

## Дуалистические свойства биологии и их отражение в процессе ее преподавания

*А. В. Ястребов, М. В. Ястребов*

Отражение дуалистических свойств науки в процессе преподавания конкретных наук обсуждалось в работах [3–8] применительно к математике, психологии, физике и истории. В настоящей статье тот же подход применяется в отношении биологии и ее преподавания в классических университетах.

**Ключевые слова:** наука, дуалистические свойства науки, биология, дуалистические свойства биологии, методика преподавания биологии.

## Dualistic Properties of Biology and Their Reflection in its Teaching

*A. V. Yastrebov, M. V. Yastrebov*

Dualistic properties of science and their reflection in teaching were discussed in papers [3–8] with respect to Mathematics, Physics, Psychology, and History. In the present paper the same approach is applied to Biology and its teaching at university.

**Key words:** science, dualistic properties of science, Biology, dualistic properties of Biology, methods of teaching Biology.

### 1. Постановка задачи

В ранее написанных статьях [3–8] четыре разнохарактерные науки – математика, психология, физика и история – рассматривались с единой точки зрения, которая состоит в следующем. Прежде всего, было показано, что всем перечисленным наукам присущи четыре фундаментальных дуалистических свойства: деятельностно-продуктивный, индуктивно-дедуктивный, лично-социальный и теоретико-эмпирический дуализм. Кроме того, показано, что в процессе изучения каждой из наук дуалистические свойства могут быть легко проиллюстрированы на весьма простом материале, входящем в самый незатейливый стандарт образования. Наконец, и это главное, учет дуалистических свойств и их целенаправленное использование подсказывают эффективные методы изучения перечисленных наук.

*Цель настоящей статьи – показать, что тот же самый подход можно применить к процессу изучения биологии.*

Биологическое образование, на каких бы теоретических посылах оно ни базировалось, призвано сформировать в сознании студентов адекватный образ биологии. В силу этого общие положения любой педагогической концепции должны быть тесно связаны с имманентными свойствами биологии, не зависящими ни от предметной области внутри нее, ни от уровня биологических исследований, ни от исторического периода ее развития. Выявление этих имманентных свойств естественным образом разбивается на два этапа. Сначала мы покажем, что дуалистические свойства присущи объекту изучения биологии, то есть живой природе. Затем мы покажем, что теоретическое отражение живой природы, то есть наука

биология, также обладает определенным набором дуалистических свойств.

### 2. Дуалистические свойства живой природы

Начнем с примеров некоторых утверждений, которые естественным образом могут быть включены в программу обучения студентов биологических факультетов.

1. Эволюция жизни на Земле *непрерывна*, но непрерывность данного процесса осуществляется путем смены *дискретных форм* ее существования – биологических видов.

2. Бытие любого биологического вида имеет в основе чередование рождений и смертей отдельных особей. Без *рождения* новых особей жизнь прекратится, а без *гибели* каждой из рожденных особей ресурсы среды окажутся недостаточными для существования биологического вида.

3. Схожие процессы наблюдаются в каждом многоклеточном организме. В нем постоянно *гибнут* и *воспроизводятся* отдельные клетки, что омолаживает организм и поддерживает постоянство его состава.

4. На физиологическом уровне в любом организме наблюдается единство *пластического* и *энергетического* обмена. Пластический обмен состоит в синтезе высокомолекулярных соединений, на что тратится энергия. Энергетический обмен – в расщеплении высокомолекулярных соединений с выделением энергии. Таким образом, пластический обмен дает соединения для энергетического, а энергетический – энергию для пластического (здесь мы не даем полного описания преобразований энергии и материи, которые должны совершаться с учетом законов сохранения).

5. Другой взгляд на физиологические отправ-

ления показывает, что жизнь организма – это чередование периодов *активности* и *покоя*. Отсутствие хотя бы одного из этих периодов делает организм нежизнеспособным. Без активности невозможна нормальная жизнедеятельность, а без покоя – восстановление.

6. В живой природе сочетаются такие свойства, как *наследственность* и *изменчивость*. По определению, наследственность – это способность организмов *передать* свойства в ряду поколений, а изменчивость – это способность *приобретать* новые свойства. Наследственность обеспечивает стабильное существование биологического вида на эволюционно длительных отрезках времени, а изменчивость позволяет адаптироваться к новым условиям среды.

