

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»
Кафедра зоологии и ботаники

В.Я. Кузьменко, В.В. Кузьменко

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

Курс лекций

Третье издание, переработанное и дополненное

*Витебск
ВГУ имени П.М. Машерова
2022*

УДК 57(075.8)
ББК 28.0я73
К89

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 5 от 04.07.2022.

Авторы: доцент кафедры экологии и географии ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат биологических наук, доцент **В.Я. Кузьменко**; старший преподаватель кафедры зоологии и ботаники ВГУ имени П.М. Машерова **В.В. Кузьменко**

Рецензент:
доцент кафедры зоологии и ботаники ВГУ имени П.М. Машерова,
кандидат биологических наук, доцент *Л.М. Мерзвинский*

Кузьменко, В.Я.
К89 Введение в специальность : курс лекций / В.Я. Кузьменко, В.В. Кузьменко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2022. – 88 с.
ISBN 978-985-517-918-5.

Рассматриваются история развития биологии, современные представления о сущности жизни об уровнях ее организации и о наиболее общих свойствах, выраженных в форме аксиом биологии. Изложены основные общебиологические законы, к которым пришла к настоящему времени наука о живой природе. Показана структура биологии и биоэкологии как наук, их место в системе мировоззрения и культуры.

Для студентов биологических специальностей, учителей школ, учащихся профильных и лицейских классов.

УДК 57(075.8)
ББК 28.0я73

ISBN 978-985-517-918-5

© Кузьменко В.Я., Кузьменко В.В.,
переработка и дополнения, 2022
© ВГУ имени П.М. Машерова, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
РАЗДЕЛ I. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ И СТАНОВЛЕНИЯ БИОЛОГИИ	5
Лекция 1. Основные этапы развития биологии	5
РАЗДЕЛ II. ЖИЗНЬ, ЕЕ СУЩНОСТЬ, ОРГАНИЗАЦИЯ И ОСНОВ- НЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	18
Лекция 2. Современное понимание сущности жизни	18
Лекция 3. Аксиомы биологии	23
Лекция 4. Уровни организации жизни. Структурная схема биологии ..	38
РАЗДЕЛ III. ОСНОВНЫЕ ОБОБЩЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ БИОЛО- ГИЧЕСКОЙ НАУКИ	45
Лекция 5–6. Основные общебиологические законы	45
РАЗДЕЛ IV. БИОЛОГИЯ КАК НАУКА, ЕЕ МЕСТО В СИСТЕМЕ МИРОВОЗЗРЕНИЯ И КУЛЬТУРЫ	68
Лекция 7. Дисциплинарная структура биологии	68
ПРИЛОЖЕНИЕ	79
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА	86

ПРЕДИСЛОВИЕ

Преподавание биологии в школах и учреждениях высшего образования отражает главным образом путь стремительного нарастания общего объема биологической информации. Обычное суммирование биологических знаний без осмысления биологии как единой науки в конечном итоге приводит к отторжению этого знания из-за его необъятности.

Поэтому возникает потребность теоретических обобщений, создания интегрирующих спецкурсов, выявляющих внутренние связи между частными разделами биологии и смежными науками, включающих элементы теоретической биологии, объединяющих непрерывный поток фрагментарных данных в системное знание общей биологии.

«Введение в специальность» является вводным курсом в специальность 1-33 01 01 Биоэкология. Он знакомит студентов I курса с предметом, объектами, основными разделами экологии, а также демонстрирует тесную интегрированность экологии с физиологией, генетикой и теорией эволюции.

Рассмотрение круга этих важных вопросов и составляет предмет настоящего учебного курса.

Цель специального курса «Введение в специальность» – сформировать целостное представление о биологии как науке, ее структуре, нарисовать биологическую картину мира, показать место биологии в системе мировоззрения и культуры.

Основными задачами преподавания спецкурса «Введение в специальность» являются:

- рассмотрение основных этапов в развитии биологии как науки, освещение вклада отечественных ученых-экологов в разработку важнейших экологических проблем;
- систематизация и осмысление аксиоматических положений, законов и правил биологической информации, полученной студентами биологических специальностей в средней школе;
- выявление внутренних связей между частными разделами биологии и смежными науками, включающими элементы теоретической биологии;
- знакомство с дисциплинарной структурой биологии, местом биологии в целом и экологии в частности в системе мировоззрения и культуры.

Предлагаемое вниманию читателей издание является третьим дополненным и переработанным, написанным на основе курса «Введение в биологию», читаемого для студентов первых курсов факультета химико-биологических и географических наук Витебского государственного университета имени П.М. Машерова как обязательный спецкурс, утвержденный советом вуза.

РАЗДЕЛ I

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ И СТАНОВЛЕНИЯ БИОЛОГИИ

Лекция 1

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ БИОЛОГИИ

Термин «биология» (от греч. слов «биос» – жизнь и «логос» – наука) обозначает науку, вернее, комплекс наук о жизни, о живой природе. Он упоминается уже в сочинениях Т. Роозе (1797) и К. Бурдаха (1800). В науку этот термин введен сравнительно недавно – в начале XIX ст. – французским натуралистом Ж.Б. Ламарком и независимо от него немцем Травиранусом, когда развитие биологической науки позволило представить единство всего живого, преодолев господствовавшее ранее представление об обособленности растительного и животного «миров», или «царств» природы.

Развитие биологии как науки шло по пути последовательного упрощения предмета исследования. Так возникли многочисленные биологические дисциплины, специализирующиеся на изучении структурно функциональных особенностей определенных организмов.

Этот путь познания – от сложного к простому – часто называют редукционистским. Редукционизм, доведенный до своего логического завершения, сводит познание к изучению элементарнейших форм существования материи. При таком подходе законы природы пытаются познать, изучая вместо единого целого отдельные его части.

Другой подход основан на «виталистических» принципах. В этом случае жизнь рассматривается как совершенно особенное и уникальное явление, которое нельзя объяснить только действием законов физики и химии и других небιологических наук.

Поэтому **основная задача биологии как науки состоит в том, чтобы истолковать все явления живой природы, исходя из научных законов, не забывая при этом, что целому организму присущи свойства, в корне отличающиеся от свойств частей, его составляющих.**

Научные представления о живой природе складывались под влиянием двух основных факторов: 1) под воздействием живой природы, которую биология изучает, т.е. ее объекта и 2) под влиянием человеческого общества, которое биология обслуживает.

Совершенно очевидно, что если бы в природе не было подразделения на растительные и животные организмы, не было бы ботаники и зоологии, а при отсутствии изменчивости и наследственности не возникла бы генетика и т.д.

В то же время главная общественная функция науки – оказание помощи человеческому обществу в его производственной деятельности. Поэтому *общественно-исторические условия* тоже влияют на развитие науки.

Важным общественным фактором, воздействующим на развитие естествознания, является *философия*. Дело в том, что фактический материал становится достоянием науки лишь после того, как на его основе сделано обобщение, проверенное практикой. Но это возможно лишь на основе определенного мировоззрения.

Если не учитывать этого, невозможно понять, например, почему великий Кювье, автор ряда крупнейших открытий, подготовивших торжество эволюционной идеи, оказался ярким противником ее.

Следует также учитывать, что общественно-историческая практика и социально-экономические отношения находятся вне изучаемой биологией живой природы, т.е. вне ее предмета. Следовательно, влияние общественных факторов является чисто внешним по отношению к содержанию биологии и может лишь ускорить или замедлить ее развитие.

Анализируя этапы развития естествознания, необходимо учитывать действие на него отмеченных выше факторов. В связи с этим довольно удачной является периодизация, предложенная известным философом Б.М. Кедровым. Он вычленил шесть главных периодов в развитии естествознания: 1) *наивно-диалектический*; 2) *схоластический*; 3) *метафизический*; 4) *стихийно-диалектический*; 5) *период кризиса естествознания*; 6) *сознательно-диалектический*.

Наивно-диалектический период в развитии естествознания продолжался примерно от образования Афинского государства (VI в. до н.э.) до распада Римской империи (V в. н.э.), в общей сложности около тысячелетия, хотя много конкретных сведений о живой природе имелось еще раньше в таких странах, как Китай, Индия, Египет, где задолго до нашей эры были одомашнены дикие животные и возделывалось большое количество сортов культурных растений.

Наивно-диалектический период явился первой и необходимой ступенью в познании природы. Главной положительной чертой его было то, что натурфилософы лучше, чем естествоиспытатели последующей эпохи, улавливали наиболее общие закономерности развития природы. В этот период вырабатывается материалистическое мировоззрение на природу, формируется диалектическое представление о том, что в мире все течет, все изменяется, все связано и взаимодействует.

Существовавшие понятия о различных явлениях природы органически входили в общее представление о мире в целом, в единую всеобъемлющую натурфилософию. Мировоззрение натурфилософов охватывало зачатки всех наук, но собственно естествознания тогда еще не существовало, а были лишь естественнонаучные взгляды.

Основным методом познания был метод непосредственного созерцания природы, и это позволяло правильно уловить некоторые ее особенности.

Сбор и систематизация сведений о природе, добытых человечеством к тому времени, связаны с именами великих ученых и философов Древней

Греции – Аристотеля, Теофраста, Гиппократ, Фалеса, Анаксимандра, Эмпедокла и др.

Аристотель обобщил полученные до него сведения о животных, дал наиболее подробную для своего времени биологическую характеристику известных в то время животных и тем самым заложил основы науки зоологии. Его основными трудами по биологии являются: «О возникновении животных», «История животных» и «О частях животных».

Аристотелем была изучена морфология, а где возможно и анатомия различных животных. Он рассматривал образ жизни животных, их инстинкты, доказал существование живородящих акул и змей, наличие рудиментарных глаз у крота, органов слуха у рыб и органа звука у насекомых (сверчка). Он описал зимнюю спячку животных, полный и неполный метаморфоз в развитии у насекомых, перелеты птиц, миграцию млекопитающих и рыб и другие особенности жизни, развития и размножения различных животных.

Ближайшим учеником Аристотеля был Теофраст (372–287 гг. до н.э.). Он написал многочисленные труды по минералогии, биологии животных и растений, изложил основы агрономии, морфологии, анатомии, а также элементы физиологии и систематики растений. Главными сочинениями Теофраста, принесшими ему бессмертную славу, были ботанические работы, объединенные в два капитальных труда: «Исследования о растениях» (10 книг) и «О причинах растений» (18 книг). Эти книги на протяжении многих столетий были непревзойденными ботаническими руководствами.

При описании растений Теофраст говорил о роли того или иного растения в жизни людей, о среде их обитания, географическом распространении растений, о климатических условиях обитания и о других экологических данных.

Попутно с биологией развивалась и медицина. Основоположниками медицины по праву считают античных ученых Гиппократ и Гален, живших около двух тысяч лет тому назад.

Древнегреческий ученый Гиппократ (около 460–377 г. до н.э.) дал первые анатомические сведения о животных и, частично, о человеке. Более полное описание внутреннего строения человеческого тела было дано римским ученым Галеном (130–200 гг. до н.э.) в трудах по анатомии человека и животных. Об анатомии человека Гален судил, главным образом, по вскрытиям обезьян и свиней. Авторитет его как анатома оставался непрекращаемым на протяжении более 1300 лет, хотя представления его об анатомическом строении человека не были безупречными. Гален был



Аристотель
(384 - 322 гг. до н.э.)

и первым физиологом-экспериментатором, изучившим функцию нервов и кровеносных сосудов на животных (главным образом на свиньях).

К концу формирования античного общества появляются признаки дифференциации натурфилософии на конкретные науки (математика, механика, астрономия, ботаника, агрономия, медицина и др.) и постепенно начинает использоваться метод эксперимента. Это создавало предпосылки для следующего периода развития естествознания – метафизического периода. Однако такой переход из-за влияния общественных факторов произошёл лишь спустя тысячелетие.

Возникновение феодального строя привело к некоторому подъёму производства, но он был незначительным. Совершенствование производства в рамках феодализма оказалось возможным на основе уже имевшихся достижений. Острой необходимости в дальнейшем развитии науки не возникло. Это привело к абсолютизации результатов, достигнутых ранее, и они начали восприниматься как догма. Единственным критерием истины и методом исследования считалось сличение текстов.

Так в развитии естествознания возник *схоластический период* (с V ст. по XVII ст.) Его появление было обусловлено двумя общественными факторами: уровнем развития производства и религией. Действие этих факторов существенно замедлило развитие естествознания. В результате переноса зачатков частных наук на почву религиозного мировоззрения из естествознания выхолащивалось научное содержание, и имевшиеся знания о природе использовались в антинаучных целях. Математику это превратило в кабалистику чисел, астрономию в астрологию, физику в магию, а химию в алхимию. Так донаучный наивно-диалектический метод познания начал заменяться лженаучным, схоластическим.

Учение древнегреческих философов-материалистов было предано забвению. И, наоборот, из учения Платона и Аристотеля было взято и всячески поддерживалось церковью все идеалистическое, теологическое (о целесообразном сотворении мира, о сотворении вселенной и т.д.).

Научные, в том числе и биологические сведения в это период накапливались в процессе производственной практики. Знания в этот период концентрировались преимущественно в монастырях, которым принадлежали лучшие земельные угодья. В частности, немецкий монах Альберт Больштедский (1207–1270) в многочисленных трактатах о растениях и животных даёт описание ряда новых форм. Культурными растениями и домашними животными интересовались в той мере, в какой они были полезны для человека. Практическая селекция того времени базировалась на бессознательном отборе и достигла известных успехов в улучшении существующих и даже создании новых пород животных и растений.

Схоластический период не был обязательным для естествознания. Но, возникнув, он оказал отрицательное влияние на развитие науки о природе. Ряд ложных обобщений, сделанных в схоластический период (представления

о сотворении природы и организмов богом, понимание развития как развертывания уже существующего, учения о предустановленной богом гармонии природы и органической целесообразности) настолько прочно укоренились, что преодолевать их пришлось несколько веков. Эти догмы наложили отпечаток на последующий метафизический период развития естествознания.

Основной общественно-экономической предпосылкой *метафизического периода* (XV–XVIII вв., эпоха Возрождения) явилось зарождение капиталистического способа производства, поставившего перед наукой новые задачи и требовавшего перехода ее на путь опытного исследования.

Метафизика (от греч. «мета та физика», буквально – «после физики») – недиалектический подход к действительности. Метафизический метод рассматривает явления действительности в отрыве друг от друга, в состоянии покоя и неподвижности, без внутренних противоречий.

Для метафизического периода характерно мировоззрение, согласно которому вещи и явления в окружающем нас мире создаются творцом и существуют в неизменном состоянии. Представление о природе как о чем-то застывшем и окостенелом было следствием не только механического переноса в естествознание проповедей богословия, но и одностороннего применения аналитического метода и абсолютизации полученных при этом результатов. Тем не менее, даже такое одностороннее использование аналитического метода было прогрессивно. Оно позволяло тщательно изучить фактический материал, что необходимо для перехода к причинному анализу.

Во всех областях науки начинаются исследования, которые приводят ко все более и более глубокому познанию природы. Различные отрасли естествознания делают в это время большие успехи. В биологии возникают и развиваются такие дисциплины, как систематика, анатомия, морфология, физиология животных и растений. Позднее, со второй половины XVIII ст. разрабатываются основы сравнительной анатомии.

В эпоху Возрождения широко распространяются и комментируются сочинения античных философов и натуралистов. Первыми ботаническими трудами этого периода были комментарии к сочинениям Теофраста, Плиния Старшего и др. В дальнейшем появляются оригинальные «травники» – краткие описания лекарств, растений. В 1583 г. А. Чезальпино сделал попытку создания классификации растений на основе строения семян, цветков и плодов.

С введением анатомирования человеческого тела блестящих успехов добивается анатомия человека, что отражено в классическом труде А. Везалия «О строении человеческого тела» (1543). Работы анатомов подготовили великое открытие XVII века – учение У. Гарвея о кровообращении (1628), применившего для физиологических исследований количественные измерения и законы гидравлики.

Создание микроскопа расширило возможности изучения живых существ. Плеяда микроскопистов открывает тонкое строение растений (Р. Гук, 1665; М. Мальпиги, 1675–1679; Н. Грю, 1671–1682) и их половые различия (Р. Камерариус, 1694 и др.), мир микроскопических существ, эритроциты и сперматозоиды (А. Левенгук, 1673), изучает строение и развитие насекомых (Мальпиги, 1669; Я. Сваммердам, 1669 и др.). Эти открытия привели к возникновению противоположных направлений в эмбриологии – овизма и анималькулизма и к борьбе концепций преформизма и эпигенеза.

В XVIII в. было накоплено уже много знаний о живой природе. Назрела необходимость классифицировать все живые организмы, привести их в систему. В это время закладываются основы науки *систематики*. В области систематики Дж. Рей описал в «Истории растений» (1686–1704) свыше 18 тысяч видов, сгруппированных в 19 классов. Он же определил понятие «вид» и создал классификацию позвоночных, основанную на анатомо-физиологических признаках (1693). Ж. Турнефор распределил растения по 22 классам (1700). Но важнейшим достижением в этой области была «Система природы» шведского ученого К. Линнея (1735), основанная на признании неизменности изначально сотворенного мира. К. Линней узаконил бинарную номенклатуру.

Сторонник ограниченного трансформизма (учения об изменяемости видов) Ж. Бюффон построил смелую гипотезу о прошлой истории Земли, разделив ее на ряд периодов. В отличие от приверженцев сотворения мира относил появление растений, животных и человека к последним периодам. Опытами по гибридизации И. Кёльрейтер окончательно доказал наличие полов у растений и показал участие в оплодотворении и развитии как яйцеклеток, так и пыльцы растений (1761 и позже). Ж. Сенебье (1782) и Н. Соссюр (1804) установили роль солнечного света в способности зеленых листьев выделять кислород и использовать для этого углекислый газ воздуха. В конце XVIII века Л. Спалланцани осуществил опыты, опровергающие господствовавшую до тех пор в биологии идею возможности самозарождения организмов.

Накапливающийся фактический материал результатов исследования природы означал вместе с тем мысленное расчленение ее на отдельные части, означал разделение вещей и явлений на определенные группы с целью обособления их друг от друга и исследования в отдельности. Это способствовало дифференциации естественных, в том числе и биологических наук.

Таким образом, биология в рассматриваемую эпоху базировалась на метафизическом мировоззрении и носила в основном описательный характер.



К. Линней (1707–1778)

Однако по мере развития различных отраслей естествознания накапливались факты, противоречащие метафизическому представлению о полной неизменяемости природы. Возникали гипотезы и теории, отвергавшие застой и неподвижность, то в одной, то в другой области природных явлений.

Стихийно-диалектический период (начало – конец XIX века)

В начале XIX в. главная цель, стоящая в то время перед наукой, – накопление и описание огромного фактического материала – была выполнена. Это позволило перейти от анализа к синтезу и на новой основе вернуться в известной мере к первоначальной диалектической трактовке развития природы.

Иначе говоря, после накопления и изучения большого фактического материала имелись научные и методологические предпосылки для следующего сознательно-диалектического периода в естествознании. Но в связи с общественно-историческими условиями переход к нему происходил медленно.

При существовавших противоречиях диалектика могла проникнуть в науку лишь стихийно, под давлением фактического материала, помимо воли и желаний ученых, а иногда даже и при явном противодействии с их стороны. Например, величайшее открытие Чарлза Дарвина было сделано вопреки господствовавшей тогда методологии.

Подобных примеров можно привести много, но остановимся еще лишь на одном. Открытый Д.И. Менделеевым периодический закон отразил диалектику развития атомов и элементов, совершающегося путем перехода количественных изменений в качественные. Однако сам Менделеев разделял метафизический взгляд на атомы и элементы, считая их неизменными.

Естествоиспытатели, используя несоответствующую методологию, делали открытия диалектического характера. Познание природы, таким образом, углублялось, но это было результатом стихийного, непоследовательного и неполного отражения диалектики природы в мышлении. Поэтому период и назван *стихийно-диалектическим*. Он не был обязательным в развитии естествознания, поскольку вызван общественно-историческими условиями.

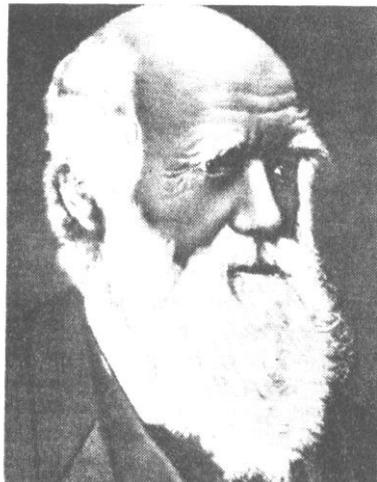
В XIX в. в связи с развитием физики и химии в биологию проникают новые методы исследования. Богатейший материал для изучения природы дали сухопутные и морские экспедиции в малодоступные прежде районы Земли. Все это привело к формированию многих специальных биологических наук.

На рубеже века возникла палеонтология, изучающая ископаемые остатки животных и растений – свидетельства последовательного изменения – эволюции форм жизни в истории Земли. Основателем ее был французский ученый *Ж. Кювье*.

Большое развитие получила эмбриология – наука о зародышевом развитии организма. Идея развития организмов нашла убедительное подтвержде-

ние в исследованиях К.Ф. Вольфа (1759, 1768), Х. Пандера (1817). Особая заслуга в этом принадлежит ученому-естествоиспытателю *К.М. Бэру*, открывшему яйцо млекопитающих и обнаружившему общность плана строения зародышей животных разных классов.

В результате достижений биологических наук широко распространилась идея родства живых организмов, их происхождения в ходе эволюции. Первую целостную концепцию происхождения видов животных и растений в результате их постепенного изменения от поколения к поколению предложил *Ж.Б. Ламарк*.



Ч. Дарвин (1809–1882)

Крупнейшим научным событием века стало эволюционное учение *Ч. Дарвина* (1859). Теория Дарвина оказала огромное влияние на все дальнейшее развитие биологии. Делаются новые открытия, подтверждающие правоту Дарвина, в палеонтологии (*В.О. Ковалевский*), в эмбриологии (*А.О. Ковалевский*), в зоологии, ботанике, цитологии, физиологии. Распространение эволюционной теории на представления о происхождении человека привело к созданию новой отрасли биологии – антропологии. На основе эволюционной теории немецкие ученые Ф. Мюллер и Э. Геккель сформулировали *биогенетический закон*.

Еще одно выдающееся достижение биологии XIX в. – создание немецким учеными *Т. Шванном клеточной теории*, доказавшей, что все живые организмы состоят из клеток. Тем самым была установлена общность не только анатомического, но и микроскопического строения живых существ. Так возникла еще одна биологическая наука – *цитология* (наука о клетках) и как следствие ее – учение о строении тканей и органов – *гистология*.

В результате открытий французского ученого *Л. Пастера* (микроорганизмы являются причиной спиртового брожения и вызывают многие болезни) самостоятельной биологической дисциплиной стала *микробиология*. Работы Пастера окончательно опровергли представления о самозарождении организмов. Исследование микробной природы холеры птиц и бешенства млекопитающих привело Пастера к созданию *иммунологии* как самостоятельной биологической науки. Существенный вклад в ее развитие внес в конце XIX в. русский ученый *И.И. Мечников*.

Во второй половине XIX в. многие ученые пытались умозрительно решить загадку *наследственности*, раскрыть ее механизм. Но только *Г. Менделю* удалось опытным путем установить закономерности наследственности (1865). Так были заложены основы генетики, ставшей самостоятельной наукой уже в XX в.

В конце XIX в. были открыты *митоз* – деление клеток с точным и равным разделением *хромосом* между дочерними клетками и *мейоз* – образование из диплоидных клеток с двойным набором хромосом гаплоидных половых клеток – *гамет* с одинарным набором хромосом.

Важнейшее значение имело открытие *вирусов* русским ученым *Д.И. Ивановским* (1892).

В конце XIX в. большие успехи сделаны в биохимии. Швейцарский врач *Ф. Мишер* открыл *нуклеиновые кислоты* (1869), выполняющие, как было установлено в дальнейшем, функции хранения и передачи генетической информации. К началу XX в. было выяснено, что *белки* состоят из *аминокислот*, соединенных друг с другом, как показал немецкий ученый *Э. Фишер*, пептидными связями.

Физиология в XIX в. развивается в разных странах мира. Особенно существенными были работы французского физиолога *К. Бернара*, создавшего учение о постоянстве внутренней среды организма – *гомеостазе*. В Германии прогресс физиологии связан с именами *И. Мюллера*, *Г. Гельмгольца*, *Э. Дюбуа-Реймона*. Гельмгольц развил физиологию органов чувств, Дюбуа-Реймон стал основоположником изучения электрических явлений в физиологических процессах. Выдающийся вклад в развитие физиологии в конце XIX – начале XX в. внесли русские ученые: *И.М. Сеченов*, *Н.Е. Введенский*, *И.П. Павлов*, *К.А. Тимирязев*.

Кризис естествознания (конец XIX – начало XX столетия)

В конце XIX и начале XX в. естествознание переживало кризис, который обуславливался главным образом бурным развитием, необходимостью коренного преобразования основных понятий и частично общественно-историческими условиями. Борьба за материалистическое мировоззрение еще продолжалась. Некоторые вопросы все еще решались в рамках метафизической логики. Это порождало новые вспышки метафизики и стремление к ревизии уже имевшихся в естествознании обобщений на стихийно-диалектической основе. Усиление идеализма и метафизики в отдельных отраслях биологии приводило к абсолютизации ряда представлений и появлению ложных взглядов, с позиций которых делались попытки пересмотреть теорию эволюции. Например, отправными пунктами развития генетики в начале XX в. стали менделизм и мутационная теория (*Х. Де Фриз*, 1901–1903), абсолютизирующие первые понятия о материальных основах наследственности. Это привело к неправильному суждению о естественном отборе, отрицанию его роли как движущей силы эволюции.



