

Е. Е. Матюшенко, Л. Н. Сухорукова

**Развивающие возможности изучения эволюционной теории
в условиях школьного биологического образования**

Статья посвящена раскрытию развивающих возможностей эволюционной теории в содержании биологического образования: изучению ее как дедуктивной теоретической конструкции, ведущие положения которой выводятся из математического закона. Логический компонент теории дополняется историческим и диалогическим, предусматривающим изучение ее на основе диалога с антидарвинскими концепциями эволюции и интеграции с данными молекулярной биологии.

Ключевые слова: идеалы и нормы науки, исторический метод познания, генетический антидарвинизм, синтетическая теория эволюции, или неodarвинизм; факторы, результаты и направления эволюции; антидарвинские концепции эволюции.

Е. Е. Matushenko, L. N. Sukhorukova

**Developing Opportunities to Study the Evolutionary Theory
in Conditions of School Biological Education**

The article is devoted to reveal developing opportunities of the evolutionary theory in the content of biological education: studying it as a deductive theoretical construction and leading statements are made of the mathematical law. The logical component of the theory is supplemented with historical and dialogic ones, providing its studying on the basis of dialogue with anti-Darwin concepts of evolution and integration into data of molecular biology.

Keywords: ideals and norms of science, a historical method of knowledge, genetic anti-Darwinism, a synthetic theory of evolution, or neodarwinism; factors, results and directions of the evolution; anti-Darwin concepts of evolution.

В каждой специальной области науки можно выделить следующие структурные компоненты: эмпирическое знание, теоретическое знание, основания науки. Эмпирическое знание – фактофиксирующее. В отличие от него теоретическое знание отражает существенные стороны действительности и представляет науку в системе культуры. Высшей формой развития теоретического знания служит теория. Важно положение В.С. Степина, что научные теории входят в систему культуры соответствующей эпохи опосредованно, через основания науки – ее идеалы и нормы, философские идеи [3]. Идеалы и нормы науки – способы доказательности и обоснования, объяснения и описания знания. Они определяют стратегию научного поиска, представляют собой «сетку метода», которую наука забрасывает в мир [3]. В.С. Степин подчеркивает, что идеалы и нормы науки детерминированы социокультурными факторами и потому различаются на разных этапах исторического развития. Известно, что в эпоху расцвета систематики идеалы и нормы описания биологических объектов определялись представлениями о неизменности видов в природе. Тогда как со времен дарвиновского учения явления природы объясняются в свете идей эволюции, метод историзма включается в систему познавательных установок.

Современная биология в своих теоретических построениях не обходится без исторического метода. Именно в связи с принципом историзма как своей основы эволюционная теория рассматривается философами в качестве «интегрирующей, объединяющей концепции современного биологического познания» [1, с. 78]. В учебном познании эволюционная теория выполняет ту же роль. Идея эволюции как систематизирующая проводится через все содержание школьного биологического образования. С позиций положений о движущих силах и результатах эволюции рассматривается разнообразие растительного и животного мира, устанавливаются филогенетические связи между крупными таксонами уже в разделе биологии-7 [6]. В разделе биологии-9 эволюционная идея интегрируется с идеей системной организации живой природы [5]. Следует согласиться с мнением, что «стратегия классической биологии – от эволюции к организации и стратегия системных исследований – от организации к эволюции представляют собой два одинаково правомерных пути познания жизни, имеющих свои специфические преимущества друг перед другом (в решении главных задач), и потому одинаково необходимые» [1, с. 24].

Наиболее полно раскрыть потенциальные возможности эволюционной теории в развитии

обучающихся позволяет содержание биологического образования на завершающем этапе, в старших классах. Чтобы идея эволюции выполняла свою системообразующую функцию, эволюционное учение Дарвина следует рассмотреть в начале раздела биологии-10, в методологическом введении как конкретизацию принципа историзма [7]. Это позволит в свете эволюционной идеи рассмотреть особенности клеточной организации, закономерности наследственности и изменчивости. Современной эволюционной теории, которую называют синтетической (СТЭ), или неodarвинизмом, важно отвести центральное место в разделе биологии-11. Обращение к истории развития СТЭ позволяет установить связь между классическим дарвинизмом и генетикой, оценить весомый вклад отечественных ученых в разработку синтетической теории эволюции. В частности, необходимо отметить, что генетика изучает один из факторов эволюции – наследственную изменчивость, поэтому ее объединение с дарвинизмом было неизбежным.