7. Одна из форм изменчивости – мутационная. Избыточное число мутаций нарушает исторически сложившийся баланс генов и несовместимо с жизнью, поэтому, в противовес *мутациям*, во всякой живой клетке работает система *репарации* – биохимической «починки» нарушенных генов.

8. В ходе видообразования *мутационный процесс* создает генетически уникальные особи и тем самым *увеличивает генетическую гетерогенность* популяции. Другой фактор эволюции – *естественный отбор* – уничтожает большинство мутантов и *снижает генетическую гетерогенность*.

Список примеров подобного типа можно было бы существенно увеличить, но вопрос не только в их количестве. Для педагогического процесса важно, что даже приведенный короткий список охватывает три курса обучения и затрагивает пять биологических дисциплин. Соответствующие данные приведены в таблице.

| № примера | Дисциплина      | Курс |
|-----------|-----------------|------|
| 1         | Теория эволюции | IV   |
| 2         | Экология        | III  |
| 3         | Физиология      | III  |
| 4         | Биохимия        | II   |
|           | Физиология      | III  |
| 5         | Физиология      | III  |
|           | Экология        | III  |
| 6         | Генетика        | III  |
|           | Теория эволюции | IV   |
| 7         | Генетика        | III  |
|           | Теория эволюции | IV   |
| 8         | Теория эволюции | IV   |

На представленные примеры можно смотреть с нескольких различных, но взаимосвязанных точек зрения. Во-первых, выявление дуалистических свойств живой природы, осуществляемое на протяжении длительного времени и в различных биологических контекстах, представляет собой

часть того материала, который интегрирует информацию различных учебных дисциплин в единое поле биологического знания. Во-вторых, система подобных примеров является хорошей базой для того, чтобы от частных случаев перейти к их обобщению – гегелевскому закону о взаимодействии (единстве и борьбе) противоположностей. Тем самым в понимании гегелевского закона будет осуществляться, по терминологии В. В. Давыдова, «восхождение от конкретного к абстрактному». В-третьих, гегелевский закон может рассматриваться как дидактическая единица, подлежащая усвоению (именно так и происходит на определенном этапе изучения философии). В этом случае приведенные примеры являются хорошей, подробной, разноаспектной иллюстрацией, помогающей осуществить «восхождение от абстрактного к конкретному» в понимании гегелевского закона. Важно также, что для студента-биолога эти примеры являются профессионально ориентированными, так что биологическое знание естественным образом включается в более широкий контекст.

Перейдем теперь к обсуждению дуалистических свойств биологии.

### 3. Дуалистические свойства науки биологии

*Биологии присущ деятельностно-продуктивный дуализм. Это означает, что понятие биологии включает в себя как деятельность по получению нового знания, так и продукт этой деятельности – сумму полученных к данному моменту биологических знаний.*

Повторимся: образование должно формировать в сознании студентов адекватный образ науки. В силу этого объективно возникает естественное требование к фундаментальной подготовке: обучение биологии должно быть ориентировано, причем *одновременно и в равной мере*, как на передачу системы биологических знаний, так и на формирование умений и навыков деятельности внутри биологии. При этом следует помнить, что навыки исследовательской деятельности трудно формируются и легко утрачиваются, поэтому целесообразно с первых же шагов обучения в вузе моделировать элементы исследовательской деятельности в *повседневных* занятиях.

Выскажем следующее важное утверждение: традиции преподавания биологии таковы, что общее положение, сформулированное в предыдущем абзаце, выполняется весьма точно. Для обоснования этого утверждения рассмотрим три аспекта исследовательской деятельности ученого-биолога: лабораторные и полевые исследова-

ния, научный анализ изучаемых явлений, постановку задач и формулирование выводов.

**Лабораторные и полевые исследования.** Биология – экспериментальная наука. Вследствие этого в процессе ее изучения студенты выполняют значительное количество лабораторных работ и проходят несколько учебно-полевых практик. Именно на лабораторных работах, то есть буквально с первых занятий, задолго до начала выполнения курсовых и дипломных работ, студенты начинают овладевать некоторыми умениями и навыками, необходимыми для ученого-биолога в его исследовательской деятельности. Обозначим некоторые позиции.

