
3. Природа знает лучше.
4. Ничто не дается даром.

Первый закон представляет известный всем экологам, начиная с Геккеля, и до него, например – в работе А.Н. Бекетова «Гармония в природе» 1860 г., **принцип всеобщей связи** компонентов экосистемы. В.И. Вернадский охарактеризовал это важнейшее свойство биосферы как «единство живого вещества биосферы».

Второй закон Коммонера может быть обоснован рядом экологических принципов.

В экосистеме всё взаимосвязано, но связи устанавливаются не случайно, а избирательно, между компонентами, как-либо соответствующими друг другу. Т.е. можно говорить о **принципе соответствия** (относительного) компонентов экосистемы. Появление несоответствия у того или иного компонента экосистемы будет влиять на биотический круговорот и другие динамические процессы в экосистеме: в ней возникнут реакции, приводящие к изоляции помехи, её сглаживанию или выталкиванию. Т.е. до определённого предела экосистема терпима к стрессу (нарушению) – **принцип упругости** экосистемы – но в ней возникают компенсаторные процессы, направленные противоположно воздействию извне. Возникший стресс не проходит бесследно, он вызывает в экосистеме цепную реакцию. Этот принцип называют также **принцип энергетического смещения, принцип Ле Шателье – Брауна** (подвижное равновесие), он распространяет физический закон (бегство от неблагоприятных внешних воздействий) на живую материю: экосистема стремится двигаться энергетически в сторону, обратную направлению внешнего воздействия. Возникновение цепных реакций в живой природе и отражено во втором законе Коммонера (Всё должно куда-то деваться).

Третий закон Коммонера (Природа знает лучше) базируется на **принципе консервативности** экосистемы: всякое нововведение в гомеостатическом механизме вредно для него. Принцип основан на сложности и уникальности природных экосистем, способных миллионы лет сохранять и поддерживать сложность и совершенство процессов.

Принцип экологического равновесия или, иначе, **экологического баланса** Коммонер сформулировал в виде выражения «Ничто не даётся даром» (*четвёртый закон*).

Принцип экологического баланса предусматривает следующее: если на входе в экосистему поступило какое-то количество вещества, энергии или информации, то на выходе следует ожидать отдачи соответствующего количества и качества продукции, если же на выходе изъята определенная порция продукции, то на входе должно быть соответствующее изъятому поступление вещества, энергии или информации.

Названные **общие принципы функционирования экосистем** близки между собой и являются составными частями ещё более общего принципа, сформулированного и разработанного В.И. Вернадским в учении о биосфере – **принцип организованности биосферы (закон Вернадского)**, изложенный им в работе «Химическое строение биосферы земли и ее окружения», опубликованной в 1965 г.

По этому закону, любая по масштабам биокосная система, от биосферы до экосистемы, обладает определённой структурой, организованностью, выражающейся в том, что свойственное системе динамическое равновесие элементов постоянно нарушается закономерными колебаниями около каких-то точек, что отличает организованность от механизмов, свойственных неживой природе (Вернадский, 1965). Вероятно, точнее: не динамическое равновесие нарушается колебаниями, а динамическое равновесие и есть – равновесие, представляющее собой колебания (циклическая динамика) и потому – устойчивое (Матвеев С.М.).

2. Учение о биосфере

а) зарождение учения

Учение о биосфере создано выдающимся русским ученым-энциклопедистом, натуралистом и геохимиком *Владимиром Ивановичем Вернадским (1863-1945)* в первой половине 20-го столетия.

Представление о том, что живые существа нашей планеты взаимодействуют с внешней средой и влияют на изменение этой среды, возникло давно на основе наблюдений природных явлений.

Зарождение учения о биосфере обычно связывают с именем знаменитого французского натуралиста *Жана Батиста Ламарка (1744-1829)*, который предложил термин «биология», а также впервые высказал мысли о значении геохимической активности жизни в эволюции свойств поверхностной части Земли (в книге «Гидрогеология», 1802 г.).

Определение биосферы как особой поверхностной оболочки Земли (и сам термин «биосфера») были предложены австрийским геологом *Эдуардом Зюссом в 1875 г.* в его работе по геологии Альп «Лик Земли».

На *В.И. Вернадского*, безусловно, оказали влияние идеи *Климента Аркадьевича Тимирязева (1843-1920)* о способности хлорофильного зерна фиксировать и накапливать космическую энергию Солнца, а также его учителя, основателя почвоведения, *Василия Васильевича Докучаева (1846-1903)*, обосновавшего природную зональность как всеобщий закон природы, а возникновение почвы объяснившего совместным влиянием растительной и животной жизни на мертвый субстрат.

Факты и положения о биосфере накапливались постепенно в связи с развитием ботаники, почвоведения, географии растений и других, преимущественно биологических дисциплин. Элементы знаний, необходимые для понимания биосферы в целом, оказались связанными с возникновением экологии.

В свою очередь, учение В.И. Вернадского о биосфере имело большое значение для развития биологии и экологии.

Согласно учению В.И. Вернадского, в биосфере живое вещество и среда обитания связаны и взаимодействуют между собой, образуя целостную и динамичную систему.

В.И. Вернадский ввёл в науку новое понятие – **живое вещество** – как интеграцию жизни в целом и одновременно ее геохимической активности в масштабе глобального пространства и геологического времени.

б) вещественная структура биосферы

По В.И. Вернадскому, в биосфере различают следующие категории веществ (т.е. вещественную структуру биосферы):

1. **Живое вещество** (органика) – активная биомасса нашей планеты, заряженная геохимической энергией, способной перерабатывать почти все другие вещества. Только живое вещество придает биосфере основные ее качества – организованность и способность к самоуправлению и гомеостазу.
2. **Биогенное вещество** (рождённое, отходы жизни) – возникшее в результате концентрации (скопления) отходов жизненных процессов (каменный уголь, нефть, графит, торф, битум, известняк, мел, металлические руды, свободная сера, фосфориты, метан, сероводород, углекислота, молекулярный кислород, азот и др.). Эти вещества могут содержать большое количество зарезервированной энергии.
3. **Биокосное вещество** (соприкоснулось с живым) – образовавшееся в результате сложных взаимодействий живого и косного вещества

(почва, кора выветривания, природные воды, осадочные породы (в т.ч. граниты)). В широком смысле – это всё вещество экосистем, а биосферу можно считать биокосной оболочкой планеты.

4. **Косное вещество** – вещество, не взаимодействовавшее с живым веществом (застывшая лава, вулканический пепел и газы, метеориты, космическая пыль, горные породы). Сюда относят также элементы, проходящие через организмы без взаимодействия (инертные газы и металлы). Косного вещества в биосфере мало.

По В.И. Вернадскому, **биосфера** есть поверхностная оболочка Земли, глубоко переработанная живым веществом былых геологических эпох и содержащая в наше время как разные формы активной жизни, так и следы её геохимической активности в прошлом.

В.И. Вернадский сумел увидеть, понять и объяснить способность живого вещества биосферы не только приспосабливаться к окружающему её неорганическому миру, но и приспосабливать к своим потребностям неорганическую природу в масштабах геологического времени.

В биосфере происходит непрерывное перемещение и преобразование массы веществ и видов энергии в основном в замкнутой, циклической, самоподдерживающейся форме – т.е. **биотический круговорот веществ и энергии**.

Биотический круговорот основан на определённой структуре биосферы, которую В.И. Вернадский и назвал её «организованностью».

Единственное и важнейшее условие сохранения «организованности» (динамического равновесия) биосферы – определённая мера допустимой свободы поведения компонентов биосферы.

Биосфера Земли является древней, сложной, общепланетарной, термодинамически открытой саморегулирующейся системой живого и неживого вещества, аккумулирующей и перераспределяющей огромные по мощности ресурсы энергии.

Биосфера своими средствами и своей внутренней организованностью регулирует климат, состав атмосферы, круговорот воды, закрепляет почву и весь верхний слой материков, обеспечивает веществом и энергией весь цикл органической жизни на планете, а также обеспечивает природными ресурсами все виды деятельности человека.