Г. Мендель (1822–1884)

Была сформулирована хромосомная теория наследственности (Т. Бовери, 1902–1907; У. Сеттон, 1902), однако лишь Т. Морган и его школа (1910 и позже) обосновали и разработали и ее полностью. На основе учения В. Иогансена о чистых линиях (1903) им были введены понятия – ген, генотип, фенотип (1909).

Химическая природа генов и матричный принцип их воспроизведения сначала постулировались чисто теоретически в форме представления о «наследственных молекулах» (Н.К. Кольцов, 1927). В период кризиса естествознания возникло такое лженаучное направление, как социалдарвинизм. Оно базировалось на подмене законов развития общества биологическими законами.

Период кризиса естествознания не следует понимать упрощенно, так как развитие науки продолжалось, и в борьбе с идеализмом и метафизикой крепло диалектико-материалистическое мировоззрение. В этот период было сделано много ценного в естествознании вообще и в биологии в частности.

Кроме того, подготавливалась почва для перехода естествознания к следующему *сознательно-диалектическому периоду (с начала XX столетия по настоящее время)*, основная черта которого – положительное влияние на науку общественной практики, осуществляемое через технику и философию. В этот завершающий, но в перспективе бесконечный период в биологии должен произойти переход от изучения прошлого и настоящего живой природы к работам по управлению эволюцией. Если, например, классический дарвинизм в известной мере опирался на практику пассивно, то современная эволюционная биология должна вполне осмысленно проводить в жизнь принцип единства теории и практики. Это и определяет направление исследований в плане преобразования.

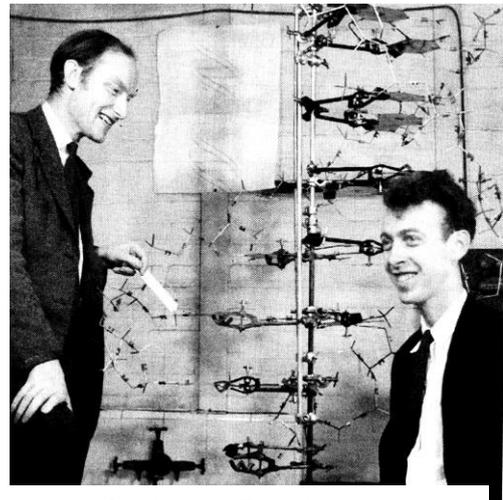
В XX в. развиваются новые биологические дисциплины и исследования в «классических» отраслях биологии. Зоологи и ботаники продолжали изучение жизни животных и растений в различных условиях обитания. Большие успехи были достигнуты в изучении отдельных групп животных и растений – орнитологии (птицы), энтомологии (насекомые), герпетологии (пресмыкающиеся), альгологии (водоросли), лихенологии (лишайники) и др. Выдающийся вклад в развитие зоологии внесли отечественные зоологи М.А. Мензбир, С.И. Огнев, А.Н. Формозов, В.А. Догель, Л.А. Зенкевич, К.И. Скрябин, М.С. Гиляров и другие; ботаники – М.И. Голенкин, К.И. Мейер, А.А. Уранов, Л.И. Курсанов, В.Л. Комаров и другие.

Особенно бурно развиваются генетика, цитология, физиология животных и растений, биохимия, эмбриология, эволюционное учение, учение о биосфере, а также микробиология, вирусология, паразитология и многие другие отрасли биологии.

Как самостоятельная биологическая наука сформировалась генетика, изучающая наследственность и изменчивость живых организмов.

Открытие Менделя о существовании материальных единиц наследственности, впоследствии названные *генами*, было оценено лишь в XX в. в результате исследований Х. Де Фриза в Голландии, Э. Чермака в Австрии, К. Корренса в Германии. Было показано, что носителями генетической информации являются молекулы ДНК (1944). Матричный принцип кодирования был разработан отечественным ученым Н.В. Тимофеевым-Ресовским и американским ученым М. Дельбрюком.

Установление структуры дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) (Дж. Уотсон и Ф. Крик, 1953) привело к раскрытию генетического кода, дало резкий толчок развитию молекулярной биологии, а позднее – генетической инженерии и биотехнологии. Американский ученый Т. Морган, а также другие ученые разработали хромосомную теорию наследственности. Тем самым генетика в значительной мере объединилась с цитологией (цитогенетика), и стал понятен биологический смысл митоза и мейоза.



Ф. Крик и Дж. Уотсон

Началось быстрое развитие биохимических исследований во многих странах мира. Основное внимание было уделено путям превращения веществ и энергии во внутриклеточных процессах.



А.Н. Северцов
(1866–1936)

Было установлено, что эти процессы в принципе одинаковы у всех живых существ – от бактерий до человека. Универсальным посредником в превращении энергии в клетке оказалась аденозинтрифосфорная кислота (АТФ). Советский ученый В.А. Энгельгардт открыл процесс образования АТФ при поглощении клетками кислорода. Открытие и исследование *витаминов, гормонов*, установление состава и строения всех основных химических компонентов клетки выдвинули биохимию на одно из ведущих мест в ряду биологических наук.

В области физиологии животных на основе учения И.П. Павлова об условных рефлексах и высшей нервной деятельности бурно развивается нейрофизиология. Самостоятельной биологической наукой стала этология, изучающая поведение животных. Физиология растений добилась успехов в изучении фотосинтеза.

Существенное развитие в XX в. получила эволюционная теория. Благодаря развитию палеонтологии и сравнительной анатомии было выяснено

происхождение большинства крупных групп органического мира, вскрыты морфологические закономерности эволюции (А.Н. Северцов). В 20–30-х гг. была вскрыта роль в эволюции мутационного процесса, колебаний численности и изоляции при направленном действии отбора. Это позволило разработать синтетическую теорию эволюции, развивающую дарвинизм (С.С. Четвериков, Дж. Б.С. Холдейн, Р. Фишер, С. Райт, Дж. Хаксли, Ф.Г. Добржанский, Э. Майр, Дж. Г. Симпсон, Б. Ренш и др.) и включающую учения о факторах эволюции (И.И. Шмальгаузен и др.), о микроэволюции и макроэволюции.



Н.И. Вавилов (1887–1943)

Выдающийся ученый *Н.И. Вавилов* на основании достижений эволюционной теории и генетики и в результате собственных многолетних исследований создал теорию центров происхождения культурных растений. *А.И. Опарин* распространил эволюционные представления на «предбиологический» период существования Земли и выдвинул теорию происхождения жизни.

Крупнейшим достижением биологии является создание В.И. Вернадским биогеохимии и учения о биосфере (1926), В.Н. Сукачёвым – биогеоценологии (1942), А. Тенсли – учения об

экосистемах (1935), на основе которых научно разрабатывается стратегия взаимоотношений человечества с природой.

Трудами В. Шелфорда (1912, 1939), Ч. Элтона (1934) и др. разработаны основы экологии как науки о взаимосвязи между организмами и окружающей средой. С середины XX века успехи экологии, а также проблемы охраны природы привели к «экологизации» многих биологических наук, способствовали утверждению современного системного подхода к развитию популяционной биологии.

Рассмотренные в данном разделе основные закономерности развития естествознания в целом и биологии в частности в рамках определенной, пусть и не совсем совершенной, логической схемы дают возможность правильной оценивать достижения эволюционной биологии.



А.И. Опарин (1894–1980)

Вопросы для обсуждения

1. Какие факторы обуславливают развитие научных представлений о живой природе?
2. Какие главные периоды в развитии биологии?
3. С именами каких великих ученых и философов связан наивно-диалектический период в развитии естествознания? В чем его сущность и значение?
4. Был ли необходим в развитии естествознания схоластический период? В чем его сущность и роль?
5. Какое мировоззрение характерно для метафизического периода в развитии биологии? Основы каких наук и какими учеными были заложены в этот период?
6. В чем заключается основное противоречие стихийно-диалектического периода в развитии естествознания?
7. Какие основные научные достижения стихийно-диалектического периода и с именами каких ученых они связаны? Укажите основные открытия и обобщения этого периода.
8. С чем связан период кризиса естествознания и какое значение он имел для развития биологической науки?
9. Каковы основные черты и методы сознательно-диалектического периода в развитии биологии?
10. Какие биологические науки и почему получили бурное развитие в сознательно-диалектический период?
11. Укажите выдающихся отечественных и зарубежных ученых, сыгравших наибольшую роль в развитии биологических наук в XX столетии.

РАЗДЕЛ II

ЖИЗНЬ, ЕЕ СУЩНОСТЬ, ОРГАНИЗАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Лекция 2

СОВРЕМЕННОЕ ПОНИМАНИЕ СУЩНОСТИ ЖИЗНИ

Биология – наука о жизни. *Жизнь* – такое понятное и вместе с тем такое загадочное для каждого мыслящего человека слово. Казалось бы, смысл его ясен и однозначен. Но на протяжении всей многовековой истории постоянно велись непримиримые споры о том, как нужно его понимать.

Даже вопрос о том, что является живым, какие объекты наделены жизнью, и сейчас решаются совершенно по-разному. Здесь мы имеем широкий спектр мнений.

На одной стороне этого спектра расположены суждения тех ученых и философов, которые считают, что жизнь является общим, неотъемлемым для всей материи свойством и которые, таким образом, распространяют область жизни на все объекты Вселенной.

Это мнение ведет свое начало от древнегреческих *гилозоистов*. Еще Фалес считал магнит одушевленным за его способность притягивать железо. Более двух тысяч лет спустя философ-материалист Спиноза утверждал, что камни мыслят, что все тела природы одушевлены. Еще через 100 лет французский философ Робинэ всю материю признавал живой. И в наши дни многие инженеры и физики готовы признать живыми сложнейшие механизмы-автоматы, компьютеры.

Философы, стоящие на другой, противоположной стороне, произвольно сужают объем жизни до одного только человеческого существования или даже утверждают, что жизнь является прерогативой одного единственного мыслящего субъекта.

Обе точки зрения неверны, так как жизнь свойственна любому организму от самого высшего до самого низшего, но ее нет у объектов неорганической природы, какими бы сложными они не были.

Принимая материальность жизни, нельзя понимать ее особенности механистически, то есть объяснять законами более простых форм движения материи – физики, химии. Жизнь материальна по своей природе, но она не является неотъемлемым свойством всей материи вообще. Ею наделены лишь живые существа. Это особая, качественно отличная от неорганического мира форма движения материи, и организмам присущи особые, специфические биологические свойства и закономерности, не сводимые только к законам, царящим в неорганической природе.

Признание материальной природы жизни совсем не связано с обязательным отрицанием ее специфических особенностей, ее качественных отличий от объектов неорганического мира.

В процессе развития материи на Земле возникла жизнь – качественно новая форма движения. При этом старые законы физики и химии, конечно, сохранились, но теперь на них наложились новые, отсутствующие ранее, более сложные биологические закономерности. Происходит диалектическое «снятие», когда новые законы движения включают старые, но не сводятся к ним. Поэтому в отличие от механицизма, для которого задача познания жизни сводится к наиболее полному объяснению жизни физикой, химией и даже математикой, главным для современного познания жизни является установление ее качественного отличия от других форм движения материи, которое заставляет рассматривать жизнь как особую форму движения материи.

Это отличие в большей или меньшей степени находило и находит свое отображение в тех многочисленных определениях жизни, которые были сформулированы выдающимися учеными и мыслителями. Одни сводили его к перечислению различных свойств живого, не выделяя главного. Другие ограничивались краткими определениями, также мало отражающими суть вопроса. Например, известный французский биолог К. Биша принимал жизнь за *«совокупность отправления, сопротивляющихся смерти»*, а Энгельс – *«жизнь – это смерть»*.

Что вообще значит дать определение жизни? Очевидно, в нем обязательно должны содержаться указание на материальный носитель жизни, приводиться самые общие, специфические черты и свойства живого. Определение жизни должно быть универсальным, то есть подходить не только для проявлений жизни на Земле, но и на других планетах, где возможность наличия жизни не исключается.

Впервые истинно научное определение жизни было предложено Ф. Энгельсом. Прежде всего, жизнь им была охарактеризована как особая биологическая форма движения материи. Определение жизни по Энгельсу сводится к следующему:

«Жизнь – это форма существования белковых тел, существенным моментом которой является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой и которая прекращается вместе с прекращением этого обмена веществ, ведя за собой разложение белка» (Диалектика природы, 1932. – С. 29). При этом Энгельс понимал, что обмен веществ в элементарной форме может происходить и в неорганических телах, но в этом случае он приводит к разрушению, а обменные процессы в органических телах являются необходимым условием их существования.

Из определения, данного Ф. Энгельсом, вытекают два важных обстоятельства:

- 1) материальными носителями жизни служат белковые тела;

2) носители жизни – это такие белковые тела, которые способны к самовозобновлению через обмен веществ.

Это определение сущности жизни вплоть до нашего времени, было предметом дискуссий, поскольку оно тоже неполно, что признавал и сам Энгельс: *«Наша дефиниция жизни, разумеется, весьма недостаточна, поскольку она далека от того, чтобы осветить все явления жизни, а, напротив, ограничивается самыми общими и самыми простыми среди них»* (Анти-Дюринг, 1957. – С. 78).

Жизнь настолько сложное понятие, что дать ему всеобъемлющее определение крайне сложно. Гораздо легче перечислить и описать те признаки живой материи, которые отличают ее от неживой – питание, дыхание, раздражимость, подвижность, выделение, размножение, рост, приспособляемость.

Питание. Пища нужна всем живым существам. Они используют ее как источник энергии и веществ, необходимых для роста и других процессов жизнедеятельности. При этом растения и животные различаются главным образом по способу добычи пищи.

Почти все растения способны к фотосинтезу, то есть они сами создают питательные вещества, используя энергию света. Фотосинтез – одна из форм *автотрофного питания*.

Животные и грибы питаются по-иному. Они используют органическое вещество других организмов, расщепляя с помощью ферментов это органическое вещество и усваивая продукты расщепления. Такое питание называют *гетеротрофным*. Гетеротрофами также являются многие бактерии, хотя некоторые из них – автотрофы.

Дыхание. Для всех процессов жизнедеятельности нужна энергия. Поэтому основная масса питательных веществ, получаемых в результате автотрофного или гетеротрофного питания, используется в качестве источника энергии. Она высвобождается в процессе расщепления питательных веществ и запасается в молекулах высокоэнергетических соединений, главным образом, аденозинтрифосфата (АТФ), которые обнаружены во всех живых клетках.

Раздражимость. Все живые существа способны реагировать на изменения внешней и внутренней среды, что помогает им выжить. Например, кровеносные сосуды кожи млекопитающих при повышении температуры тела расширяются, рассеивая избыток тепла, и таким образом восстанавливают оптимальную температуру тела. А зеленое растение, стоящее на подоконнике и освещаемое только с одной стороны, тянется к свету, потому что для фотосинтеза необходима определенная освещенность.

Подвижность. Животные в отличие от растений способны перемещаться из одного места в другое, то есть они могут двигаться, чтобы добывать пищу. Для растений подвижность не столь обязательна, так как они способны сами создавать питательные вещества из простейших соединений,

доступных практически повсюду. Но и у растений наблюдается движение внутри клеток и даже движение целых органов, хотя и с меньшей, чем у животных, скоростью.

Выделение. Выделение или экскреция – это выведение из организма конечных продуктов обмена веществ. Такие вредные «шлаки» возникают, например, в процессе дыхания, и их надо обязательно удалять. Животные потребляют очень много белков, и поскольку белки не запасаются, их необходимо расщепить, а затем вывести из организма. Поэтому у животных выделение сводится в основном к экскреции азотистых веществ.

Еще одной из форм выделения необходимо считать выведение из организма свинца, радиоактивной пыли, алкоголя и ряда других, вредных для здоровья веществ.

Размножение. Продолжительность жизни у каждого организма ограничена, однако вся жизнь «бессмертна». Выживание вида обеспечивается сохранением главных признаков родителей у потомства, возникшего путем бесполого или полового размножения. Пытаясь объяснить природу наследования признаков, «редукционисты» открыли нуклеиновые кислоты ДНК и РНК. В молекулах этих кислот содержится закодированная наследственная информация, которая передается в процессе размножения от одного поколения к другому.

Рост. Живые существа растут изнутри за счет питательных веществ, которые организм получает в процессе питания. В результате ассимиляции этих веществ образуется новая живая протоплазма.

Объекты неживой природы (кристаллы, сталагмиты) тоже способны к росту, но при этом присоединяют новое вещество к наружной поверхности.

Приспособляемость. Живые организмы (и отдельные их органы) хорошо соответствуют своему образу жизни, приспособлены (адаптированы) к своей среде. Адаптивность возникает вследствие способности организмов к эволюционным изменениям.

Эти восемь главных свойств живого более-менее выражены у любого организма и являются показателями того, жив он или мертв. Ни одно из этих свойств само по себе не позволяет провести резкую грань между живым и неживым. Только по совокупности этих свойств мы можем с достаточной уверенностью охарактеризовать жизнь.

Но не следует забывать, что все эти признаки – только видимые проявления главных свойств живой материи – способности извлекать, преобразовывать и использовать энергию извне. Кроме того, живые существа обладают встроенной системой саморегуляции.

Из сказанного следует, что можно выделить наиболее фундаментальные свойства, которые присущи только живому.

Самыми существенными чертами живого, из которых вытекают все описанные выше, являются **саморегуляция, самовоспроизведение, дискретность и целостность.**

Дискретность (прерывистость, отграниченность). Живые объекты в природе относительно обособлены один от другого (особи, популяции, виды). Каждая особь многоклеточного организма состоит из клеток, каждая клетка и одноклеточное существо – из определенных органелл. Органеллы в свою очередь состоят из дискретных, обычно высокомолекулярных органических веществ, которые в свою очередь состоят из дискретных атомов, элементарных, тоже дискретных частиц.

В тоже время сложная организация невозможна без взаимодействия ее частей и структур – без **целостности**. Целостность биологических систем качественно отличается от неживого, прежде всего тем, что целостность живого поддерживается в процессе развития. **Дискретность и целостность** – неразрывные характерные свойства живых объектов, обеспечивающих их системность. Живые системы – открытые системы, постоянно обменивающиеся веществом и энергией со средой. Для них характерна **отрицательная энтропия** (увеличение упорядоченности), которая возрастает в процессе органической эволюции.

Особенностью самовоспроизведения как фундаментального свойства живого является то, что среди живых систем нет двух одинаковых особей, популяций, видов. Это уникальное проявление дискретности и целостности живого основано на замечательном явлении – **конвариантной редупликации**.

Конвариантная редупликация – самовоспроизведение с изменениями, которое осуществляется на основе матричного принципа копирования генетической информации. Это по существу единственное сугубо специфическое для жизни свойство. В основе этого свойства находится уникальная способность к самовоспроизведению основных управляющих систем (ДНК, хромосом, генов). Молекулы ДНК всех организмов владеют высокой стабильностью, что обеспечивает возможность идентичного самовоспроизведения.

Вместе с тем, при самовоспроизведении управляющих систем осуществляется не механическое повторение, а воспроизведение с внесением изменением. Неизбежность этого вытекает из физико-химических свойств молекул ДНК. Конвариантная редупликация лежит в основе жизни.

Таким образом, носителями жизни на Земле являются сложные системы макромолекул белков, нуклеиновых кислот, липидов и других органических веществ. А основными признаками жизни являются саморегуляция, самовоспроизведение путем конвариантной редупликации, дискретность и целостность.

Это дает возможность сделать современное универсальное определение жизни:

Жизнь – это дискретная и целостная макромолекулярная система, способная к саморегуляции и самовоспроизведению путем конвариантной редупликации.

Исходя из этого, жизнь как особая форма движения материи возникла с момента образования открытых коллоидных систем, которые обязательно включают белки, нуклеиновые кислоты и фосфорорганические соединения и оказались способными к авторегуляции и авторепродукции на основе преобразования веществ, энергии и информации в процессе взаимодействия с окружающей средой. Из этого необходимо исходить при решении вопроса о происхождении жизни.

Лекция 3 **АКСИОМЫ БИОЛОГИИ**

Рассмотренные характеристики жизни очень важные и необходимые, но отнюдь не единственные. Есть и другие весьма удачные попытки охарактеризовать живое. К их числу относится попытка Б.М. Медникова (1982) вычленил наиболее общие основные постулаты, незыблемые основы живого, то есть такие характеристики жизни, которые не требуют доказательства – *аксиомы*, из которых по сути можно вывести все основные, нами ранее рассмотренные свойства живого, а может и наоборот. Эти аксиомы следует рассматривать как шаг к теоретической биологии, что является неперенным условием дальнейшего развития биологии как науки вообще.

Каким же требованиям должны отвечать аксиомы биологии?

Прежде всего, они должны удовлетворять требованию очевидности и всеобщности и их должно быть необходимое и достаточное число.

Во-вторых, аксиомы биологии не должны противоречить основному принципу современного естествознания – принципу причинности, то есть причина во времени не должна предшествовать следствию.

С точки зрения Б.М. Медникова (1988) можно сформулировать 4 или 5 таких аксиом, которые характеризуют жизнь всесторонне.

Итак, **аксиома первая.**

Жизнь – это антиэнтропийный процесс, при котором упорядоченность растет, то есть в процессе размножения воспроизводятся упорядоченные структуры. Возникает вопрос, как из бесструктурной массы желтка и белка возникает, к примеру, цыпленок? И первая аксиома биологии должна определить условия, при которых воспроизведение этой специфической структуры возможно.

Более двух тысяч лет люди размышляли над этим вопросом. Не зная второго начала термодинамики, они интуитивно чувствовали, что самопроизвольное возникновение порядка из беспорядка, структуры из бесструктурной массы – чудо. И первой гипотезой, объясняющей развитие и пытающейся это чудо обойти, была идея *преформизма*.

Великий врач, основоположник медицины Гиппократ предположил, что цыпленок в яйце уже содержится в «готовом виде», а в процессе наси-

живания идет только рост, увеличение размеров. Сходные взгляды высказывал философ Анаксагор, римский мыслитель Сенека. Особенно расцвела эта гипотеза в XVII и XVIII веках, когда она, собственно, и получила название *преформизма* или *гипотезы вложения*.

Преформисты лишь спорили, где находятся эти зародыши – в мужских или женских половых клетках. Сторонники первого – *анималькулисты*, второго – *овисты*. Но объединяет их общая идея – теория вложения зародышей. В самом деле, если нет никакого развития, и в яйцеклетке или спермии содержится уже готовый, только маленький организм, то него должны быть свои половые железы, а в них яйцеклетки или спермии, а в них свои зародыши и так далее – до бесконечности.

Галлер, как верующий христианин, скрупулезно подсчитал, что в яичниках первой женщины – библейской Евы было не менее 200 миллиардов вложенных зародышей.

С точки зрения атомно-молекулярной теории гипотеза вложения, допускающая возможность бесконечного дробления материи, является нонсенсом. Тем не менее, преформизм был чрезвычайно популярным, так как легко объяснял это чудо – воссоздание в каждом поколении из бесструктурной массы нового организма.

Но наряду с теорией преформизма развивалось и многими защищалось иное учение о развитии, корни которого находятся в трудах младшего современника Гиппократата – Аристотеля.

Аристотель допускал возможность бесконечного дробления материи без качественного изменения ее свойств. Поэтому он мог бы стать на точку зрения преформистов, но, тем не менее, предпочел объяснить развитие по-другому. Согласно ему, в яйце или спермии нет готовых структур взрослого организма. При каждом акте развития они возникают заново. Но так же, как и Гиппократ, Аристотель понимал, что самопроизвольно порядок из беспорядка возникнуть не может.

Поэтому он привлек для объяснения развития свою идею о конечной причине. Развитием управляет *энтелехия* – конечная причина или цель, иными словами, некая божественная идея о совершенном петухе и совершенной курице. Образно говоря, по Аристотелю развитием куриного яйца каким-то, явно не материальным способом, управляет будущий цыпленок. Позже Гарвей развил эту идею о возникновении порядка под действием некоей внешней «пластической силы».

Это учение получило название *эпигенеза*. Оно было первым протестом против идеалистической теории преформизма, но и само таким же неуклюжим и идеалистическим.

Одним из первых, кто на научной основе (по сути, с генетических позиций) выступил против преформизма, был замечательный французский натуралист и философ Мопертюи.

Его рассуждения сводились к следующему. Согласно преформистам, готовый организм со всеми своими признаками должен находиться или в яйцеклетке, или же в спермии. Значит, признаки другого родителя не должны наследоваться. Но это абсурд, ведь у любого организма одни признаки наследуются с отцовской, другие с материнской стороны. Значит ни в яйцеклетке, ни в спермии нет «готового» зародыша. Он возникает в результате взаимодействия материнского и отцовского начал.

К сожалению, эти предвосхитившие время выводы не смогли поколебать преформизм. Разбить догматическое учение можно было только на его собственной территории, изучая развитие организмов.

Эту задачу с успехом выполнил в 1759 году Каспар Фридрих Вольф. Детально изучив развитие цыпленка, он пришел к выводу, что все детали структуры эмбрионов не вырастают из предшествующих, а возникают заново. «Утверждение, что части тела зародыша скрыты в силу их бесконечно малых размеров и лишь потом постепенно выступают, является басней», – такой энергичный вывод делает молодой ученый.

Что же тогда создает порядок из беспорядка, как объяснить природу развития?

Согласно Вольфу, таким организующим началом является некая внешняя сила – *vis essentialis* (*essentia* – сущность), то есть фактически аристотелевская энтелехия. Последователи Вольфа–Блюменбах с его «образовательным стремлением», Меерер с «всеобщей оживляющей силой»,



А. Вейсман (1834–1914)

Хердер с «жизненной органической силой» и др. – лишь ответвления эпигенеза, сущность которого наиболее точно охарактеризовал К.М. Бэр: «Не материя, но сущность (идея, по взгляду новой школы) возникающей животной формы управляет развитием плода».