1. *Обращение с оборудованием.* Прежде всего, необходимо отметить работу с микроскопом. Она ведется в огромном суммарном объеме на протяжении всех лет обучения. Круг учебных дисциплин, где это происходит, весьма широк: ботаника, зоология, микробиология, цитология, гистология, эмбриология, гидробиология, сравнительная и экологическая физиология, биотестирование, генетика, Большой Практикум и др. Список дисциплин указывает на широкий спектр рассматриваемых объектов: живые организмы, их части, тотальные препараты, ткани, отдельные клетки и детали их строения, эмбрионы на различных стадиях развития. К концу обучения студенты, как правило, вполне профессиональны в этой части. Прочие виды оборудования, с каждым из которых студент-биолог работает меньше, очень разнообразны по своей природе, сложности устройства и характеру решаемых задач. Это хирургические инструменты, гербарные папки, энтомологические сачки, бинокли, батометры, дночерпатели, планктонные сетки, GPS-навигаторы, различные виды физиологических стимуляторов и регистраторов, рН-метры, спектрофотометры, хроматографы, установки для электрофореза белков и т. д.

2. *Овладение экспериментальными методами.* Приведенный выше неполный перечень оборудования показывает, что полевые и лабораторные методы исследований многочисленны. К ним относятся, например, метод пробных площадок, маршрутный метод, методы геоботанических профилей и геоботанического картирования, биомимическая съемка, отбор самых разных проб, гербаризирование, составление коллекций, определение биологических видов, полное и неполное паразитологическое вскрытие, вивисекция, острые и хронические опыты в области токсикологии, изготовление постоянных и временных препаратов и ряд других.

3. *Протоколирование.* Много времени уделяется техническим рисункам, которые выполняются в течение двух с половиной лет при изучении почти всех биологических дисциплин, а при изучении некоторых дисциплин в течение более длительного срока. Другие виды протоколов включают описания экскурсий и лабораторных экспериментов, построение графиков и таблиц, составление схем, протоколы вскрытий и разбора проб.

Применительно ко всем пунктам этого раздела подчеркнем два обстоятельства. Во-первых, перечисленные умения и навыки выполняются не в редуцированном виде, а в точности так, как это происходит в большой науке. В противном случае студенту не удастся выполнить курсовую и дипломную работы. Можно говорить о том, что сложность задач и качество приборов не являются самыми высокими, однако это отличие не принципиально. Во-вторых, все три типа умений и навыков отрабатываются одновременно, поскольку на лабораторных и полевых работах их невозможно оторвать друг от друга.

**Научный анализ изучаемых явлений.** Овладение данным навыком в значительной степени направляется преподавателем. В период научных исследований студента это происходит, как правило, в форме обсуждения его результатов и идей. Но есть еще одна отличная возможность для упражнений – семинары по экологии и эволюционной теории. Эти большие теоретические науки очень молоды и быстро развиваются, так что в них существует масса еще не устоявшихся представлений, альтернативных гипотез, не вполне четких определений и разных толкований одного и того же явления. Аналитические навыки тренируются при изучении и обсуждении таких вопросов, как динамика представлений об экологической нише, гипотезы происхождения жизни на Земле и происхождения многоклеточных животных, теории регуляции численности популяций, эволюция органов и функций, направления эволюции филогенетических групп и т. д. Здесь студенты имеют возможность оценивать сходство и различия в разных системах представлений, слабые места теорий, нерешенные вопросы, убедительность аргументов и умозаключений, степень обоснованности тех или иных взглядов и многое другое. Все это улучшает качество их собственных научных действий.

**Постановка задач и формулирование выводов.** На наш взгляд, при выполнении этих умственных действий студенты-биологи не слишком сильно отличаются от представителей других

специальностей. Совпадения касаются выполнения реферативных и научных работ, а также выступлений на защитах и студенческих научных конференциях. В процессе постановки задач преподаватель явно доминирует, в процессе формулирования выводов роль студента несколько больше. Что касается выступлений и текстуального оформления результатов, то здесь студент почти полностью самостоятелен. Наилучшим тренажером, если не считать общение с руководителем, для всех студентов являются разумно построенные семинарские занятия, где им дают возможность высказаться.