По В.И. Вернадскому, самое существенное отличие биосферы от всех других геологических оболочек – это **биогенная миграция** (перемещение) атомов химических элементов, вызываемая лучистой энергией Солнца и проявляющаяся в процессе обмена веществ, росте и размножении организмов.

В.И. Вернадский выделяет ведущие **принципы миграции атомов**:

1. Биогенная миграция атомов стремится к максимальному проявлению: возникает «всюдность» жизни;
2. Эволюция видов в ходе геологического времени приводит к выживанию организмов, увеличивающих биогенную миграцию атомов;
3. По мере развития биосферы увеличивается значение нейронного и мозгового вещества в биогенной миграции атомов.

Третий принцип находит естественное продолжение в грядущей **ноосфере**.

в) ноосфера, антропогенное воздействие на биосферу

В.И. Вернадский впервые сформулировал идею о том, что человеческий фактор в развитии биосферы стал главенствующим, что деятельность людей даже там, где она ещё незначительна, растёт со скоростью, превышающей скорость эволюции природы.

Постепенное развитие живого вещества в пределах биосферы Земли приводит к изменению качественного состояния самой биосферы, к переходу её в ноосферу. Под **ноосферой** понимают сферу взаимодействия природы и общества, в которой разумная деятельность людей становится главным, определяющим фактором развития.

Термин и понятие «**ноосфера**» (от греческого «ноос» – разум) ввёл в научный оборот в 1925 г. *Пьер Тейяр де Шарден (1881-1955)*, палеонтолог, участник экспедиции, обнаружившей в 1929 г. одного из предков человека – синантропа. Лекции В.И. Вернадского прочитанные в Сорбонне и беседы с П. Тейяр де Шарденом, знатоком древней истории, вдохновили *Эдуарда Леруа (1870-1954)*, французского математика и философа, на создание двух крупных работ, изданных в 1928 и 1929 гг. Он описал эволюцию человека, этапы формирования человечества и создание на Земле ноосферы. Новый термин — **ноосфера** — вошёл в науку.

П. Тейяр де Шарден и Э. Леруа понимали **ноосферу** как органическое продолжение биосферы, как сферу рефлексии (самопознания) человеческого разума, человеческого творчества, человеческого труда. Они писали, что основанием этого нового единства является человек, идёт процесс гоминизации, «очеловечивания».

О ноосфере П. Тейяр де Шарден писал так: «Гармоничная общность сознаний эквивалентна своего рода сверхсознанию. Земля не только покрывается мириадами крупинки мысли, но окутывается единой мыслящей оболочкой, образующей... одну обширную крупинку мысли в космическом масштабе. Множество индивидуальных мышлений группируется и усиливается в акте одного единодушного мышления».

«Ноосфера стремится стать одной замкнутой системой, где каждый элемент в отдельности видит, чувствует, желает, страдает так же, как все другие, и одновременно с ними».

На все работы П. Тейяр де Шардена Ватиканом был наложен запрет вплоть до самой смерти ученого в 1955 г. в США, куда он вынужден был уехать. Его главная работа, «Феномен человека», не была издана при жизни, её опубликовали лишь в 1961 г.

В.И. Вернадский, развивая свое учение о биосфере, рассматривал **ноосферу** как высшую стадию развития биосферы, связанную с возникновением и развитием в ней человеческого общества.

Возникновение человеческого общества явилось результатом длительного развития живого вещества в пределах биосферы.

Появление человека на Земле предопределило неизбежность возникновения нового состояния биосферы – переход ее в ноосферу, оболочку разума, охваченную социальной целенаправленной деятельностью самого человека.

Однако первоначально в пределах биосферы возникла сфера первобытной деятельности человеческого общества, которая может быть названа **антропосферой** (Войткевич с соавт., 1989).

В ходе своего развития антропосфера, охватившая первоначально стихийную деятельность человеческого общества, должна перейти в ноосферу – сферу сознательной деятельности.

Становление ноосферы в современную эпоху тесно связано с овладением различными формами движения материи – первоначально механической, потом тепловой, химической, атомно-ядерной. На очереди овладение человеком биологической формой движения – создание живых форм с помощью методов и средств биотехнологии и генной инженерии (примеры тому уже есть – овечка Долли, крыса, кошка, щенок, созданные методом клонирования клеток).

Оценивая роль человеческого разума и научной мысли как планетарного явления, В.И. Вернадский пришел к следующим выводам:

1. Ход научного творчества является той силой, которой человек меняет биосферу, в которой он живёт.
2. Это проявление изменения биосферы (т.е. в результате научного творчества) есть неизбежное явление, сопутствующее росту научной мысли.
3. Это изменение биосферы происходит независимо от человеческой воли, стихийно, как естественный природный процесс.
4. Так как среда жизни есть организованная оболочка планеты – биосфера, то вхождение в неё, в ходе её геологически длительного

существования, нового фактора её изменения – научной работы человечества – есть природный процесс перехода биосферы в новую фазу, в новое состояние – в ноосферу.

5. В переживаемый нами исторический момент мы видим это более ясно, чем могли видеть раньше. Здесь вскрывается перед нами «Закон природы».

Т.к. любое «нововведение» нарушает гомеостаз, а сильное – нарушает сильно, в результате изменяется сама система (экосистема, биосфера) (Матвеев С.М.).

Развитие человеческого общества создаёт и серьёзные проблемы для самого существования биосферы.

Массовое потребление продуктов фотосинтеза прошлых геологических эпох в энергетических целях приводит к **смещению в биосфере химического равновесия в сторону, противоположную глобальному процессу фотосинтеза.**

Это неизбежно приводит к росту содержания углекислого газа в атмосфере и уменьшению содержания свободного кислорода.

Жизнедеятельность человеческого общества приводит к **рассеиванию энергии Земли**, а не к её накоплению, что было характерным для биосферы до появления человека. Возникает важная энергетическая проблема.

Человеческая деятельность в целом, так, как она формировалась до сих пор, способствует разрушению биосферы.

Небывалая скорость технического прогресса не дала возможности накопления в поколениях людей эмпирического (практического) опыта эксплуатации ресурсов. Одна из важнейших современных проблем антропогенного воздействия на биосферу – **эгоистическая ориентировка в использовании ресурсов**, т.е. стремление получить от эксплуатации (использования) ресурсов максимальную прибыль любой ценой, в том числе и ценой гибели ресурса.

До тех пор, пока наши представления о биосфере не будут сформулированы и закреплены в виде незыблемых моральных норм, человечество не сможет победить в себе безответственного потребителя.

Экологическая мораль должна усваиваться со школьной скамьи и передаваться из поколения в поколение (*по Войткевич с соавт., 1989*).

Перед человечеством стоит задача – объединить природу и человека в единое целое (или – понять, что человек неотделим от природы), взять на себя ответственность за многовековое гармоничное развитие этого единого целого.

По существу, это и будет ноосфера В.И. Вернадского, основанная на глубоком познании экологических законов биосферы, умении жить по этим

законам, а также предвидеть и, при необходимости, предотвращать все последствия своей жизнедеятельности.

3. Ритмика в природе

Становым хребтом организованности биосферы служит система ритмов.

Ритмикой называется повторяемость во времени комплекса процессов, которые развиваются в одном направлении (Войткевич с соавт., 1989, с. 107).

Ритмичность является основополагающим фактором пространственно-временной изменчивости природных явлений. Ритмы по-разному проявляются как во времени, так и в пространстве, что осложняет изучение и, в особенности, количественные оценки их проявления. В ритмичности принято различать периодическую и циклическую формы, для которых характерны повторения комплекса явлений через равные или переменные отрезки времени соответственно.

В природе события в своих существенных чертах повторяются через некоторый, не обязательно строго равномерный, промежуток времени, т.е. развиваются циклично. На длительные циклы развития накладываются циклы низших рангов. Короткоритмичные изменения климата связаны с колебаниями солнечной активности (микроциклы: 1800-1900 лет (цикл Шнитникова), 180-190 лет; наноциклы: 80-100 лет (вековой), 30-35 лет (цикл Брикнера), 22 года (магнитный или цикл Хейла), 11 лет (солнечный или цикл Швабе-Вольфа), циклы меньших порядков). Обращает на себя внимание иерархия циклов, которые вносят различный вклад в ход развития природных процессов.