Эпигенетики, таким образом, лишь сняли с теории вложения обветшавшие лохмотья преформизма и оставили ее обнаженной. Поэтому и преформизм, и эпигенез оказываются одинаково идеалистическими и не решающими проблемы.

Помощь пришла благодаря генетике. Еще в конце прошлого века знаменитый биолог Август Вейсман сформулировал положение о делении организма на сому, то есть тело и наследственную плазму. Согласно Вейсману по наследству передается не структура (сому), а описание структуры и инструкция по ее изготовлению (наследственная плазма).

Тогда весь процесс развития состоит из двух отдельных операций – копирование этой программы (того, что современные генетики называют генотипом) и постройка собственно организма (того, что генетики назы-

вают фенотипом). Отсюда логично вытекает формулировка первой аксиомы биологии, справедливо носящей имя А. Вейсмана:

Все живые организмы являются единством фенотипа и программы для его построения – генотипа, передающегося по наследству из поколения в поколение.

Казалось бы, какая разница, передается ли по наследству сама структура в виде маленького организма, запрятанного в половой клетке, или же программа, кодирующая его построение. Что это дает по сравнению с преформизмом?

Во-первых, мы сразу же избавляемся от безумной картины бесконечной вереницы вложенных друг в друга как матрешки зародышей. Как и в теории эпигенеза, упорядоченность организма в каждом новом поколении возникает заново, но упорядочивающим фактором является не мистическая энтелехия или «существенная сила», а вполне реальная программа, закодированная, как мы теперь знаем, в длинных нитевидных молекулах дезоксирибонуклеиновой кислоты – ДНК (рис. 2.1) или рибонуклеиновой кислоты – РНК у вирусов.

Порядок организма возникает не из ничего, а из порядка полученной от родителей программы.

В условиях Земли основа фенотипа – белки, основа генотипа – нуклеиновые кислоты. На других планетах жизнь может быть построена на иной структурной основе. Но принцип единства генотипа и фенотипа един во всей Вселенной. Жизнь на основе только одного фенотипа или же одного генотипа невозможна, ибо при этом нельзя обеспечить ни самоподдержания, ни самовоспроизведения сложной специфической структуры. Фенотип возникает по программе, закодированной в генотипе, и заодно копирует программу для будущего поколения. Это касается всех организмов, включая вирусы, у которых фенотип практически редуцирован. Поэтому утверждение о единстве фенотипа и генотипа аксиоматично, первая аксиома едина для всего живого.

Однако из этого положения, то есть аксиомы первой, вытекают несколько проблем, решение которых приводит к формулировке второй биологической аксиомы. Главными среди них являются следующие.

1. Достаточно ли информации, содержащейся в генотипе, для набора инструкций, необходимых для построения фенотипа, иначе говоря, что сложнее – генотип или фенотип?

2. Каким образом из поколения в поколение воспроизводится генетическая программа, по которой развиваются организмы?

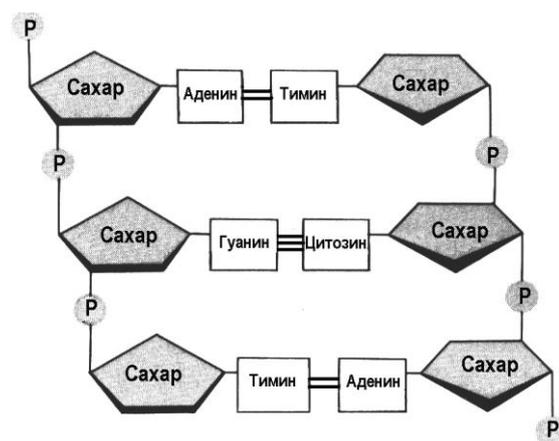


Рис. 2.1 Схема строения молекулы ДНК

Итак, переходим ко второй аксиоме.

В 1927 году на III Всесоюзном съезде анатомов, гистологов и зоологов в Ленинграде блестящий отечественный биолог Николай Константинович Кольцов сделал доклад, в котором впервые был четко сформулирован принцип, который до сих пор остается незыблемым, несмотря на то, что наши представления о природе наследственных молекул совершенно изменились. По мнению Б.М. Медникова, этот принцип является **второй аксиомой биологии или аксиомой Н.К. Кольцова**.

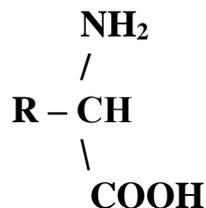
В начале доклада Н.К. Кольцов припомнил давнее событие – Московский съезд естествоиспытателей и врачей в 1893 году, на котором профессор М.А. Мензбир познакомил участников с нашумевшими идеями Августа Вейсмана о разделении организма на наследственную плазму и сому (фактически на генотип и фенотип). Из теории Вейсмана следовало, что генотип располагается в клеточном ядре и передается из поколения в поколение яйцеклетками и спермиями.

На этом же съезде химик А.А. Колли путем простейших математических расчетов, основываясь на тогдашних во многом неверных представлениях о природе белков, показал, что в головке спермия (фактически в ядре) может уместиться из-за его малых размеров очень мало белковых молекул – не больше нескольких десятков, то есть примерно столько же, что и хромосом.

Н.К. Кольцов сопоставил эти два доклада и сделал вывод, который вынес на всеобщее обсуждение только через 30 лет, уже после того, как родилась на свет генетика Моргана и белковая химия шагнула далеко вперед. Вывод Кольцова весьма прост. Хромосома – это гигантская «наследственная молекула», в которой в линейной последовательности располагаются белковые молекулы – *гены*.

Каждый ген представляет собой по Кольцову цепочку аминокислотных остатков, соединенных пептидными связями.

Известно, что аминокислота – это соединение, содержащее одновременно аминогруппу NH_2 и радикал органических кислот:



Н.К. Кольцов (1872–1940)

Пептидная связь возникает между этими группировками, при этом отщепляется молекула воды. Белки состоят из сотен тысяч аминокислотных остатков, соединенных пептидными связями.

Кольцов предположил, что все наследуемые свойства организмов закодированы в хромосомах порядком чередования разнообразных аминокислотных остатков.

Но отсюда следовало, что заново возникать подобные молекулы не могут, так как мала вероятность того, что аминокислоты сами по себе, без какого-нибудь упорядочивающего фактора, соберутся в нужную последовательность. Сам Кольцов приводил пример цепочки всего из 17 аминокислот, которая гораздо проще большинства природных белков. Даже в этом случае возможно существование триллиона вариантов таких цепочек, различающихся чередованием остатков.

А ведь в каждом поколении такие молекулы воспроизводятся, и вероятность ошибки ничтожна.

И Кольцов делает следующий вывод, позволяющий единственным способом объяснить это явление:

Наследственные молекулы (генетическая программа) синтезируются матричным путем. В качестве матрицы, на которой строится ген будущего поколения, используется ген предыдущего поколения. Это и есть вторая аксиома биологии.

Принцип матричного копирования по существу был известен людям тысячи лет. Еще обитатели древнего Египта имели цилиндрические печати из твердого камня с вырезанными на них именами владельцев и различными рисунками. Прокатив такой валик по мягкой глине, древний египтянин получал отчетливый оттиск рисунка и печати. На этом же принципе основана любая система точного и массового копирования сложных структур с закодированной в них информацией (книгопечатание, чеканка монет, изготовление фотоотпечатков с негатива и т.п.). Довольно странно, что идею Кольцова о матричном синтезе генов поддержали в 20–30-е годы лишь немногие.

Вот как сам Кольцов представлял этот процесс: *«...всякая (конечно сложная, органическая) молекула возникает из окружающего раствора только при наличии уже готовой молекулы; причем соответствующие радикалы помещаются... на те пункты имеющейся налицо и служащей затравкой молекулы, где лежат такие же радикалы...»*.

Гениально предугадав необходимость матричного синтеза гена, Кольцов ошибся в выборе материала для синтеза, посчитав, что это белок.

В 1953 году, через 13 лет после смерти Кольцова, появилась краткая статья физика Ф. Крика и генетика Дж. Уотсона, которые расшифровали структуру наследственной молекулы и показали, что в ней самой заложена способность к матричному копированию. Но веществом наследственности

оказался не белок, а дезоксирибонуклеиновая кислота – всем известная ныне двойная спираль ДНК.

Кольцов пользовался несовершенными микроскопическими методиками, позволяющими увидеть хромосомы в ядрах во время деления клеток. Однако, когда ДНК между делениями клеток равномерно распределялась по ядру, окраска становилась слабой, практически невидимой. Поэтому большинство исследователей полагало, что ДНК из ядра в промежутке между делениями вообще исчезает. Это давало основание не принимать их во внимание, а наследственным веществом считать белок, допуская, что он состоит из двух полипептидных цепей.

Полипептидные цепи белков могут соединяться попарно за счет водородных связей, образующихся между пептидными группами (СО – NH) противоположных цепей, которые могут возникнуть между любыми аминокислотными остатками. Это значит, что водородные связи в белках не специфичны и не могут обеспечить точность матричного копирования. Белки – плохие матрицы, и поэтому они не могут размножаться сами.

Иное дело нуклеиновые кислоты. Это, как и белки, длинные молекулы полимеров. Но в отличие от белков звенья полимера – не аминокислоты, а *нуклеотиды* – азотистые основания – *гуанин, аденин, цитозин и тимин* (в РНК тимин заменяется *урацилом*), к которым присоединены сахара (пентозы) и остатки фосфорной кислоты. Последовательность этих нуклеотидов в цепи и есть, по сути, генетический код.

Термодинамически (энергетически) выгоднее образование пар аденин-тимин (или аденин-урацил) и гуанин-цитозин. Эти пары называют каноническими. Все другие в обычных условиях неустойчивы.

Поэтому в двойной спирали ДНК против гуанина в одной цепи всегда будет находиться цитозин в другой, а против аденина – тимин (рис. 2.2). И когда на одиночной цепи, как на матрице, строится новая, точность синтеза оказывается удовлетворительной для передачи генетической информации из поколения в поколение.

По Кольцову, если считать белок матрицей, подобное притягивается к подобному. При матрицировании ДНК (и РНК вирусов) притягиваются противоположные, так называемые комплементарные основания, образующие наиболее устойчивые пары с минимумом свободной энергии.

Как и при формулировке первой аксиомы необходимо подчеркнуть, что главное не материальный субстрат, а матричный принцип его синтеза. В земных условиях белки оказались плохими матрицами, а нуклеиновые кислоты хорошими. Но из этого не следует, что на других планетах Вселенной дело обстоит точно так же. Гены там могут состоять из других соединений, но размножаться они должны, как и на Земле, матричным путем. Из этого следует всеобщность, универсальность и очевидность второй аксиомы биологии.

Прежде, чем закончить рассмотрение аксиомы Кольцова, надо ответить на вопрос, поставленный нами вначале: что сложнее – генотип или фенотип?

Конечно, фенотип гораздо беднее генотипа. Мы храним в своих генотипах информацию о строении многих фенотипов своих предков, и непосредственных, и гораздо более далеких. Ребенок часто бывает похож не на отца или мать, а на бабушку или дедушку. Киты утратили задние конечности 60 миллионов лет назад. Тем не менее, в среднем каждый десятитысячный кашалот рождается с зачаточными задними ногами, то есть генный набор, отвечающий за появление в фенотипе задних конечностей, сохраняется и не исчезает такое продолжительное время. Кроме того, есть множество информации впрямую, которая может проявляться только при соответствующих условиях.

Фенотип можно сравнить с надводной частью айсберга, которая составляет одну десятую долю его подводной части, то есть той структуры генотипа, которая не получила в фенотипе проявления. Организм, попадая в новые условия, может выявить новые признаки, которых у него в фенотипе не было, но информация, кодирующая их структуру и инструкции по их изготовлению, находилась в генотипе.

Вторая аксиома биологии постулирует широкое распространение матричного копирования в жизненных процессах: новая ДНК копируется на матрице старой, матричная РНК копируется на матрице ДНК и, наконец, на матрице матричной РНК, с переходом на другой код копируется полипептидная цепь, образующая белок. Вся жизнь – это матричное копирование с последующей самосборкой копий.

Но этого мало. До сих пор мы рассматривали статику жизни. Если бы процесс матричного копирования был на сто процентов идеальным, невозможно было бы появление более совершенного. Жизнь находилась бы на стадии протоклеток, плавающих в теплых водах докембрийской эпохи.

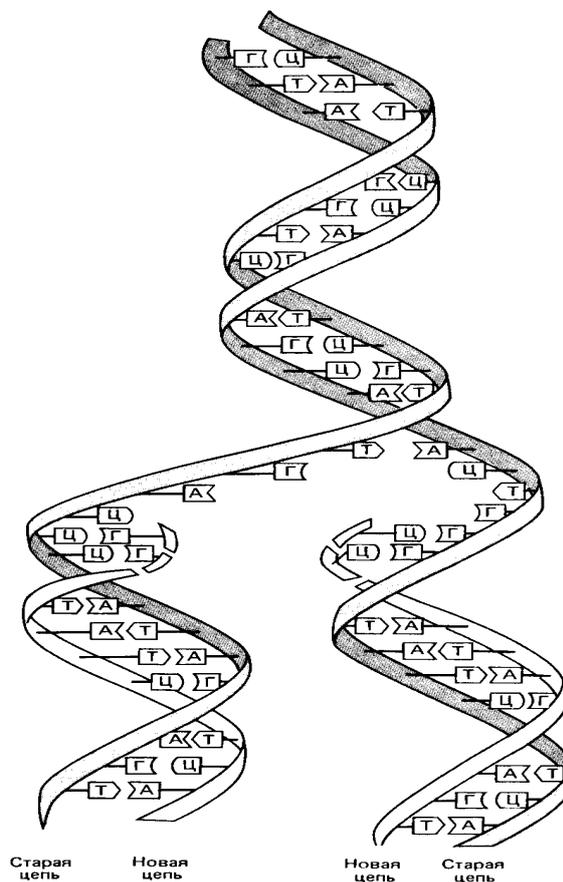


Рис. 2.2 Репликация молекулы ДНК

Но жизнь находится в динамике, благодаря возможности изменения наследственной матрицы.

Поэтому возникает вопрос, подчиняясь каким закономерностям, изменяются наследственные матрицы? В решении этой проблемы и заключается сущность **третьей аксиомы биологии**.

Для более ясного понимания сущности вопроса полезно сделать небольшой исторический экскурс. Из аксиомы 2 следует, что в основе жизни лежит матричное копирование, в принципе аналогичное книгопечатанию. Но редко какая книга обходится без опечаток. Вот характерный исторический факт. В 1888 году известному российскому книгоиздателю А.С. Суворину удалось добиться у царской цензуры разрешения на издание нашумевшего «Путешествия из Петербурга в Москву» тиражом в 100 экземпляров. Поскольку издательская культура была на высоте, Суворин в этом исключительном случае даже заключил пари, что издаст эту книгу без единой опечатки. Книга вышла – и на обложке стояло: «Сочинение А.И. Радищева», в то время, как Радищева звали Александром Николаевичем.

Все это свидетельствует о том, что при матричном принципе копирования информации опечатки практически неизбежны, тем более при таком сложнейшем процессе, как передача наследственной информации.

Ясно, что в каналах передачи информации от ДНК к признакам организма и от ДНК родителей к ДНК потомков обязательно должен существовать какой-то шум – те же опечатки, только на молекулярном уровне. Каналов передачи информации без шума не бывает. Иное дело, что этот шум может быть пренебрежимо малым.

Как же могут возникать опечатки, нарушения точности копирования генетической информации?

Первая причина заключена в упаковке генетического материала. ДНК или РНК простейших вирусов может представлять лишь цепочку нуклеотидов, практически ничем не защищенную от внешних воздействий (например, от действия ферментов-нуклеаз, расщепляющих нуклеиновые кислоты). ДНК бактерий – также единичная последовательность, но концы ее стыкуются с образованием кольца. Ясно, что при репликации кольцо это должно разрываться, иначе дочерняя последовательность будет соединена с материнской, как звенья в цепи. К бактериальной ДНК могут присоединяться молекулы белков, но, в общем-то, она «голая» и подвержена влиянию внешних воздействий.

У высших организмов с оформленным клеточным ядром картина иная. Если генетическая программа бактерий закодирована одной двойной спиралью, то в ядре высших организмов – *эукариот* – их может быть от двух у лошадиной аскариды до нескольких тысяч у некоторых одноклеточных организмов и ряда растений. Генетическая программа у них – многотомное издание. Такие тома, как известно, называются хромосомами. Считается, по крайней мере, у животных, что каждая хромосома содержит одну молекулу ДНК.

Наблюдая за хромосомами во время деления клеток, исследователи обнаружили много форм изменения наследственных программ. Известно, что при образовании половых клеток хромосомы не делятся, а расходятся в дочерние клетки так, что получаются гаметы с половинным (*гаплоидным*) набором хромосом. При слиянии гамет *диплоидный* набор восстанавливается.

Но так бывает не всегда. Порой механизм, растягивающий хромосомы по дочерним клеткам, не срабатывает. Одна гамета может остаться совсем без ДНК, а другая с двойным ее набором. Так возникают *полиплоидные* клетки и организмы. Чаще это наблюдается у растений.

Иногда же в одну клетку попадает лишняя хромосома, а в другой обнаруживается нехватка. Такие явления называются *анеуплоидией*.

При всех этих перестройках генетическая информация, заключенная в хромосомах, не меняется. Меняется только ее количество. Полиплоидные клетки, например, могут иметь тройной, четвертной – до тысячи и более раз – набор генов. Анеуплоидный геном – это многотомное, но разрозненное издание. В одной клетке не хватает «тома» инструкций, в другой – два одинаковых.

Иногда перестройка может привести к тому, что хромосома распадется на части, судьба которых различна. Они могут потеряться (*делеция*), снова восстановиться в составе прежней хромосомы (иногда в перевернутом виде – *инверсия*) или же присоединяется к другой (*транслокация*). Все эти явления обозначают нарушение точного копирования и не безразлично для организма.

Кроме того, ДНК в клетке находится в окружении молекул, движущихся с весьма высокой скоростью, что доказал в сущности Броун еще в 1827 году, открыв так называемое броуновское движение. Что происходит с частицей при броуновском движении? Со всех сторон она подвергается ударам окружающих молекул. Если она имеет достаточно большие размеры, то удары со всех сторон оказываются скомпенсированными, и частица остается на месте. Но если размер ее малый (10^{-5} см), то весьма вероятно, что с какой-либо стороны суммарный импульс будет больше. Частица сдвинется в непредсказуемую сторону.

Отсюда однозначно следует, что в любой достаточно большой совокупности молекул неизбежно найдутся такие, которые могут нарушить структуру гена и вызвать нарушение – мутацию.

В целом изменения генетических программ (разные виды мутаций) могут образовываться следующими способами:

1. Превращение одного нуклеотида в другой.
2. Включение одного или нескольких нуклеотидов в нуклеотидную последовательность ДНК.
3. Выпадение одного или нескольких нуклеотидов из нуклеотидной последовательности ДНК.

4. Инверсия какого-либо участка нуклеотидной последовательности (при этом часть молекулы ДНК оказывается повернутой задом наперед).

5. Разрыв хромосомы и утрата ее фрагмента.

6. Присоединение части одной хромосомы к другой хромосоме.

7. Утрата одной или нескольких целых хромосом.

8. Появление дополнительных копий одной или нескольких хромосом.

Изменение содержания генетических программ вызывают температура, кванты жесткого излучения и другие факторы (*мутагены*). Наконец, есть мутации, не индуцированные каким-нибудь внешним по отношению к ДНК агентом, а так называемые спонтанные, то есть возникающие без видимых внешних причин в сложных по строению молекулах. Водородные связи, скрепляющие двойную спираль ДНК, обусловлены ионами водорода (протонами). Если при раскручивании спирали ДНК, которое обязательно происходит при ее репликации, оба протона перейдут к одному из оснований (возможны другие комбинации), то осуществится неверное спаривание оснований, то есть мутация.

Ясно, что такие изменения генетических программ неизбежны и имеют следующие свойства:

1. Они случайны в том смысле, что вероятность каждого единичного изменения не равна единице. Более стабильные части гена изменяются с меньшей частотой, более лабильные мутируют с большей, но мы можем говорить лишь о большей или меньшей вероятности мутаций.

2. Мутации непредсказуемы, поскольку для предсказания какой-либо мутации необходимо знать координаты и импульсы всех молекул в данной клетке, что невозможно.

3. Они ненаправленны в том смысле, что изменяют генетическую программу без учета содержания сохраняющейся в ней информации. Поэтому они только случайно могут оказаться приспособительными.

Если мутация полностью исказит смысл передаваемой по цепи поколений инструкции, она будет смертельной. В свою очередь, часты случаи, когда мутация не сказывается на признаках генотипа. Между этими двумя полюсами лежит огромная область мутаций, так или иначе изменяющих фенотип. В каких-то конкретных условиях они могут оказаться полезными, носители их с большей вероятностью оставят потомство, унаследовавшее эти изменения. Это и есть, по существу, дарвиновская неопределенная изменчивость – исходный материал для эволюции.

Исходя из вышесказанного, **третью аксиому биологии** (или первую аксиому Ч. Дарвина) можно сформулировать так:

В процессе передачи из поколения генетические программы в результате многих причин изменяются случайно и ненаправленно, и лишь случайно эти изменения оказываются приспособительными.

Третья аксиома вытекает из важнейших физических положений о невозможности знать координаты и импульсы всех молекул в клетке

и из принципиальной невозможности достаточно точно определить координаты и импульсы частиц, атакующих гены. Поэтому третья аксиома биологии объективна и всеобща.

Однако в биологии до сих пор есть авторы, не признающие ненаправленной, случайной изменчивости по Ч. Дарвину. В конечном счете, они склоняются к точке зрения, высказанной за 50 лет до Дарвина в 1859 году Ж.Б. Ламарком. Согласно Ламарку, организмы в процессе эволюции изменяются, но эти изменения массовые, направленные и приспособительные. Близких взглядов в своей теории номогенеза придерживался Л.С. Берг и некоторые другие авторы.

Непреложным фактом, доказанным тысячами разных способов, является наличие случайных, ненаправленных и неприспособительных изменений генетических программ (мутаций). Теперь мы знаем их молекулярные механизмы и можем относительно легко повышать частоту их возникновения. Не можем только одного – вызывать направленную, нужную нам мутацию, что в очередной раз доказывает верность третьей аксиомы биологии.

В заключение о третьей аксиоме рассмотрим несколько гипотетических положений из разряда: «Что было бы, если бы...». Итак, что было бы, если бы генетические программы обладали стопроцентной стабильностью и никакие внешние или внутренние факторы не могли нарушить структуру генов?

Ясно, что эволюция в таком случае не могла бы начаться, так как не было бы для нее материала. Живое до сих пор пребывало бы на стадии пробионтов и даже сомнительно, что дошло бы и до этой стадии. Есть все основания полагать, что отбор случайных изменений не только двигатель эволюции жизни, но и причина ее становления. Без мутаций отбор бессилён.

А если бы все мутации прекратились сейчас и все генетические программы стали бы стабильными? Остановилась бы эволюция? Напрашивается положительный ответ. Но спешить с ним не надо. Дело в том, что все высшие организмы в норме имеют двойной набор хромосом, двойной набор генов. Мутации обычно проявляются в признаках фенотипа лишь в том случае, если унаследованы и от отца, и от матери.

Совокупности генотипов популяций всех организмов, размножающихся половым путем (*генофонды*) хранят огромный запас мутировавших когда-то генов. Его хватит еще на тысячи поколений, даже если генетические структуры не будут дальше изменяться. Поэтому эволюция высших организмов не остановится. Даже бактерии, у которых только один набор генов, нет запасов «генетической памяти», обмениваясь, друг с другом генами через плазмиды и вирусы, также могут успешно продолжить свою странную эволюцию приспособления без прогресса.

А теперь перейдем к следующей аксиоме биологии. Мы знаем, что в природе господствует второе начало термодинамики. Хаос вероятнее структуры. Поэтому для наведения порядка, к примеру, в квартире или хотя бы на

письменном столе требуется затратить какую-то долю энергии. А вот беспорядок возникает сам, его специально создавать не надо.

Мы должны понять, что второе начало термодинамики требует постепенного разрушения генетических программ наших клеток. Случайные, непредсказуемые и равнодушные к судьбам организмов изменения генетических программ приводят к нарушению стройного порядка поддержания фенотипов. Кроме того, клетки – предшественники гамет также подвержены мутациям, которые перейдут к следующему поколению и так далее, что должно бы, в конце концов, в соответствии со вторым началом термодинамики привести к полному разрушению структур организмов, торжеству энтропии. Случайные, ненаправленные изменения генетических программ должны, накапливаясь из поколения в поколение, разрушать и сами программы и те фенотипы, которые этими программами кодируются.

Но мы хорошо знаем, что структуры живых организмов сохраняются от поколения к поколению. Более того, в ходе эволюции шло непрерывное усложнение структур от простейших до человека. Никакой победы энтропии нет. Жизнь в целом антиэнтропийный процесс, то есть она вроде противоречит второму началу термодинамики. Как же это объяснить?

Чтобы решить эту проблему Б.М. Медников предлагает использовать мысленный эксперимент великого физика Максвелла.

Представим себе трубку, заполненную разреженным газом. Трубка посередине разделена перегородкой, в которой есть заслонка-дверца (рис. 2.3а). Допустим, что у этой заслонки сидит некое существо или устройство, различающее молекулы по скоростям. Пусть это существо открывает заслонку перед быстрыми молекулами и закрывает перед медленными, то есть сортирует их по энергиям. В результате отбора, производимого этим «демоном» быстрые молекулы соберутся в одной половине трубки, а медленные в другой. Один конец трубки разогреется, другой охладится. Энергия сохранится (I закон термодинамики), но система перешла от более вероятного состояния к менее вероятному. Полученная разность температур позволяет совершить работу в обход второго начала термодинамики.