Мы можем назвать одну особенность, роднящую студентов биологических, физических и химических специальностей. Для них многие лабораторные работы состоят в проведении экспериментов. Задача ставится заранее и по итогам ее выполнения требуется самостоятельно сделать вывод, качество которого оценивается преподавателем. Наибольший эффект достигается в тех случаях, когда студенты выполняют разные задания. Персонализированные задания хорошо иллюстрируют важное свойство научной работы – уникальность научного пути исследователя [9, с. 18–19].

Что же касается отличительных черт биологических факультетов, то мы видим только одну – исследовательские задания на полевых практиках. Такое задание – отличная модель научного исследования со всеми этапами, от постановки проблемы до публичного обсуждения результатов на итоговой конференции. Этот ввод в научную работу особенно ценен тем, что происходит на первом и втором курсах, еще до выполнения курсовых работ. Любопытно, что довольно часто студенты модифицируют предложенную преподавателем тематику, а иногда предлагают собственные успешно разрабатываемые темы. Обучение умению делать выводы приводит нас к вопросу о соотношении индукции и дедукции в биологии. Это мы обсудим ниже, при рассмотрении индуктивно-дедуктивного дуализма.

Суммируя сказанное и опуская детали, можно утверждать, что на биологических факультетах классических университетов изучение комплекса учебных дисциплин представляет собой достаточно точную модель научных исследований в области биологии. При этом точность модели увеличивается при переходе от курса к курсу.

*Биологии присущ личностно-социальный дуализм. Это означает, что имеют место несколько дополняющих друг друга фактов: а) каждое открытие делается лично тем или иным конкретным исследователем; б) биология мо-*

*жет существовать только благодаря наличию особого социального института – научного сообщества; в) сделанное открытие становится фактом науки только в результате его принятия научным сообществом; г) процесс принятия нового результата включает в себя обмен информацией о содержании нового результата и различные виды экспертных оценок.*

С организационной точки зрения научное сообщество является весьма сложным образованием с разветвленной иерархией и многокомпонентными отношениями принадлежности. В него входят отдельные ученые, творческие коллективы, исследовательские институты, учебные заведения, научные журналы, органы по присуждению ученых степеней, национальные академии, международные комитеты. Очевидно, что необходимым (и, возможно, достаточным) условием функционирования такой системы является информационный обмен между ее элементами. На практике он весьма интенсивно осуществляется посредством публикаций, конференций, семинаров, системы Интернет и т. д.

Приведем три исторических примера, в которых ясно видно взаимодействие личностного и социального начал в развитии биологии. Первый из них относится к генетике. В середине XIX в. Грегор Мендель открыл законы генетики, то есть законы передачи наследственной информации от поколения к поколению. Это были фундаментальные законы, которые со временем стали классическими. Они были достаточно просты: во всяком случае, в настоящее время их изучают старшеклассники всего мира. Тем не менее, они были не замечены современниками Менделя и переоткрыты другими исследователями много позже, в начале XX века.

Другой пример относится к теории эволюции. Первая эволюционная теория Жана Батиста Ламарка была принята в штыки большинством его современников. Причины неприятия усиливали друг друга. Первой из них была слабость, недостаточная разработанность теории, которая «уживалась» с ее революционностью и, в главном, истинностью. Вторая состояла в неготовности научного сообщества к восприятию новой для него системы представлений. Ровно через полвека эволюционная теория Чарльза Дарвина получила высокую оценку. Это произошло не только потому, что она была совершеннее теории Ламарка, но и потому, что эволюционные представления уже глубоко проникли в умы биологов, в том числе благодаря трудам Ламарка.

Третий пример относится к классификации

биологических объектов. Карл Линней считается создателем бинарной номенклатуры, используемой систематиками всего мира. В реальности он лишь внедрил в систематику то, что придумали более чем за век до него. Основы бинарной номенклатуры заложил Каспар Баугин, который давал не только двойные, но даже четырехчленные названия, если речь шла о внутривидовых группировках.

Итак, в реальном научном мире объективно существует важное явление – информационный обмен результатами личной деятельности, принятие или непринятие научным сообществом результатов индивидуальных исследований. Очевидно, оно должно в той или иной форме отражаться в процессе преподавания. Здесь целесообразно выделить два направления деятельности студентов.

