

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 37.02; 372.857

М. В. Ястребов, А. В. Ястребов, И. В. Ястребова

Принципы написания учебных пособий по биологическим дисциплинам теоретического цикла

Обсуждаются особенности структуры учебных пособий и принципы их написания. Попутно выявляется неочевидная аналогия между преподаванием двух далеких друг от друга дисциплин – биологии и математики.

Ключевые слова: учебник, учебное пособие, принципы написания.

M. V. Jastrebov, A. V. Jastrebov, I. V. Jastrebova

Principles of Writing of Manuals on Biological Disciplines of the Theoretical Cycle

Peculiarities of the structure of manuals and principles of their writing are discussed. By the way the non-obvious analogy between teaching of two disciplines far from each other – Biology and Mathematics comes to light.

Keywords: a textbook, a manual, principles of writing.

1. Особенности биологических дисциплин, учебников и учебных пособий

Общепрофессиональные дисциплины, изучаемые на биологических факультетах университетов, делятся на два типа, которые можно условно назвать фактологическим и теоретическим. К первому типу относятся, например, дисциплины по биоразнообразию, анатомия человека, цитология, гистология, эмбриология. Их объединяет большой объём констатационного, описательного материала, который преподаётся многим поколениям студентов практически в неизменном виде. Это происходит не потому, что названные и некоторые другие науки не развиваются, а потому, что признаки различных таксонов, стадии эмбриогенеза или жизненных циклов животных, грибов и растений, структурные свойства тканей и характеристики органоидов клетки константны и меняют свои параметры лишь в эволюционном времени. Названные дисциплины содержат огромный объём материала на запоминание, а теоретическая составляющая в них сравнительно невелика. Их успешное преподавание требует специфической техники, обсуждение которой не входит в наши задачи.

Яркими представителями теоретических дисциплин являются общая экология, генетика и теория эволюции. Они относятся к немногочисленным наукам, изучающим наиболее общие закономерности устройства, функционирования и

исторического развития живой природы. Отсюда понятно, что доля фактологического материала, требующего от студента простого запоминания, существенно уменьшается, зато многократно возрастает доля материала, нуждающегося в логическом осмыслении. К нему относятся многочисленные обобщения, описания сложных процессов, в которых предыдущая часть обуславливает последующую, системы представлений, требующие сравнения друг с другом, и т.д. Очевидно, что теоретические дисциплины должны изучаться после фактологических, и повсеместная практика именно такова.

Отметим попутно один неочевидный факт: в процессе изучения математики имеет место похожее соотношение между фактологией и теорией. В сознании школьника долго, скрупулезно и подчас мучительно формируется система понятий: число, цифра, разряд числа, однозначное и многозначное число, пересчет предметов и счет предметов (пересчет и счет – это разные сущности), таблица сложения в пределах первого десятка, таблица сложения в пределах первых двух десятков и т.д. На этом фоне изредка встречаются теоретические положения вроде переместительного закона сложения, однако даже они имеют характер эмпирически установленных правил, а отнюдь не доказанных законов. Математика как теоретическая наука возникает *только в седьмом классе*, когда в курсе геометрии

появляются такие понятия, как «аксиома», «теорема», «условие теоремы», «заклучение теоремы», «доказательство», «метод доказательства». Вернемся теперь к основной линии нашего изложения.

Понятно, что база, на которой студент приступает к изучению теоретических предметов, должна быть весьма основательной. В общей экологии, помимо фактологических дисциплин, она включает предметы химического цикла, науки о Земле, физиологию животных и растений. У эволюционной теории, изучаемой после экологии, база ещё больше, поскольку к ней добавляются сама экология и генетика. Легко заметить, что мощная информационная основа порождает одну из трудностей в изучении экологии и эволюционной теории, поскольку этой основой овладевают в должной мере далеко не все студенты. Другая трудность связана с обилием определений и терминов, а также со сложным соотношением понятий. Добавим, что эволюционная теория и экология – науки совсем молодые (два и полтора века соответственно, если считать от Ламарка и Геккеля). Как следствие, в них много «белых пятен» и большой объём фактических данных, не имеющих однозначного рационального толкования. Их главная «подростковая» проблема заключается в неустоявшемся понятийном аппарате. Одно и то же понятие зачастую трактуется по-разному, и в научном обиходе имеются термины с неясным смысловым наполнением или с неизмеряемыми параметрами. Мы предполагаем, что это явилось если не главной, то одной из причин создания Реймерсом широко известного словаря экологических понятий [9]. Но даже этот капитальный труд отражает скорее взгляд автора на понятийный аппарат экологии, чем общую стратегию использования упомянутого аппарата. Перечисленные обстоятельства существенно осложняют работу студента. В не меньшей мере они осложняют работу преподавателя, поскольку формализация изучаемого материала и его рациональное изложение становятся отдельной, самостоятельной задачей. Таким образом, все вышесказанное подразумевает высокие требования к качеству университетских учебников.

Следует отметить, что в последние десятилетия недостатка в учебниках по обсуждаемым предметам нет. Среди учебников имеются как переводные, так и отечественные. Однако при любом происхождении в них можно обнаружить

одни и те же недостатки. Приведём некоторые примеры.