За отсутствием «демона» снабдим заслонку какой-нибудь пружиной, которая позволит дверце открываться только после удара быстро движущейся молекулы с высокой энергией. Дверца откроется, чтобы пропустить молекулу, но при этом отнимет у нее энергию на деформацию пружины.

Если представить себе электрическую схему (рис. 2.3б), то работа диода по усилению возможна только при наличии батареи, то есть необходим приток энергии. Весьма справедливым является шуточное заявление о том, что первое начало термодинамики утверждает, что в игре с природой нельзя выиграть, а второе – что нельзя даже остаться «при своих». Отбор на атомно-молекулярном уровне оказывается невозможным.

А как же в живой природе? Тут вступают в действие два фундаментальных принципа, легших в основу следующих двух аксиом, которые иногда объединяют в одну.

Первый принцип Н.В. Тимофеев-Ресовский назвал принципом усилителя. Понять его действие можно из расчетов, приводимых В.А. Ратнером.

Допустим, мы имеем оплодотворенную яйцеклетку – носительницу мутации какого-нибудь гена, кодирующего важный для жизни фермент. В процессе роста и развития организма яйцеклетка превращается в миллион миллиардов (10^{15}) клеток. Соответственно умножаются гены. Каждый ген продуцирует, допустим, 100 молекул матричной РНК, и на каждой молекуле мРНК синтезируется в среднем 100 молекул фермента. Наконец, каждая молекула фермента в минуту осуществляет, скажем, 10^4 актов какой-либо реакции.

Итак, первоначальное изменение усиливается в $10^{15} \cdot 10^2 \cdot 10^2 \cdot 10^4 = 10^{23}$ раз. Не напоминает ли это вам известное число Авогадро? Вот насколько усиливаются результаты одного единственного квантового скачка одной мутации. Становится понятным, как мельчайшие нарушения генетических программ могут сказываться на судьбе организмов. С этим ошутимым количеством уже может работать «демон Дарвина», как удачно назвал естественный отбор известный биохимик и фантаст Айзек Азимов.

Именно отбор пропускает в следующее поколение организмы со структурой, не слишком измененной или с изменением, дающим повышенные шансы на выживание и дальнейшее размножение. Если преимущество обеспечивается усложнением организации, то «демон Дарвина» отберет и пропустит через свою «заслонку» в будущее и эти редкие варианты. Так происходит увеличение упорядоченности, то есть идет прогрессивная эволюция.

Очень важно подчеркнуть, что отбор действует не прямо на измененные генетические программы, а на фенотипы, в которых каждое изменение обязательно усиливается в миллиарды миллиардов раз.

Изложенное позволяет понять, почему при постоянном давлении случайных и ненаправленных мутаций генетические программы не только не разрушаются, но со временем становятся более совершенными, то есть, почему жизнь противоречит второму началу термодинамики. Это находит свое отражение в формулировках четвертой и пятой аксиом биологии:

Случайные изменения генетических программ при становлении фенотипа многократно усиливаются (аксиома Н.В. Тимофеева-Ресовского).

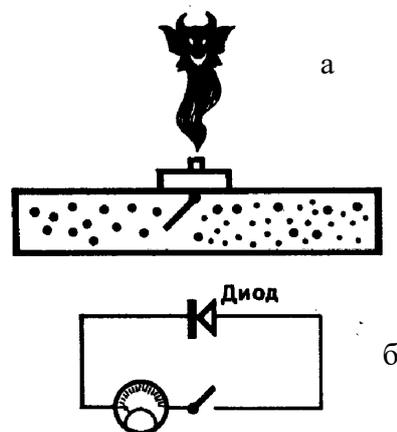


Рис. 2.3. Схема действия демона Дарвина

Многokратно усиленные изменения генетических программ подвергаются отбору условиями внешней среды (2-я аксиома Ч. Дарвина).

Исходя из этих аксиом, становится ясно, как в природе уживается хаос и порядок, случайность и закономерность. В эволюции участвуют и случайный стохастический мутационный процесс (изменение генотипических программ), и упорядоченный процесс отбора фенотипов по соответствию условиям внешней среды.

Очень хорошо об этом сказал известный венгерский математик Альфред Реньи: *«...Я наткнулся на “Размышления Марка Аврелия” и случайно открыл ту страницу, где он пишет о двух возможностях: либо мир является хаосом, либо в нем царствует порядок и закономерность... И хотя я уже много раз читал эти строки, но теперь впервые задумался над тем, а почему, собственно, Марк Аврелий считал, что в мире господствует либо случайность, либо закономерность? Почему он думает, что эти две возможности исключают друг друга?»*

В мире господствует случай и одновременно действуют порядок и закономерность, которые формируются из массы случайностей согласно законам случайного».

Любой современно мыслящий биолог проголосует за это, что называется, обеими руками.

Итак, перечислим еще раз рассмотренные аксиоматические положения, лежащие в основе жизни:

1. Все живые организмы являются единством фенотипа и программы для его построения – генотипа, передающейся по наследству из поколения в поколение (аксиома А. Вейсмана).

2. Генетические программы образуются матричным путем. В качестве матрицы, на которой строится ген будущего поколения, используется ген предшествующего поколения (аксиома Н.К. Кольцова).

3. В процессе передачи из поколения в поколение генетические программы по разным причинам изменяются случайно и ненаправленно, и лишь случайно такие изменения оказываются удачными в данной среде (1-я аксиома Ч. Дарвина).

4. Случайные изменения генетических программ при становлении фенотипа многократно усиливаются (аксиома Н.В. Тимофеева-Ресовского).

5. Многократно усиленные генетические программы подвергаются отбору условиями внешней среды (2-я аксиома Ч. Дарвина).



Н.В. Тимофеев-Ресовский
(1900–1981)

Можно утверждать, что этих положений достаточно для объяснения всех явлений живой природы – от возникновения первого сократимого волокна или первой молекулы-фермента до становления мыслящего мозга. Хотя эти аксиомы выводятся на молекулярном уровне, с их помощью можно познать более сложные уровни биологической организации. Они являются всеобщими, проявляются на всех уровнях и во всех случаях.

Частные закономерности (к примеру, генетическая рекомбинация, геометрическая прогрессия размножения и т.п.) выводятся из принципа матричного воспроизведения и поэтому являются не безусловными критериями живого, не условием жизни, а ее завоеванием. Это уже не аксиомы, а теоремы жизни, вытекающие из аксиом.

Лекция 4

УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА БИОЛОГИИ

Понять, как развивается живое, невозможно без понимания, как оно организовано. Жизнь – сложная система, способная к саморегуляции.

Умами биологов постепенно овладевают мысли о том, что жизненная сложность не может сводиться к какой-нибудь одной форме или системе. Одновременно это сопровождается отказом от идеи, которая была «святой святых» биологов, что организм единственная первичная форма жизни. Эта мысль утратила право на приоритет. Укрепляется убеждение в том, что в живом покрытии Земли первично есть много соподчиненных друг другу систем, имеющих разные ступени организованности.

Но в то же время еще и сегодня весьма распространенными являются попытки создать единые иерархии живых систем, что приводит к сведению воедино разнообразных явлений природы, систем совсем разных по степени универсальности, как способных, так и не способных самостоятельно существовать и воспроизводить себе подобных.

Вот, например, систематизация, предложенная выдающимся дарвинистом И.И. Шмальгаузенем: первичная живая частица, клетка, организм, популяция, вид. Четко заметно, что в этой системе первые три названия принадлежат другому ряду, чем два последних.

На самом же деле, жизнь организована в несколько иерархических рядов соподчиненных систем, причем не все системы связаны между собой иерархически. Мысль о том, что первично жизнь была организована в несколько форм, выдвинул В.И. Вернадский (1931). Он утверждал, что устойчивый взгляд о первородности организма и вторичности, производности остальных форм жизни не соответствует биохимическим закономерностям. *«Среди миллионов видов нет ни одного, который мог бы исполнять один все геохимические функции жизни, существующие в биосфере изначально.»*

Следовательно, изначала морфологический состав живой природы в биосфере должен быть сложным. Поэтому первое появление жизни при создании биосферы должно было произойти не в виде какого-либо организма, а в виде их совокупности, отвечающей геохимическим функциям жизни».

В настоящее время проявления жизни на Земле весьма разнообразные. С одной стороны, жизнь на Земле представлена доядерными и ядерными, одно- и многоклеточными существами. Многоклеточные, в свою очередь, представлены грибами, растениями, животными. Каждое из этих царств объединяет разные типы, классы, отряды, семейства, роды, виды, популяции и индивидуумы.

С другой стороны, живое имеет молекулярную, клеточную, тканевую и другую структурированность. Наконец, везде, где существует на Земле жизнь, она представлена не только отдельными индивидуумами определенного строения и определенной систематической группы, но и всегда сообществами разной сложности, включающими как особей одного вида, так и разных видов.

В этом, казалось бы бесконечном разнообразии возможно выделить несколько разных уровней строения и изучения живого – молекулярный, клеточный, тканевой, органной, онтогенетический, популяционный, видовой, биогеоценотический, биосферный. Перечисленные уровни выделены скорее по удобству изучения.

Если же сделать попытку выделить основные уровни, которые отражают не столько уровни изучения, сколько уровни организации жизни на Земле, то главным критерием должно быть наличие специфических элементарных, дискретных структур и элементарных явлений, имеющих значение не для изучающего жизнь, а для самой жизни.

При таком подходе оказывается возможным и достаточным выделить *молекулярно-генетический, онтогенетический, популяционно-видовой и экосистемный уровни* (рис. 2.4).

Молекулярно-генетический уровень

Основными структурами этого уровня организации жизни являются макромолекулы нуклеиновых кислот, которые осуществляют авторепродукцию клеток и организмов и передают наследственную информацию от поколения к поколению через элементарные единицы – *гены*.

На этом же уровне через изменение структурных элементов (мутации) определяется элементарная наследственная изменчивость, лежащая в основе эволюционного процесса. Поэтому, каждая из возможных гипотез возникновения жизни на Земле должна исходить из появления макромолекул, способных к авторепродукции.

Поскольку всякая структура обладает только конечной стабильностью, то среди макромолекул во время авторепродукции неизбежно появляется определенное разнообразие. При этом разные варианты структуры опять-таки авторепродуцируются. Отсюда происходит и название такой

репродукции – репродукция с изменениями, вариантами или *конвариантная редупликация*. Она является элементарным явлением на данном уровне организации жизни. С появлением конвариантной редупликации неизбежно возникает естественный отбор – в любых определенных условиях будут сохраняться и распространяться те структуры, которые быстрее и эффективнее используют условия для своей редупликации.

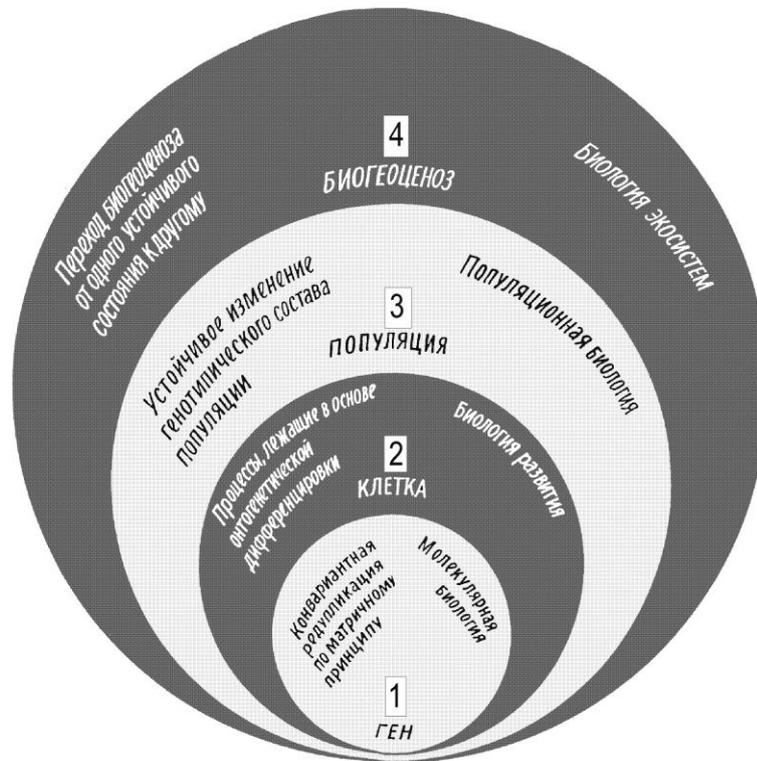


Рис. 2.4. Структурная схема биологии
Уровни организации жизни: 1 – молекулярно-генетический;
2 – онтогенетический; 3 – популяционно-видовой; 4 – экосистемный

Так в наиболее общих чертах возможно представить себе возникновение молекулярно-генетического уровня жизни, элементарной структурой которого является ген, а элементарным явлением – конвариантная редупликация.

Онтогенетический уровень

Генетическая изменчивость, которая закладывается на молекулярно-генетическом уровне, реализуется в конкретные признаки и свойства в ходе индивидуального развития последовательно в клетках, тканях, органах и системах, но окончательно в организмах, где генотип реализуется в фенотипе. Логично поэтому следующим уровнем организации жизни считать онтогенетический.

Если на молекулярно-генетическом уровне элементарными структурными единицами служат биологически активные макромолекулы (гены),

то на онтогенетическом уровне такими единицами служат особи от момента их возникновения до прекращения существования, то есть онтогенез.

Прежде, чем охарактеризовать явления, которые осуществляются на этом уровне, необходимо дать определение понятию «особь». Жизнь всегда представлена дискретными индивидуумами и у микроорганизмов, и у грибов, и у растений и животных. Индивид (особь) – элементарная неделимая единица жизни на Земле. Разделить особь на части без потери индивидуальности невозможно. Но в ряде случаев вопрос об определении границ особей не совсем очевиден.

Например, не совсем ясно, можно ли считать особями отдельные организмы, составляющие колонию коралловых полипов, мшанок, сифонофор. Каждая из таких частиц, хотя и существует в виде отдельных индивидуумов, но полностью зависит от других частей. Между отдельными «особями» колонии существует разделение функций и взаимосвязь. Не простым является вопрос определения особи у симбиотических организмов.

В многочисленных подобных неясных ситуациях приходится придавать понятию «особь» так называемое операциональное значение.

С эволюционной точки зрения особью следует считать все морфологические единицы, которые происходят из одной зиготы или гаметы (споры, почки) и индивидуально подвержены воздействию элементарных эволюционных факторов.

С морфологической точки зрения колониальные формы являются над индивидуальным уровнем, а с эволюционной – их возможно рассматривать, как одну особь, на стадии которой действует естественный отбор.

Если при вегетативном размножении растений потомки остаются прикрепленными к родительскому растению, то все это можно считать одной особью. Если же происходит их отделение от родительского растения, и потомки начинают произрастать самостоятельно, то морфологически каждый из них является отдельной особью. Но с точки зрения генетики, их возможно считать одной особью, ибо в этом отношении они идентичны с исходной формой.

Исходя из этого, возможно, что элементарными структурами онтогенетического уровня являются *клетки* (во всяком случае так считают многие серьезные исследователи). Элементарными же явлениями оказываются процессы *онтогенетической дифференцировки* – постепенного становления органов и систем.

На онтогенетическом уровне организации в результате опять-таки действия естественного отбора происходит не только реализация и апробация генетической информации, поступающей с молекулярно-генетического уровня, но и в материальной форме образуется большая часть эволюционных новообразований, в том числе и таких, которые определяют возникновение следующего уровня организации жизни – популяционно-видового.

Популяционно-видовой уровень

Этот уровень – особенная дискретная надорганизменная форма организации живого, которая характеризуется объединением индивидуумов (особей), населяющих определенное пространство и сходных по своей морфо-физиологической организации. При этом популяции представляют собой свободно скрещивающиеся (панмиктические) единства особей, а виды являются генетически закрытыми системами, состоящими из таких свободно скрещивающихся популяций.

В настоящее время выявлены элементарные структуры, материал, явления и факторы этого уровня организации жизни с эволюционных позиций. Элементарной структурой является *популяция*, элементарным материалом – *мутации* разных типов, элементарным явлением – *изменение генотипического состава* популяции, а элементарными факторами – *мутационный процесс, популяционные волны (волны жизни), изоляция и естественный отбор*.

На этом уровне происходит оценка того, что закладывается на молекулярно-генетическом и реализуется в фенотипе на онтогенетическом уровнях. Это арена действия естественного отбора и осуществления *микроэволюции*.

Экосистемный уровень

Каждая популяция хотя и является самостоятельной эволюционной единицей, способной к длительному существованию и эволюционным преобразованиям, всегда существует в определенной среде, включающей как биотические, так и абиотические компоненты. Популяция поэтому является составляющей частью биогеоценоза.

Биогеоценозы представляют собой совокупность живых существ (биоценоз) и косных компонентов, которые соответствуют определенной части поверхности Земли. Эти части поверхности выделяются заметными границами от других подобных объединений в биосфере Земли.

Виды внутри биогеоценоза связаны друг с другом трофическими, химическими, эдафическими связями. В то же время они связаны с климатом, гидрологическими условиями, почвой, химизмом среды и другими абиотическими факторами. Вся эта незамкнутая система характеризуется стабильностью и является экосистемой.

Экосистема – это взаимообусловленный комплекс живых и косных компонентов, связанных между собой обменом веществ и энергией (А. Тэнсли, 1935).

Экосистема – «безразмерное» понятие. Но есть один класс экосистем, который характеризуется определенными размерами и имеет принципиальное значение как «кирпичик» организации все биосферы – это биогеоценозы. Биогеоценоз – это такая экосистема, внутри которой нет биоценологических, микроклиматических, почвенных и гидрологических границ. Биогеоценозы являются средой для эволюции популяций, входящих в этот

биогеоценоз. Совокупность биогеоценозов на Земле образует биосферу. Поэтому этот уровень часто называют биогеоценозично-биосферным. Но поскольку и биогеоценоз и биосфера являются экосистемами, то вполне правомочно этот уровень организации жизни называть экосистемным.

Элементарной единицей этого уровня на Земле является *биогеоценоз*, а элементарным явлением, то есть изменением элементарной структуры, будет постоянное изменение вещественно-энергетических отношений в биогеоценозе, приводящее к *закономерной смене одного биогеоценоза другим – сукцессии*.

Таким образом, с феноменологической и функциональной точек зрения все разнообразие живого на нашей планете возможно разделить на 4 основных уровня: **молекулярно-генетический**, на котором осуществляется любая конвариантная редупликация, лежащая в основе всего эволюционного процесса и считается поэтому основой эволюции; **онтогенетический**, где осуществляется реализация генетической информации одновременно с приведением этой информации в соответствие с требованиями элементарных эволюционных факторов, прежде всего естественного отбора, который через фенотипы оказывает свое направленное влияние на весь процесс эволюции; **популяционно-видовой**, на котором изменения, происходящие на первых двух уровнях, могут выходить на уровень эволюционно-значимых преобразований; **экосистемный** (биогеоценозично-биосферный), где протекают весьма сложные взаимоприспособления разных групп и видов один к другому.

Эти 4 уровня, в отличие от тех, которые выделяют другие авторы, выделены не произвольно, без критериев, а на единой общей основе – наличие элементарных структур и явлений, определяющих специфику этих уровней.

Какой же из этих уровней был первичным? Процесс возникновения жизни должен был сразу облечь ее в комплекс сложных форм, то есть первичные особи создавались природой одновременно с первичными видами, биоценозами и биосферой.

Из этого следует, что надорганизменные структуры такие же древние, как и сама жизнь. В настоящее время концепция одновременного становления нескольких форм организации жизни (организменной, популяционно-видовой, экосистемной) постепенно завоевывает позиции.

Выделение этих уровней позволяет более предметно рассмотреть структуру биологии (рис. 2.4). Комплекс наук, изучающих молекулярно-генетический уровень организации жизни, образуют такой раздел биологии, как **молекулярная биология**, онтогенетический уровень – **биология развития**. **Популяционная биология** посвящена рассмотрению явлений жизни на популяционно-видовом уровне и, наконец, экосистемный уровень изучают ряд биологических дисциплин, составляющих такой раздел биологии, как **биология экосистем**. В каждом из этих основных разделов

биологии в зависимости от дробности предмета исследования выделяется множество специальных биологических дисциплин разных направлений.

Все вместе они формируют величественное здание современной биологии как науки, структурно-логическая схема которой приближает нас к познанию биологической картины мира.

Вопросы для обсуждения

1. Каким требованиям должно соответствовать современное определение жизни?
2. Укажите и охарактеризуйте основные свойства живого. Дайте современное определение жизни.
3. В чем сущность первой аксиомы биологии? Приведите примеры, доказывающие ее справедливость и незыблемость.
4. Какие открытия и почему способствовали формулировке второй аксиомы биологии. В чем ее сущность?
5. Каковы молекулярные основы третьей аксиомы биологии? Докажите ее объективность и всеобщность.
6. Какие фундаментальные принципы лежат в основе аксиом Н.В. Тимофеева-Ресовского и Ч. Дарвина? В чем сущность этих аксиом?
7. Какие подходы используются при выделении уровней живого и почему?
8. Назовите основные уровни организации жизни и укажите их элементарные структуры, явления и процессы.
9. Какая взаимосвязь существует между уровнями жизни? Насколько правомочной и почему является постановка вопроса о первичности того или иного уровня.
10. Укажите и охарактеризуйте основные разделы биологии, изучающие разные уровни организации жизни.

РАЗДЕЛ III

ОСНОВНЫЕ ОБОБЩЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ

Лекция 5–6

ОСНОВНЫЕ ОБЩЕБИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ

Любая наука только тогда становится настоящей, когда все ее явления обобщены в систему законов. Закон как теоретический компонент науки представляет собой научное обобщение, кратко и точно выражающее существенные стороны, отношения и связи исследуемых явлений, предметов и систем.

Учитывая сложность предмета биологии, понятно, почему в биологии формирование основных обобщений идет медленнее, чем в других науках. Тем не менее к настоящему времени биология сделала существенный шаг в сторону теоретизации и наработала ряд обобщений, которые носят ранг общебиологических законов, а не частный или чисто философский характер. Они доказаны всем ходом развития науки и многократно подтверждены исследованиями различных ученых, то есть в отличие от аксиом, а тем более гипотез, они доказательны и основываются на аксиомах. В своей совокупности рассмотренные ниже законы – не набор разрозненных истин, а целостная научная система, охватывающая биологию в целом.

Основные обобщения биологии могут быть сведены к 12 законам, относящихся к 6 различным областям биологии (Борзенков, Северцов, 1980; Чернов, 1990; Зеренков, 1988; Тимофеев-Ресовский, 1980; Уоддингтон, 1970 и др.). Они охватывают жизнь во всех ее проявлениях от носителя жизни до возникновения и развития человека.

В соответствии с принятым здесь уровневый подходом все законы с определенной долей условности соотнесены к тому или иному уровню организации жизни. При этом надо понимать, что действие этих законов имеет значение и распространяется на всех уровнях жизни. Подробно эти законы изучаются в конкретных биологических дисциплинах, поэтому здесь они рассмотрены кратко.

В пределах каждого из этих двенадцати обобщений современной наукой выработаны целый ряд закономерностей, которым зачастую придают тоже ранг «законов» биологии (Быков, 1983; Реймерс, 1988, 1990 и др.). В большинстве случаев эти «законы» касаются отдельных фрагментов биологической действительности (или части видов, или отдельных биологических процессов и явлений) и поэтому не могут рассматриваться как всеобщие закономерности – законы. Более корректным и точным является рассмотрение их как правил биологии, являющихся конкретным выражением и воплощением более общих законов.

Конкретные примеры таких правил приведены при рассмотрении основных обобщений биологии и содержатся в Приложении.

*Физиолого-биохимическая и генетическая сущность жизни
(молекулярно-генетический уровень)*

Основные обобщения, законы, определяющие сущность жизни на данном уровне могут быть сведены к следующим.

Закон химического состава живого вещества (первый закон Ф. Энгельса)

В основе этого закона лежит известное уже всем определение жизни Энгельсом, который впервые указал на химическую природу жизни.

1. Материальную основу живых тел составляют органические соединения углерода, которые в процессе жизнедеятельности организма претерпевают биохимические превращения. Суть этих превращений – процессы *ассимиляции* и *диссимиляции*, то есть в конечном итоге построение живого тела из поступающих извне питательных веществ с выделением энергии, используемой в процессах жизнедеятельности. Совокупность ассимиляции и диссимиляции составляет обмен веществ организма или его *метаболизм*.

2. В обмене веществ фундаментальная роль принадлежит *белкам ферментам* как катализаторам и регуляторам биохимических реакций. Кроме того, белки выполняют структурообразующие, двигательные, транспортные, иммунологические и энергетические функции.

3. Биосинтез белков происходит при участии *нуклеиновых кислот*, полимерная структура которых определяет порядок чередования аминокислот в молекулах синтезируемых белков. Обладая способностью к передаче генетической информации, нуклеиновые кислоты играют уникальную роль в явлении наследственности, биосинтеза белка и индивидуальном развитии организма. Наряду с белками нуклеиновые кислоты составляют первооснову жизни.

4. Помимо белков и нуклеиновых кислот, в живом теле присутствуют многие другие органические соединения, в частности *липиды и углеводы*, несущие особые структурообразующие и энергетические функции, а также универсальный накопитель химической энергии – *аденозинтрифосфорная кислота – АТФ*.

Из неорганических веществ живого тела особое значение имеет *вода*, в отсутствие которой жизнедеятельность невозможна.

Таким образом материальную первооснову жизни составляют высокоспецифичные полимерные вещества – белки и нуклеиновые кислоты, образующие вместе с другими компонентами элементарную структурно-функциональную единицу жизни – клетку. Белки составляют структурную основу органоидов клетки, обуславливают раздражимость клетки и другие проявления ее жизнедеятельности. Белки-ферменты катализируют и регулируют биосинтез всех органических веществ в клетке.