**Лабораторные работы** по многим предметам (зоология, анатомия человека, физиология человека и животных, физиология растений, различные разделы Большого Практикума) выполняются в парах. В ходе этих работ студенты самостоятельно добывают информацию и имеют возможность не просто обмениваться ею, но и обсуждать то, чем обмениваются, а также обучать друг друга некоторым из необходимых операций. Обмен добываемой информацией является естественным процессом, например, при вскрытиях животных и постановке физиологических экспериментов, поскольку члены пары не всегда видят и делают все одинаково хорошо. Нередко происходит обмен информацией и между разными парами. Задача преподавателя состоит в том, чтобы сделать естественное общение студентов максимально приближенным к общению между учеными: установить нормы и формы общения, научить студентов полноценной и грамотно выраженной аргументации, подготовить их к высказыванию критических утверждений в уважительной форме, к конструктивному восприятию критики в свой адрес и т. д.

**Учебно-полевая практика** по ботанике, зоологии и гидробиологии также предусматривает большой объем работы в парах, причем информация почти целиком добывается студентами самостоятельно. Сюда входят поиск животных и растительных объектов на экскурсиях, их сбор, составление коллекций, обработка проб, определение биологических видов, выполнение описаний, рисунков, схем и протоколов. Подобно городским лабораторным занятиям, обмен информацией идет не только внутри одной пары, но и между парами.

Особый вопрос – исследовательские задания на практиках первого и второго курсов. Студенты обычно выполняют их в парах, постигая основы деятельности научной группы. Отметим, что выполнение задания не означает работу в четыре руки на каждом этапе. Как правило, члены пары делят работу. У них бывают разные маршруты или разные участки одного маршрута, разные пробные площадки, точки и время наблюдений, места отбора проб и т. д. Полученные данные сопоставляются и сводятся в общую картину. На конференции качество работы проявляется в ходе доклада, ответов на вопросы и дискуссий, нередко весьма острого. Большую ценность дискуссиям придает присутствие студентов более старших курсов, уже проходивших данный вид практики.

Суммируя сказанное, можно утверждать, что личностно-социальный дуализм биологии достаточно хорошо отражен в практике обучения биологии в классических университетах. В частности, информационный обмен в процессе обучения биологии является достаточно точным аналогом информационного обмена в науке. Тем самым еще один элемент научной деятельности моделируется в процессе обучения [9, с. 25–26].

*Биологии присущ индуктивно-дедуктивный дуализм. Это означает, что природа умозаключения в биологии является одновременно и индуктивной, и дедуктивной. Интуиция, основанная на индуктивных умозаключениях, служит средством первичного получения результата, а логика, основанная на дедукции, – средством его строгого обоснования.*

Приведем три исторических примера, которые показывают, что некоторые биологические принципы, представления, теории рождались индуктивным путем, то есть как теоретические обобщения многочисленных наблюдений.

1. Выдающийся морфолог и палеонтолог начала XIX века Жорж Кювье изучал вариации в строении многих органов у разных видов позвоночных животных. Он заметил, в частности, что разные органы и системы органов организма четко подогнаны друг к другу в части устройства. Увеличение зубов животного приводит к утяжелению челюстной кости, более сильному развитию жевательных мышц, изменению очертаний скулового свода и т. д. Выявив данное явление на длинном ряде примеров, он сформулировал широко известный принцип корреляции органов. Суть принципа в том, что организм представляет собой единое замкнутое целое, и изменение любой его части неизбежно влечет за собой изменение многих других частей.

2. Во II веке великий врач и теоретик медицины Клавдий Гален создал метод вивисекции – физиологических опытов на живом материале. Пересякая у животных центральную нервную систему на разных уровнях и отдельные нервы, он правильно установил функции спинного мозга, определил, что головной мозг отвечает за интеллектуальную деятельность, выявил наличие чувствительных, двигательных и вегетативных нервов.