Однако ранние генетики (Г. де Фриз, В. Иогансен) противопоставляли данные своих исследований положениям эволюционной теории, выдвигали собственные концепции эволюции, в которых в качестве основного фактора эволюции рассматривался не естественный отбор, а наследственная изменчивость. Этот период в развитии биологии называют генетическим антидарвинизмом. Объединение генетики и дарвинизма началось в 20-х годах и закончилось в начале 40-х годов прошлого столетия становлением современного дарвинизма. На основе синтеза родилось новое научное направление – популяционная генетика, исследующая процесс микроэволюции в природных популяциях. К сожалению, историческим аспектам развития современной эволюционной теории уделяется недостаточное внимание не только в школьном, но и в профессиональном биологическом образовании. Хотя существуют учебные пособия, в которых история синтеза данных наук очень обстоятельно и интересно изложена [2].

Важнейший резерв повышения качества биологического образования – выявление эвристических возможностей современной эволюционной теории путем обращения к ней как к дедуктивному построению, в основе которого лежит математический закон Харди-Вайнберга. Рассмотрению закона должна предшествовать информация о генофонде и его характеристиках. Важно, чтобы обучающиеся поняли, что эволю-

ционные преобразования связаны именно с изменением генофонда популяции.

Генофонд описывается частотами встречаемости аллелей (р-доминантного и q-рецессивного) и генотипов. Для иллюстрации этой идеи следует обратиться к теоретической модели – идеальной популяции, особи которой отличаются только по одной паре аллелей и несут всего три генотипа (AA, Aa, aa). Важно также обсудить условия, отличающие идеальную популяцию от реальной (природной). Закон Харди-Вайнберга гласит, что в идеальной популяции частоты встречаемости аллелей и генотипов остаются неизменными из поколения в поколение. Это равновесие выражается уравнением:

$$p + 2pq + q = 1 \quad p+q = 1$$

$$(AA) (Aa) (aa)$$

Не будем останавливаться на рассуждениях, позволяющих прийти к выведению этой математической модели, так как они хорошо известны и описаны в ряде учебников. На наш взгляд, трудности с усвоением закона связаны с непониманием его значения для изучения микроэволюции в реальных популяциях. Мотивации к изучению практического значения закона предшествует вопрос: почему рецессивный аллель не вытесняется доминантным? Например, почему при доминировании аллеля нормальной пигментации из популяции не исчезают люди-альбиносы и их число, по-видимому, не уменьшается? Следует сделать предположение (высказать гипотезу): вероятно, существует какой-то механизм, стабилизирующий частоты аллелей и генотипов. Для подтверждения гипотезы важно рассмотреть реальную ситуацию.

Представим себе популяцию, в которой на 10 тысяч нормально пигментированных особей встречается один альбинос. Частота гомозигот по рецессивному аллелю (aa или q) составляет 0,0001. Применяя уравнение Харди-Вайнберга, получаем результат:

$$q^2 = 0.0001 = 0,01 (1\%).$$

$$p = \sqrt{1 - q} = 1 - 0,01 = 0,99 (99\%)$$

$$p^2 (AA) = 0,99^2 = 0,98 (98\%),$$

$$2pq (Aa) = 2 \cdot 0,99 \cdot 0,01 = 0,0198 (2\%)$$

Из расчетов видно, что частоты аллеля альбинизма и рецессивных гомозигот очень малы. Однако в гетерозиготном состоянии аллель альбинизма несут 2 % людей, т.е. 200 человек на 10 тысяч, или каждый 50-й человек. Из этого следует очень важный для понимания микроэволюции вывод: рецессивные аллели накапливаются в по-

пуляции в гетерозиготном состоянии, под прикрытием нормального фенотипа, и составляют материал для естественного отбора. Именно накопление в популяциях огромного фонда скрытых мутаций служит механизмом стабилизации в них частот аллелей и генотипов.

Данный вывод о насыщенности природных популяций рецессивными мутациями позволяет подвести обучающихся к пониманию основных положений СТЭ о популяции как единице эволюции и мелких наследственных изменениях как материале для естественного отбора. Таким образом, СТЭ представляет собой дедуктивную теорию, ведущие положения которой выводятся из ее основы – математического закона Харди-Вайнберга.

Внимание старших школьников и студентов следует привлечь к тому, что применение математической модели закона Харди-Вайнберга к изучению микроэволюции иллюстрирует теоретический способ биологического познания. К тому же выводу о насыщенности природных популяций рецессивными мутациями известный отечественный генетик С.С. Четвериков пришел, изучая природные популяции дрозофил на Звенигородской биостанции под Москвой, т.е. эмпирическим путем. Он доказал, что в результате близкородственного скрещивания (инбридинга), проводимого в течение нескольких поколений, во внешне однородной популяции наблюдается проявление множества мутаций. Результаты исследований обсуждались на семинаре, который был с юмором назван «дрозсоор» (совместное оранье по поводу дрозофилы).