Нуклеиновым кислотам (ДНК, РНК) принадлежит определяющая роль в биосинтезе белков и передаче наследственных свойств.

Роль липидов в структурно-функциональной организации клетки связана, в основном, с их участием в образовании запасов питательных веществ. Углеводы выполняют метаболические функции, являются первичными продуктами фотосинтеза, запасным питательным веществом, составляют значительную часть биомассы растений, входя в состав клеточных оболочек.

Что касается АТФ, то это вещество, присутствующее в каждой живой клетке, играет центральную роль в энергетическом обмене.

Другие органические компоненты живого вещества не имеют столь универсального значения и поэтому мы их сейчас не рассматриваем. Включение воды в состав живого вещества (в клетке воды – 60-80%) объясняется тем, что водная среда является обязательной для протекания биохимических процессов.

Уникальность органических соединений углерода, особенно белков и нуклеиновых кислот, обуславливает всеобщий характер закона химического состава живого вещества.

Закон системной организации биохимических процессов (закон Бергаланфи)

1. Любой организм представляет собой *открытую, неравновесную, самообновляемую, саморегулируемую, саморазвивающуюся, самовоспроизводящуюся активную систему*. Протекающие в ней биохимические процессы характеризуются пространственно-временной упорядоченностью и направлены на самообновление и воспроизведение системы в целом.

2. Открытость живой системы проявляется в ее обмене веществом, энергией и информацией с окружающей средой. Неравновесность живой системы выражается в ее неизбежном изменении.

3. Самообновляемость живых систем заключается в постоянной замене разрушаемых веществ живого тела вновь синтезируемыми. Этот процесс обеспечивает самосохранение системы. Саморегулируемость выражается в поддержании в живом теле условий, необходимых для ее сохранения.

4. Способность живой системы к саморазвитию и самовоспроизведению, как и любые другие ее свойства, подконтрольна действию естественного отбора. Она определяет структурно-функциональную организацию живого тела, его общебиологические и конкретные свойства, обеспечивающие самосохранение биологических систем в их индивидуальном и историческом развитии.

5. Непосредственные причины, определяющие способность живой системы к саморазвитию и самовоспроизведению – структурно-функциональные особенности нуклеиновых кислот и белков, старение и обновление живого тела, процесс обмена веществ в целом.

6. Активность живой системы проявляется в ее избирательности по отношению к внешним источникам питательных веществ, энергии и информации, в раздражимости (активной, в частности двигательной, реакции на внешние воздействия), в образовании адаптивных ферментов, иммунологических реакций, активных формах поведения.

7. Превращение веществ в живом теле выражается в многоступенчатых каталитических процессах, которые образуют линейные и разветвленные цепи, замкнутые циклы и сети биохимических реакций живого тела. Упорядоченность системы этих реакций обеспечивается механизмами генетического контроля метаболизма путем индукции (стимулирования) и репрессии (снижения) биосинтеза ферментов.

Итак, если первый закон, закон Энгельса, характеризует вещественные свойства живой материи (по сути, показывает из чего живое состоит), то закон Бергаланфи касается функциональных особенностей живых тел, наиболее общих свойств тех физиолого-биохимических процессов, которые в них протекают.

Рассматривая организм как открытую систему, мы имеем в виду прежде всего то, что для ее существования необходим обмен со средой веществом и энергией. К питательным веществам *автотрофных* организмов относятся такие неорганические вещества, как CO_2 , ионы аммония, азотной, фосфорной кислот, калия, кальция, натрия, соединения, содержащие микроэлементы (Fe, Mg, Mn, B, Cu, Zn и др.).

Основная группа автотрофов представлена зелеными растениями. Они – *фототрофы* – используют энергию Солнца. К ним еще принадлежат сине-зеленые водоросли. Особую группу автотрофных организмов составляют *хемотрофные* бактерии, которые получают энергию в процессе превращения неорганических соединений.

Для питания *гетеротрофных* организмов нужны органические соединения – белки, жиры, углеводы, витамины. Кроме того гетеротрофы нуждаются также в неорганических соединениях калия, натрия, кальция, микроэлементов. К гетеротрофам принадлежат все животные, грибы и многие микроорганизмы. Белки, жиры и сложные углеводы в пищеварительном тракте под действием ферментов расщепляются на составные части, из которых в клетках происходит биосинтез веществ живого тела.

Энергетическим источником для гетеротрофов служит химическая энергия питательных веществ, подвергающихся биологическому окислению. У большинства животных и растений биологическое окисление происходит при участии молекулярного кислорода. Это *аэробные* организмы. У них процесс биологического окисления происходит в форме дыхания.

Однако у обширных групп организмов источником кислорода являются органические кислородсодержащие соединения, например углеводы. В этом случае биологическое окисление происходит в форме брожения. Организмы, не нуждающиеся в свободном кислороде, называются *анаэробными* (многие микроорганизмы и некоторые паразитические организмы).

Кроме того, имеются *факультативные анаэробы*, у которых в зависимости от условий биологическое окисление происходит тем или иным способом.

Основной источник азота для гетеротрофов – белки, для автотрофов – соли азотной кислоты и аммония. Однако некоторые микроорганизмы спо-

собны к усвоению молекулярного азота. К ним относятся, например, азотфиксирующие клубеньковые бактерии, азотобактер, некоторые синезеленые водоросли.

Необходимость поступления в организмы воды очевидно. Обезвоживание чаще всего ведет к смерти. Однако многие организмы выдерживают значительное обезвоживание, сохраняя жизнеспособность. Такое состояние, при котором жизнедеятельность резко затухает, но жизнеспособность сохраняется, называется *анабиозом*.

В понимании системной организации биохимических процессов важное место принадлежит *принципу регулирования на основе обратной связи*. Под обратной связью понимают воздействие результатов функционирования системы на характер самого функционирования. В биохимических процессах обратная связь выражается в воздействии продуктов реакции на ход этой реакции.

Следует, однако, иметь в виду, что устойчивость биохимической системы организма не абсолютна. Напротив, такую систему можно характеризовать как находящуюся в состоянии устойчивого неравновесия. «*Всем живым существам свойственно прежде всего самопроизвольное изменение своего состояния, то есть изменение состояния, которое не вызвано внешними причинами, лежащими вне живого существа*» – так охарактеризовал сущность понятия устойчивого неравновесия Э.С. Бауэр (1935).

Закон системной организации биохимических процессов, впервые обоснованный Бергаланфи, связан практически со всеми другими. Пониманию этого закона способствует также анализ генетико-онтогенетической сущности жизни.

Закон информационной обусловленности биологических явлений (закон Уоддингтона)

1. Системно-регуляторные факторы, определяющие развитие и жизнедеятельность организма, факторы, контролирующие процессы обмена веществ и энергии, можно рассматривать как совокупность управляющих сигналов, несущих информацию о данной живой системе и окружающей среде. В зависимости от источника поступления следует различать генетическую (внутреннюю) и экологическую (внешнюю) информацию. В совокупности они составляют *биологическую информацию* организма как открытой системы, являющейся результатом эволюции.

2. На основе генетических и биохимических исследований были выявлены вещества – носители биологической информации, которые можно назвать *информатидами* или семантидами. К ним относятся высокоспецифические полимерные вещества, в первичной структуре которых заключена информация, определяющая признаки и свойства организма. Информатиды принадлежат к нуклеиновым кислотам (ДНК, РНК) и белкам.

3. Перенос информации с помощью информатид осуществляется путем их воспроизведения на основе матричного синтеза и передачи от материнских

клеток к дочерним или по иным каналам связи. При этом возможен перенос информации с ДНК на ДНК – *репликация*, с ДНК на РНК – *транскрипция*, с РНК на ДНК – *обратная транскрипция* и с РНК на белок – *трансляция*.

4. В типичном случае первичные информатиды (ДНК) выполняют функции передачи генетической информации последующим поколениям, а также перенос ее на РНК. Промежуточные информатиды (РНК) обеспечивают передачу информации от ядра к рибосомам и специфический биосинтез белков. Роль последних как конечных информатид проявляется в реализации генетической и экологической информации в свойствах и признаках организма.

5. *Экологическая информация* оказывает адекватное влияние на белки-информатиды, что наблюдается в таких фактах, как образование адаптивных ферментов и антител. У большинства видов животных экологическая информация воспринимается также через нервную систему, определяющую их целостность. При этом роль носителей информации, то есть информатид, играют нервные клетки (нейроны).

6. Возникающие в структуре ДНК спонтанные изменения (мутации) могут быть стимулированы внешними воздействиями и, если не приводят к летальным последствиям, передаются потомству, составляя элементарный материал для эволюции. Биологические популяции содержат резерв разнообразных мутаций, находящихся в рецессивном, подавленном состоянии. При повышении концентрации этих мутаций в популяции создаются условия для их проявления и включения в процесс естественного отбора.

Один из основоположников теоретической биологии, английский ученый К.Х. Уоддингтон (1905–1975) считал необходимым в определении сущности жизни ввести понятие информации, широко интерпретируемое им. В сущности это верно, что и предопределило первоначальное авторство этого закона.

Биологическая информация – это отпечаток наследственных свойств и условий онтогенетического развития в структуре его информатид, запоминающих устройствах нервной системы и, возможно, иных системно-регуляторных факторов.

Исходную программу развития организма составляет генетическая информация, закодированная в структуре ДНК. В ходе развития на эту программу наслаивается экологическая информация, которая программирует ход дальнейшего развития в границах, определяемых наследственностью. Эти границы составляют *норму реакции*.

Закон дискретности и непрерывности генетической информации (закон Моргана-Эфрусси)

1. Расчлененность наследственного основания на *гены*, соединенные в группы сцепления *хромосомы*, а генов на *нуклеотидные триплеты*, молекулярно-дискретная организация и качественная определенность белков организма как конечных информатид, обусловленность нервной деятель-

ности отдельными рефлексами – все это выражает дискретность биологической информации.

2. Внутреннее единство, целостность биологической информации любого организма, несводимость этой информации к простой сумме ее элементарных единиц указывает на ее непрерывность. В конкретной реализации биологической информации ее *дискретность и непрерывность* проявляется одновременно.

3. Отдельные стороны этого процесса составляют *генная, геномная и надгеномная детерминация*. Любой признак организма при учете его полной причинно-следственной обусловленности определяется взаимодействием всех этих сторон, в чем конкретно и проявляется единство дискретности и непрерывности биологической информации.



Т.Х. Морган (1866–1945)

Раскрытие дискретных свойств наследственного основания стало возможным благодаря созданию хромосомной теории наследственности и выяснению природы ДНК. Крупнейшим этапом в этом направлении исследований были работы Томаса Моргана (1866–1945) и его школы.

С другой стороны, изучение биохимической природы действия гена на признаки организма стало необходимой предпосылкой установления связи генетики с биологией развития, без чего невозможно раскрыть непрерывность биологической информации. Одним из первых ученых, исследовавших генетический контроль биохимических процессов, был Борис Эфрусси, работы которого позволили на некоторых конкретных примерах показать связь гена с морфологическими признаками через контроль синтеза определенных веществ.

Закон дискретности и непрерывности биологической информации, или закон Моргана-Эфрусси, отражает оба эти направления исследований. Они привели к формированию современной генетики и биологии индивидуального развития, раскрывающих дискретность и непрерывность биологической информации на молекулярном, клеточном и организменном уровнях.

Закон дискретности и непрерывности биологической информации, или закон Моргана-Эфрусси, отражает оба эти направления исследований. Они привели к формированию современной генетики и биологии индивидуального развития, раскрывающих дискретность и непрерывность биологической информации на молекулярном, клеточном и организменном уровнях.

Дискретность генетической информации как выражение действия отдельных генов наглядно проявляется при внутривидовой гибридизации в комбинировании альтернативных признаков исходных форм у расщепляющегося потомства.

Однако в ходе развития генетики выяснилось, что один ген может определять ряд признаков и, в свою очередь, один признак может определяться многими генами. Это создало предпосылки для дополнения концепции генной детерминации представлением о целостной геномной детерминации, раскрывающей свойство непрерывности генетической информации.

Если отдельный ген может определять, допустим, окраску цветка, то нельзя забывать, что для осуществления этой генной детерминации как минимум необходимо, чтобы этот цветок сформировался в процессе онтогенеза растения. А это уже проявление действия многих генов, то есть геномной и надгеномной детерминации (обусловленности), зависящей от вхождения в онтогенез экологической информации.

Идея геномной детерминации может считаться важным принципом современной генетики, противостоящим упрощенному представлению об организме, как мозаичной сумме независимых признаков, определяемых независимыми друг от друга генами.

К числу правил или закономерностей, вытекающих из этих обобщений относятся «законы» *физико-химического единства живого вещества, хиральной чистоты, чистоты гамет, гомологических рядов наследственной изменчивости, правила потока генетической информации, Чаргаффа* (Приложение).

Индивидуальное развитие организма (онтогенетический уровень)

Закон онтогенетического старения и обновления

1. Жизнь любого организма конечна в своей продолжительности. Продолжительность жизни определяется наследственностью и условиями существования организма. Поступательное движение организма к естественной смерти, к прекращению индивидуального существования обусловлено его *старением*, проявляющимся в ослаблении, угасании жизнедеятельности.

2. Жизнь вида в отличие от жизни индивида потенциально не ограничена во времени и при неизменном сохранении благоприятных условий его существования может продолжаться как угодно долго. Непрерывность жизни вида обеспечивается воспроизведением его особей. Поступательное движение к репродукции, процессы, обеспечивающие репродукцию, составляют поэтому важнейшую для вида сторону индивидуального развития организма.

3. Эта сторона индивидуального развития обусловлена процессами *обновления*, протекающими в организме. Основные проявления процессов обновления проявляются в новообразовании живого вещества, делении клеток, морфогенезе, процессах регенерации, оплодотворения.

4. Процессы обновления противоположны процессам старения. Противоречивое единство этих процессов составляет основу индивидуального развития организма. На восходящей ветви возрастной кривой преобладает обновление, на нисходящей – старение.

5. Различные факторы среды могут способствовать или противодействовать старению и соответственно противодействовать или способствовать обновлению. Поэтому в индивидуальном развитии организма проявляется неоднозначность его календарного и физиологического возраста.

Различные клетки, ткани и органы многоклеточного организма могут различаться по собственному возрасту, на который накладывается также общий возраст организма в момент их преобразования. Разновозрастность особенно хорошо видна на метамерных органах растений.

6. Возрастные изменения этих органов, отражающие взаимосвязь старения и обновления, проявляются в морфологических, физиологических и биохимических изменениях, носящих закономерный характер. Это дает возможность по соответствующим возрастным признакам выявлять предшествующие условия развития организма, прогнозировать на ранних стадиях его скороспелость и другие наследственные особенности, обусловленные темпами старения и обновления.

Закон онтогенетического старения и обновления представляет собой общебиологическую формулировку основных положений теории циклического старения и омоложения растений отечественного ботаника Н.П. Кренке (1892–1939). В этом законе как бы заново изложено общебиологическое содержание концепции Кренке, основанное на ее идейно-теоретической сути.

Закон онтогенетического старения и обновления раскрывает одну из важных сторон биологического содержания понятия времени, выражаемого, в частности, в продолжительности жизни индивидуума. В современной биологии понятие времени имеет такое же фундаментальное значение, что и в физике. Биохимические реакции, передача нервного возбуждения, ритм работы сердца, фазы и стадии индивидуального развития, смена биогеоценозов, этапы эволюции, наконец – любой процесс, происходящий на всех уровнях организации жизни, характеризуется вполне определенной продолжительностью. Временные характеристики живых систем выражаются и в таких явлениях, как биоритмы, обусловленные наследственными особенностями живых объектов и внешними условиями. Временные характеристики биологических объектов и процессов – важный количественный признак. Их изучает *хронобиология* (хроногенетика, хронофизиология, хроноэкология). На стыке биологических и геологических наук находится геохронология, определяющая древность и продолжительность периодов развития органического мира.

Закон целостности онтогенеза (закон Дриша)

Закон теоретической биологии, который в истории науки связан с именем немецкого эмбриолога Ганса Дриша (1867–1914), утверждает, что индивидуальное развитие организма есть целостный процесс и будущее состояние каждого развивающегося элемента есть функция его положения в целом.

Конкретизируя и развивая в свете новых научных данных эту формулировку мы и приходим к закону целостности онтогенеза – к закону, дающему материалистическое толкование одной из самых сложных сторон индивидуального развития организма.

1. Целостность организма – его внутреннее единство, относительная автономность, несводимость его свойств к свойствам отдельных его частей, подчиненность частей целому – проявляется в течение всех стадий онтогенеза. Поэтому онтогенез представляет собой упорядоченное единство последовательно чередующихся состояний целостности. В целостности индивидуального развития проявляется органическая целесообразность.

2. Целостность онтогенеза базируется на действии *системно-регуляторных факторов* – цитогенетических, морфогенетических, морфофизиологических, гормональных, а у большинства животных также нейрогуморальных. Эти факторы, действуя по принципу обратной связи, координируют ход развития и жизнедеятельность организма как активного целого в тесной связи с условиями окружающей среды.

3. Свойство целостности имеет количественное выражение, неодинаковое для представителей разных видов, для разных особей, стадий и состояний организма. У растений целостность, как правило, выражена в меньшей степени, чем у животных. В процессе регенерации, то есть восстановления утраченных частей или восстановления организма из части, целостность возрастает. Усложнение организации в процессе онтогенеза и филогенеза, усиление координирующей функции системно-регуляторных факторов организма означают возрастание целостности.

4. Филогенетические изменения – это изменения целостных онтогенезов, протекающие в условиях воздействия естественного отбора на системно-регуляторные факторы. Поэтому свойство целостности сохраняется организмами не только в индивидуальном, но и историческом развитии. Изменения, разрушающие целостность, устраняются отбором.

Рассмотрим более подробно некоторые стороны приведенных обобщений, составляющих основное содержание закона целостности онтогенеза.

Известно, что индивидуальное развитие всех организмов носит стадийный характер. У вирусов стадии связаны с жизненным циклом, с их репродукцией и переходом из одной клетки в другую. Индивидуальное развитие одноклеточных включает фазы клеточного цикла, например, митоз, предсинтетическую фазу, фазу синтеза ДНК и постсинтетическую фазу.

В онтогенезе многих растений выделяются хорошо различимые стадии чередования поколений (полового и бесполого). У растений и особенно у животных четко разграничены такие стадии, как эмбриональная, молодости, зрелости, и старости. Возможны и более дробные членения онтогенеза.

Из этих общебиологических обобщений вытекают такие закономерности, как *биогенетический закон, закон зародышевого сходства, законы Бэра, закон корреляции частей организма, законы Г. Менделя и др.*

Биологическая эволюция
(популяционно-видовой уровень)

Закон органической целесообразности (закон Аристотеля)

Современная формулировка тех обобщений, истоки которых восходят к Аристотелю сводятся к следующему:

1. Чем глубже и разностороннее наука изучает живые формы, тем полнее раскрывается их *целесообразность*, то есть целенаправленный, гармоничный, как бы разумный характер их организации, индивидуального развития и отношения с окружающей средой. Органическая целесообразность раскрывается в процессе познания биологической роли конкретных особенностей живых форм.

2. Целесообразность присуща всем видам. Она выражается в тонком, взаимном соответствии структур и назначения биологических объектов, в приспособленности живых форм к условиям жизни, в естественной целенаправленности особенностей индивидуального развития, в приспособительном характере форм существования и поведения биологических видов.

3. Органическая целесообразность, ставшая предметом анализа античной науки и служившая основанием для телеологических и религиозных истолкований живой природы, получила материалистическое объяснение в учении Ч. Дарвина о творческой роли естественного отбора, проявляющейся в приспособительном характере биологической эволюции.

Изучение конкретных проявлений органической целесообразности одна из важнейших задач биологии. Выяснив, для чего служит та или иная особенность биологического объекта, в чем ее биологическое значение, мы благодаря эволюционной теории Дарвина приближаемся к ответу на вопрос, почему и каким образом она возникла. Проявления органической целесообразности можно рассмотреть на примерах, относящихся к различным областям биологии.

В области цитологии яркий, наглядный пример органической целесообразности – деление клеток у растений и животных. Механизмы митоза и мейоза обуславливают постоянство числа хромосом в клетках данного вида растений или животных. Удвоение диплоидного набора в митозе обеспечивает сохранение постоянства числа хромосом в делящихся соматических клетках.

В процессе индивидуального развития многоклеточного организма происходит образование клеток, тканей и органов различного функционального назначения. Соответствие этих структур их назначению, их взаимодействие в процессе развития и функционирования организма – характерные проявления органической целесообразности.

Весьма широкую область примеров органической целесообразности представляют приспособления для размножения и распространения живых форм. Например, споры бактерий обладают высокой устойчивостью к неблагоприятным условиям среды. Цветковые растения приспособлены к перекрестному опылению, в частности с помощью насекомых. Плоды и семена ряда растений приспособлены к распространению с помощью животных.

Половые инстинкты и инстинкты заботы о потомстве характерны для животных самого различного уровня организации. Строение икры и яиц обеспечивает развитие животных в соответствующей среде. Молочные железы обеспечивают полноценное питание потомства у млекопитающих.

Характерную группу приспособлений представляют инстинкты насекомых, ведущих общественный образ жизни, таких, например, как пчелы, с их разделением функций между различными особями семьи. Здесь же следует напомнить о групповых формах поведения в стаях и семейных группах птиц и зверей.

Появление ряда приспособительных особенностей было связано с выходом растений и животных из водной среды на сушу. Способность семенных растений, пресмыкающихся, птиц, млекопитающих к размножению вне водной среды связана с глубокими морфофизиологическими изменениями в организации.

Здесь следует указать на формирование у растений таких органов, как цветок, семя, плод, а у животных – зародышевых оболочек, характерных для высших позвоночных, а также новых типов кожного покрова и теплокровности птиц и млекопитающих. Все это следует характеризовать как проявления органической целесообразности, обеспечившие расцвет на Земле представителей высших групп животного и растительного мира.

Весьма показательный пример органической целесообразности – защитная маскирующая окраска, угрожающая окраска и мимикрия, распространенные среди многих беспозвоночных и всех классов позвоночных животных.

Наряду с пассивными средствами защиты в животном мире распространены активные средства защиты от хищников. В свою очередь у хищников вся организация и инстинкты несут на себе черты приспособления к добыче пищи.

Одним из наиболее ярких и общих проявлений органической целесообразности, возникшем в органическом мире в процессе борьбы за существование, является такое распространенное приспособление, как соответствие коэффициента размножения степени истребляемости живых форм. Чем выше процент гибели особей данного вида, тем выше его коэффициент размножения.

Сейчас совершенно очевидно, что адаптации возникают как результат биологической эволюции. Поэтому понятно, что эволюционная древность и длительность формирования различных адаптаций той или иной живой формы различны. Любой вид несет в себе наряду с очень древними адаптациями относительно новые, наряду с очень сложными, возникновение которых можно объяснить лишь весьма длительным эволюционным процессом, сравнительно простые, сформировавшиеся за более короткое время.

Органическая целесообразность при всем ее общебиологическом значении всегда относительна, так как является результатом естественного отбора, приспособляющего биологические системы к конкретным условиям и факторам среды. Поэтому закон органической целесообразности неразрывно связан с законом естественного отбора.

Закон естественного отбора (закон Дарвина)

1. Состав популяции каждого вида благодаря процессу *наследственной* изменчивости генетически неоднороден. Эта неоднородность может проявиться в фенотипе в неодинаковой приспособленности различных особей и соответственно их потомства к конкретным условиям среды. Одни из них более соответствуют среде, другие менее.

2. В условиях *борьбы за существования* особи, более соответствующие условиям среды (более «приспособленные»), имеют больше шансов выжить и дать потомство, менее соответствующие – преимущественно погибают и не дают потомства. Благодаря этому полезные приспособительные наследственные изменения могут нарастать, а их обладатели все больше доминировать среди данной совокупности особей.

3. Преимущественное выживание и размножение в ряду поколений более приспособленных и есть *естественный отбор*, являющийся элементарным фактором биологической эволюции, определяющий ее направленный, адаптивный характер.

4. В меняющихся в пространстве и времени биогеоценозах в ходе естественного отбора наследственных изменений, усиленного разными формами изоляции, происходит процесс *дивергенции* (расхождения), приводящий к образованию новых обособленных видов. Новые виды могут дать начало новым родам, семействам и т.д. Так формируется многообразие органического мира.

5. В относительно стабильных условиях естественный отбор проявляет стабилизирующий эффект, который выражается в закреплении и сохранении генетических особенностей популяции и в ограждении ее от неблагоприятных наследственных уклонений. Стабилизирующий эффект естественного отбора объясняет сохранение относительного постоянства видов на протяжении длительных периодов времени.

Факторы, обуславливающие биологическую эволюцию, ее адаптивный характер и качественную обособленность видов, а также таксонов более высокого ранга, были открыты Дарвином в значительной мере путем теоретического анализа механизма *искусственного отбора* и экстраполяции полученных выводов на процессы, протекающие в дикой природе. Таким образом, искусственный отбор послужил Дарвину как бы моделью естественного отбора, под которым Дарвин понимал сохранение более приспособленных особей, их преобладание в воспроизведении и умножении потомства. Предпосылку естественного отбора, его избирательный принцип Дарвин увидел в борьбе за существование. Именно естественный отбор обеспечивает адаптивный характер эволюции, а также ее прогрессивный характер.

Вытекает ли прогрессивное развитие из сущности естественного отбора? Если иметь в виду *биологический (экологический) прогресс*, то есть процветание вида, то он – непосредственное следствие естественного отбора, соревнования за жизненное пространство, происходящего в любых экосистемах.