Одним их самых «ходовых» учебников по экологии является небольшой двухтомник Одума [7]. Его несомненным достоинством является хорошая структурированность. В каждой главе автор неоднократно вычленяет разделы под названием «Определения» и «Пояснения», либо «Пояснения и примеры». Однако при чтении быстро обнаруживается, что книга написана сложно, а её положения нередко иллюстрируются примерами и схемами, пригодными больше для монографий и академических дискуссий, чем для студентов, постигающих азы науки. Кроме того, в двухтомнике наблюдается отчётливая диспропорция в подаче разных разделов: вопросам факториальной и популяционной экологии уделено по одной главе из восьми без упоминания ряда ключевых, с нашей точки зрения, понятий, а синэкологии отведён весь остальной объём. Учебник Риклефса [10] вызывает у авторов настоящей статьи некоторое недоумение, поскольку в нём без отчётливой логики размещён материал из разных разделов экологии, эволюционной теории и почвоведения. Очень хорош двухтомник, который написали британцы Бигон, Харпер и Таунсенд [1]. Разделы экологии представлены в нём равномерно. Материал изложен логично, несложно, нескучно и иллюстрирован наглядными и понятными примерами. Смущает в книге одно – её большой объём. Часов, которые выделяются обучающимся на освоение семестрового курса (включая самоподготовку), недостаточно, чтобы «справиться» с этим учебником. Поэтому он интересен в большей степени для преподавателей, которые могут извлечь из него нужное для себя и обучающихся.

Сказанное в полной мере относится к учебникам по эволюционной теории. Книги Северцова [12] и Шмальгаузена [13] по содержанию больше напоминают монографии и полезны скорее отдельным заинтересованным студентам, чем целому потоку. Учебник Георгиевского [3], напротив, чересчур конспективен. В книге Гранта [4] отсутствуют некоторые традиционные разделы эволюционной теории, например, эволюция органов и функций, теория адаптаций и эволюция филогенетических групп. Такого рода купюры связаны, на наш взгляд, либо с научными предпочтениями автора, либо с его видением структуры курса. Неоднократно переиздававшийся учебник Яблокова и Юсуфова [14], безусловно, хорош наличием разделов и тем, которые не все-

гда помещают в учебные издания: эволюция экосистем, эволюция эволюции, моделирование эволюционного процесса и некоторые другие. Используемый авторами терминологический аппарат вполне современен. Однако опыт преподавания показывает нам, что данная книга для студентов тяжела. Причина, по-видимому, в том, что она недостаточно отвечает задаче объяснения основ. Авторы знают очень много и многое оставляют, что называется, за кадром, полагая, очевидно, что студенты понимают недосказанное. В итоге учебник имеет вид «собрания пёстрых глав», связи между которыми для студента не всегда очевидны. Превосходными дидактическими свойствами обладает учебник Парамонова [8]. Он переведён на разные языки мира и не нуждается в дополнительной рекламе. Но, к сожалению, во многих своих частях это издание устарело.

Даже беглый анализ показывает, что учебники, рекомендованные для вузов, не идеальны. Высокая степень их сложности, избыточный общий объём, усечённость или даже отсутствие некоторых важных разделов – вполне достаточные обоснования актуальности учебных пособий по экологии и эволюционной теории. Подчеркнём, что учебные пособия не могут заменить собой учебники. Если говорить об их месте в учебном процессе, то, на наш взгляд, они представляют собой промежуточное звено, своего рода «посредника» между студентом и учебником. Если же говорить о роли учебных пособий, то они являются своеобразным гибридом шпаргалки и путеводителя по изучаемой дисциплине, облегчающим постижение основ той или иной науки. Иными словами, пособия призваны формировать скелетную основу знаний обучающихся, на которой, как мясо, нарастут со временем новые знания, добываемые разными путями – из лекций, из личного общения с преподавателем, из учебников и научной литературы, из собственных научных исследований.

Мы полагаем, что в ближайшие годы роль учебных пособий по теоретическим разделам биологии возрастёт, поскольку переход российских университетов на бакалавриат создал новые проблемы в обучении студентов. При формировании Государственного образовательного стандарта третьего поколения следовало ожидать вполне логичного отсечения от пятилетнего цикла обучения ряда дисциплин специализации, которые вполне могли бы быть добраны в магистратуре. Этого не случилось, и на биофаках силь-

но пострадали дисциплины по биоразнообразию (например, двухгодичный курс зоологии превратился в семестровый), то есть одна из главных основ экологии и эволюционной теории. Учебники же остались старыми, рассчитанными на специалистов. Это создаёт дополнительную необходимость в создании учебных пособий, адаптированных к новому образовательному стандарту и максимально «усвояемых» студентами. Повторим тривиальную, но важную вещь: обучение – двусторонний процесс. То, что в ходе обучения является проблемным для студента, автоматически становится таковым для преподавателя. Поэтому построение учебного пособия представляет собой, если так можно выразиться, систему профилактики проблем. Переходим к её обсуждению.

2. Принципы написания учебных пособий

Сформулируем несколько рекомендаций для составителей учебных пособий, следование которым, с нашей точки зрения, целесообразно. Для авторов данной статьи следование этим рекомендациям является, в определенном смысле, обязательным, поэтому в дальнейшем мы будем называть их принципами.

Первые два принципа относятся к литературному и дизайнерскому стилю проектируемого учебного пособия.