3. Эволюционная теория Чарльза Дарвина началась с осмысления им ряда полевых наблюдений, данные которых не соответствовали доминировавшим в то время креационистским представлениям. Согласно теории Творения, биологические виды созданы изначально приспособленными к определенным условиям и не меняются с течением времени. Однако Дарвин заметил очень высокую степень сходства между недавно вымершими и современными млекопитающими (неполнозубыми и мозолоногими). Он наблюдал многочисленные островные формы, очень похожие на континентальные, но не идентичные им, причем различия довольно легко объяснялись особенностями условий жизни на острове. Он видел животных в той среде, где их, казалось бы, не должно быть, например, гусей в горах и дятлов в пампасах. Эти и ряд других явлений требовали объяснений в рамках новой системы представлений. Заслуга Дарвина в том, что он обосновал положения о роли среды в формообразовании, о различных видах изменчивости и их месте в эволюционных процессах, о борьбе за существование и естественном отборе как главных движущих силах эволюции. Он дал общую схему видообразования и ввел в науку представление о дивергенции, в ходе которой образуются надвидовые таксоны.

Итак, роль индуктивных умозаключений в биологии весьма велика. Между тем вузовские учебники по биологическим (как и по многим другим) дисциплинам пишутся обычно от общего к частному. В типичном случае изложение любой главы строится по одной и той же схеме: определения, пояснения к ним и примеры, иллюстрирующие объясняемую закономерность. В результате такого изложения биология предстает перед читателем как сумма имеющихся знаний, однако процесс получения знаний оказывается тщательно завуалированным. В общепринятой схеме построения учебников и лекционных курсов кроется одна из причин неумения многих студентов мыслить в том естественном порядке, который приводил исследователей к многим известным обобщениям.

К счастью, индуктивный компонент биологии достаточно хорошо представлен в организации лабораторных работ, полевых практик и других форм занятий, рассмотренных при описании деятельно-продуктивного дуализма биологии. Говоря обобщенно, можно утверждать следующее. Если человек, ученый или студент, производит наблюдение, а потом делает выводы из него, то он совершает индуктивное умозаключение, от частного к общему. Когда же человек планирует эксперимент, он основывается на имеющихся теоретических представлениях, то есть рассуждает дедуктивно, от общего к частному. Если после эксперимента или серии экспериментов приходится уточнять то или иное теоретическое положение, то вновь делается индуктивное умозаключение от частного – результатов экспериментов – к общему утверждению.

Добавим сюда следующее. Особое значение в формировании индуктивных навыков имеет предмет «История биологии». К сожалению, он обычно представлен только лекционной частью, хотя есть необходимость и в семинарских обсуждениях. Развитие науки, «отпрепарированное» в виде учебного курса, полезно с нескольких точек зрения. Оно открывает студенту логику формирования современных представлений в соответствующей отрасли. Оно позволяет не изобретать велосипед и легче находить свое место в современной науке. Оно помогает избежать методологических ошибок, которые имеют свойство повторяться из века в век.

Суммируя сказанное, можно утверждать, что индуктивное начало представлено в биологии и в процессе ее изучения существенно сильнее, чем дедуктивное, однако тот и другой типы умозаключений имеют место. Тем самым еще один, третий, элемент научной деятельности моделируется в учебном процессе [9, с. 21–25].

*Биологии присущ эмпирико-теоретический дуализм источников ее развития. Это означает, что существует два типа движущих идей современной биологии: идеи, возникшие внутри биологии и развившиеся в целостные биологические концепции, и идеи, пришедшие из других наук и ставшие частью биологии в силу того, что с их помощью были решены серьезные проблемы, сформулированные внутри биологии.*

Упомянутые выше теории Ламарка, Линнея, Кювье, Галена могут быть отнесены к числу тех, которые родились в рамках науки биологии и не заимствовали активно идеи из других областей знания. Да и вообще наличие движущих идей биологии, возникших внутри биологии, очевидно

и даже тавтологично. В силу этого сосредоточимся на тех исторических примерах, которые показывают активное влияние на биологию других, небологических наук.

1. В XVII веке Джованни Борели в работе «Движение животных» рассматривал живые организмы с точки зрения классической механики. Он изучал характер действия отдельных мышц и их комбинаций, расходуемую ими работу, центры тяжести организмов, устойчивое и неустойчивое равновесие и другие вопросы. Он и его ученики открыли, в частности, пассивность легких при дыхании и роль диафрагмы в этом процессе. Из названной и подобных ей работ выросла современная биомеханика.