Морфофизиологический прогресс, то есть усложнение организации живых форм в ходе эволюции – результат естественного отбора на фоне изменения биотических и абиотических условий среды, в которых морфофизиологический прогресс дает особые преимущества. Поскольку возникновение таких условий в эволюции биосферы является неизбежным, то и морфофизиологический прогресс тоже неизбежен. Например, выход водных растений и животных на сушу, смена влажного климата засушливым, горообразование, переход предков человека от древесного образа жизни к наземному, наступление и отступление ледников, формирование зон холодного и умеренного климата – все эти изменения в истории Земли закономерны. Поэтому морфофизиологический прогресс как основное направление исторического развития органических форм является закономерной особенностью биологической эволюции на пути от возникновения жизни до формирования человека. Он – результат естественного отбора.

Содержание этих двух главнейших обобщений современной биологии дополняется следующими правилами и закономерностями: *закон Харди – Вайнберга, закон смены фаз (направлений) эволюции, закон ускорения эволюционного процесса, правила Аллена, Бергмана, географического оптимума, правила прогрессивной специализации и происхождения от неспециализированных предков, принцип основателя и некоторые другие*, приведенные в Приложении.

Система органического мира (экосистемный уровень)

Мир живых организмов представлен двумя иерархическими системами: таксономической и геобиологической. Изучение органического мира как *таксономической системы* – задача биологической систематики, опирающейся на всестороннее познание организмов и систематических групп (таксонов).



Э.Ж. Сент-Илер (1772–1844)

Исследование органического мира как *геобиологической системы* – задача наук геобиологического комплекса (биогеография, почвоведение, гидробиология, биоценология, биогеохимия, экология и др.).

Закон единства и многообразия жизни (закон Сент-Илера)

1. Жизнь на Земле представлена огромным многообразием органических форм различной степени сложности – от вирусов до человека. Все это многообразие формирует естественную таксономическую систему, состоящую из иерархических групп – таксонов различного ранга.

2. Единство органических форм проявляется в пределах каждой таксономической группы любого ранга и живого мира в целом соответствующими чертами сходства их организации.

3. Сходство строения и функций разных органических форм обусловлено общностью их происхождения, на что указывают так называемые *гомологичные органы*, в меньшей степени параллелизмом приспособительной эволюции в сходных условиях среды, при котором образуются аналогичные органы. Соотношение этих факторов в разных конкретных случаях сходства может быть различным, вплоть до минимального значения того или иного из них.

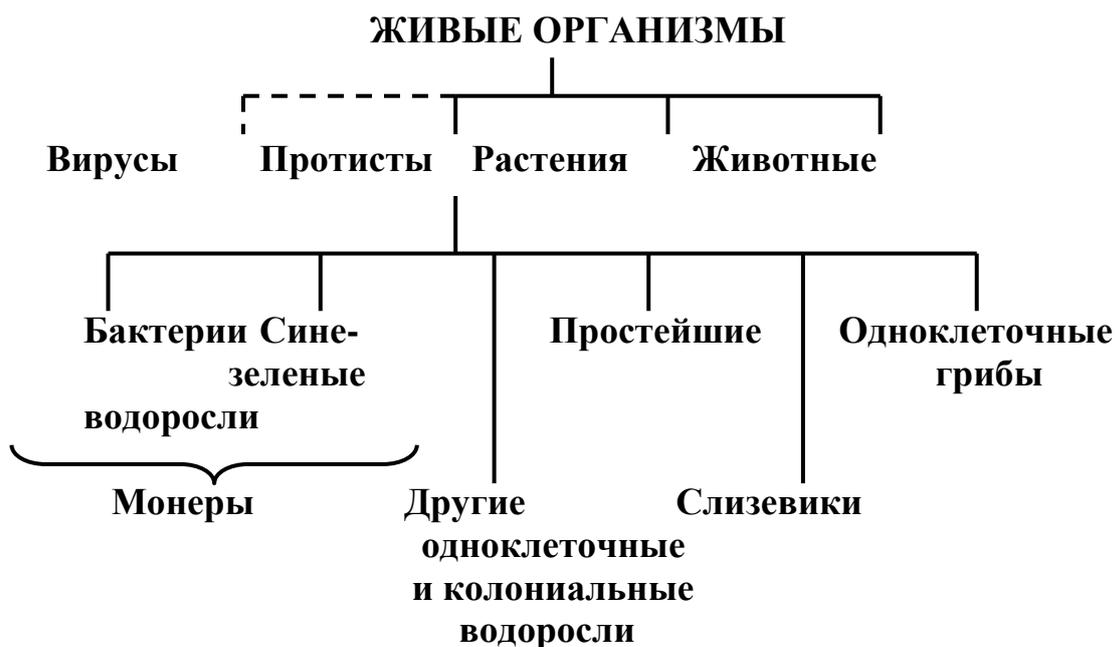
4. В многообразии органических форм отражается историческая последовательность их возникновения и развития от простого к сложному, многообразие условий эволюции, ее дивергентный и адаптивный характер, разнонаправленность мутационного процесса. Отдельное растение, например, в систематике рассматривается как принадлежащее к ряду таксонов последовательно соподчиненных рангов, среди которых основным является вид. Главные ранги ботанических таксонов в восходящем порядке следующие: *вид, род, семейство, порядок, класс, отдел, царство*. Внутри вида могут быть выделены географические подвиды, морфологические разновидности, экотипы, у культурных растений сорта и т.п. Аналогичным образом строится классификация животных, но в ней отделу соответствует *тип*, порядку – *отряд*, сорту – *порода*.

Иерархический принцип построения систем растений и животных впервые последовательно применил К. Линней. Важным этапом в дальнейшем развитии систематики было создание теории типов, благодаря которой в науку был введен этот таксон высокого ранга. Представление о типе и единстве строения животных в пределах этого таксона было выдвинуто Ж. Кювье, использовавшим собственные наблюдения и результаты исследований других ученых. Эмбриологическое обоснование представлений о типе принадлежит К.М. Бэру. Заслуга Э.Ж. Сент-Илера состоит в том, что он первым выступил против установления метафизических перегородок между типами и с эволюционных позиций подошел к пониманию единства и многообразия органических форм. Поэтому закон единства многообразия органических форм и носит его имя.

Все известные одноклеточные и многоклеточные организмы вполне естественно делятся на две большие группы – *прокариоты* и *эукариоты*, которым нередко придают ранг *надцарств*. Клетки прокариот (от греч. pro – до, kation – ядро) не имеют оформленного ядра и генетический материал (ДНК) прокариот находится прямо в цитоплазме и не окружен ядерной мембраной. У эукариот (от греч. eu- настоящий, истинный, kation – ядро) имеется настоящее ядро, то есть у них генетический материал окружен двойной мембраной (ядерной оболочкой).

К прокариотам относятся бактерии и сине-зеленые водоросли, к эукариотам – зеленые растения (в том числе все остальные водоросли), грибы, слизевики и животные. Первые эукариоты появились около 3 млрд. лет назад в самом конце докембрия. Они, по-видимому, произошли от прокариот. Вирусы – это необычная группа организмов, не имеющих клеточного строения.

Раньше всех живых организмов классифицировали так:



Однако сейчас все четче становится ясно, что наибольшая разница пролегает не между растениями и животными, а именно между прокариотами и эукариотами. Поэтому современная классификация (один из наиболее приемлемых упрощенных вариантов), развернутая до уровня отделов у растений и типов у животных, может быть представлена в виде графической схемы (рис. 3.1). Уже сама эта система является наглядным подтверждением закона единства и многообразия жизни.

Существенным проявлением этого закона также следует считать некоторые особенности индивидуального развития организмов, прежде всего такие, как сходство зародышей у представителей отдаленных систематических групп, повторение в онтогенезе черт организации далеких предков (рекапитуляция).

Сюда же следует отнести параллелизм изменчивости у разных таксонов различного ранга (закон гомологических рядов Н.И. Вавилова).

Например, у разных видов пшеницы отмечаются такие сходные признаки, как наличие или отсутствие остей в колосе, белая и красная окраска зерна и т.д.

Гомология в таксонах высокого ранга наблюдается, например, в сходных чертах расположения, строения и эмбрионального развития конечностей у животных типа хордовых, в сходстве закладки и дифференциации зародышевых листов у животных различных типов.

Конечно, по сравнению с исходной идеей современное содержание закона Э.Ж. Сент-Илера отличается более ясным истолкованием факторов, определивших единство и многообразие жизни. Анализом этих факторов занимается эволюционное учение, в чем выражается непрерывная связь рассмотренного закона с законами биологической эволюции.

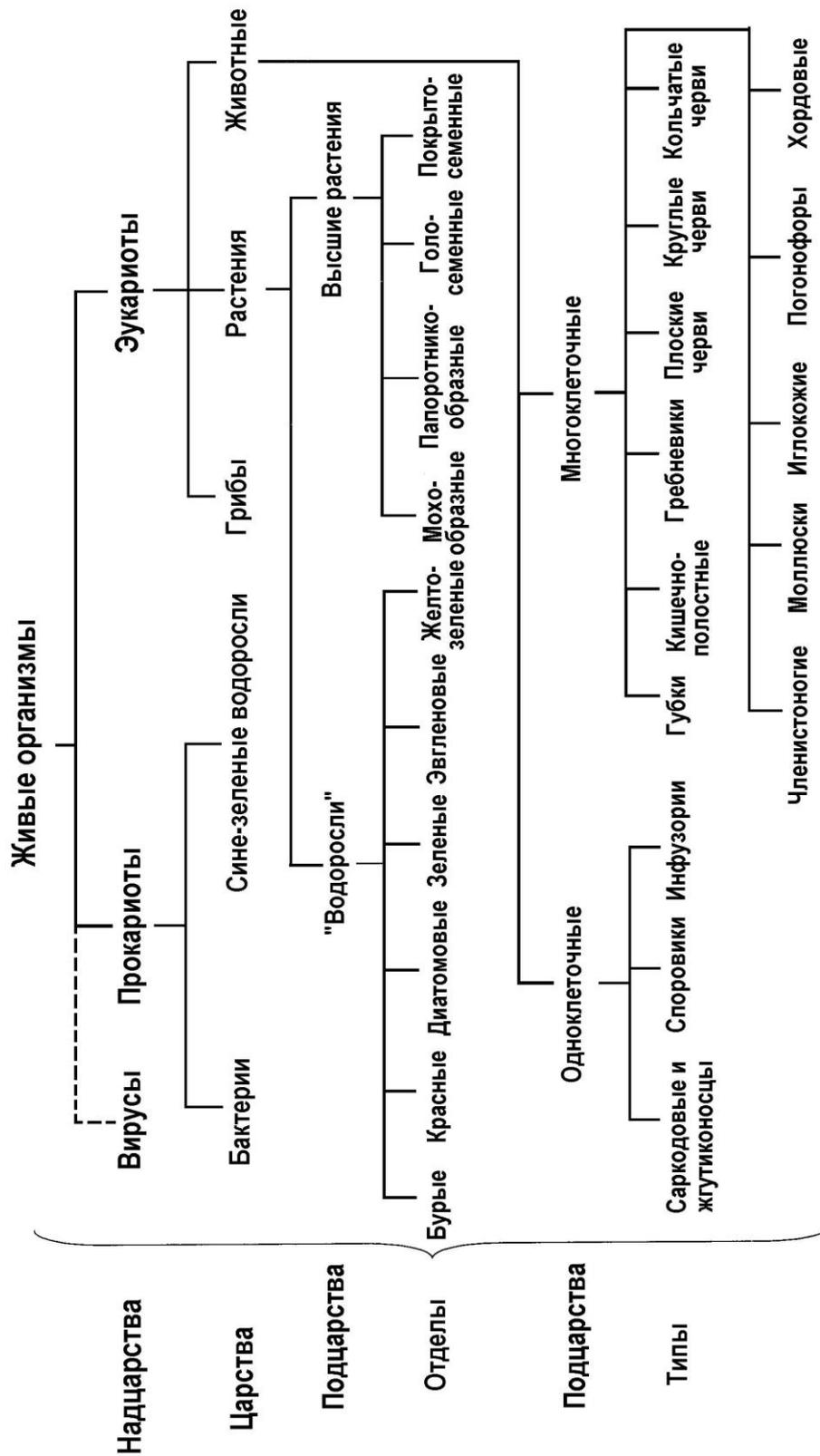


Рис. 3.1. Система органического мира (упрощенная)

Закон глобальности жизни (первый закон Вернадского)

1. Благодаря способности живых форм к размножению и расселению жизнь на Земле распространена всюду, где есть условия для ее существования. Органический мир поэтому образует тонкую планетарную оболочку биомассы живых организмов и среды их обитания – *биосферу*, обусловившую геологическую историю земной коры, эволюцию растений, животных, микроорганизмов, появление и существование человека. Структура биосферы определяется динамикой формирования и развития ее геобиологических компонентов – биогеоценозов, природных зон и ландшафтов, биогеографических областей, растительных формаций.

2. Биосфера тесно взаимодействует с атмосферой, гидросферой и литосферой, обуславливая их эволюцию и обеспечивая перемещение и круговорот веществ и энергии на планете.

3. Биологический круговорот веществ на Земле определяется взаимодействием растений, животных и микроорганизмов, глобальная роль которых обусловлена особенностями их отношений с окружающей средой.

4. Зеленые растения обеспечивают наличие молекулярного кислорода в атмосфере Земли и выполняют космическую роль как аккумуляторы световой энергии Солнца, осуществляя первичный биосинтез органических веществ на Земле. Растения – исходное звено *трофических (пищевых) цепей* в биоценозах.

5. Биосферная роль животных, образующих наряду с другими биологическими компонентами экосистем так называемые экологические пирамиды, связана главным образом с их участием в биогеоценозах в качестве промежуточных и высших звеньев пищевых цепей, определяющих перемещение веществ и энергии в биосфере. Твердые остатки ископаемых животных входят в состав осадочных пород.

6. Глобальная роль микроорганизмов проявляется в таких процессах, как минерализация органических веществ, образовании ряда горных пород, почвообразование, а также в патогенном действии на другие организмы.

Понимание жизни как глобального явления можно считать одним из исходных моментов ее теоретического осмысления. Однако вскрытие конкретных проявлений жизни в глобальном масштабе, выяснение роли отдельных групп организмов в формировании природных зон и ландшафтов, в геологическом развитии земной коры, в перемещении и круговороте на нашей планете потребовало длительных и углубленных исследований. В ходе этих исследований возникли и получили развитие представления о биоценозах и экосистемах различного уровня. Была разработана широкая концепция биосферы как определяющего фактора геологической истории Земли. Эта концепция, выдвинутая Владимиром Ивановичем Вернадским (1863–1945), – основное ядро закона глобальности жизни.

В глобальном масштабе биомасса нашей планеты очень невелика. Она составляет лишь $1/6000000$ массы земного шара. Однако по масштабам своего

воздействия биомасса одна из самых могущественных геохимических факторов планеты.

Формирование и стабилизация газового состава атмосферы – результат жизни. Химический состав гидросферы в значительной степени обусловлен процессами жизнедеятельности организмов. Почва – продукт жизнедеятельности и область наивысшей активности живого вещества. Осадочные породы Земли – это тоже биогенные породы. Даже гранитная оболочка Земли образовалась за счет переплавления осадочных пород. По Вернадскому «граниты – это бывшие биосферы».

При посредстве организмов осуществляется также преобразование на поверхности планеты энергии солнечной радиации и ее накопление в форме химической энергии различных органических веществ. Суммарная годовая продукция фотосинтеза на Земле составляет 42–46 млрд. тонн органического углерода. Фотосинтезирующие организмы – зеленые растения и некоторые бактерии – осуществляют превращение неорганических веществ CO_2 , H_2O , соединений азота, фосфора, серы в органические вещества. Одновременно они вовлекаются в биологический круговорот веществ многие другие элементы.

Группа зеленых растений по ее роли в биологическом круговороте получила название *продуцентов* органического вещества. Группа *консументов* (потребителей) органического вещества представлена в основном животными. Наконец третья группа организмов (бактерии, актиномицеты, микроскопические грибы, другие микроорганизмы) разрушают и минерализуют органические вещества. Представителей этой группы называют *редуцентами*. Взаимодействие продуцентов, консументов и редуцентов определяет биологический, или биотический, круговорот веществ. В этом круговороте, во взаимодействии синтеза и деструкции органического вещества на Земле состоит одно из важнейших проявлений жизни.

Биосфера подразделяется на *природные зоны*, а те, в свою очередь, на *природные ландшафты*. В пределах каждого природного ландшафта имеется множество *биогеоценозов*, научные представления о которых разработал В.Н. Сукачев. Каждый биогеоценоз связан с определенным участком земной поверхности.

Компонентами биогеоценоза являются *живые* и *косные* материальные тела. К живым компонентам относятся конкретные популяции продуцентов, консументов и редуцентов, а к косным – атмосфера, вода, горная порода, неживая часть почвы. Связь между компонентами биогеоценоза покоится на обмене веществ и энергии между ними.

Помимо компонентов, выделяют *факторы* биогеоценозов: климат, рельеф, время. Они не вносят в биогеоценоз ни веществ, ни энергии, но оказывают на него разностороннее влияние.

Смена (*сукцессия*) биогеоценозов может происходить в результате их саморазвития и под действием внешних факторов. В соответствии с харак-

тером этих факторов различают климатогенные, геоморфогенные, зоогенные и фитогенные сукцессии.

Далеко не всякая смена биогеоценозов сопровождается возникновением новых видов. Новые биогеоценозы могут формироваться за счет существующих видов. Тем не менее процессы эволюции живых форм определяются эволюцией биосферы и ее составных геобиологических элементов. В свою очередь, структура биосферы и конкретный характер ее элементов зависят от биологической эволюции живых форм, выражающейся в процессах видообразования. В тесном взаимодействии геобиологической и таксономической систем органического мира протекает эволюция жизни на Земле. Одним из факторов этой эволюции стал человек.

Закономерностями, одновременно вытекающими и расширяющими содержание этих обобщений, можно считать так называемые законы *биогеоценоза*, *миграции атомов*, *экологической корреляции*, *однонаправленности потока энергии*, *необходимого разнообразия*, *закон пирамиды энергий*, *сукцессионного замедления*, «законы» *экологии Б. Коммонера*, а также *принцип исключения Гаузе (правило экологических ниш)*, *принцип агрегации особей*, *правило взаимоприспособленности*, *правило Дарлингтона*, *викариата* и другие.

Человек и жизнь планеты

Человек – часть и продукт развития не только природы, но и общества. Поэтому ниже приведенные законы одновременно принадлежат и к биологическому, и к общественному циклам наук, то есть их в равной мере можно считать как биологическими, так и общественными.

Закон ведущей роли труда в становлении и развитии человека (второй закон Энгельса)

1. Эволюция обезьяноподобных предков современного человека привела к возникновению вида *Homo sapiens* – человек разумный. Ведущую роль в этом процессе играла *трудовая деятельность* доисторических предков человека, предпосылкой которой был переход к прямохождению с освобождением передних конечностей от функций передвижения.

2. Трудовая деятельность, которая началась с изготовления орудий труда, привела к эволюционному преобразованию руки, возникновению членораздельной речи, развитию мозга и высшей нервной деятельности со второй сигнальной системой, другим морфофизиологическим изменениям, характеризующим облик и особенности строения современного человека. Все эти изменения происходили в условиях перехода предков человека от биологических форм совместного существования к социальным.

3. В ходе антропогенеза роль естественного отбора постепенно уменьшалась, а роль труда и его общественного характера, роль сознания и речи возрастала. В итоге биологические закономерности эволюции предков современного человека в конце концов были замещены закономерностями *социальными*, а природа человека обогатилась социальным содержанием, которое и определяет его общественную сущность.

4. Способность к труду не predetermined генетически, а развивается на базе врожденных особенностей в процессе обучения, выполнения трудовых операций, обмена опытом между людьми. Труд – основа существования и развития человеческого общества и каждого человека.

В истории науки об антропогенезе формированию представлений о ведущей роли труда в становлении и развитии человека предшествовало обоснование концепции животного происхождения человека. По своей сути эта концепция отвергает религиозную веру в сотворение человека богом и является естественным развитием теории биологической эволюции.

Сходство человека с животными особенно с человекообразными обезьянами – шимпанзе, гориллой и орангутаном, – проявляется в строении скелета, внутренних органов, органов чувств. Для обезьян характерны те же 4 группы крови, имеются общие инфекционные болезни и паразиты, сходен хромосомный аппарат. О животном происхождении человека свидетельствуют рудиментарные органы и случаи атавизма.

Вместе с тем человеческий организм существенно отличается от организма обезьян прежде всего прямохождением, развитием головного мозга.

Ж.Б. Ламарк первым выдвинул идею о происхождении человека от обезьяноподобных предков и наметил основные пути (прямохождение, развитие речи). Ч. Дарвин, развивая свое эволюционное учение, пришел к выводу, что и человек – продукт и высшее звено эволюционного процесса.

Значение социальных факторов антропогенеза глубоко исследовано Энгельсом в его работе «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека» (1896). В этой работе показано, что трудовая деятельность, началом которой стало изготовление орудий труда, была ведущим фактором формирования человека. Именно эта деятельность определила создание человеческого общества, развитие *сознания* и *членораздельной речи*. Труд и названные социальные факторы постепенно оттеснили естественный отбор в популяциях человека. Они стали основными движущими силами эволюции человека, определившими характер преобразований человеческого организма, включая его психическую деятельность со способностью к абстрактному мышлению.

Антропологические и археологические исследования подтвердили взгляды Дарвина о происхождении человека от обезьяноподобных предков и теорию Энгельса о ведущей роли труда в процессе антропогенеза. Были обнаружены костные остатки предков человека. Вместе с костями с определенных этапов найдены орудия труда, совершенствование которых прослежено на находках, относящихся к разным эпохам.

В широком философском плане ценность рассматриваемого закона состоит не только в выявлении движущих сил предистории современного человека и человеческого общества, но и в том, что в ней утверждается идея взаимовлияния труда и мышления, единства трудовой и интеллектуальной деятельности. Эта идея имеет принципиальное значение для

осмысления и претворения в жизнь учения Вернадского о биосферной роли разумной деятельности человека. Именно это учение составляет основу тех обобщений, которые отражает следующий закон.

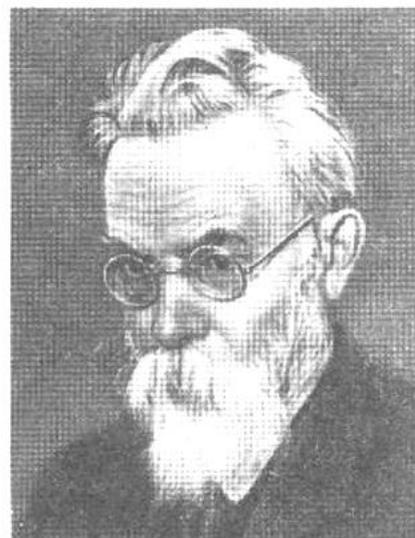
Закон биосферной роли разума (второй закон Вернадского)

1. В ходе формирования и развития человеческого общества и расширения хозяйственной деятельности человека закономерно углублялось и усиливалось его воздействие на биогеоценозы и биосферу в целом. Это воздействие проявлялось в окультуривании природных ландшафтов. Создавались агробиоценозы, развивались водное, лесное и рыбное хозяйства.

2. С развитием промышленности и интенсификацией сельского хозяйства воздействие человека на биосферу возрастало. Во многих случаях это сопровождалось ухудшением экологической обстановки в связи с загрязнением природной среды промышленными отходами и хищническим использованием лесных, рыбных, охотничьих, почвенных и водных ресурсов.

3. Ухудшение экологической обстановки под воздействием неразумной хозяйственной деятельности закономерно приводит к деградации биогеоценозов. В результате эрозии почв, загрязнения земель и водоемов снижается биологическая продуктивность, исчезают редкие биологические виды, и в итоге нарушается хрупкая структура биосферы с отрицательными последствиями для природы и человека.

4. Для сохранения и развития цивилизации необходимо воспрепятствовать деградации биосферы и перевести ее в качественно новое состояние – *ноосферу*, то есть сферу разумной деятельности человека. Это возможно при следующих условиях: а) разумно организованная *система охраны природы* и возобновления биологических ресурсов; б) *рациональное ведение и природоохранное регулирование* сельского, водного, лесного, охотничьего и рыбного хозяйств; в) повсеместное применение в промышленности *безотходных технологий*, основанных на глубокой переработке сырья, утилизации отходов, герметизации производственных емкостей и полной очистке стоков и газопылевых выбросов.



В.И. Вернадский (1863–1945)

5. Особенно опасными последствиями для биосферы и существования человечества чревата милитаризация экономики и гонка атомных вооружений.

Вернадский выдвинул идею о неизбежности перехода биосферы в качественно новое, высшее состояние – *ноосферу*, то есть в буквальном переводе – *сферу разума*. Под ноосферой он понимал биологическую оболочку Земли, закономерно претерпевшую положительные качественные изменения. Благодаря разумной деятельности человека, возникновение ноосферы не стихийный результат развития производительных сил.

Положительные изменения биосферы выражаются в улучшении экологической обстановки в глобальном масштабе. Оно возможно лишь при условии, что экологическим аспектам развития промышленности и народного хозяйства будет придаваться приоритетное значение по сравнению с чисто экономическими и сиюминутными выгодами.

Формирование ноосферы – объективный закон развития природы и общества. Однако в его реализации весьма велика роль субъективного фактора. Поэтому высокое чувство ответственности за состояние окружающей нас природы – один из важнейших показателей, характеризующих нравственный и интеллектуальный уровень современного человека, культуру всего общества.

Вопросы для обсуждения

1. Что такое закон в биологии и чем он отличается от аксиом биологии?
2. Какие общебиологические законы отражают генетическую и физиолого-биохимическую сущность жизни? Охарактеризуйте их.
3. Какие общебиологические законы характеризуют индивидуальное развитие организмов? Объясните их сущность, приведите примеры.
4. Какие частные закономерности вытекают из рассмотренных общебиологических законов?
5. Какие важнейшие стороны биологической эволюции отражает закон органической целесообразности?
6. В чем сущность закона естественного отбора (закона Ч. Дарвина)?
7. Какими двумя иерархическими системами представлен мир живых организмов? Какие общебиологические законы их отражают?
8. Какой важнейший эволюционный принцип отражает система органического мира? Ответ обоснуйте.
9. В чем заключаются особенности общебиологических законов, отражающих взаимоотношения человека и жизни планеты?
10. Почему формирование ноосферы является объективным законом развития природы и общества?