Значение ритмики исключительно велико для биосферы, так как в ней идёт фиксация солнечной энергии растениями, а также происходит развитие органического мира и его эволюция.

Основные положения о пространственной и временной изменчивости природных процессов в различных геосферах Земли рассмотрены в ряде классических работ отечественных естествоиспытателей: *В.И. Вернадского, А.И. Воейкова, В.В. Докучаева, Д.И. Менделеева, В.Н. Сукачёва, А.Л. Чижевского, К.Э. Циолковского, А.В. Шнитникова, Е.В. Максимова.*

Ритмическая изменчивость увлажнения материков северного полушария разработана *Арсением Владимировичем Шнитниковым (1898-1983)*, выдающимся русским гидрологом (1957, 1968). Наиболее ясно выражен и изучен 1800-1900 летний ритм (цикл), часто называемый – ритм Шнитникова.

Стройное учение о системе космических ритмов, являющихся основой организованности окружающего нас мира представлено в трудах последователя и соратника А.В. Шнитникова, ученого-географа *Евгения Владиславовича Максимова (1930-1999)*: «Учение о ритмах в природе», 1992; «Ритмы на Земле и в космосе», 1995.

Значительные результаты достигнуты в изучении ритмики биологических процессов (*Ловелиус, 1979; Атлас ..., 1998*), в том числе – и в изменчивости прироста деревьев (*Ловелиус, 1979, 2000; Таранков, 1990; Матвеев, 2003*).

Российским ученым *Юрием Николаевичем Соколовым (1998, 2000, 2003 гг.)* и его коллегами разработана **общая теория цикличности в природе и обществе**.

Центральным положением этой теории выступило утверждение, что любое взаимодействие природа строит по универсальной и абсолютной схеме, структуре. Именно данная структура, по мнению Ю.Н. Соколова, выступает как первооснова мироздания.

По Ю.Н. Соколову, циклические процессы характеризуются двумя параметрами: структурой времени и структурой пространства. Структура времени описывается раскручивающейся или скручивающейся спиралью, а структура пространства – волнообразной кривой. Таким образом, циклические процессы со стороны времени – циклические, а со стороны пространства – ритмические. Ритмичность – это форма своеобразной пульсации биосферы как целостной системы.

Знание ритмики естественного хода природных процессов позволяет прогнозировать изменения, вызываемые естественными колебаниями, а также обнаруживать и оценивать нарушения, вызванные антропогенным воздействием.

4. Биосферология

Постепенно в современной науке приживается новый термин – «**биосферология**» (*Реймерс, 1992; Кобылянский, 2003*). Биосферологию можно обозначить как учение о биосфере, законах ее строения, функционирования и развития. **Биосферология** – это глобальная биологическая научная дисциплина, глобальность которой вытекает из специфического масштаба изучения биосферы в целом. Исследования биосферы на региональном и локальном уровнях имеют отношение к биосферологии постольку, поскольку способствуют созданию целостной картины о биосфере.

Предметом биосферологии является изучение законов строения, функционирования и развития биосферы как глобальной оболочки Земного шара, в целях сохранения ее устойчивости, ландшафтного и видового разнообразия, способности воспроизведения и т.п., а тем самым эффективного использования ее законов в интересах человека, отдельных социальных общностей и всего человечества, в интересах настоящих и будущих поколений (по *Кобылянский, 2003*).

5. Экологические ориентиры цивилизации

Вячеслав Степанович Стёпин (родился в 1934 г.), академик РАН, директор Института философии РАН, в работе «Новые ориентиры цивилизации» (Экология и жизнь. – № 4 (16). – 2000.– с. 4-7) показал изменения мировоззренческих оснований науки в современную эпоху нарастающего экологического кризиса, кратко изложенные ниже.

Культура техногенной цивилизации в качестве своей базисной ценности всегда включала научную рациональность. В техногенной цивилизации использование науки, прежде всего, связывалось с технологиями по преобразованию предметного мира.

Идея демаркации между миром человека и миром природы, который представлял чуждым человеку, как внутренне присущая включалась в научную картину мира и долгое время служила мировоззренческим основанием её исторического развития.

Исследователь, действующий в рамках данной культурной традиции и ориентирующийся на ту или иную научную картину мира, осознавал себя активным творцом нового, «выпытывающим» у природы её тайны, с тем чтобы расширить возможности подчинения природы потребностям человека.

Цивилизация, ориентированная на подобный тип научной рациональности, имела свои несомненные достижения: в ней утвердились идеи прогресса, демократии, свободы и личной инициативы.

В конце XX столетия, когда человечество столкнулось с глобальными проблемами, с новой силой зазвучали вопросы о правильности выбора путей развития, принятых в западной (техногенной) цивилизации, и, как следствие, – об адекватности её мировоззренческих ориентаций и идеалов.

В современной ситуации формируется новое видение природной среды, с которой человек взаимодействует в своей деятельности. Она начинает рассматриваться не как конгломерат изолированных объектов и не как механическая система, но как **целостный живой организм, изменение которого может приходить лишь в определённых границах. Нарушение**

этих границ приводит к изменению системы, её переходу в качественно иное состояние, способное вызвать необратимое разрушение целостной системы.

После того как сформировались и вошли в научную картину мира представления о живой природе как о сложном взаимодействии экосистем, после становления и развития идей В.И. Вернадского о биосфере как целостной системе жизни, взаимодействующей с неорганической оболочкой Земли, после развития современной экологии это новое понимание непосредственной сферы человеческой жизнедеятельности как организма, а не как механической системы, стало научным принципом, обоснованным многочисленными теориями и фактами.

Экологическое знание играет особую роль в формировании научной системы представлений о той сфере природных процессов, с которой человек взаимодействует в своей деятельности и которая выступает непосредственной средой его обитания как биологического вида. Эта система представлений образует важнейший компонент современной научной картины мира, который соединяет знания о биосфере, с одной стороны, и знания о социальных процессах – с другой.

Экологическое знание приобретает особую значимость в решении проблем взаимоотношения человека и природы, преодоления экологического кризиса и поэтому становится важным фактором формирования новых мировоззренческих оснований науки (*по Стёпин, 2000*).

Академик *Никита Николаевич Моисеев (1917-2000)* в своей последней книге «Универсум. Информация. Общество» (2001 г.) писал следующее:

«Невозможно считать рациональной в какой бы то ни было степени организацию современных цивилизованных государств, поскольку в первую очередь именно они нарушают гармонию во взаимодействиях общества и Природы и ускоряют надвигающийся экологический кризис. Именно они, эти передовые и «наиболее цивилизованные» государства, особенно отчетливо демонстрируют несоответствие глубинных инстинктов стяжательства и агрессивности, которые были заложены в людей ещё во времена борьбы с саблезубыми тиграми, потребностям гуманистического восприятия действительности, нам столь необходимого в век атомного оружия».

Мерой рациональности, по мнению Н.Н. Моисеева, является **степень согласованности стратегии общества и логики развития Природы**. Эта согласованность не гарантирует обществу стабильного существования, но предоставляет потенциальную возможность этого и способность предотвращать опасные для будущего кризисные ситуации.

Мы плохо представляем ту моральную основу, которая необходима для обеспечения нашего общего будущего.

Мы свидетели и участники формирования единого планетарного экономического и политического организма. Зависимость людей друг от друга при всей их внешней разобщенности становится пугающей: они уже не могут жить друг без друга.

Конец 20-го века подвел человечество к рубежу, за которым оно становится единым организмом и приобретает общую цель, которую, может быть, пока далеко не все осознают.

Эту цель Н.Н. Моисеев формулирует так: **«утверждение и сохранение планетарного гомеостаза популяции homo sapiens»** (Моисеев Н.Н. *Размышления о рациональном обществе / Экология и жизнь, №1 (18), 2001. – с. 7-12*).

Лекция 8. Методология науки. Методологические проблемы биологии

Вопросы:

5. Понятие «методология». Методология науки.
6. Методология научного исследования
 - а) метод и методология;
 - б) общенаучные методы и приёмы исследования.
7. Методологические проблемы биологии и пути их решения.