2. В XVII и XVIII веках физики и химики очень много сделали для развития представлений о физиологии организмов.

– Эдм Мариотт предложил капиллярную теорию поднятия растворов из почвы по растению. Он же ввел в биологию представление об автотрофном питании растений.

– Ян Баптист ван Гельмонт, введший в науку понятие «газ», выдвинул идею о существовании ферментов – веществ, лежащих в основе химических процессов в организме. Он полагал, что ферменты специфичны как для разных организмов, так и для разных жизненных отправлений. Эти идеи вполне соответствуют современным представлениям.

– Джозеф Пристли открыл кислород. Вслед за этим Антуан Лавуазье установил состав углекислоты и воды и определил разницу между кислотами, солями и окислами. После этого стала понятна суть процесса дыхания, а позднее – процесса фотосинтеза у растений.

– Лавуазье пошел еще дальше. Размышляя о питании организмов, он сделал крупное экологическое обобщение, правильно описав биотический круговорот химических элементов. Так, он указал, что растения черпают все необходимые материалы в минеральном царстве, животные питаются растениями или другими животными, а брожение, гниение и горение возвращают минеральному царству то, что живая природа из него заимствовала.

3. Удивительно, но даже такая, казалось бы, далекая от биологии наука, как математика, внесла свой вклад в ее развитие. Примером может служить классическая генетика. Ее основатель Грегор Мендель не имел полноценного математического образования, однако увлекался математикой. Он впервые применил в генетических исследованиях статистику, учитывая не только

комбинации признаков у потомков при скрещивании, но также процентное соотношение разных комбинаций. Именно их учет дал миру классические законы генетики.

4. Другой математик – Годфри Харди – ввел в науку XX века представление о равновесной (менделевской) популяции. Сформулированный им закон гласит, что при свободном скрещивании частоты аллелей в популяции достигают равновесия за одно поколение и не меняются во всех последующих. Для выполнения закона необходимо соблюдение ряда допущений: большая численность популяции, равная выживаемость всех аллелей, отсутствие миграций и мутаций. Методологическое значение закона Харди огромно. Менделевская популяция – это аналог идеального газа в физике. Она является отправной точкой для понимания закономерностей микроэволюции, которая фактически состоит в нарушении обозначенных выше допущений. Интересно, что в биографическом справочнике [2] о математиках и механиках одним из крупнейших достижений математика Харди назван биологический закон, носящий его имя.

Приведенный список примеров является естественным поводом повторить примерно то же самое, о чем сказано во втором разделе статьи: целенаправленное выявление взаимных влияний различных научных дисциплин, осуществляемое на протяжении длительного времени, дает студентам фактический материал для осознания того фундаментального факта, что биология объективно включена в широкий контекст единого научного знания.

Суммируя сказанное, можно утверждать, что в процессе изучения биологии легко, естественным образом выявляется двойственный характер источников ее развития.

В заключение отметим, что дуалистические свойства биологии выражают ее существенные свойства, которые, именно в силу их важности, должны быть осознаны в процессе ее изучения. Для этого преподаватель должен иметь их в качестве ориентира и располагать большим набором заданий по многим темам изучаемых курсов, которые формируют у студентов представление о дуалистических свойствах биологии. Вопрос об их оптимальном использовании следует решать в экспериментальном порядке.

#### *4. Спектр наук и их дуалистические свойства*

В настоящей статье и в работах [3–8] четыре дуалистических свойства рассматривались применительно к нескольким наукам, которые мы

расположим в определенном порядке, удобном для дальнейшего обсуждения: математика, физика, биология, психология и история. Дадим их самые общие, качественные характеристики, считая «началом отсчета» понятие естественных наук.

Говоря о *математике*, следует напомнить об известной разнице между изобретением и открытием. Открытие всегда касается явления, закона, объекта, который уже существовал. В отличие от открытия, изобретение всегда имеет дело с объектом, который не существовал до момента его изобретения. Так, Ньютон открыл закон всемирного тяготения, причем мы знаем, что тела *всегда* притягивались друг к другу. Александр Белл изобрел телефон, однако *ранее* телефон не существовал. В этом контексте важно, что такой крупный математик, как Жак Адамар, относит математику к «изобретающим» наукам. В своей книге [1] он говорит, пусть и с определенными оговорками и пояснениями, о «психологии процесса изобретения в области математики» (курсив наш. – Авторы).