Принцип минимальной достаточности изложения. Если подготавливаемое издание становится учебным пособием, не претендуя на большую роль, оно должно быть меньше учебника. Из этого следует важный вопрос, чем именно можно поступиться ради уменьшения объёма. По нашему мнению, это относится в первую очередь к материалу, который при необходимости легко найти в справочниках. Кроме того, число примеров, иллюстрирующих те или иные закономерности, не обязательно делать большим. Достаточен минимальный набор, лишь бы примеры были убедительны и, по возможности, легки для восприятия. Таким образом, декларируемый принцип состоит из двух взаимно дополнительных требований: **текст пособия должен быть достаточен для полного объяснения изучаемых закономерностей и должен быть при этом как можно более кратким.**

Важным или даже основным средством сокращения объёма является лаконичный и простой язык. Это вопрос индивидуального мастерства преподавателя, и в каждом конкретном случае цель достигается разными средствами. Тем

не менее, известно, что студенты не любят мысли, излагаемых длинными периодами. Для них трудны тексты, перегруженные терминами с иностранными корнями, когда есть их русскоязычные эквиваленты. Например, вовсе не обязательно называть распределение дистрибуцией, а предковый признак – анцестральным.

Самым же главным, что делает учебное пособие простым для студента, является выпуклая, демонстративная подача логических связей и переходов между различными положениями теории, которая сильно облегчает «путешествие по предмету». Без такой демонстрации простое запоминание определений, законов, формул или классификаций, само по себе совершенно необходимое, приводит к излишней формализации и, как следствие, усечённости знаний. Образно говоря, экология и эволюционная теория в восприятии многих студентов становятся похожи на осенний лес, беспорядочно засыпанный разноцветными листьями, где каждый лист – отдельный факт или термин. В таком «лесу» есть части, но нет связей. Некоторые из изложенных ниже принципов будут посвящены выявлению таких взаимосвязей.

Принцип визуализации теоретических положений следует понимать буквально: *основные положения теории должны быть выделены в тексте пособия с помощью средств полиграфии, то есть шрифтов, рамок, названий законов или определяемых понятий, цвета, если речь идет об электронном пособии, и т.д.*

Следование данному принципу не относится к основной традиции написания учебной литературы по биологии, однако для учебной литературы по математике визуализированное выделение главных положений является не просто интеллектуальной традицией, а правилом хорошего тона, причем на протяжении длительного времени. Учебники по математике на всех уровнях выделяют определения и теоремы с помощью соответствующих слов и/или шрифтов. Один из авторов более полувека назад учился именно по таким учебникам и мог бы привести более ранние примеры. Практика показывает, что использование средств полиграфии в учебных пособиях по биологии [16, 17] приветствуется студентами.

Уже дважды мы нашли точки соприкосновения между двумя далекими друг от друга дисциплинами – математикой и биологией. Попытаемся в дальнейшем использовать намечающуюся взаимосвязь более целенаправленно.

Принцип поэлементного анализа определений. Традиционным и весьма грубым заблуждением студентов-биологов является мысль, что определения, предлагаемые в учебной литературе, не обязательно знать дословно; достаточно понимать их смысл и пересказывать своими словами. При этом их почему-то не удивляет необходимость заучивать наизусть определение биссектрисы угла в математике или закон Ома для участка электрической цепи – в физике. Ошибочное представление о биологии как о слабоформализованной науке мешает студентам понять, что в любой научной отрасли определения, законы или принципы содержат в предельно сжатом виде ключевую информацию о соответствующих объектах. В этой связи преподаватель решает параллельно две задачи – «тираническую» и творческую. В качестве «тирана» он обеспечивает неукоснительное заучивание всего, что студент должен знать наизусть. Суть более тонкой творческой задачи – анализ определений, то есть развёртывание сжатой в них информации, которым студенты владеют плохо.

Приведем пример несложного конспективно-го анализа понятия «популяция», используемого равно в экологии и эволюционной теории. Предварительно отметим, что общепринятого определения популяции нет, и мы пользуемся временным «рабочим» определением, приводимым без кавычек. Итак, популяцией мы будем называть минимальную внутривидовую группу особей, длительное время занимающую определённое пространство и относительно изолированную от других аналогичных групп. В этом определении целый ряд его элементов нуждается в пояснении.

1. Слово «минимальная» означает, что есть и более крупные внутривидовые группы с теми же свойствами, например, подвиды.

2. Применительно к популяциям пользуются не астрономическим временем, измеряемым в секундах, минутах и т.д., а биологическим временем, измеряемым в поколениях. Словосочетание «длительное время» означает череду поколений, достигающую тысяч и более.

3. Пространство, занятое популяцией, называют ареалом. Размер ареала зависит в основном от природных преград и от подвижности особей.

4. Изолированность популяции является генетической. Это значит, что представители одной популяции скрещиваются несравненно чаще, чем представители разных популяций. У изолированности есть два следствия – генетическое единство популяции (высокая степень сходства

особей, основанная на родстве) и её генетическая уникальность (отличие по соотношению аллелей от всех прочих популяций того же вида).

5. Относительность изолированности состоит в том, что разные популяции всё же обмениваются генами, поддерживая единство биологического вида.

6. Вид, в отличие от популяции, является генетически закрытой системой, то есть абсолютно изолированной от других аналогичных систем (видов).

Дальнейшее изложение зависит от того, в какой науке мы в данный момент работаем. Эколог поведёт речь о структуре популяции, о её динамике и саморегулировании. Эволюционист повернёт к разговору о панмиксии, о популяциях у облигатно агамных форм и о менделевской (равновесной) популяции. Но, о чём бы ни пошёл рассказ, студент будет вооружён комментариями к формальному определению и сумеет уйти от ужасов зубрёжки к радостям понимания.