1. Понятие «методология». Методология науки

Термин «**методология**» используется в двух дополняющих друг друга смыслах. В одном из них, **методология** – философское учение о наиболее общих методах познания действительности, о понятиях – категориях, отражающих наиболее общие и существенные свойства, стороны, отношения явлений. В таком содержании методология всецело принадлежит философии, другие же науки, в том числе и биология, принимают разработанные философией категории в качестве руководства для вскрытия и объяснения сущности того, что отражается в нашем сознании.

В другом значении термина, **методология** – использование самых общих принципов мировоззрения в процессе познания, в процессе обобщения, т.е. в процессе создания концепций и теорий, а также в процессе социальных преобразований. Вскрывая методологическую, т.е. мировоззренческую, сторону любой научной концепции, можно определить её соотношение с основными мировоззренческими позициями (*Матекин, 1982*).

Существует ряд несколько различающихся по смыслу определений методологии:

методология – учение о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности. Методология в этом широком смысле образует необходимый компонент всякой деятельности, поскольку последняя становится предметом осознания, обучения и рационализации (*Большая советская энциклопедия*);

методология – учение о способах организации и построения теоретической и практической деятельности человека (*Новейший философский словарь*);

методология – совокупность методов, дающих представление о структуре, принципах построения, методах и средствах деятельности, формах и способах научного познания (*Словарь бизнес-терминов*);

методология, в прикладном смысле, — это система (комплекс, взаимосвязанная совокупность) принципов и подходов исследовательской деятельности, на которые опирается исследователь (ученый) в ходе получения и разработки знаний в рамках конкретной дисциплины: физики, химии, биологии, информатики и других разделах науки (*Википедия, свободная энциклопедия*).

Методология представляет собой основание любого научного исследования и в значительной мере определяет основные научные результаты (*Баксанский, 2001*).

Методология науки, в традиционном понимании, — это учение о методах и процедурах научной деятельности, а также раздел общей теории познания, в особенности теории научного познания и философии науки (*Википедия, свободная энциклопедия*).

Наиболее существенный вклад в разработку методологии науки внесли *Платон, Аристотель, Ф. Бэкон, Р. Декарт, И. Кант, Г. Гегель* и другие классики философии. В то же время в работах этих авторов методология науки представала в обобщенном и слабо различенном виде, совпадая с исследованием общей идеи научности и ее базовых принципов. В частности, Аристотель и Ф. Бэкон классифицируют научное знание и предлагают два основных метода получения достоверной информации о природе и человеке: логико-дедуктивный и экспериментально-индуктивный. *И. Кант* разрабатывает общие границы познавательных способностей, а *Ф. Шеллинг* и *Г. Гегель* пытаются создать универсальную систему научного знания. Данные исследования имели более отвлеченный характер, в силу того, что наука не играла вплоть до середины 18 - начала 19 вв. какой-либо существенной практической роли в социальной жизни.

Вместе с прогрессом общественных отношений и выдвиганием технологической сферы и промышленного производства на передний план в социуме, наука приобретает большое значение в отношении разработок новых технологий и рациональных принципов упорядочивания форм производственной деятельности. Обретают реальный смысл также и теоретические исследования в области методологии науки. В работах *О. Конта, Г. Спенсера, Э. Дюркгейма* и других авторов разрабатываются уже не просто принципы общенаучного знания, но конкретные варианты методов научно-познавательной деятельности, причем во многом ориентированной на мир социальных связей и отношений.

Особое значение в становлении методологии науки имели исследования *Дж. Буля, Г. Фреге, Ч. Пирса* в области логико-математического знания. Эти авторы заложили основы формализации норм и

процедур мыследеятельности, тем самым раскрыв пространство формализации и математизации логического знания и позволив использовать логико-методологические наработки естествознания в гуманитарных науках.

Не меньшее значение имело становление электродинамики, релятивистской и квантовой механики, поставивших под вопрос основы классической физики *И. Ньютона*. Открытия *М. Фарадея*, *Дж. Максвелла*, *А.Эйнштейна*, *М. Планка* и других ученых позволили не только внести ясность в природу некоторых фундаментальных явлений и процессов (электричество, свет и др.), но повлияли на область методических установок науки в целом. В частности, развитие квантово-релятивистской механики привело к возобладанию математических подходов к выдвиганию и обоснованию теоретических положений. Такие положения служили уже не просто целям обобщения групп экспериментальных данных наблюдения, но выступали самостоятельными регулятивами научно-познавательного процесса. Выдвижение сугубо умозрительных конструкций стало признаваться равноправным участником научного исследования наряду с наблюдением и экспериментом и зачастую даже более предпочтительным, поскольку позволяло сокращать время между выдвиганием теории, её разработкой и внедрением в практику.

Все это привело к бурному прогрессу науки в 20-м веке, превращению её из познавательного интереса любителей «чистой» истины в сферу профессиональных отношений, имеющих немалое влияние на экономическую жизнь общества (*Википедия, свободная энциклопедия*).

2. Методология научного исследования

а) метод и методология

В литературе часто разные авторы одно и то же эвристическое средство (*эвристика, от греч. «отыскиваю», «открываю» – наука, изучающая творческую деятельность*) называют приёмом, методом, методикой, методологией и т.д. В связи с этим целесообразно уточнить значение этих терминов для более определённого их понимания.

Приём – это элементарное действие или несколько элементарных действий, выполняемых по определённым правилам для достижения определенной цели.

Метод – это способ достижения какой-либо цели, решения конкретной задачи, рассматриваемый как совокупность приемов или операций практического или теоретического освоения (познания) действительности.

Методика – это совокупность приемов и методов, выполняемых по определенным правилам и в определённой последовательности для достижения поставленной цели.

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

Деятельность людей в любой ее форме (научная, практическая и т.д.) определяется целым рядом факторов. Конечный ее результат зависит не только от того, кто действует (субъект) или на что она направлена (объект), но и от того, как совершается данный процесс, какие способы, приемы, средства при этом применяются. Это и есть проблемы метода. **Метод** (греч. *methodos*) – в самом широком смысле слова – "путь к чему-либо", способ деятельности субъекта в любой ее форме. Понятие "**методология**" имеет два основных значения: система определенных способов и приемов, применяемых в той или иной сфере деятельности (в науке, политике, искусстве и т.п.); учение об этой системе, общая теория метода, теория в действии.

Основная функция **метода** – внутренняя организация и регулирование процесса познания или практического преобразования того или иного объекта. Поэтому метод (в той или иной своей форме) сводится к совокупности определенных правил, приемов, способов, норм познания и действия. Он есть система предписаний, принципов, требований, которые должны ориентировать в решении конкретной задачи, достижении определенного результата в той или иной сфере деятельности. Он дисциплинирует поиск истины, позволяет (если правильный) экономить силы и время, двигаться к цели кратчайшим путем. Истинный метод служит своеобразным компасом, по которому субъект познания и действия прокладывает свой путь, позволяет избегать ошибок.

Проблемы метода и методологии занимают важное место в современной философии науки.

Каждый метод – безусловно, важная и нужная вещь. Однако недопустимо впадать в крайности:

а) недооценивать метод и методологические проблемы, считая все это незначительным делом, "отвлекающим" от настоящей работы, подлинной науки и т.п. ("методологический негативизм");

б) преувеличивать значение метода, считая его более важным, чем тот предмет, к которому его хотят применить, превращать метод в некую "универсальную отмычку" ко всему и вся, в простой и доступный "инструмент" научного открытия ("методологическая эйфория"). Каждый метод окажется неэффективным и даже бесполезным, если им пользоваться

не как "руководящей нитью" в научной или иной форме деятельности, а как готовым шаблоном для перекраивания фактов. Применение методов может быть стихийным и сознательным. Ясно, что только осознанное применение методов, основанное на понимании их возможностей и границ, делает деятельность людей, при прочих равных условиях, более рациональной и эффективной.

Методология как общая теория метода, формировалась в связи с необходимостью обобщения и разработки тех методов, средств и приемов, которые были открыты в философии, науке и других формах деятельности людей. Исторически первоначально проблемы методологии разрабатывались в рамках философии, поэтому методология (и по сей день) тесно связана с философией – особенно с такими ее разделами (философскими дисциплинами), как гносеология (теория познания) и диалектика.