РАЗДЕЛ IV БИОЛОГИЯ КАК НАУКА, ЕЕ МЕСТО В СИСТЕМЕ МИРОВОЗЗРЕНИЯ И КУЛЬТУРЫ

Лекция 7 ДИСЦИПЛИНАРНАЯ СТРУКТУРА БИОЛОГИИ

Биология как самостоятельная наука оформилась в XIX в. в связи с осознанием качественной специфики ее объекта – жизни. Философское обоснование самостоятельности биологии дал Ф. Энгельс в учении о формах движения материи. По В.И. Вернадскому самостоятельность биологии как науки получает обоснование в сформулированных им обобщениях о принципиальных различиях неживого и живого вещества.

Динамика развития научного знания напоминает разбегания галактик в современной концепции расширяющейся Вселенной. За последние 225 лет число научных дисциплин во всех отраслях знаний выросло в 250 раз.

Биология, может быть больше, чем другие науки, подвергается непрерывной дифференциации, все возрастающему дроблению, формированию новых биологических дисциплин. По образному выражению С.В. Мейена (1984), биология пока напоминает не хорошо организованное учреждение, а несколько родственных контор под одной крышей. Во многом такое положение объясняется исключительной сложностью жизни как объекта и предмета исследования в биологии. Поэтому сформировать четкое представление о дисциплинарной структуре биологии весьма не просто.

Дисциплина – это структурная, организационная и дидактическая единица. Она обладает, как правило, собственными предметами и методами исследований, набором фактов, научным языком, гипотезами, законами и теориями. Дисциплинарно организованы сообщества ученых, исследовательские и учебные институты, готовящие кадры научных работников и преподавателей.

Дисциплинарность обеспечивает предметное и методологическое единство, устойчивость и воспроизводимость научной деятельности. Дидактическим образом дисциплины является вузовский учебник, дающий представление о дисциплине в целом. Он связывает науку с культурой и открывает путь приобщения к науке для новичков. Учебник отражает в большей степени достижения, чем процесс их получения, выводы, но не вопросы, решения, но не проблемы. Он искусственно придает стабильную завершенную форму бесконечному по своей природе процессу познания. Учебник очень далеко, на многие десятилетия отстает от переднего края научного поиска, где рождается новая дисциплина.

Передний край науки развивается под напором идей, идущих из системы культуры, непрерывно перестраивается фронт исследований, усилия

ученых направлены на решение самых актуальных проблем. Новое знание всегда проблематично, допускает опровержения, имеет право на ошибку и заблуждения.

Единицы нового знания сначала фиксируются в статьях, утверждающих одновременно приоритет их авторов. Затем следуют обзоры, «фотографирующие» передний край науки с дистанции в 5–7 лет. Потом появляются монографии, посвященные одной из проблем и, наконец, первый учебник, фиксирующий становление новой научной дисциплины. Не пройдет и двух десятилетий, как она разделится на две или несколько новых.

То, чем занимается любая дисциплина, можно выразить в следующих понятиях:

– **объект** исследования, то есть изучаемый фрагмент реальности или специально созданная конструкция, сопоставимая с ним (например, клетка как объект цитологии);

– **предмет** исследования – модель объекта, фиксирующая одни связи и отношения и оставляющая в тени другие.

Так, биохимия клетки изучает процессы обмена веществ, но оставляет в стороне, например, онтогенез; цитогенетика исследует роль клеток в хранении и передаче наследственной информации, отвлекаясь от реального рассмотрения механизмов функционирования клетки.

Целостность объекта исследования в какой-то мере воссоздается на уровне картины мира, где предметы различных дисциплин совмещаются и сопоставляются.

Учебный предмет не может ни конструироваться, ни насыщаться содержанием безотносительно к объектам и предметам отдельных дисциплин.

Стимулы дифференциации дисциплин могут быть самыми разными: естественная пылкость отдельных исследователей, стремление ищущих умов выходить за рамки традиционных представлений, новые наблюдения, влияние смежных отраслей знаний, потребности практики познания.

Классификация дисциплин не подчиняется правилам формальной логики, поскольку они могут выделяться по разным основаниям. С одной стороны, это может быть обнаружение нового предмета, появление новых методов, формулировка новых проблем и исследовательских программ.

С другой стороны, в основу классификации могут быть положены типы научных объяснений, соответствующие принципам биологии (причинность, системность в целом и одно из ее проявлений, например, органическая целесообразность, историзм).

Дисциплины могут группироваться по методам исследования: описание, наблюдение, эксперимент, исторические реконструкции; по источникам теоретических моделей и способов объяснений, переносимых на биологические объекты; по типам решаемых задач.

Можно сгруппировать дисциплины по типам объектов. Объектами могут быть системы (биологические, таксономические), процессы (мета-

болизм, функционирование, индивидуальное развитие, эволюция) и особенности жизни (форма, активность, распространение, приспособление).

Поэтому многообразие биологических дисциплин оформить в систему ничуть не проще, чем это сделать с многообразием органического мира. Исследователи пока лишь «перебирают», взвешивают основания для классификации, настаивая на их множественности.

Для целей образования важна классификация биологических дисциплин по направлениям исследования, характеру познавательных процессов и применения знаний. Исходя из этого выделяют *эмпирические* и *теоретические* науки, *фундаментальные*, *прикладные* и *таксономические (систематические)* биологические науки.

Эмпирические дисциплины изучают фрагменты реальности непосредственно и концентрируют результаты познания в закономерностях и обобщениях. Исторически эмпирическое естествознание предшествует теоретическому. Курс эмпирической дисциплины включает сведения об объектах изучения (растения, грибы, животные и др.), расположенных в дидактической последовательности в зависимости от их известности и сложности.

В практике школьного, да и вузовского обучения эмпирические дисциплины изучаются такими, какими они были до возникновения теоретического знания. Поэтому такие основные эмпирические дисциплины, как *вирусология*, *бактериология*, *микология*, *ботаника*, *зоология*, *анатомия и физиология человека* по существу отражают систему наук, существовавшую до появления теоретических дисциплин.

Теоретические дисциплины вскрывают сущность процессов и явлений. Структура теоретических дисциплин строго определена логикой теорий, лежащих в их основе. Восхождение от абстрактного к конкретному является идеально логическим изложением теоретической дисциплины. Примерами теоретических биологических дисциплин является *эволюционная теория*, *теоретическая биология*.

Понятно, что в средней, да и в высшей, школе как бы наслаиваются разные срезы дисциплинарной структуры науки, сосуществуют друг с другом разные картины реальности – «эмпирическая» и «теоретическая».

Фундаментальные дисциплины составляют основу биологического знания. Рациональная основа их классификации – системный подход, помогающий оценить полноту охвата новых данных существующими науками и прогнозировать появление дисциплины.

Системное видение живой природы привело к утверждению первичности, универсальности, равновесности трех форм биологической организации: клеточно-организменной, популяционно-видовой и биосферно-биогеоценотической (экосистемной). Формы организации так соотношены друг с другом, что нижележащая система как бы «вложена» в вышележащую, что уже было нами рассмотрено при изучении уровней организации

жизни. Чем не готовая «разметка» для идеальной предметной структуры взаимосвязанных дисциплин.

Каждая биосистема расчленяется дисциплинами на свои предметы, их модели, и теоретические схемы лишь сосуществуют, накладываясь друг на друга.

Системная классификация фундаментальных дисциплин – важное дидактическое условие упорядочения структуры биологии как учебного предмета. Она дает возможность выявить три группы абстрактных объектов: организм (клетка), вид (популяция), биосфера (экосистема), вокруг которых строится биологическое образование.

В самых общих чертах это нашло отражение в рассмотренной ранее структурно-логической схеме биологии, включающей в соответствии с уровнями организации четыре фундаментальных раздела биологии – молекулярная биология, биология развития, популяционная биология и биология экосистем.

Фундаментальные биологические дисциплины на молекулярно-генетическом уровне – *биохимия, молекулярная биология, генетика*, на онтогенетическом – *эмбриология, гистология, цитология*.

На популяционно-видовом уровне организации жизни такими науками следует считать *популяционную биологию* в целом, *популяционную генетику, эйдологию*. Основными фундаментальными науками биосферно-биогеоценологического уровня будут *биоценология, экология*.

Однако такая классификация оставляет в тени целостность объектов эволюционной биологии. Движущие силы, условия и результаты эволюционного процесса оказываются рассредоточенными по разным формам биологической организации. Поэтому в качестве одной из основных фундаментальных наук выделяется эволюционная биология, которая, оперируя эмпирическим материалом всей науки о жизни, структурирует его по своему вокруг таких абстрактных объектов, как элементарная эволюционная единица, явление, материал, факторы. Тем самым эта наука является одновременно и теоретической.

Таксономические (систематические) дисциплины. Особенностью предметной области биологии является неисчислимое разнообразие жизни. Поэтому систематизация этого разнообразия в биологии является крайне актуальной. Свести это разнообразие в стройную и четкую систему – главная задача таксономических дисциплин.

К многообразию органического мира биология обращена пятью основными дисциплинами – *таксономия, морфология, физиология, филогения, экология*. Каждая из них по-своему рассматривает объект, фиксируя либо его таксономическую отдельность (класс, к которому он принадлежит), либо структуру, либо историю, либо внутреннее функционирование, либо внешние связи. Хотя каждая из «большой пятерки» наук имеет собственный язык, систему понятий, все дисциплины связаны между собой.

В частности, таксономия опирается на описание признаков, составленное анатомией и морфологией, гистологией, физиологией, биохимией и молекулярной биологией.

Американский эволюционист Э. Майр (1974) выделяет три уровня таксономического исследования:

- 1) описание новых видов и их группировку в роды;
- 2) группировка видов в таксоны более высокого ранга – семейства, отряды, классы, типы;
- 3) широкое теоретическое обоснование классификации с позиций эволюционного учения, генетики и экологии популяций, биогеографии и других отраслей биологии.

Вместе с тем, все другие отрасли биологии активно используют систематическую информацию. Ни один вид не может стать объектом научного исследования, пока не установлено его положение в системе органического мира.

«Систематика одновременно самая элементарная и самая обобщающая часть зоологии, самая элементарная потому, что животных вообще невозможно изучать до тех пор, пока не создана хоть какая-то таксономия, а самая обобщающая, поскольку различные разделы систематики собирают, используют, суммируют и обобщают все, что известно о животных, об их морфологии, психологии или экологии», – в этих словах Д. Симпсона (1971) показаны многосторонние связи систематики с другими дисциплинами.

Фрагмент структуры биологии, иллюстрирующий связи фундаментальных и систематических дисциплин, показан на рис. 4.1.

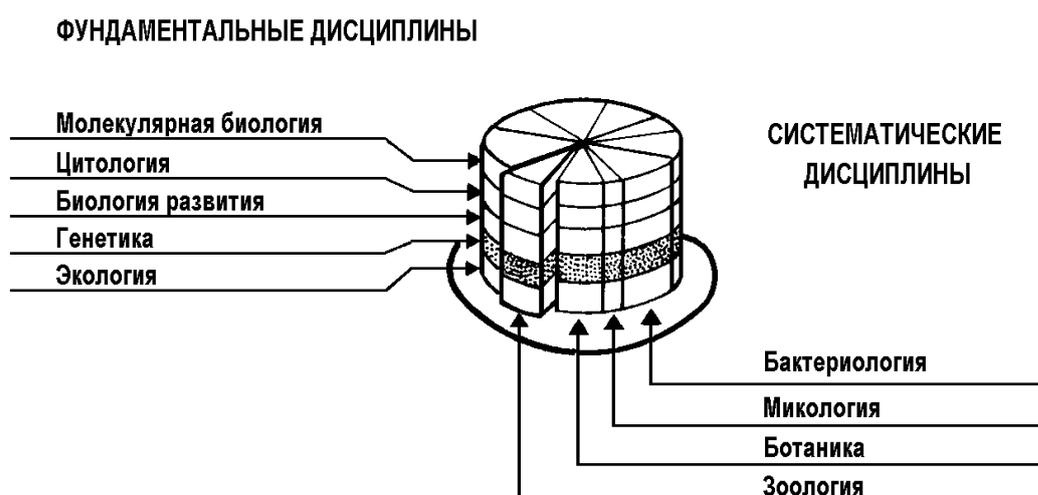


Рис. 4.1. Фрагмент дисциплинарной структуры биологии

Вся накопленная в биологии информация о таксонах сосредотачивается в систематических дисциплинах – ботаника, зоология, микология, бактериология, вирусология и других более мелких систематических дисциплинах (альгология, бриология, дендрология в ботанике, гельминтология, энтомология, ихтиология, орнитология, териология в зоологии и др.). В соответствии с соподчинением таксонов эти дисциплины имеют строго иерархическую структуру (дисциплина о таксоне высшего ранга включает в себя несколько дисциплин о таксонах низших, подчиненных рангов).

Систематические дисциплины как бы на новом уровне продолжают традиции естественной истории в первоначальном смысле слова «история» (рассказ обо всем узнанном, увиденном и услышанном, в данном случае о каждом таксоне), то есть вытекают из эмпирических наук. Поэтому, например зоологию, ботанику мы считаем и эмпирическими и систематическими науками.

Таксономические дисциплины часто называют «сборочными цехами» современной биологии. О каждом таксоне они сосредотачивают всю информацию, имеющуюся в науке и культуре в целом. Их содержание (обоснование классификации, сами описания таксонов, реконструкция их филогенетических связей, анализ экологической роли и т.д.), по сути дела, организует фактический материал современной биологии, но по-иному, чем это делают фундаментальные дисциплины.

В то же время таксономические дисциплины не могут изучаться, пока «нечего собирать», то есть без хотя бы минимальной общебиологической подготовки. В противном случае «инвентаризация» видового разнообразия становится самоцелью, и на учащихся обрушивается лавина фактического материала, не скрепленного «строительными лесами» общебиологических конструкций.

Вместе с тем, специально организованный материал систематики, имеющий и самостоятельное образовательное значение, может быть прекрасным средством для развертывания своевременно введенных общебиологических понятий: цитологических, физиологических, экологических, эволюционных.

Синтетический характер современной систематики особенно четко проявился при постановке и решении древней проблемы о числе наиболее крупных таксонов – царств органического мира.

Прикладные дисциплины. Значительная часть всей биологической информации вовлекается в обращение через прикладные дисциплины. Количество их чрезвычайно велико, ибо области применения биологических знаний неисчислимы. Прикладные дисциплины стоят на стыке биологии, техники, медицины, окружающей среды и многих других областей человеческой деятельности.

Объектами прикладных биологических дисциплин являются биологические системы, процессы, таксоны как сфера интересов человека – область практического использования.

По сферам применения прикладные дисциплины можно разделить на несколько больших групп: сельскохозяйственные, медицинские, экологические (в широком смысле), промышленно-технологические и другие.

Каждая фундаментальная дисциплина имеет серию прикладных «двойников». Они рассматривают области применения либо биологической системы в целом (агробиоценология, клеточная и тканевая инженерия, животноводство и растениеводство, хозяйственная популяционная биология и др.), либо только отдельных процессов и аспектов ее функционирования и развития (техническая биохимия, селекция и т.п.).

Область прикладного значения – изучение возможностей превращения идеального в материальное. В первую очередь необходима материализация таких знаний, как здоровый образ жизни, экологизация производства, основные принципы охраны окружающей среды и производств, основанных на использовании биологических объектов.

Другие области применения фундаментальных и таксономических знаний нуждаются в отборе. Основное направление связи биологии с производством – решение проблемы экологизации всей деятельности человека, чему способствует обращение к опыту живой природы.

Вот еще небольшой перечень прикладных биологических наук, получивших распространение в последнее время: бионика, биотехнология, трофология (теория адекватного питания).

Структура современной экологии

Глобальная (всеобщая) экология рассматривает особенности взаимодействия природы (потепление климата планеты, сокращение площади лесов, опустынивание, загрязнение среды обитания живых организмов и т.п.).

Классическая (биологическая) экология исследует связи между живыми системами (организмами, популяциями, сообществами и условиями их обитания, как в настоящее время, так и прошлом (*палеоэкология*)). Различные разделы биологической экологии (*биоэкологии*) изучают разные живые системы: *аутэкология* – экологию организмов, *популяционная экология* – экологию популяций, *синэкология* – экологию сообществ.

В целом основными направлениями биологической экологии являются аутэкология, популяционная экология, синэкология, глобальная экология, гидроэкология, почвенная экология.

Прикладная экология определяет нормы (пределы) использования природных богатств, рассчитывает допустимые нагрузки на окружающую природную среду для поддержания ее в пригодном для жизнедеятельности природных систем состоянии.

Социальная экология объясняет и прогнозирует основные направления развития взаимодействия общества с природной средой.

Экология тесно взаимодействует с другими науками: как биологическими, так и других областей знаний.

На стыке экологии и других биологических наук возникли:

– *экоморфология* – выясняет, как условия среды формируют строение организмов;

- *экофизиология* – изучает физиологические адаптации организмов к факторам среды;
- *экоэтология* – исследует зависимость поведения организмов от условий их жизни;
- *генетика популяций* – изучает реакции особей с разным генотипом на условия среды обитания;
- *биогеография* – изучает закономерности размещения организмов в пространстве (рис. 4.2).

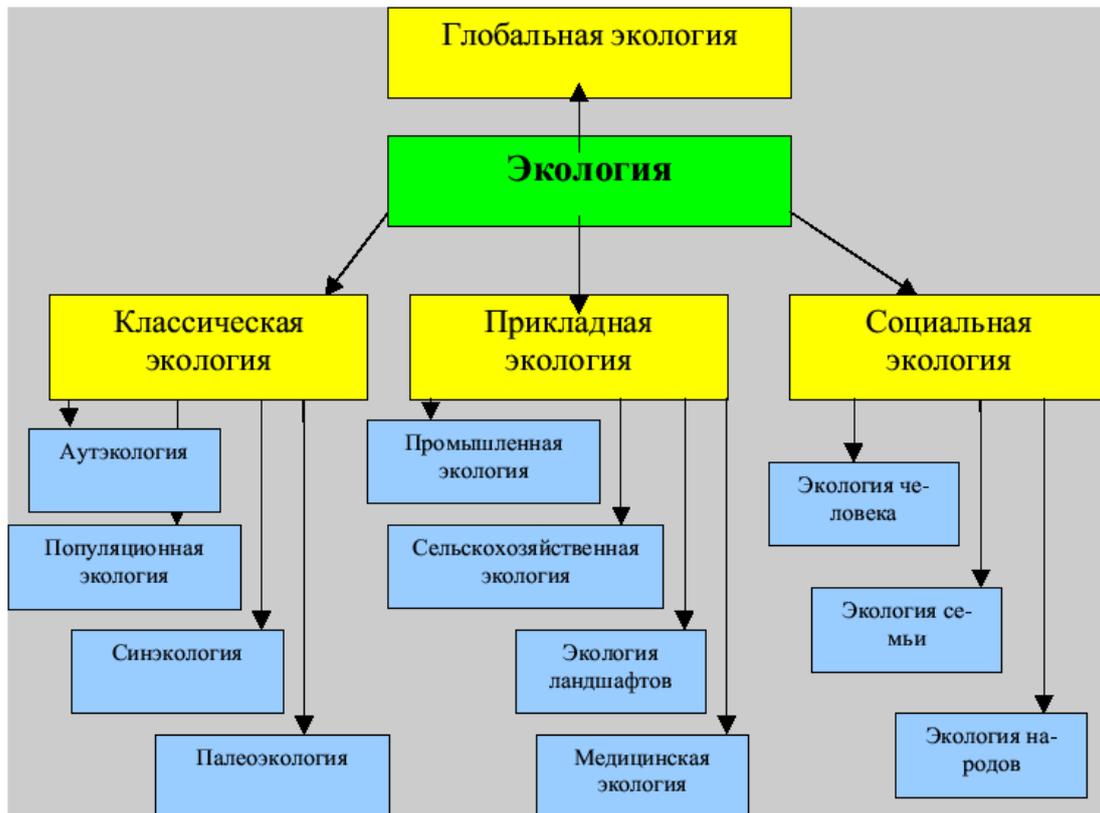


Рисунок 4.2. Система основных экологических наук

Экология взаимодействует и с географическими науками: геологией, физической и экономической географией, климатологией, почвоведением, гидрологией; другими естественными науками (химией, физикой). Она неотделима от морали, права, экономики и т.д.

Такое подразделение экологии происходит на предметной основе (в зависимости от предмета исследования).

Кроме того, выделяют также *региональную экологию*. Она раскрывает особенности взаимного влияния природной среды и деятельности человека в конкретных условиях отдельных территорий, в административных или природных границах. В нашем регионе этими вопросами занимается экология Белорусского Поозерья.

Биология и научное мировоззрение

Мировоззрение – это система наиболее общих взглядов на мир и человека, на отношения между человеком и миром. Мировоззрение определяет

жизненную программу личности, идеалы и убеждения, интересы и ценности. В конечном счете, оно обуславливает линию поведения людей. «Жизнь без мировоззрения, – по словам А. Швейцера (1973), – представляет собой патологическое нарушение высшего чувства ориентирования».

Мировоззрение – идейный ориентир и руководитель личности или социальной группы. В широком понимании мировоззрение включает методологию и научную картину мира, в узком – как бы надстраивается над ними.

Теоретическим ядром мировоззрения является философия. Система философского знания включает четыре группы проблем – учение о бытии, учение о познании, учение о ценностях и учение о практике (так называемый философский квадрат). В зависимости от характера философской основы мировоззрение может быть научным и религиозным. Научная философия не подменяет отдельные дисциплины, а вооружает их методом познания и теорией мышления и занимает ключевое положение в научном познании.

Научное мировоззрение основывается на системе научного знания, опирается на рационально-логические способы познания, характеризуется теоретичностью, широко пользуется научными категориями и аргументами. Специфическим выражением мировоззрения является *взгляд*, то есть единство знания и убеждения.

Биология соотносится с научным мировоззрением множеством каналов связи. Картина биологической реальности составляет важное звено научной картины мира, дает материал для обсуждения фундаментальных вопросов мировоззрения: Что такое жизнь? Каковы происхождение человека, цель и смысл его жизни, соотношение социального и биологического в его природе? Каковы истоки нравственности, искусства, религии? Исчезает ли душа после смерти? Каково влияние человека на природу? Как сохранить жизнь и человека на Земле?

Сама биологическая наука все в большей мере приобретает человеческое измерение, приближается по стратегии исследования к гуманитарным дисциплинам. Иначе невозможно оперировать новыми объектами познания: биосферой, агроценозом, урбанизированной экосистемой, самим человеком (создание искусственных органов, производство новых лекарств путем генетической инженерии и т.д.). В составе методологического и социокультурного арсенала биологии появляются такие непривычные ранее категории, как *добро, долг, благо*.

Именно на уровне мировоззрения с наибольшей полнотой осмысливается широко идущий процесс гуманизации биологии, а также биологизации других наук.

Биологизация науки – установление почтительного, уважительного отношения к жизни, без подчинения ее технике или неживой природе. С наибольшей полнотой это утверждение получило отражение в принципе благоговения перед жизнью, обоснованном знаменитым гуманистом нашего столетия А. Швейцером (1973): «*Этична только абсолютная и всеобъемлющая целесообразность сохранения и развития жизни, на что и направлена*

этика благоговения перед жизнью. Любая другая необходимость или целесообразность не этична».

Гуманизация науки – взятие ответственности за сохранение и дальнейшее развитие человека и общества – предполагает взгляд на человека как высшую ценность. Однако человек как живой организм является частью природы, его существование и выживание немислимы без ее сохранения, поэтому с позиций современной экологической культуры человек и жизнь на Земле становятся единой универсальной ценностью, с которой должны соотноситься все философские, научные, этические, эстетические, правовые, идеологические и технические системы.

«Человекомерные» категории истины, добра, прекрасного и свободы должны приобрести и соответствующие «биологические измерения», стать нормой всех видов деятельности, направлять ее на развитие общества и сохранения жизни на Земле.

Мировоззренческая направленность биологического образования требует:

- целостного видения предмета биологии на каждом этапе обучения с углублением картины биологической реальности от этапа к этапу;
- концентрации содержания на ведущих концепциях и теориях, соотносенных с картиной мира и методологией;
- «соразмерности» человеку, его потребностям, эмоциональной и интеллектуальной сферам, опережая их развитие;
- отражение мировоззренческих идей и выводов науки о жизни, обогащение курса материалом для выработки обобщений и навыков оценки, ориентации в ситуациях альтернативного выбора.

Биология в системе культуры

Многие глобальные проблемы (экологический кризис, нездоровый образ жизни в урбанизированном обществе и т.п.), с которыми столкнулось человечество, во многом являются следствием установки на овладение силами природы и подчинения их человеку. Отчасти эта установка зависела от ориентации нашего биологического образования на отражение *цивилизации*, а не *культуры*, на приоритет утилитарного, искусственного над природным, естественным.

Поскольку культура является, по существу, всеобщей технологией человеческой деятельности (материально-практической, социальной и духовной), то важнейшей задачей перестройки биологического образования является его переориентация с цивилизации на культуру.

Целостное понимание мира может быть достигнуто только в системе культуры на основе синтеза науки с философией, этикой, эстетикой, техникой. Одни дисциплины (биология, физика, химия, история и др.) в большей степени отражают научные знания и деятельность по их получению, другие (физкультура, труд) развивают преимущественно способы деятельности, третьи (музыка, живопись, литература) обеспечивают в основном образное восприятие мира.