Таким образом, декларируемый принцип может быть сформулирован следующим образом: *каждый элемент сложного биологического понятия должен быть разъяснен в развернутом виде и в как можно более точных терминах.*

Заметим, что в математике достаточно давно существует традиция поэлементного анализа определений, несмотря на то, что многие из них достаточно просты. Приведем определение биссектрисы угла, выделив шрифтами его компоненты: «**Биссектрисой** угла называется **луч**, который *исходит из вершины угла и делит его на две равные части*». Здесь жирным шрифтом выделен определяемый объект (биссектриса угла), жирным курсивом выделен ближайший род, к которому принадлежит объект (луч), а обычным курсивом выделены два видовых отличия (исходит из вершины и делит пополам). Слова-связки (называется и который) набраны обычным шрифтом. Важно, что при изучении математики даже от ребенка (а это школьный материал) требуется умение расчленять определение на его структурные компоненты. Тем более естественно применить такое требование к студентам университета. Забавно, что номиналистическое использование биологических слов «род» и «видовые отличия» является давней традицией методики преподавания математики.

Приведем еще один пример хрестоматийного биологического определения, более короткого и простого: элементарное эволюционное явление – это длительное, векторизованное и необратимое

изменение генофонда популяции. Необходимые разъяснения даже здесь состоят из четырёх пунктов:

1. Напоминание о существовании уже известного студентам понятия «генофонд популяции».

2. Напоминание о биологическом времени в популяции, то есть о длинном ряде поколений.

3. Напоминание, что направленность – та самая, которая характерна для естественного отбора, а именно, на установление устойчивого равновесия между популяцией и внешней средой. При этом вектор отбора, то есть *характер* изменений популяции, в каждом конкретном случае свой.

4. Пояснение, что необратимость изменений обусловлена теорией вероятности. Для исчезновения новых генетических структур и возвращения исчезнувших вероятность практически нулевая, тем более что новые гены уже прошли отбор и «доказали» свою состоятельность в данной среде.

Принцип выявления основания классификации. Любая теоретическая наука классифицирует объекты. В математике, например, классифицируется едва ли не все: числа, многоугольники, кривые, функции, группы, алгебры и т.д. Естественно, что в каждом случае весьма важной задачей является выявление основания классификации. Так, функции могут классифицироваться на основе их четности, периодичности, непрерывности, дифференцируемости и ряда других свойств.

Экология и эволюционная теория также буквально «нафаршированы» классификациями, подчас обширными и непростыми. В экологии классифицируют, к примеру, экологические факторы и биоритмы, виды рождаемости, смертности и стратегии размножения в популяциях, синузии, виды экологических ниш и виды продукции в экосистемах, растения по отношению к температуре, свету и колебаниям водоснабжения, виды конкуренции, комменсализма и хищничества и т.д. Аналогичным образом, в эволюционной теории есть классификации методов изучения эволюции, форм и уровней действия естественного отбора, видов изоляции, способов видообразования, адаптаций, модусов эволюции органов и функций, направлений эволюции филогенетических групп и ряд других.

Биологические объекты весьма разнообразны и обладают многими свойствами. Естественно, что классифицировать их можно и нужно *несколькими* способами. При этом следует пом-

нить, что любая попытка классифицировать объекты может быть как удачной, так и неудачной. В первом случае классификация прочно входит в содержание науки, а во втором случае исчезает из научного обихода. Примером неудачной классификации является известное выделение типов вещества в биосфере по Вернадскому [2]. Причина ее нежизнеспособности состоит в том, что в ней «перемешаны» природа вещества, его происхождение и положение в биосфере. В то же время любая удачная классификация опирается на некий общий принцип, существенный для понимания природы изучаемого объекта. В связи с вышесказанным, декларируемый принцип может быть сформулирован следующим образом: ***при изучении классификаций следует особое внимание уделять выявлению основания классификации, то есть тому принципу, который положен в ее основу.***

С педагогической точки зрения, классификация является одним из лучших способов упорядочения информации, предлагаемой обучающимся. Тем не менее, опыт преподавания показывает, что студенты не любят осваивать принципы классификаций, предпочитая запоминать только пункты. И один из простых способов вызвать затруднение при ответе – предложить дать пример сезонной коренной дополняющей парцеллы или частной динамической структурной адаптации. В соответствии со сказанным, в учебных пособиях существенное место должно отводиться не столько пунктам, сколько принципам, возможностям использования и слабым местам классификаций со всеми необходимыми комментариями. Например, есть не слишком популярное, но весьма полезное деление способов видообразования на два типа – неоформогенное и аккумулятивное. Комментарии начинаются с того, что сами названия типов крайне неудачны. Любой способ видообразования является неоформогенным по определению, поскольку образуются новые формы организмов. Любой способ видообразования по определению аккумулятивен в силу своей длительности и постепенного приобретения новым видом всех необходимых атрибутов. Есть другие названия для этой пары – мгновенное и постепенное видообразование. Эти названия столь же неудачны, ибо мгновенно ни один вид не образуется, все – постепенно. И понять здесь надо лишь одно: *что же именно* образуется мгновенно или постепенно. Это касается только формирования полной генетической изолированности. Поняв это, студент спокойно ра-

ботает с классификацией, помещая в необходимое место случаи тератогенного видообразования, автополиплоидии и сходные с ними.

Принцип укрупнения дидактических единиц. По-видимому, человеческий мозг имеет эволюционно сложившееся, «синергетическое» свойство организовывать поступающую информацию в такие группы, которые удобны для запоминания. На бытовом уровне это проявляется, например, в структуре телефонных номеров. Так, никто не запоминает телефон в виде 731986 (семьсот тридцать одна тысяча девятьсот восемьдесят шесть), а представляет его в виде 73-19-86. Причина в том, что в первом случае придется запомнить шесть единиц информации, а во втором случае – только три. При этом телефон 45-84-58 скорее всего запомнится в виде 458-458 (две единицы информации).