Начиная с 16-17 вв., методологические идеи разрабатываются не только в философии, но и в рамках возникающих и бурно развивающихся частных наук – механики, физики, химии, биологии и др. Характерной чертой современной науки является не только наднаучная рефлексия (*от позднелат. reflexio — обращение назад — обращение субъекта на себя самого, на свое знание*), т.е. осознание закономерностей развития и строения знания в наиболее общей логико-философской форме, но и интенсивное развитие внутринаучной рефлексии. "Суть ее заключается в том, что в рамках конкретных научных направлений происходит осмысление и изучение методов и форм научного познания. В самой науке все более четко выделяются два взаимосвязанных направления: исследование свойств объектов (традиционное направление) и исследование способов и форм научного познания" (*Кравец А. С. Методология науки. – Воронеж, 1991. С. 21, цит. по Кохановский и др., 2003*).

Особенно активно второе направление разрабатывается в рамках таких зрелых наук, как физика, биология, химия, все большее внимание оно привлекает и в гуманитарных науках. Эмпирической базой разработки методологии науки (научной методологии) является история науки, но взятая не сама по себе, а в широком философском, общественно-историческом, социокультурном контексте, т.е. в системе культуры в ее целостности (*Кохановский и др., 2003*).

б) общенаучные методы и приёмы исследования

В структуре общенаучных методов и приёмов чаще всего выделяют три уровня:

- I. Методы эмпирического исследования;
- II. Методы теоретического познания;
- III. Общелогические методы и приемы исследования.

Рассмотрим кратко суть этих методов, приёмов и операций.

I. Методы эмпирического исследования.

1. **Наблюдение** – целенаправленное пассивное изучение предметов, опирающееся в основном на данные органов чувств. В ходе наблюдения мы получаем знания не только о внешних сторонах объекта познания, но и – в качестве конечной цели – о его существенных свойствах и отношениях.
2. **Эксперимент** – активное и целенаправленное вмешательство в протекание изучаемого процесса, соответствующее изменение исследуемого объекта или его воспроизведение в специально созданных и контролируемых условиях, определяемых целями эксперимента. В его ходе изучаемый объект изолируется от влияния побочных, затемняющих его сущность, обстоятельств и представляется в "чистом виде".
3. **Сравнение** – познавательная операция, выявляющая сходство или различие объектов (либо ступеней развития одного и того же объекта), т.е. их тождество и различия. Оно имеет смысл только в совокупности однородных предметов, образующих класс. Сравнение предметов в классе осуществляется по признакам, существенным для данного рассмотрения. При этом предметы, сравниваемые по одному признаку, могут быть несравнимы по другому.
4. **Описание** – познавательная операция, состоящая в фиксировании результатов опыта (наблюдения или эксперимента) с помощью определенных систем обозначения, принятых в науке.
5. **Измерение** – совокупность действий, выполняемых при помощи определенных средств с целью нахождения числового значения измеряемой величины в принятых единицах измерения.

II. Методы теоретического познания.

1. **Формализация** – отображение содержательного знания в знаково-символическом виде (формализованном языке). Последний создается для точного выражения мыслей с целью исключения возможности для неоднозначного понимания. При формализации рассуждения об объектах переносятся в плоскость оперирования со знаками (формулами), что связано с построением искусственных языков (язык математики, логики, и т.п.).
2. **Аксиоматический метод** – способ построения научной теории, при котором в ее основу кладутся некоторые исходные положения - аксиомы (постулаты), из которых все остальные утверждения этой теории выводятся из них чисто логическим путем, посредством доказательства. Для вывода

теорем из аксиом (и вообще одних формул из других) формулируются специальные правила вывода. Следовательно, доказательство в аксиоматическом методе – это некоторая последовательность формул, каждая из которых есть либо аксиома, либо получается из предыдущих формул по какому-либо правилу вывода.

3. **Гипотетико-дедуктивный метод** – метод научного познания, сущность которого заключается в создании системы дедуктивно связанных между собой гипотез, из которых в конечном счете выводятся утверждения об эмпирических фактах. Тем самым этот метод основан на выведении (дедукции) заключений из гипотез и других посылок, истинностное значение которых неизвестно. А это значит, что заключение, полученное на основе данного метода, неизбежно будет иметь вероятностный характер.

4. **Восхождение от абстрактного к конкретному** – метод теоретического исследования и изложения, состоящий в движении научной мысли от исходной абстракции ("начало" – одностороннее, неполное знание) через последовательные этапы углубления и расширения познания к результату – целостному воспроизведению в теории исследуемого предмета.

III. Общелогические методы и приемы исследования.

1. **Анализ** – реальное или мысленное разделение объекта на составные части и **синтез** – их объединение в единое органическое целое, а не в механический агрегат. Результат синтеза – совершенно новое образование.

2. **Абстрагирование** – процесс мысленного отвлечения от ряда свойств и отношений изучаемого явления с одновременным выделением интересующих исследователя свойств (прежде всего существенных, общих). В результате этого процесса получают различного рода "абстрактные предметы", которыми являются как отдельно взятые понятия и категории ("белизна", "развитие", "противоречие", "мышление" и др.), так и их системы. Наиболее развитыми из них являются математика, логика, диалектика, философия.

3. **Обобщение** – процесс установления общих свойств и признаков предмета, тесно связано с абстрагированием. При этом могут быть выделены любые признаки (абстрактно-общее) или существенные (конкретно-общее, закон).

4. **Идеализация** – мыслительная процедура, связанная с образованием абстрактных (идеализированных) объектов, принципиально не осуществимых в действительности ("точка", "идеальный газ", "абсолютно черное тело" и т.п.).

5. **Индукция** – движение мысли от единичного (опыта, фактов) к общему (их обобщению в выводах) и **дедукция** – восхождение процесса познания от общего к единичному. Это противоположные, взаимно дополняющие ходы

мысли. Поскольку опыт всегда бесконечен и неполон, то индуктивные выводы всегда имеют проблематичный (вероятностный) характер. Индуктивные обобщения обычно рассматривают как опытные истины (эмпирические законы).

6. **Аналогия** (соответствие, сходство) – установление сходства в некоторых сторонах, свойствах и отношениях между нетождественными объектами. На основании выявленного сходства делается соответствующий вывод – умозаключение по аналогии.

7. **Моделирование** – метод исследования определенных объектов путем воспроизведения их характеристик на другом объекте – модели, которая представляет собой аналог того или иного фрагмента действительности (вещного или мыслительного) – оригинала модели. Между моделью и объектом, интересующим исследователя, должно существовать известное подобие (сходство) – в физических характеристиках, структуре, функциях и др.

8. **Системный подход** – совокупность общенаучных методологических принципов (требований), в основе которых лежит рассмотрение объектов как систем.

9. **Структурно-функциональный** (структурный) метод строится на основе выделения в целостных системах их структуры – совокупности устойчивых отношений и взаимосвязей между ее элементами и их роли (функций) относительно друг друга.

10. **Вероятностно-статистические методы** основаны на учете действия множества случайных факторов, которые характеризуются устойчивой частотой. Это и позволяет вскрыть необходимость (закон), которая "пробивается" через совокупное действие множества случайностей. Названные методы опираются на теорию вероятностей, которую зачастую называют наукой о случайном (*Кохановский и др., 2003*).

3. Методологические проблемы биологии и пути их решения

Методология включает историю поиска как методов и способов подхода, так и основных категорий, идей, концепций, касающихся изучения какого-то явления. **Методология биологии** в этом смысле выступает как комплекс мер на пути создания теорий организации и развития живой природы – основного предмета изучения биологии (*Юсуфов с соавт., 2003, стр. 6*).

Цели методологии – создание условий для развития деятельности (дисциплины, предмета); анализ проблем и затруднений, возникших в определенной дисциплине, определение путей и способов их решения. В этом смысле методология создает условия как для развития дисциплины, переживающей кризис, так и для нового мышления. Но понятно, что без направляющих ориентиров философии (идей, отношений к действительности, ценностей и пр.) методология существовать не может.