Синтетическая теория «страдает» дедуктивной неполнотой. Другие ее положения выводятся индуктивно. Однако это предполагает обращение все к тому же закону Харди-Вайнберга. Внимание обучающихся следует обратить на отличие условий, в которых находятся реальная и идеальная популяции.

В частности, на реальную популяцию постоянно оказывают влияние факторы, изменяющие ее генофонд: мутационный процесс, генный поток, популяционные волны и дрейф генов, естественный отбор. Подробное рассмотрение и изучение этого учебного материала позволяет подвести к постулатам СТЭ о факторах-поставщиках материала для эволюции и факторах, направляющих эволюционный процесс. Следует подчеркнуть, что, в отличие от учения Дарвина, СТЭ признает направляющую роль естественного отбора только в больших популяциях, в малочис-

ленных популяциях на первый план выступает дрейф генов. Это означает, что в силу действия случайных факторов в малочисленной популяции могут выживать и оставлять потомство менее приспособленные особи.

Наше исследование показало, что школьники профильных классов и студенты-биологи, будущие педагоги, лучше понимают роль естественного отбора как направляющего фактора эволюции, если рассматривают эволюцию как процесс, регулируемый по принципу прямой и обратной связи.

Впервые это сделал известный отечественный эволюционист И.И. Шмальгаузен. Согласно его точке зрения, по каналу прямой связи биогеоценоз (комплекс всех факторов, окружающих популяцию) влияет на состав популяции и приводит к избирательному выживанию ее особей. Отобранные особи родительской популяции в ходе размножения передают информацию потомству – особям дочерней популяции посредством гамет (на клеточном уровне). При этом информация переводится с языка генов на язык признаков. Поскольку в фенотипе особи отражается ее генотип, то обратная информация передается от популяции к биоценозу посредством фенотипов (на организменном уровне). Воздействие среды на всех стадиях развития гамет приводит к возникновению мутаций. В результате мутационного процесса увеличивается разнообразие особей (численность фенотипов), что приводит к повышению количества информации, передаваемой по каналу прямой связи. Однако в канале обратной связи количество передаваемой информации сокращается в результате отбора особей по фенотипам. Следствием изменения количества информации в каналах прямой и обратной связи является перестройка генофонда популяции в направлении обеспечения большей приспособленности ее особей к среде обитания.

Учение о микроэволюции расширяет представления дарвинизма не только о факторах, но и о результатах эволюции. Следует отметить, что СТЭ рассматривает видообразование не только как постепенный и длительный процесс, но и как процесс скачкообразный, внезапный. Процесс видообразования и его формы следует конкретизировать на интересных примерах, как это сделано в одном из наших пособий [8].

В заключение изучения факторов и результатов эволюции важно сформулировать все положения СТЭ о микроэволюции и рассмотреть ее

главное следствие – закон необратимости эволюционного процесса [8, с. 109–111].

Таким образом, положения СТЭ о микроэволюции сначала выводились дедуктивно, затем конкретизировались и обогащались, использовались для объяснения фактов и систематизировались (сводились в целостную теорию). В результате обучающиеся подводились к пониманию и формулированию положений эволюционной теории в течение изучения всей темы. Целостное определение СТЭ было как бы целью познания.

Дальнейшее пополнение СТЭ новыми положениями важно продолжить при изучении макроэволюции. Наше исследование показало, что изучение закономерностей макроэволюции в профильных классах и вузовских курсах недостаточно ограничить только рассмотрением ее путей и направлений. Большое образовательное значение имеют и другие присущие макроэволюции черты: параллелизм, неравномерность темпов развития крупных таксонов, предсказуемость [8, с. 123–128].

При изучении направленности эволюционного процесса имеется возможность показать, что эволюционная теория всегда развивалась в атмосфере острых научных дискуссий. Среди выдающихся биологов всегда были и есть как ее сторонники, так и противники. Так, согласно классическому дарвинизму, эволюция идет на основе отбора случайно возникающих мутаций. Отечественный биолог и географ Л.С. Берг предложил еще в 20-х годах прошлого столетия антидарвинскую концепцию номогенеза, в которой обосновал идею о направленности и предсказуемости эволюционного процесса. Концепция Л.С. Берга не получила признания, но его идея о направленности эволюции получила научное обоснование благодаря закону гомологических рядов в наследственной изменчивости Н.И. Вавилова. Согласно этому закону мутационная изменчивость вида не безгранична, имеет свои пределы. Поэтому, зная генетические эволюционные запреты, оценивая направление действия отбора и делая поправку на возможное влияние случайных факторов, можно предсказывать эволюцию.