В 60-е годы прошлого века в рамках методики преподавания математики возникло представление об укрупненной дидактической единице – таком «кванте» информации, который обладает свойствами системности, целостности, устойчивости во времени, легком извлечении из памяти. Позднее Иванов ввел более общее понятие – пучок понятий и утверждений: «Пучком понятий и утверждений называется такая совокупность понятий и утверждений некоторого лекционного курса, которая обеспечивает совместное и одновременно изучение взаимосвязанных понятий, что выявляет, с одной стороны, сложную природу математического знания, а с другой стороны – способствует достижению системности знаний» [5, с. 53]. Достаточно заменить слова «математическое знание» на «биологическое знание» и слова «лекционный курс» на «текст пособия», как у нас возникнет представление о пучке понятий и утверждений в методике преподавания биологии.

Покажем, что преподавание биологии имеет достаточно широкие возможности для систематического и целенаправленного использования пучков понятий и утверждений. Заметим, что их организация является самым тонким и технически сложным элементом составления учебных пособий. С этой целью приведем два примера.

Рассмотрим соотношение основных теоретических понятий факториальной экологии. Начать можно с гениально простых опытов Либиха. Изучая питание растений, он поднял вопрос о роли фосфора, серы, металлов и других химических элементов в этом процессе. В опытах растениям предлагали в изобилии все элементы, кроме

какого-то одного, и смотрели, что из этого получится. В итоге получился **закон минимума**: рост и развитие растений ограничивается элементом с минимальной концентрацией. Вслед за этим сравнительно быстро было выяснено, что «ограничители» жизни существуют не только у растений и не только в виде химических элементов. Устанавливать лимит жизни, тормозить или прерывать ее может абсолютно любой фактор. Более того, его значения могут быть как слишком малы, так и чересчур велики. Из этого естественным образом выводится определение **лимитирующего фактора**: лимитирующий фактор – тот, значения которого находятся за пределами толерантности организма. Рассматривая весь диапазон переносимых значений фактора, американский эколог Шелфорд вывел **принцип толерантности**, который формулируется так: у каждого биологического вида есть пределы толерантности, внутри которых лежит экологический оптимум. Наилучшие для выживания значения фактора, названные **экологическим оптимумом**, подразумевают наличие диапазонов не столь благоприятных значений. Отсюда ещё два понятия – **субоптимум** и **пессимум**. Понятно, что по отношению к любому фактору пределы толерантности разных видов могут быть как весьма широкими, так и очень узкими. Эти крайние случаи стали обозначать серией терминов с корнями **эври** или **стено**: эври- и стенотермные виды, эври- и стеногалинные, эври- и стенофаги и т.д. Затем стало интересно определить, насколько велика толерантность того или иного вида по отношению не к отдельному фактору среды, а ко всей их совокупности. Для этого введено понятие **экологическая валентность** – способность вида заселять среду с большим или меньшим диапазоном условий. Если диапазон велик, вид считается **эврибионтным**, если мал – **стенобионтным**. Наконец, было отмечено, что диапазоны многих факторов могут закономерно меняться во времени, вызывая в живых системах столь же закономерные колебания. Каждое из таких колебаний называется **биоритмом**, под которым понимается равномерное чередование во времени биологических явлений и процессов. Следует отметить, что обозначенные логические переходы включают формулировки **двух законов, три понятия с развернутыми формальными определениями и ещё ряд терминов**. Они составляют основу целой лекции и дополняются лишь комментариями, примерами и иллюстрациями.

Таким образом, декларируемый принцип может быть сформулирован следующим образом: **изучаемая информация должна быть по возможности сгруппирована в пучки понятий и утверждений, обладающие свойствами системности, целостности, устойчивости во времени**.

Другой пример – вопрос о взаимодействии элементарных эволюционных факторов. Вечная проблема студентов – изолированное заучивание информации о каждом из них, не дающее единой картины процесса микроэволюции. Во избежание названной проблемы следует подчеркнуть несколько обстоятельств, которые состоят в следующем. Факторы эволюции, будучи её движущими силами, являются чем-то внешним по отношению к элементарной эволюционной единице (популяции). Каждый из них выполняет определённую работу, меняя популяцию тем или иным образом. Совокупным итогом их работы становится новый биологический вид. **Мутационный процесс** насыщает популяцию разнообразными мутациями, заметно увеличивая её генетическую гетерогенность и разрушая отчасти генетическое единство. Эту «ошибку» исправляет **естественный отбор**, являющийся своего рода антагонистом мутационного процесса. Он вновь уменьшает количество мутаций, элиминируя все, непригодные в данной среде. Однако популяция не возвращается к исходному состоянию, поскольку сохраняются и распространяются условно полезные мутации. В ряду поколений их носителями постепенно становятся все представители популяции. Процесс распространения могут ускорить или замедлить **популяционные волны**. При колебаниях численности популяции процент носителей полезных мутаций растёт или падает, в зависимости от того, какие именно особи гибнут. Крайний вариант популяционных волн – **дрейф генов**. Он наблюдается при крайне низких численностях, когда любая случайная смерть **резко** меняет соотношение аллелей в популяции. К моменту, когда наличие новых аллелей становятся общим свойством группы, осуществляется элементарное эволюционное явление, о котором говорилось выше. И здесь вступает в действие репродуктивная **изоляция**. Она ограничивает круг особей, способных обмениваться генами, превращает относительную генетическую изолированность группы в абсолютную и тем самым завершает процесс образования нового вида. Несложная логика данного абзаца лежит в основе уже не одной, а нескольких лекций и

должна стать главным в рассказе о микроэволюции. Для нас важно, что мы вновь видим *пять понятий*, образующих единую смысловую целостность.