Методологические проблемы биологии в этом разделе рассмотрены по публикации В.М. Розина «Методологические проблемы биологии и возможные пути их решения» 2001 г., в которой автор анализирует ряд публикаций других исследователей и представляет собственное видение вопроса (в свою очередь, являющееся не бесспорным).

В настоящее время в биологии методологические проблемы достаточно осознаны. К ним относятся такие важные проблемы, как природа и особенности биологического познания и знания, сущность биологического закона и реальности, идеалы науки, на которые биология ориентируется сегодня или должна ориентироваться, столкновение разных парадигмальных подходов (концепций) в биологической науке, формы организации биологического знания, осмысление современного этапа развития биологии и другие.

В биологической науке наблюдаются кризисные явления, преодоление которых, наряду с другими усилиями, предполагает и методологическое осознание и работу.

Что же мешает новому взгляду на биологическую реальность, что затрудняет новое мышление в биологии?

Первый момент можно обозначить как захваченность (зашоренность) собственной парадигмой, в которой биолог работает. Сторонники каждой парадигмы, особенно эволюционистской, часто занимают круговую оборону, доказывая, что только их концепция является истинной и эффективной.

Второй момент – склонность к натурализации биологической реальности.

Дело в том, что биологическая жизнь как объект изучения (науки) не является непосредственно наблюдаемой. Это, скорее, наши объективации, приписанные "биологической природе", обусловленные методами изучения в биологии, поддержанные практиками использования биологических знаний. Даже столь очевидные сегодня представления, как естественный отбор, получены не столько из обобщения наблюдений за биологическими объектами, сколько дедуктивным и конструктивным (в плане идеально типических построений) путём.

Третий момент, препятствующий обновлению биологического мышления, – застревание на старой методологии и понимании функций биологии.

Например, упорное стремление к целостному теоретическому объяснению биологической реальности, исходящее, на первый взгляд, из очевидной идеи единства биологической жизни. Установка на поиск биологических законов, хотя при этом признается их необычность и парадоксальность. Все еще сохраняющееся стремление редуцировать биологическую реальность к реальности физической или близкой к физической. Понимание функций биологической науки как обслуживающей практики, в которой человек имеет дело преимущественно с организмами.

Наконец, современная биология только на словах отвечает на грозные вызовы нашего времени – например, необходимость найти эффективное лечение от рака и СПИДА, сохранения быстро исчезающих видов животных, регулирования биосферы и др. И дело здесь не в желании, а в том, что онтология и знания биологии построены для обслуживания других видов практик: селекции, семеноводства, генной и клеточной инженерии и т.д. Новые же виды практик, обусловленные бурным развитием современных технологий, развиваются почти без всякой коррекции со стороны биологической науки.

Некоторые направления решения методологических проблем биологии

Охарактеризуем структуру познавательной деятельности в биологии. Начиная с работ Аристотеля, формируются три основные формы познания и организации знания. Это, во-первых, философская работа, цель которой было описание "начал" биологии и выделение соответствующей науки. Во-вторых, эмпирическое изучение живых существ, включающее их описание и классификацию (первые систематики и естественные истории). В-третьих, собственно биологическая наука в античном ее варианте, то есть непротиворечивая систематическая организация знаний о живом, удовлетворяющая родовидовой картине мира и другим аристотелевским категориям.

В эпоху эллинизма складывается еще одна форма – прикладное биологическое знание, обслуживающее, прежде всего, культуру земледелия и медицину. Оно оценивается уже не только на истинность, но также и на эффективность относительно данных практик. Дальнейшее развитие биологии происходило (во всяком случае, сегодня его так можно представить) следующим образом. **С одной стороны**, постоянно расширяется область биологических объектов, вовлекаемых в изучение (например, уже в наше время в биологию были включены фито-, зоо-,

биоценозы, экосистемы, биосфера). **С другой** – периодически изменяется характер и смысл философской работы (здесь достаточно сравнить биологические интересы Аристотеля, Канта и Гегеля). **С третьей стороны**, в биологии происходит смена идеалов науки. Например, в XVIII и первой половине XIX вв. **античный идеал** науки отходит на второй план, уступая место **естественнонаучному идеалу**, а во второй половине XX столетия в биологии дискутируется идеал **гуманитарной науки**. Наконец, в XX столетии первоочередной задачей становится создание прикладных биологических дисциплин, ориентированных на обслуживание как традиционных биологических практик (например, медицины, сельского хозяйства), так и относительно или совсем новых (генная инженерия, экология и прочее).

Все названные формы биологического познания и процессы разворачиваются параллельно друг с другом, в результате чего и складывается "мозаичный образ биологической науки", включающий разнородные биологические знания, дисциплины и представления о биологической реальности. Уже Аристотель показал, что наука описывает не единичные и не эмпирические объекты, а "начала", т.е. конструктивную действительность, заданную категориями. Современные же методологические представления позволяют утверждать, что любые объекты науки (не исключая биологических) представляют собой объективации и конструктивизации соответствующих форм научного познания и организации знаний (в данном случае, биологических). Поскольку философская работа существенно отличается от эмпирической и теоретической, теоретическая организация знаний отличается от эмпирической или в прикладных дисциплинах, античный, естественнонаучный и гуманитарный идеалы науки также разнятся между собой; кроме того, сегодня можно указать несовпадающие биологические практики, постольку и типы биологической реальности не просто различны, но в принципе не могут быть сведены друг к другу или к некой супербиологической реальности.

Сегодня в биологии, с одной стороны, постепенно складывается понимание, что образ биологического знания существенно отличается от традиционного (то есть напоминающего естественнонаучную теорию), что научная коммуникация не сводится к доказательствам и теоретическим обоснованиям, а с другой – биологи пока не знают, возможна ли новая организация биологического знания и какова она. "Непреложным фактом, – пишет Р. Карпинская, – является гетерогенность биологического знания, существования в нем разнокачественных средств познания, стилей

мышления, образов биологической реальности" (*Карпинская Р.С. Природа биологии и философия биологии., 1991, с.7, цит. по Розин, 2001*).

Какой урок, спрашивает Ю. Шрейдер, можно извлечь из деятельности А. Любищева и С. Мейена: "Это прежде всего понимание того, что профессиональная деятельность ученого-биолога в значительной степени определяется его философско-методологическими установками, которые необходимо сделать явными. Осознание собственных неявных установок дает возможность в случае необходимости выйти за их пределы и понять точку зрения противника" (*Шрейдер Ю.А. Поиски философско-методологических принципов биологии. Феномен А.А. Любищева и С.В. Мейена., 1991, с.40 цит. по Розин, 2001*).

На что еще можно ориентироваться в построении современного образа биологического знания (науки)? Каким образом сегодня можно мыслить биологическую реальность? Не только как разнообразные формы жизни, о единстве которых в ближайшей перспективе трудно говорить, но также как знание о жизни и практики воздействия на жизнь. Эта тройца – разнообразные формы жизни, знание о жизни и практики воздействия на жизнь, – вероятно, и задает современной образ биологической реальности. При этом стоит обратить внимание, что знание о жизни и практики воздействия на жизнь сами весьма различаются.

Например, различны формы античного, естественнонаучного и гуманитарного знания и познания. **Античный идеал науки** предполагает непротиворечивую организацию знаний, доказательства, разные способы теоретического объяснения явлений. **Естественнонаучный идеал**, не снимая установку на непротиворечивость знания и доказательства, добавляет к этому экспериментальное обоснование теорий, идею природы как источника сил и энергий, возможность выявить законы природы, на основе которых инженер может создавать "вторую природу". **Гуманитарный идеал** научного познания, заимствуя много от античного идеала, требует учета еще двух моментов: позиции самого познающего, а также понимания рефлексивной природы гуманитарного знания (это "знание о знании", гуманитарное познание – это научное мышление, уже самим фактом познания влияющее на свой объект).