Кроме концепции номогенеза важно познакомиться и с современными антидарвинскими теоретическими обобщениями, прежде всего, с концепцией нейтральной эволюции генетика М. Кимуры и концепцией молекулярного биолога С. Оно об эволюции, идущей на основе мутирования в нуклеотидных последствиях молчащей

ДНК. Опыт доступного изложения данных подходов в учебниках биологии имеется [8, с. 128–129]. Обращение к антидарвинским концепциям эволюции позволяет повысить субъективность ученика в учебном процессе, дает возможность вести диалог, выразить свое отношение к обсуждаемой проблеме. Построение части учебной информации в форме диалога продуцирует формы обучения, соотносимые с творческой деятельностью (круглые столы, дискуссии). Вместе с тем, знакомясь с разнообразными концепциями эволюции, обучающиеся убеждаются, что именно СТЭ, или неодарвинизм, на сегодняшний день представляет собой наиболее полную и логичную теорию, магистральный путь развития которой лежит в русле идей, заложенных Ч. Дарвином.

Библиографический список.

1. Борзенков, В. Г., Северцов, А. С. Теоретическая биология: размышления о предмете [Текст]. – М. : Знание, 1980.
2. Воронцов, Н. Н., Сухорукова, Л. Н. Эволюция органического мира [Текст]. – М. : Наука, 1996.
3. Степин, В. С. Основания науки и их социокультурная размеренность [Текст] // Наука в культуре. – М. : Эдиториал УРСС, 1998.
4. Степин, В. С. Культура [Текст] // Вопросы философии. – 1999. – № 8.
5. Сухорукова, Л. Н., Кучменко, В. С. Биология. 9 класс. Живые системы и экосистемы [Текст] : учебник для общеобразоват. учреждений. – М. : Просвещение, 2011.
6. Сухорукова, Л. Н., Кучменко, В. С., Колесникова, И. Я. Биология. Разнообразие живых организмов. 7 класс [Текст] : учебник для общеобразоват. учреждений. – М. : Просвещение, 2011.
7. Сухорукова, Л. Н., Кучменко, В. С., Черняковская, Т. Ф. Биология. 10 класс [Текст] : учебник для общеобразоват. учреждений: проф. уровень. – М. : Просвещение, 2010.
8. Сухорукова, Л. Н., Кучменко, В. С. Биология. 11 класс [Текст] : учебник для общеобразоват. учреждений: проф. уровень. – М. : Просвещение, 2010.

Bibliograficheskiy spisok

1. Borzenkov, V. G., Severtsov, A. S. Teoreticheskaya biologiya: razmy'shleniya o predmete [Tekst]. – M. : Znaniye, 1980.
2. Voroncov, N. N., Suhorukova, L. N. Evolyuciya organicheskogo mira [Tekst]. – M. : Nauka, 1996.
3. Stepin, V. S. Osnovaniya nauki i ih socio-kul'turnaya razmerennost' [Tekst] // Nauka v kul'ture. – M. : Editorial URSS, 1998.
4. Stepin, V. S. Kul'tura [Tekst] // Voprosy' filosofii.– 1999. – № 8.

5. Suhorukova, L. N., Kuchmenko, V. S. *Biologiya. 9 klass. Zhivy'ye sistemy' i ekosistemy'* [Tekst] : uchebnik dlya obshcheobrazovat. uchrezhdenij. – M. : Prosveshcheniye, 2011.

6. Suhorukova, L. N., Kuchmenko, V. S., Kolesnikova, I. Ya. *Biologiya. Raznoobraziye zhivy'h organizmov. 7 klass* [Tekst] : uchebnik dlya obshcheobrazovat. uchrezhdenij. – M. : Prosveshcheniye, 2011.

7. Suhorukova, L. N., Kuchmenko, V. S., Chernyakovskaya, T. F. *Biologiya. 10 klass* [Tekst] : uchebnik dlya obshcheobrazovat. uchrezhdenij: prof. urovenj. – M. : Prosveshcheniye, 2010.

8. Suhorukova, L. N., Kuchmenko, V. S. *Biologiya. 11 klass* [Tekst] : uchebnik dlya obshcheobrazovat. uchrezhdenij: prof. urovenj. – M. : Prosveshcheniye, 2010.