*Физика* является естественной наукой, открывающей объективные законы природы, которая неразрывно связана с математикой. Неразрывность связей означает, что подавляющее большинство физических задач требуют для своей формулировки использования математического языка и что ни одна физическая задача не может быть решена без применения математики.

*Биология* также является естественной наукой, однако, в отличие от физики, существенная ее часть не использует математический аппарат. Такой частью являются, например, те ее разделы, которые направлены на изучение биоразнообразия природы Земли.

*Психологию* можно с равными основаниями считать и естественной, и гуманитарной наукой. Действительно, она исследует человека, то есть стихийно сложившийся природный объект. При этом она пользуется методами естественных наук, такими как наблюдение, эксперимент, статистическая обработка эмпирически полученных результатов. В то же время гуманитарное начало психологии также является очевидным, поскольку объект ее исследования – человек – представляет собой культурно-исторический феномен.

Наконец, *история* по своему определению является гуманитарной наукой.

Для нас важно, что пять разнотипных наук, отличающихся друг от друга по своему возрасту, объекту исследования, стилю, характеру, целям и приоритетам, обладают одним и тем же набором

дуалистических свойств. Быть может, такая «мозаичная целостность» вполне естественна с точки зрения философии, однако она не отменяет позитивного влияния этой целостности на процесс преподавания. Действительно, в упомянутых статьях мы показали следующее: 1) дуалистические свойства различных наук могут быть легко проиллюстрированы на весьма простом материале, входящем в существующие стандарты образования; 2) учет дуалистических свойств и их целенаправленное использование подсказывают эффективные методы изучения перечисленных наук; 3) дуалистические свойства наук могут служить основой междисциплинарного подхода к их преподаванию.

Для преподавателей биологии классических университетов важно следующее: целенаправленное использование в преподавании дуалистических свойств науки приводит к тому, что изучение биологии становится моделью научных исследований в области биологии. В процессе обучения эта модель может становиться все более и более точной, так что подготовленный специалист имеет шанс стать настоящим биологом-исследователем.

### Библиографический список

1. Адамар, Ж. Исследование психологии процесса изобретения в области математики [Текст] / Ж. Адамар. – М.: Советское радио, 1983.
2. Боголюбов, А. Н. Математики и механики: библиографический справочник [Текст] / А. Н. Боголюбов. – Киев: Наукова думка, 1983.
3. Валеева, Н. А. Дуалистические свойства истории и их отражение в преподавании истории в средней школе [Текст] / Н. А. Валеева, А. В. Ястребов // Ярославский педагогический вестник. – 2009. – № 1.
4. Корнеева, Е. Н. Инвариантные свойства психологии и их отражение в процессе ее преподавания [Текст] / Е. Н. Корнеева, А. В. Ястребов // Ярославский психологический вестник. – 2004. – Вып. 12. – С. 124–134.
5. Турунтаев, С. В. Проявления дуалистических свойств физики в преподавании конкретных тем [Текст] / С. В. Турунтаев, А. В. Ястребов // Ярославский педагогический вестник. – 2005. – № 2. – С. 114–120.
6. Ястребов, А. В. Дуалистические свойства математики и их отражение в процессе преподавания [Текст] / А. В. Ястребов // Ярославский педагогический вестник. – 2001. – № 1. – С. 48–53.
7. Ястребов, А. В. Междисциплинарный подход к преподаванию математики [Текст] / А. В. Ястребов // Ярославский педагогический вестник. – 2004. – № 3. – С. 5–15.
8. Ястребов, А. В. Дуалистические свойства науки как основа междисциплинарного подхода к препода-

ванию математики [Текст] / А. В. Ястребов // Актуальные проблемы преподавания математики в педагогических вузах и средней школе: тез. докл. XIII Всероссий. семинара преподавателей математики ун-тов и педвузов, 13–15 октября 2004 г. / гл. ред. Е. В. Яковлев. – Челябинск; Москва, 2004. – С. 23.

9. Ястребов, А. В. Научное мышление и учебный процесс – параллели и взаимосвязи [Текст] / А. В. Ястребов. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 1997. – 137 с.