Существенно различаются и практики воздействия на биологические объекты. Организация биологического знания и науки должна реагировать на указанные различия. В наше время биолога все больше интересуют ситуации, существенно различающиеся позицией исследователя или характером воздействия на жизненные процессы. В этом случае естественнонаучный подход теряет своё значение, уступая место

гуманитарному. Но не меньше, если не больше, встречается познавательных ситуаций, требующих сочетания естественнонаучного и гуманитарного подходов. Наконец, возможно, что существует и специфический "биологический подход" или идеал научного познания, но это предположение требует специального изучения.

Теперь о самой организации биологического знания. Во-первых, нужно методологически проанализировать каждый подход, парадигму, дисциплину, предмет. Во-вторых, в биологии необходимо перейти к построению понятий нового поколения, соединяющих несколько разных подходов или предметов.

И последнее, что нужно сделать для методологической организации биологического знания, – это создать схемы, фиксирующие связи и отношения, объединяющие разные подходы, парадигмы и предметы. Эти схемы будут описывать частично саму организацию биологического знания, частично гипотетические связи и формы организации жизни в рамках биологической реальности. По мере развертывания биологических исследований и практик подобные связи и формы из разряда гипотетических могут переходить в категорию реальных (конечно, для данного достигнутого уровня развития биологии). При таком подходе удастся решить и ряд старых проблем биологической науки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. Юсуфов, А. Г. История и методология биологии: учеб. пособие / А.Г. Юсуфов, М.А. Магомедова. – М.: Высш. шк., 2003. – 238 с.

Дополнительная литература

1. Азимов, А. Краткая история биологии. От алхимии до генетики / А. Азимов; Пер. с англ. – М.: Центрполиграф, 2004. – 223 с.
2. Алимов, А.Ф. Об экологии всерьез /А.Ф. Алимов // Вестник РАН. - Т. 72. – № 12, 2002. – С. 1075-1080.
3. Биологический энциклопедический словарь / Под ред. М.С. Гилярова. – М. Советская энциклопедия, 1989. – 864 с.
4. Вернадский, В.И. Биосфера. Избранные труды по биогеохимии / В.И. Вернадский /. – М.: Мысль, 1967. – 374 с.
5. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста //В.И. Вернадский. – М.: Наука, 1988. – 520 с.
6. Вилли, К. Биология / К. Вилли; Пер. с англ. – М.: Мир, 1968. – 808 с.
7. Войткевич, Г.В. Основы учения о биосфере / Г.В. Войткевич, В.А. Вронский. – М.: Просвещение, 1989. – 160 с.
8. Гиляров, А.М. Перестройка в экологии: от описания видимого к пониманию скрытого / А.М. Гиляров // Вестник РАН. – Т. 75. – № 3, 2005. – С. 214-223.
9. Гиляров, А.М. От ниш к нейтральности в биологическом сообществе / А.М. Гиляров // Природа. – № 11, 2007. – С. 29-37.
10. Глобальное потепление: Доклад Гринпис / под ред. Дж. Леггета; Пер. с англ. – М.: МГУ, 1993. – 272 с.
11. Горышина, Т.К. Экология растений: учеб. пособие / Т.К. Горышина. – М.: Высшая школа, 1979. – 368 с.
12. Длусский, Г.М. История и методология биологии / Г.М. Длусский.– М.: "Анабасис", 2006. – 220 с.
13. Жуковский, П.М. Ботаника /П.М. Жуковский.– М.: Колос, 1982.– 623 с.
14. Иди, М. Недостающее звено / М. Иди; Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 156 с.
15. Израэль, Ю.А. Берегите биосферу / Ю.А. Израэль, Ф.Я. Ровинский. – М.: Педагогика, 1987. – 128 с.
16. История биологии с древнейших времен до XX в. / под ред. С.Р. Микулинского. – М.: Наука, 1972. – 563 с.
17. История биологии с начала XX в. до наших дней / под ред. Л.Я. Бляхера. – М.: Наука, 1975. – 657 с.
18. Кобылянский, В.А. Философия экологии: учеб. пособие / В.А. Кобылянский. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2003. – 192 с.
19. Констэбл, Дж. Неандертальцы / Дж. Констэбл ; Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 159 с.

20. Кохановский, В.П. Философия для аспирантов: учеб. пособие / В.П. Кохановский, Е.В. Золотухина, Т.Г. Лешкевич, Т.Б. Фатхи. – Изд. 2-е – Ростов н/д: "Феникс", 2003. – 448 с.
21. Матекин, П.В. История и методология биологии. Развитие фундаментальных концепций в биологии / П.В. Матекин. – М.: МГУ, 1982. – 165 с.
22. Моисеев, Н.Н. Размышления о рациональном обществе / Н.Н. Моисеев // Экология и жизнь. – № 1 (18), 2001. – С. 7-12.
23. Палехова, П.В. Что изучает экология? / П.В. Палехова // Экология и жизнь. – № 4 (16), 2000. – С. 32-35.
24. Придо, Т. Кроманьонский человек / Т. Придо ; Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 158 с.
25. Простаков, Н.И. Биоэкология : учеб. пособие / Н.И. Простаков. – Воронеж: ВГУ, 1999. – 271 с.
26. Розин В.М. Методологические проблемы биологии и возможные пути их решения / В.М. Розин // Методология биологии: новые идеи (синэргетика, семиотика, коэволюция). М.: Эдиториал УРСС, 2001. – С. 94-111.
27. Рьюз, М. Философия биологии / М. Рьюз ; Пер. с англ. – М.: "Прогресс", 1977. – 320 с.
28. Скуфьин, К.В. Экология и охрана природы : учеб. пособие / К.В. Скуфьин. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1986. – 280 с.
29. Соколов, Ю.Н. Циклы как принципиально новая методология научного исследования / Ю.Н. Соколов // Циклы: Материалы V Междунар. конф.– Ставрополь: изд-во СКГТУ, 2003.– Т.1.– С. 51-71.
30. Степин, В.С. Новые ориентиры цивилизации / В.С. Степин // Экология и жизнь. – № 4 (16), 2000. – С. 4-7.
31. Татаринев, Л.П. Контуры современной теории биологической эволюции / Л.П. Татаринев // Вестник РАН. – Т. 75. – № 1, 2005. – С. 36-40.
32. Тимофеев-Ресовский, Н.В. Краткий очерк теории эволюции / Н.В. Тимофеев-Ресовский, Н.Н. Воронцов, А.В. Яблоков. – М.: Наука, 1977. – 297 с.
33. Трибис, Е. Законы живой природы / Е. Трибис. – М.: Риполклассик, 2002. – 384 с.
34. Уайт, Э. Первые люди / Э. Уайт, Д. Браун ; Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 156 с.
35. Харченко, Н.А. Экология : учебник /Н.А. Харченко, Ю.П. Лихацкий. – М.: МГУЛ, 2003. – 399 с.
36. Шмальгаузен, И.И. Пути и закономерности эволюционного процесса / И.И. Шмальгаузен. – М.: Наука, 1983. – 404 с.
37. Яншин, А.Л. Потепление климата и другие глобальные экологические проблемы на пороге XXI века / А.Л. Яншин // Экология и жизнь. – № 1 (18), 2001. – С. 43-44.