Принцип выявления взаимосвязей. Для экологии, генетики и эволюционной теории характерно изобилие как внутренних взаимосвязей между положениями этих разделов, так и внешних взаимосвязей с положениями других дисциплин. Их показ – принципиальная задача, без решения которой предмет в восприятии студента не обретёт признаков единого целого с собственной историей и местом в системе наук. Пересечение или перекрывание понятий всегда требует дополнительных комментариев. Назовём несколько подобных ситуаций.

Выше говорилось об экологическом принципе толерантности, где упоминаются пределы этой самой толерантности. Необходимый комментарий состоит в указании на основу, определяющую пределы. Основа – чисто генетическая под названием «норма реакции».

В экологии существует представление о реализованной экологической нише, которую организм «занимает» в экосистеме в условиях биотических ограничений. Невозможно понять суть ограничений без возврата из синэкологии в факториальную экологию, к вопросу о сопряжённом действии факторов. Оно выражается в том, что неоптимальные показатели одного фактора сужают пределы толерантности по отношению к другому. Из такой отрицательной сопряжённости и вырастает реализованная ниша.

При изучении макроэволюции вопрос о направлениях эволюции филогенетических групп иллюстрируется известной графической схемой Северцова [11], где развитие «на плоскости» (аллогенезы) сменяется переходом на новый, более высокий, уровень (арогенезы). В этой связи очень полезно вспомнить историю эволюционных учений, а именно хрестоматийные постулаты Ламарка о лестнице существ. Аллогенезы по существу соответствуют приспособительной эволюции в пределах одной ступени лестницы, а арогенезы – случаям градации. Здесь наблюдается возврат по спирали к тому, что уже было в науке, но на современном уровне осмысления.

В экологии есть понятие «местообитание», определяемое как часть среды обитания, характеризующаяся условиями жизни определённого биологического вида. Легко заметить, что территориально местообитание совпадает с ареалом вида. Следовательно, необходимо пояснить раз-

ницу между понятиями «ареал» и «местообитание». Она в том, что «ареал» – понятие чисто географическое, показывающее, *где* живёт вид. А понятие «местообитание» имеет экологическую подоплёку и показывает *как* (в каких условиях) он живёт.

Таким образом, декларируемый принцип может быть сформулирован так: ***следует целенаправленно выявлять взаимосвязи биологических понятий с понятиями других биологических и небологических дисциплин.***

Приведем еще один пример ситуации, когда усвоению *биологических* понятий способствует анализ другого понятия, возникшего и сформировавшегося в далекой от биологии науке – в *физике*.

Физики ввели в научный обиход замечательное понятие «идеальный газ». Знание его характеристик помогает понять свойства реальных газов. В курсах экологии и эволюционной теории полезно обращать внимание на эквивалентные идеальному газу понятия. В экологии к ним относятся, например, максимальная рождаемость и минимальная смертность, репродуктивный потенциал и фундаментальная экологическая ниша. Все названные показатели относятся к недостижимым. Причинами недостижимости в каждом случае служат те или иные негативные воздействия среды. Изучение этих воздействий – путь к верным представлениям о свойствах популяции или (в случае с нишей) о статусе организма в экосистеме.

В эволюционной теории аналог идеального газа – идеальная (равновесная, менделеевская) популяция, описываемая принципом Харди: при свободном скрещивании частоты аллелей в популяции достигают равновесия за одно поколение и не меняются во всех последующих. Его легко проиллюстрировать схемой моногибридного скрещивания, где в каждом поколении из бесконечного ряда будет поровну доминантных и рецессивных аллелей. Известно, что принцип соблюдается при четырёх условиях: отсутствие мутаций, отсутствие межпопуляционных миграций, равная выживаемость всех аллелей и большая численность популяции. Заучить принцип и условия очень просто. Однако мы многократно убеждались, что студенты вообще не замечают важность этого закона, служащего ключом микроэволюционных представлений. Поэтому, излагая раздел «Микроэволюция», приходится неоднократно возвращаться к принципу Харди, подчёркивая ряд существенных моментов, суть которых в следующем.

Перечисленные условия практически невыполнимы. «Нарушителями» условий являются факторы эволюции. Мутационный процесс сводит на нет первое условие. Миграции (иммиграция мутантов и эмиграция «нормальных» особей) усиливают действие мутационного процесса и аннулируют второе условие. Если же из популяции уходят мутанты, а иммигрирует «норма», действие мутационного процесса, напротив, ослабевает. Естественный отбор делает невозможным соблюдение третьего условия. А популяционные волны и дрейф генов, о которых говорилось выше, способны при низких численностях популяции нарушить четвертое условие, усиливая действие отбора. Таким образом, допущения к принципу Харди вмещают в себя работу всех элементарных эволюционных факторов, кроме изоляции, и дают понять, как именно идеальный объект становится реальным.

Приведенный пример можно считать проявлением дуализма источников развития биологии. Это означает, что существует два типа движущих идей 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. Более подробно дуалистические свойства биологии описаны в статье Ястребовых [15].

Итак, мы рассмотрели шесть принципов написания учебных пособий по биологическим дисциплинам теоретического цикла. Выполнение первых двух принципов сделает пособие кратким и выразительным. Выполнение двух вторых сделает каждое из изучаемых положений в высокой степени детализированным. Наконец, выполнение двух последних принципов выявит взаимосвязи изучаемого положения с другими научными дисциплинами и наукой в целом. В результате можно надеяться, что проектируемое пособие сформирует в сознании студентов адекватный образ целостной системы биологического знания.