Однако в соответствии с социальным заказом любой учебный предмет, за которым стоит наука, должен решать все эти стороны и поэтому

должен строиться как модель этой науки в системе общей культуры. В его содержании и структуре должно отражаться взаимное влияние, которое устанавливается, с одной стороны между науками, с другой – между ними и остальным миром культуры.

Одним из наиболее подходящих учебных предметов для реализации модели «наука в системе культуры» является биология, представляющая собой как бы фокус, где пересекаются направления взаимного влияния техники, философии, науки, этики, эстетики. Биология занимает промежуточное положение между естествознанием и общественными науками, испытывает мощное давление этических и эстетических норм и идеалов, насущных запросов практики сельского хозяйства, охраны окружающей среды, здравоохранения. Функционируя в системе культуры, биология ориентирует на развитие техники не как «ракового» образования на теле биосферы, а как симбиотического организма, обеспечивающего взаимную эволюцию природы и общества без их взаимного подчинения друг другу, без глобальных катастроф Чернобыльского масштаба.

Биология как наука о жизни сейчас становится проводником гуманистических устремлений и экологического стиля мышления в другие естественные науки, воспринимая от них способы познания и объяснения, идеи и теоретические модели. Под влиянием биологического познания изменяются понятия и образы гуманитарных наук. В содержание гуманизма в качестве обязательного требования входит защита жизни, создание условий для ее расцвета. В настоящее время через призму учения о биосфере преломляется все содержание культуры.

Вопросы для обсуждения

1. Какие принципы положены в основу классификации биологических дисциплин?
2. Какие биологические дисциплины выделяют, исходя из целей и задач образования? Приведите примеры.
3. Приведите примеры фундаментальных биологических дисциплин. Какая рациональная основа их классификации? Как они связаны с теоретическими дисциплинами?
4. Почему среди биологических дисциплин важнейшее место занимают таксономические (систематические) дисциплины? Приведите примеры и охарактеризуйте основные систематические дисциплины.
5. Что является рациональной основой выделения прикладных биологических дисциплин? Приведите примеры таких дисциплин.
6. Какое место занимает биология в системе мировоззрения и какие факторы его определяют?
7. Почему в современном мире важны биологизация и гуманизация всей науки. Ответ обоснуйте.
8. Какова роль и место биологии в системе культуры?
9. Почему в настоящее время все содержание культуры должно соотноситься с учением о биосфере?

ПРИЛОЖЕНИЕ

Закон биогенной миграции атомов (В.И. Вернадского) – «Миграция химических элементов на земной поверхности и в биосфере в целом осуществляется или при непосредственном участии живого вещества (биогенная миграция) или же она протекает в среде, геохимические особенности которой обусловлены живым веществом, как тем, которое в настоящее время населяет биосферу, так и тем, которое действовало на Земле в течение всей геологической истории» (*Перельман А.Н.* Геохимия биосферы. – М., 1973. – С. 19).

Закон физико-химического единства живого вещества (В.И. Вернадского) – все живое вещество Земли физико-химически едино. Из закона физико-химического единства живого вещества естественно вытекает следствие: вредное для одной части живого вещества не может быть безразлично для другой его части, или вредное для одних видов существ вредно и для других. Отсюда любые физико-химические агенты, смертельные для одних организмов (например, средства борьбы с вредителями – *пестициды*), не могут не оказывать вредное влияние на другие организмы. Вся разница состоит лишь в степени устойчивости видов к агенту. Поскольку в любой многочисленной популяции всегда находятся разнокачественные особи, в том числе менее и более устойчивые к физико-химическим влияниям, скорость отбора по выносливости популяций к вредному агенту прямо пропорциональна скорости размножения организмов, быстроте чередования поколений.

Исходя из этого, при растущем воздействии физико-химического фактора, к которому организм с относительно медленной сменой поколений устойчив, на менее устойчивый, но быстрее размножающийся вид, их способность противостоять рассматриваемому фактору уравнивается. Именно поэтому длительное применение химических методов борьбы с вредителями растений и возбудителями болезней человека и теплокровных животных экологически неприемлемо. С отбором устойчивых особей быстро размножающихся членистоногих нормы обработки приходится увеличивать. Однако и эти увеличенные концентрации оказываются малоэффективными, но тяжело отражающимися на здоровье людей и позвоночных животных.

Менее очевиден, но вполне возможен и другой вывод – следствие из закона физико-химического единства живого вещества, заключающееся в том, что внутри глобального живого вещества имеется сложная взаимосвязь, как бы единая «сеть жизни». Разрывы этой «сети» создают в ней нечто подобное дырам – снижают устойчивость всей системы. До определенного времени это компенсируется видами – функциональными аналогами. Например, исчезнувших копытных в степи функционально заменяют грызуны. С уничтожением большого числа видов «сеть» жизни делается «грубее», с более «толстыми нитями» (энергетические потоки становятся

интенсивнее). Поэтому необходимо сохранение видового разнообразия. Оно обеспечивает устойчивость всей биосферы.

Рассматриваемый закон – один из наименее осознанных и невольно игнорируемых из-за плохого понимания экологических закономерностей. (Аа) может нести лишь один из двух аллелей данного гена (А или а), привнесенных при оплодотворении разными родителями (АА и аа), т.е. гамета не может быть гибридной, поскольку она несет аллель одного из родителей в чистом виде, в котором он был привнесен гаметой этого родителя в гибридную зиготу. Материальной основой проявления закона чистоты служит процесс мейоза.

Закон гомологических рядов наследственной изменчивости (Н.И. Вавилова) – 1. Виды и роды, генетически близкие, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов и родов. Чем ближе генетически расположены в общей системе роды и линнеоны (виды. – Авт.), тем полнее сходство в рядах их изменчивости. 2. Целые семейства растений в общем характеризуются определенным циклом изменчивости, проходящей через все роды и виды, составляющие семейство (*Вавилов Н.И. Избранные сочинения.* – М., 1966. – С. 84).

Закон гомологических рядов наследственной изменчивости позволяет направленно искать сходные формы растений, если они известны для близких видов. Например, если известно, что пшеница имеет формы с короткими и длинными остями и даже безостные, такие же модификации должны быть у ячменя. И они действительно есть.

Закон хиральной чистоты (Л. Пастера) – живое вещество состоит из хирально чистых структур. Например, сахара, вырабатываемые живыми организмами, всегда поляризуют свет вправо и только вправо. Закон хиральной чистоты – очень важный частный случай более общего закона физико-химического единства живого вещества В.И. Вернадского.

Правило потока генетической информации – генетическая информация передается от нуклеиновых кислот к белку и никогда не передается в обратном порядке – от белка к нуклеиновым кислотам.

Правило Э. Чаргаффа – в любых молекулах ДНК молярная сумма пуриновых оснований (аденин + гуанин) равна сумме пиримидиновых оснований (цитозин + тимин). Молярное содержание аденина равно таковому тимина, а гуанина – цитозина. Из правила Чаргаффа следует, что нуклеотидный состав ДНК разных видов может варьировать лишь по суммам комплементарных оснований. Правило Чаргаффа было использовано при построении модели структуры ДНК.

Закон (правило) независимого комбинирования признаков – гены одной аллельной пары распределяются в мейозе независимо от генов других пар и комбинируются в процессе образования гамет случайно, что

ведет к разнообразию вариантов их соединений. Закон проявляется, как правило, для тех пар признаков, гены которых находятся в негомологичных хромосомах. Если обозначить буквой n число аллельных пар в негомологичных хромосомах, то число фенотипических классов будет определяться формулой 2^n , а число генотипических классов – 3^n . При неполном доминировании количество фенотипических и генотипических классов совпадает. Закон носит также название третьего закона Менделя.

Закон (правило) единообразия гибридов первого поколения – первое поколение *гибридов*, в силу проявления у них лишь доминантных признаков, всегда единообразно. Этот закон носит также название первого закона Менделя или закона доминирования. Г. Мендель (1822–1884) – австрийский (чешский) естествоиспытатель.

Закон (правило) расщепления гибридов второго поколения – во втором поколении *гибридов* соотношение особей с доминантными и рецессивными признаками статистически равно **3 : 1**. Этот закон называется также вторым законом Менделя.

Биогенетический закон – онтогенез есть краткое и быстрое повторение филогенеза (в закономерно измененном и сокращенном виде), в ходе которого индивидуальное развитие служит источником новых направленной эволюции, а она отражается на онтогенезе. Биогенетический закон сформулировал Э. Геккель (1834–1919) на основе идей Ч. Дарвина и исследований Ф. Мюллера (1821–1897), поэтому носит название биогенетического закона Э. Геккеля – Ф. Мюллера. В 1910 г. биогенетический закон существенно уточнил Л.Н. Северцов (1866–1936), создавший теорию *филаэмбриогенеза*. Повторение (*рекапитуляция*) в онтогенезе филогенетических черт может быть неполным, с определенными искажениями, связанными с дальнейшими эволюционными преобразованиями.

Закон зародышевого сходства – на ранних стадиях индивидуального развития организмы сходны с соответствующими стадиями развития предковых и родственных форм (например, зародыш человека похож на зародышей рыб, амфибий и т.д.). Закон зародышевого сходства сформулировал русский естествоиспытатель К.М. Бэр (1792–1876).

Закон корреляции частей организма или соотношения органов (Ж. Кювье) – организм представляет собой целостную *систему*, каждый орган (часть) которой соответствует другим органам по строению (соподчинение органов) и функциям (соподчинение функций).

Закон позволяет по одной части особи реконструировать облик организма в целом, что особенно ценно при находке фрагментов ископаемых. Закон сформулировал французский естествоиспытатель Ж. Кювье (1769–1832).

Законы Бэра – обобщение закономерностей зародышевой организации и эмбрионального развития различных классов позвоночных животных: общее образуется в зародыше раньше, чем специальное; из более общего образуется менее общее, пока не возникнет специальное, то есть вна-

чале проявляются черты систематического типа, затем класса, отряда и т.п., в конце развития – индивидуальные признаки особи; зародыши разных классов вначале сходны, а затем отклоняются в развитии друг от друга.

Принцип (закон) Харди – Вайнберга – при отсутствии внешнего давления какого-либо фактора частоты генов в бесконечно большой панмиктической популяции стабилизируются в течение одной смены поколений, то есть в такой гипотетической популяции без давления какого-то фактора частоты генов остаются постоянными.

Отсюда следует, что в результате *мутаций* во всех популяциях имеется наследственная неоднородность, создающая генетические предпосылки *изменчивости* как основы для естественного отбора. Совокупность изменчивости и естественного отбора составляет процесс эволюции. Этот принцип, независимо выдвинутый в 1908 г. и названный именами английского математика Г. Харди (1877–1947) и немецкого врача В. Вайнберга (1862–1937), был дополнен и углублен С.С. Четвериковым (1882–1959).

Закон Харди – Вайнберга выражается уравнением: при частоте аллеля А, равной p , и частоте аллеля а, равной q , ($p+q = 1$), частоты трех генотипических классов АА, Аа и аа составляют: $p^2 + 2pq + q^2 = 1$.

Принцип основателя – особь-основатель новой изолированной колонии или островной популяции несет в себе лишь незначительную часть генетической информации, заложенной в популяции (виде), откуда происходит особь-основатель. Следовательно, островные популяции, возникшие от особи-основателя, генетически беднее материковых (это относится и к «островам» леса среди степи и другим подобным местам).

Правило Аллена – выступающие части тела теплокровных животных в холодном климате короче, чем в теплом, поэтому они отдают в окружающую среду меньше тепла. Правило Аллена имеет значение в зоологии и экологии животных. В какой-то мере оно справедливо и для побегов высших растений, обычно укороченных на Севере (вообще в холоде) по сравнению с южными широтами (теплыми условиями произрастания). Правило Аллена названо по имени сформулировавшего его в 1877 г. американского ученого Д. Аллена (1838–1921).

Правило Бергмана – у теплокровных животных, подверженных географической изменчивости, размеры тела особей статистически (в среднем) больше у популяций, живущих в более холодных частях ареала вида. Правило Бергмана широко применимо в экологии животных. Оно названо в честь сформулировавшего его в 1847 г. немецкого ученого К. Бергмана (1814–1865).

Правило географического оптимума – в центре *видового ареала* обычно существуют оптимальные для вида условия существования, ухудшающиеся к периферии области обитания вида.

Правило викариата (Д. Джордана) – *ареалы* близкородственных форм животных (видов или подвидов) обычно занимают смежные терри-

тории и существенно не перекрываются; родственные формы, как правило, викарируют, то есть географически замещают друг друга. Правило викариата – одно из положений теории географического видообразования.

Правило Глогера – географические расы животных в теплых и влажных регионах пигментированы сильнее (то есть особи темнее), чем в холодных и сухих. Правило Глогера имеет большое значение в систематике животных и их экологии.

Закон А.Н. Северцова, закон смены фаз (направлений) эволюции – в истории монофилетической группы организмов за периодом крупных эволюционных перестроек – *арогенеза (ароморфоза)* – всегда наступает период частных приспособлений – *аллогенеза (алломорфоза), катагенеза, гипергенеза* и т.д. Закон сформулировал А.Н. Северцов (1866–1936). Синоним: **правило чередования главных направлений эволюции.**

Правило прогрессирующей специализации – систематическая группа организмов, вступившая на путь специализации, как правило, будет идти по пути все более глубокого развития этого процесса. Например, приспособление к полету ведет к усилению летательных способностей. Выработка морфологической особенности «привязывает» организм к определенной среде. Правило прогрессирующей специализации – одно из положений *макроэволюции*. Оно сформулировано французским палеонтологом и геологом Ш. Депере (Деперэ) (1854–1927).

Правило происхождения от неспециализированных предков – новые крупные систематические группы организмов обычно берут начало не от высших глубоко специализированных форм, а от сравнительно мало специализированных (например, млекопитающие возникли от малоспециализированных рептилий, голосеменные растения – от неспециализированных палеозойских папоротникообразных и так далее). Правило происхождения от неспециализированных предков сформулировал американский зоолог и палеонтолог Э. Коп (1840–1897).

Закон ускорения эволюции – скорость формообразования с ходом геологического времени увеличивается, а средняя длительность существования видов внутри более крупной систематической категории снижается. Или: более высокоорганизованные формы существуют меньшее время, чем более низкоорганизованные. Закон ускорения эволюции, как и все подобные обобщения, не абсолютен, а лишь вероятностен.

Закон константности (В.И. Вернадского) – количество живого вещества биосферы (для данного геологического периода) есть константа. Закон константности тесно связан с *законом внутреннего динамического равновесия*, являясь его количественным выражением для масштабов всей биосферы Земли. Согласно закону константности, любое изменение количества живого вещества в одном из регионов биосферы неминуемо влечет за собой такую же по размеру его перемену в каком-либо регионе, но с обратным знаком. Полярные изменения могут быть использованы в процес-

сах управления природой, но следует учитывать, что не всегда происходит адекватная замена. Обычно высокоразвитые виды и экосистемы вытесняются другими, стоящими на относительно более низком уровне, крупные организмы более мелкими, а полезные для человека формы – менее полезными, нейтральными или даже вредными. Следствием из закона константности является *правило обязательного заполнения экологических ниш*, а косвенно и *принцип исключения* Г.Ф. Гаузе.

Закон необходимого разнообразия – любая система не может сформироваться из абсолютно одинаковых элементов. Из этого закона вытекает закон *неравномерности развития* систем, поскольку это один из способов увеличения разнообразия, а также закон (*правило*) *полноты составляющих (компонентов, элементов) системы* и *правило оптимальной компонентной дополненности*.

Закон однонаправленности потока энергии – энергия, получаемая сообществом (экосистемой) и усваиваемая продуцентами, рассеивается или вместе с их биомассой необратимо передается консументам первого, второго и т.д. порядков, а затем редуцентам с падением потока на каждом из трофических уровней в результате процессов, сопровождающих дыхание. Поскольку в обратный поток (от редуцентов к продуцентам) поступает ничтожное количество изначально вовлеченной энергии (не более 0,25%), говорить о «круговороте энергии» нельзя.

Закон пирамиды энергий (Р. Линдемана) – с одного трофического уровня экологической *пирамиды* переходит на другой ее уровень в среднем не более 10% энергии. Закон пирамиды энергий позволяет делать расчеты необходимой земельной площади для обеспечения населения продовольствием и другие эколого-экономические подсчеты.

Закон экологической корреляции – в экосистеме, как и в любом другом целостном природно-системном образовании, особенно в биотическом сообществе, все входящие в нее виды живого и абиотические *экологические компоненты* функционально соответствуют друг другу. Выпадение одной части системы (например, уничтожение вида) неминуемо ведет к исключению всех тесно связанных с этой частью системы других ее частей и функциональному изменению целого в рамках *закона внутреннего динамического равновесия*. Закон экологической корреляции особенно важен в сохранении видов живого, никогда не исчезающих изолированно, но всегда взаимосвязанной группой.

Принцип исключения Г.Ф. Гаузе (теорема Гаузе) – два вида не могут существовать в одной и той же местности, если их экологические потребности идентичны, то есть, если они занимают одну и ту же экологическую нишу. В связи с этим принципом любые 2 вида с идентичными экологическими потребностями бывают разобщены в пространстве или во времени (живут в разных стадиях). Этот принцип выдвинул в 1932 году отечественный ученый Г.Ф. Гаузе.

Принцип агрегации особей (В. Олли) – агрегация (скопление) особей, как правило, усиливает конкуренцию между ними за пищу, ресурсы и жизненное пространство, но приводит к повышенной способности группы к выживанию, что связано с повышающейся при большей агрегации особей конкурентоспособностью группы по отношению к другим видам. Следовательно, как «перенаселенность» (повышенная агрегация особей), так и «недонаселенность» (отсутствие агрегации) могут быть лимитирующими *экологическими факторами*. Принцип агрегации особей диктует необходимость оптимальной густоты посевов, особенно в условиях полей, засоренных сорняками. Этот принцип сформулировал американский эколог В. Олли.

Правило взаимоприспособленности (К. Мебиуса – Г.Ф. Морозова) – виды в биоценозе приспособлены друг к другу настолько, что их сообщество составляет внутренне противоречивое, но единое системное целое. В естественных биоценозах «не существует полезных и вредных птиц, полезных и вредных насекомых, там все служит друг другу и взаимно приспособлено» (Морозов Г.Ф. Учение о лесе. М.-Л., 1949. – С. 392).

Правило Дарлингтона – уменьшение площади острова в 10 раз сокращает число живущих на нем видов вдвое. Правило Дарлингтона необходимо учитывать при определении необходимого размера *заповедника* и другой природной (особо) *охраняемой территории*.

Законы экологии Б. Коммонера – 1) все связано со всем; 2) все должно куда-то деваться; 3) природа «знает» лучше; 4) ничто не дается даром.

Примечание. Первый закон Б. Коммонера обращает внимание на всеобщую связь процессов и явлений в природе; он близок по смыслу к части сформулированного выше закона *внутреннего динамического равновесия*.

Второй закон Б. Коммонера также близок к только что упомянутому закону, а также *закону развития природной системы за счет окружающей ее среды*, особенно первому его следствию.

Третий закон Б. Коммонера говорит о том, что, пока мы не имеем абсолютно достоверной информации о механизмах и функциях природы, мы, подобно человеку, незнакомому с устройством часов, но желающему их починить, легко вредим природным системам, пытаясь их улучшить. Он призывает к предельной осторожности.

Четвертый закон Б. Коммонера вновь касается тех проблем, которые обобщает закон *внутреннего динамического равновесия*, и особенно его четвертое следствие, а также *закон константности* (В.И. Вернадского) и *закон развития природной системы* (Коммонер Б. Замыкающийся круг. Л., 1974).

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Айала, Ф. Дж. Введение в популяционную и эволюционную генетику / Ф.Д. Айала ; перевод с англ. А.Д. Базыкина. – Москва: Мир, 1984. – 230 с.
- Азимов А. Краткая история биологии / Пер. с англ. и предисл. д-ра биол. наук В.В. Алпатова. – Москва: Мир, 1967. – 175 с.
- Бауэр, Э.С. Теоретическая биология. М.–Л., 1935. – 151 с.
- Исследования по общей теории систем: сборник переводов / общ. ред. и вступ. статья В.Н. Садовского и Э.Г. Юдина. – Москва: Прогресс, 1969. – 518 с. – С. 23–82.
- Биологический энциклопедический словарь. – М.: Сов. энциклопедия, 1986. – 831 с.
- Гайсинович, А.Е. Биология вчера и сегодня / Б.Л. Астауров, акад., А.Е. Гайсинович, д-р биол. наук, А.А. Нейфах, д-р биол. наук [и др.]. – М.: Знание, 1969. – 46 с.
- Борзенков, В.Г. Теоретическая биология: размышления о предмете / В.Г. Борзенков, А.С. Северцов. – Москва: Знание, 1980. – 64 с.
- Быков, Б.А. Экологический словарь / Б.А. Быков; АН КазССР, Ин-т ботаники. – Алма-Ата: Наука, 1983. – 215 с.
- Вернадский, В.И. Живое вещество. – М.: Наука, 1978. – 358 с.
- Вернадский, В.И. Философские мысли натуралиста. – М.: Наука, 1988. – 522 с.
- Вилли, К. Биология: (Биол. процессы и законы) / К. Вилли, В. Детье; Пер. с англ. Н.М. Баевской [и др.]. – Москва: Мир, 1974. – 821 с.
- Воронцов, Н.Н. Теория эволюции: истоки, постулаты и проблемы / Н.Н. Воронцов. – М.: Знание, 1984. – 64 с.
- Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология: в 3 т. – М., 1990.
- Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора: Кн. для учителя / Чарлз Дарвин; Коммент. А.В. Яблокова, Б.М. Медникова. – М.: Просвещение, 1987. – 383 с.
- Заренков Н.А. Теоретическая биология: (Введение) / Н.А. Заренков. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 212 с
- Иорданский Н.Н. Эволюционный прогресс / В кн.: Современные проблемы эволюционной морфологии. – М., 1988.
- История биологии с древнейших времен до начала XX века / Авт. Е.Б. Бабский, Л.Я. Бляхер, П.П. Гайденков [и др.]; Под ред. С.Р. Микулинского. – 1972. – 563 с.
- История биологии с начала XX века до наших дней. – М., 1975.
- Камшилов, М.М. Эволюция биосферы. – М., 1979.
- Кемп П. Введение в биологию / П. Кемп, К. Армс; Перевод с англ. Л.И. Александрова и др.; Под ред. Ю.И. Полянского. – М.: Мир, 1988. – 671 с.
- Комиссаров, Б.Д. Методологические проблемы школьного биологического образования / Б.Д. Комиссаров. – М.: Просвещение, 1991. – 158 с.

Лункевич В.В. От Гераклита до Дарвина: Очерки по истории биологии: в 2 т. / Под ред. [и с предисл.] проф. И.М. Полякова. – 2-е изд. – Москва: Учпедгиз, 1960. – Т. 1–2.

Майр, Э. Принципы зоологической систематики / Э. Майр. – М., 1974. – 455 с.

Мейен С.В. Типологические аспекты интеграции физического, биологического и социогуманитарного знания / В кн.: Пути интеграции биологического и социогуманитарного знания. – М.: Наука, 1984. – 240 с.

Малиновский А.А. Пути теоретической биологии / А.А. Малиновский, д-р биол. наук. – М.: Знание, 1969. – 64 с.

Медников Б.И. Аксиомы биологии / Б.И. Медников. – М.: Знание, 1982. – 136 с.

Медников, Б.М. Биология: Формы и уровни жизни: пособие для учащихся / Б.М. Медников. – М.: Просвещение, 1995. – 414 с.

Общая биология : Учеб. для 10–11-х кл. сред. шк. / Д.К. Беляев, А.О. Рувинский, Н.Н. Воронцов [и др.]; Под ред. Д.К. Беляева, А.О. Рувинского. – 3-е изд. – М. : Просвещение, 1993. – 270 с.

Реймерс, Н.Ф. Основные биологические понятия и термины: Кн. для учителя / Н.Ф. Реймерс. – М. : Просвещение, 1988. – 318 с.

Реймерс, Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник / Н.Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.

Реймерс, Н.Ф. Популярный биологический словарь / Н.Ф. Реймерс; Отв. ред. А.В. Яблоков; АН СССР. – М.: Наука, 1991. – 536 с.

Тимофеев-Ресовский, Н.В. Генетика, эволюция и теоретическая биология // Природа, 1980, № 9. – 130 с.

Уоддингтон, К.Х. Основные биологические концепции / В кн.: На пути к теоретической биологии. – М.: Мир, 1970.

Чернов Г.Н. Н.П. Кренке и его теория старения и омоложения / Акад. наук СССР. Ин-т истории естествознания и техники. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1963. – 117 с.

Чернов, Г.Н. Законы теоретической биологии / Г.Н. Чернов. – М.: Знание, 1990. – 64 с.

Щвейцер А. Культура и этика / пер. с нем. Н.А. Захарченко и Г.В. Колшанского; общ. ред. и предисл. [с. 5–29] проф. В.А. Карпушина. – М.: Прогресс, 1973. – 342 с.

Энгельс Ф. Диалектика природы // К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч., т. 20.

Яблоков А.В. Эволюционное учение: (Дарвинизм): Учеб. для биол. спец. ун-тов / А.В. Яблоков, А.Г. Юсуфов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1989. – 335 с.

Яблоков А. В. Популяционная биология: Учебное пособие для биол. спецвузов. – М.: Высшая школа, 1987. – 303 с.

Singer C h., A history of biology to about the year 1990, 3 ed., L. – N.Y., 1959; Geschichte der Biologie, Jena, 1982, 2 Aufl., 1985.

Учебное издание

КУЗЬМЕНКО Виталий Яковлевич

КУЗЬМЕНКО Виталий Витальевич

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

Курс лекций

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Компьютерный дизайн

В.Л. Пугач

Подписано в печать 08.07.2022. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 5,12. Уч.-изд. л. 5,12. Тираж 50 экз. Заказ 103.

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования

«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,

изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.