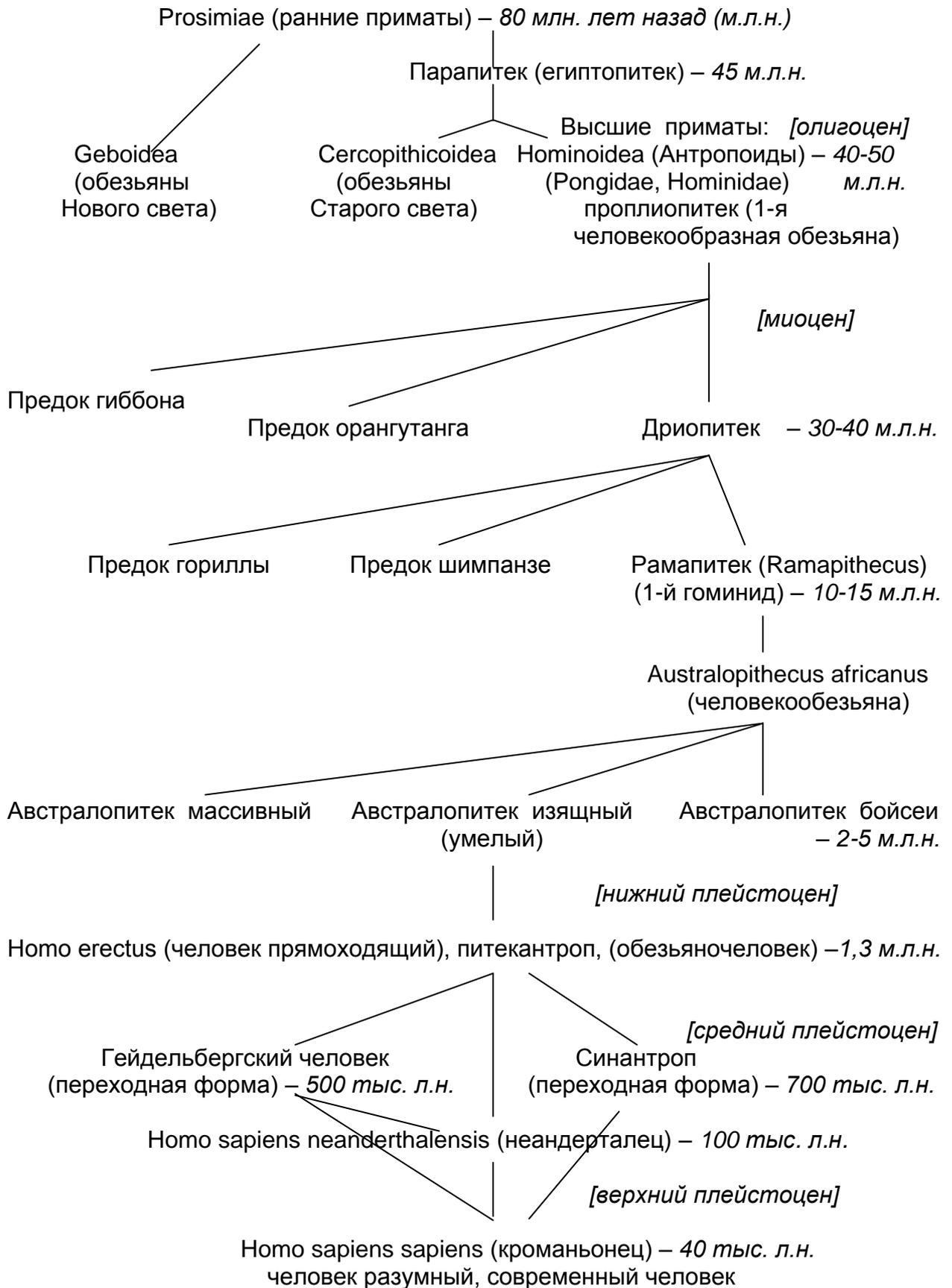
**Основные обобщения (положения) биологических наук.
Наиболее заметные успехи биологии**

1. Явления жизни можно объяснить в понятиях химии и физики, не привлекая для этого таинственной «жизненной силы». Самозарождение живых существ, при существующих на Земле условиях, крайне маловероятно.
2. Принципы классификации живых организмов – начало 18 века, К. Линней (1735 г.).
3. Теория клеточного строения организмов – М. Шлейден, Т. Шванн, начало 19 века (1838, 1839 гг.).
4. Теория естественного отбора, на которой базируется концепция эволюции органического мира, – Ч. Дарвин, середина 19 века (1859 г.).
5. Генная теория (теория наследственности) – вторая половина 19 века:
 - а) законы наследственности – Г. Мендель (1865 г.);
 - б) хромосомная теория наследственности – А. Вейсман (1889 г.), У. Сеттон (1902 г.), Т. Морган (1911 г.).
6. Выделение и выяснение роли ряда специфических органических веществ – конец 19, начало 20 веков:
 - а) ферменты (энзимы) – Кирхгоф (1815 г.), Бюхнер (1897 г.) и др.;
 - б) витамины – Гопкинс (1900 г.), Функ (1911 г.) и др.;
 - в) гормоны – Бертольд (1849 г.), Старлинг (1905 г.) и др.;
 - г) антибиотики – Флеминг (1928 г.), Дюбуа (1939 г.) и др.
7. Открытия (силами молекулярной биологии и молекулярной генетики) в области изучения физико-химических основ жизни и наследственности – вторая половина 20 века:
 - а) расшифровка структуры ДНК – Крик, Уотсон (1953 г.);
 - б) расшифровка генетического кода – Ниренберг, (1961 г.);
 - в) расшифровка структуры белка – Кендрью, Прутц (1957 г.), Филипс (1967 г.);
 - г) расшифровка регуляции биосинтеза белка – Жакоб, Моно (1961 г.);
 - д) расшифровка явления обратной транскрипции (от РНК к ДНК) – Темин, Балтимор, (1972 г.).
8. Учение о биосфере, как о неразрывном единстве жизни на Земле со средой обитания, – В.И. Вернадский, первая половина 20 века, (1926 г.). Учение о биосфере получило развитие в биогеоценологии (учении о биогеоценозе) – В.Н. Сукачев, вторая половина 20 века (1942, 1964 гг.).

Этапы происхождения жизни на Земле

		Геохронологическая шкала		События на шкале времени		
		Эон	Эра <i>Периоды</i>	Начало (Продолжит ельность), лет назад	Начало, лет назад	
Археологическая шкала	Криптозой (Докембрий)	Гадей (Катаржей)	4550 млн. (750 млн.)			
		Архейская	3800 млн. (1300 млн.)	3500 млн.: возникновение жизни		
		Протерозойская	2500 млн. (1930 млн.)	1500 млн. – 900 млн.: «точка Пастера» – появление аэробных организмов		
	Фанерозой	Палеозойская 1. Кембрийский 2. Ордовикский 3. Силурийский 4. Девонский 5. Карбоновый (Каменноугольный) 6. Пермский	570 млн. (325 млн.)	600 млн. – 400 млн.: жизнь вышла на сушу		
			Мезозойская 1. Триасовый 2. Юрский 3. Меловой	245 млн. (180 млн.)	200 млн.: появляются птицы, динозавры 80 млн.: на деревьях обитают первые приматы – полуобезьяны	
				Кайнозойская 1. Палеогеновый Эпохи (отделы): а) Палеоцен б) Эоцен в) Оligоцен 2. Неогеновый Эпохи (отделы): а) Миоцен б) Плиоцен 3. Четвертичный Эпохи (отделы): а) Плейстоцен (Ледниковая)	66 млн.	40 млн.: появление низших и человекообразных обезьян 10 млн.: в Индии и Африке появился рамапитек – древнейший гоминид 5 млн.: в Африке появился австралопитек – человекообезьяна 1,3 млн.: в ЮВ Азии и Африке появился первый настоящий человек – Homo erectus – питекантроп – обезьяночеловек и заселил зоны умеренного климата
					2 млн.	100000 лет: в Европе появился неандерталец
			Верхний палеолит		10000 лет	40000 лет: в Европе появился кроманьонец
						9000-8000 лет: историческое время
		нео-лит	б) Голоцен (Послеледниковая)	10000 лет		

Генеалогическое древо человека



ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Лекция 1. Что изучает биология? Зарождение биологии	4
Лекция 2. Рождение современной биологии	16
Лекция 3. Теория эволюции органического мира – одна из великих объединяющих концепций биологии	29
Лекция 4. Происхождение человека	42
Лекция 5. Биология в 20 веке	53
Лекция 6. История и область исследований экологии	68
Лекция 7. Учение о биосфере В. И. Вернадского	81
Лекция 8. Методология науки. Методологические проблемы биологии ...	95
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	108
ПРИЛОЖЕНИЯ	110

Учебное издание

Матвеев Сергей Михайлович

ИСТОРИЯ И ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ

Тексты лекций

Редактор Е.А. Попова

Темплан 2018 г.

Подписано в печать. Формат 60×90 /16 Объем 7,0п.л.

Усл. п.л. 7,0. Уч.-изд. л.- 7,95. Тираж 100 экз. Заказ

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им.
Г.Ф. Морозова»

РИО ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8.

Отпечатано в УОП ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». 394087, г. Воронеж, ул. Докучаева, 10.