3. Научные термины в области неполного знания

Любой человек, осваивающий ту или иную область науки, проходит через стадию формирования так называемых предпонятий. Под предпонятием понимается такое новообразование в сознании учащегося, которое, с одной стороны, имеет много общего с научным понятием, но которое, с другой стороны, не формализовано по тем или иным причинам в точное определение.

Например, для учащихся 8-9 классов вполне приемлемо наглядное определение непрерывной функции: «Функция называется непрерывной, если ее график можно нарисовать, не отрывая карандаша от бумаги». Очевидно, что оно не является научным определением, хотя бы потому, что в нем используются нематематические термины «карандаш», «бумага» и «рисовать». В то же время оно вполне адекватно как интеллектуальным возможностям учеников данного возраста, так и характеру решаемых ими математических задач.

Если говорить о развитии науки, то на своем переднем крае она также порождает термины с неформализованным смысловым наполнением. Ярким примером является понятие образовательной технологии. Будучи весьма популярным и объективно важным, оно является предметом исследования многих ученых, однако целый ряд авторов, например, Левитес, отмечают «отсутствие согласованных представлений о самом предмете» и насчитывают в литературе более сотни определений [6, с. 151]. Скажем со всей определенностью: наличие многих неэквивалентных определений означает отсутствие определения.

В этом отношении биология не является исключением, поскольку в ней имеется достаточно много понятий с неясным смысловым наполнением. Например, упоминавшаяся выше экологическая валентность определяется через слово «способность», а для способности нет единиц измерения. В популяционной экологии до крайности запутаны представления о внутривидовых группировках особей – расах, дэмах, клонах, гемипопуляциях, парцеллярных группировках и т.д. Иерархия (или иное соотношение) подобных группировок ещё далека от осмысления. В эволюционной теории есть простое и ясное, на первый взгляд, понятие «биологический прогресс». У него три критерия – рост численности филогенетической группы, расширение её ареала и интенсивное видообразование. Однако филогенетические группы в ранге выше вида существуют миллионы и даже – если говорить о крупных таксонах – сотни миллионов лет. Очевидно, что ни один из названных параметров на таких отрезках времени не может быть вычислен.

Эти примеры, список которых легко расширить, выводят нас на более широкую и не менее важную тему о «белых пятнах» в науке и об их месте в учебной литературе. В экологии и эволюционной теории (особенно в последней) име-

ется огромное число необъяснённых фактов, вопросов, на которые нет ответа, дискуссионных точек зрения и небесспорных концепций. Для пытливого ума всё перечисленное является превосходным полем деятельности. Однако подобное поле находится в основном за пределами стандартного университетского курса. Вдобавок учебники, излагающие курс, быстро устаревают, отставая во многих своих частях от новейших научных достижений. И всё же сделаем небольшую поправку. Далеко не каждое научное новшество имеет безусловную дидактическую ценность. Ценность появляется лишь в тех случаях, когда новое гармонично встраивается в преподаваемую систему представлений, а не образует на ней аппендиксы. Поэтому во всём, что касается изложения нерешённых научных проблем и попыток решить их привлечением новых научных данных, требуется очень тщательный подбор и точная дозировка информации. Задача преподавателя и автора учебного пособия состоит в объяснении базовых принципов соответствующей науки, которым предстоит улесться в сознании студентов в форме относительно непротиворечивой системы представлений.

Противоречия, тем не менее, сохраняются. Многие «классические» параметры популяции трудно применить к облигатно агамным видам. До сих пор неясны принципиальные различия между аро- и аллогенезами, ибо высота организации и размер адаптивной зоны неизмеряемы. Цитированное выше определение элементарного эволюционного явления не работает в многочисленных случаях видообразования путём полиплоидии. Мы можем, но не будем продолжать перечень примеров, поскольку любой преподаватель может сделать это сам.

Есть еще один аспект проблемы неточных терминов. Каждый человек, читавший лекции по экологии или эволюционной теории, знает, что преподавание – это эквилибристика на крайне тонкой грани между догматизацией внедряемых знаний и потенциальным нигилизмом учеников. Нигилизм рождается быстро и без мук. Лучший пример – обширный раздел эволюционной теории «Происхождение жизни на Земле». Механизм данного явления современной науке практически недоступен. Между причинами и следствиями лежит колоссальный временной промежуток. Сравнительный материал с других планет Вселенной отсутствует, и неизвестно, существует ли он вообще. Более того, не выявлены ключевые свойства жизни и не сформулировано оп-

ределение понятия «жизнь». В таких условиях легко встать на ту точку зрения, что «биология – это наука ни о чём». Легко сдать, выдать непознанное за непознаваемое и принять креационистский взгляд на мир, что недопустимо с точки зрения современного исследователя. Поэтому одна из непростых задач составителя учебного пособия состоит в отдельном разъяснении терминов, возникших на фронтире – границе между знанием и незнанием. Их не до конца ясный смысл и не до конца установленное место в системе понятий не ставят принципиального запрета на введение в дисциплину. Их несомненная польза в том, что, при всём своём несовершенстве, они направляют исследовательский интерес студента и преподавателя и со временем приобретают чёткое смысловое наполнение.

Библиографический список

1. Бигон, М., Харпер, Д., Таунсенд, К. Экология: особи, популяции, сообщества [Текст] : в 2 т. – М. : Мир, 1989. – Т. 1. – 667 с. – Т. 2. – 477 с.
2. Вернадский, В. И. Химическое строение биосферы Земли и её окружения [Текст]. – М. : Наука, 2001. – 376 с.
3. Георгиевский, А. Б. Дарвинизм [Текст]. – М. : Просвещение, 1985. – 271 с.
4. Грант, В. Эволюционный процесс [Текст]. – М. : Мир, 1991. – 488 с.
5. Иванов, О. А. Теоретические основы построения системы специальной математической и методической подготовки преподавателей профильных школ [Текст]. – СПб. : Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1997. – 80 с.
6. Левитес, Д. Г. Школа для профессионалов, или Семь уроков для тех, кто учит [Текст]. – М. : Московский психолого-социальный институт; Воронеж : Изд-во НПО «МОДЭК», 2001. – 256 с.
7. Одум, Ю. П. Экология [Текст] : в 2 т. – М. : Мир, 1986. – Т. 1. – 328 с. – Т. 2. – 376 с.
8. Парамонов, А. А. Дарвинизм [Текст]. – М. : Просвещение, 1978. – 335 с.
9. Реймерс, Н. Ф. Природопользование [Текст]. – М. : Мысль, 1990. – 639 с.
10. Риклефс, Р. Основы общей экологии [Текст]. – М. : Мир, 1979. – 424 с.
11. Северцов, А. Н. Морфологические закономерности эволюции [Текст]. – М.; Л. : Изд-во АН СССР, 1939. – 610 с.
12. Северцов, А. С. Основы теории эволюции [Текст]. – М. : Изд-во МГУ, 1987. – 320 с.
13. Шмальгаузен, И. И. Проблемы дарвинизма [Текст]. – Л. : Наука, 1969. – 493 с.
14. Яблоков, А. В., Юсуфов, А. Г. Эволюционное учение [Текст]. – М. : Высшая школа, 1989. – 335 с.
15. Ястребов, А. В., Ястребов, М. В. Дуалистические свойства биологии и их отражения в процессе ее преподавания // Ярославский педагогический вестник.

Серия «Гуманитарные науки». – № 3. – 2009. – С. 33–41.

16. Ястребов, М. В., Ястребова, И. В. Экология: соотношение основных понятий (учебное пособие для вузов). – Ярославль : Изд-во ЯрГУ, 2006. – 155 с.

17. Ястребов, М. В., Ястребова, И. В. Теория эволюции [Текст] : учебное пособие для вузов. – Ярославль : Изд-во ЯрГУ, 2008. – 174 с.

Bibliograficheskiy spisok

1. Bigon, M., Kharper, D., Taunsend, K. Ekologiya: osobi, populyatsii, soobshchestva [Tekst] : v 2 t. – M. : Mir, 1989. – T. 1. – 667 s. – T. 2. – 477 s.

2. Vernadskiy, V. I. Khimicheskoye stroyeniye biosfery' Zemli i yeyo okruzheniya [Tekst]. – M. : Nauka, 2001. – 376 s.

3. Georgiyevskiy, A. B. Darvinizm [Tekst]. – M. : Prosveshcheniye, 1985. – 271 s.

4. Grant, V. Evolyucionny'j process [Tekst]. – M. : Mir, 1991. – 488 s.

5. Ivanov, O. A. Teoreticheskiye osnovy' postroyeniya sistemy' special'noj matematicheskoy i metodicheskoy podgotovki prepodavatelej profil'ny'h shkol [Tekst]. – SPb. : Izd-vo S.-Peterb. un-ta, 1997. – 80 s.

6. Levites, D. G. Shkola dlya professionalov, ili Sem' urokov dlya teh, kto uchit [Tekst]. – M. : Moskovskij psikhologo-social'ny'j institut, Voronezh : Izd-vo NPO «MODEK», 2001. – 256 s.

7. Odum, Yu. P. Ekologiya [Tekst] : v 2 t. – M. : Mir, 1986. – T. 1. – 328 s. – T. 2. – 376 s.

8. Paramonov, A. A. Darvinizm [Tekst]. – M. : Prosveshcheniye, 1978. – 335 s.

9. Reymers, N. F. Prirodopol'zovaniye [Tekst]. – M. : My'sl', 1990. – 639 s.

10. Riklefs, R. Osnovy' obshchej ekologii [Tekst]. – M. : Mir, 1979. – 424 s.

11. Severtsov, A. N. Morfologicheskkiye zakonomernosti evolyucii [Tekst]. – M.; L. : Izd-vo AN SSSR, 1939. – 610 s.

12. Severtsov, A. S. Osnovy' teorii evolyucii [Tekst]. – M. : Izd-vo MGU, 1987. – 320 s.

13. Shmal'gauzen, I. I. Problemy' darvinizma [Tekst]. – L. : Nauka, 1969. – 493 s.

14. Yablokov, A. V., Yusufov, A. G. Evolyucionnoye ucheniye [Tekst]. – M. : Vysshaya shkola, 1989. – 335 s.

15. Yastrebov, A. V., Yastrebov, M. V. Dualisticheskiye svoystva biologii i ih otrazheniya v processe yeye prepodavaniya // Yaroslavskij pedagogicheskij vestnik. Seriya «Gumanitarnyye nauki». – № 3. – 2009. – S. 33–41.

16. Yastrebov, M. V., Yastrebova, I. V. Ekologiya: sootnosheniye osnovny'h ponyatij (uchebnoye posobiye dlya vuzov). – Yaroslavl' : Izd-vo YarGU, 2006. – 155 s.

17. Yastrebov, M. V., Yastrebova, I. V. Teoriya evolyucii [Tekst] : uchebnoye posobiye dlya vuzov. – Yaroslavl' : Izd-vo YarGU, 2008. – 174 s.