

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ
«ЭВОЛЮЦИЯ В ФАНЕРОЗОЙСКОМ ЗОНЕ»
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭВОЛЮЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ»

К 2025 г. по сравнению со второй половиной XX века объем научных знаний по дисциплине «Эволюционная биология» многократно увеличился. Так, в 2000 г. на стыке нескольких областей науки возникло новое научное направление, занимающееся выяснением связи между индивидуальным развитием организмов и эволюцией. Эта биологическая дисциплина получила название *эволюционная биология развития* (evolutionary developmental biology или *evo-devo*). Появились и другие разделы эволюционной теории (например, «эволюция экосистем»). В свете новых открытий традиционные разделы эволюционной биологии были существенно дополнены. Этот процесс продолжается и в настоящее время. Известный русский эволюционист А. С. Северцов [1] справедливо отмечал, что «*ни один из разделов теории эволюции нельзя считать завершенным*». Вместе с тем, объем аудиторных часов, отводимых на изучение эволюционной биологии, за последние четверть века не изменился. Например, в 2005 и 2025 годах на изучение эволюционной биологии в учебных планах специальностей 1-31 01 01-02 Биология. научно-педагогическая деятельность и 6-05-0511-01 Биология отводилось 38 часов лекционных и 16 часов практических занятий.

Взросший объем учебного материала при сохранении без изменений аудиторной нагрузки ставит перед преподавателями эволюционной теории непростую задачу. С одной стороны, необходимо отобрать из огромного массива научной информации наиболее важные сведения для формирования ключевых компетенций у обучающихся. С другой стороны, объяснение даже самого сложного материала должно быть понятно студентам. Ранее нами была предложена система подготовки учебных пособий по эволюционной биологии, включающая следующие элементы: подача материала по принципу «от простого к сложному»; доступность изложения материала при сохранении научности; выделение главных мыслей, определений; иллюстрирование текста рисунками и др. [2]. Рассмотрим реализацию сформулированных подходов на примере изучения темы «Эволюция в фанерозойском эоне». В учебниках по палеонтологии преимущественно используется описательный подход, превращающийся в худших вариантах в унылый список вымерших видов, который, по словам русского палеонтолога, писателя К. Ю. Еськова, «по сдаче экзамена следует забыть, как страшный сон» [3]. Поскольку эволюция представляет собой процесс исторического приспособительного изменения биологических систем, то наиболее подходящим для изучения подобных тем является «событийный» подход, фиксирующий внимание студентов на происходивших в те времена преобразованиях живой материи.

Фанерозой (от греч. *phaneros* – видимый, явный и *zoe* – жизнь) начался около 539 млн лет назад и продолжается по настоящее время. Состоит из трех «эр жизни»: *палеозойской*, *мезозойской* и *кайнозойской*, значительно отличающихся по продолжительности (таблица 1). Эры охватывают промежутки в сотни миллионов (палеозойская, мезозойская), иногда десятки миллионов лет (кайнозойская). Такое деление на эры связано в основном с существованием определенных групп организмов. Эры в свою очередь состоят из периодов, периоды – из эпох. Обозначения периодов часто отражают названия мест их описания (девон, пермь, юра и др.) или важнейшие результаты проявления жизни (карбон, мел). Для удобства запоминания периодов фанерозоя К. Ю. Еськов [3] приводит мнемоническую технику, которая с небольшой корректировкой воспроизводится ниже: «*Каждый отдельный студент должен копать почву. Ты, Юрик, мал – погоди немного чаевничать*». Запомнив эту фразу, по начальным буквам слов

несложно воспроизвести периоды фанерозоя в нужной нам последовательности: *кембрий, ордовик, силур, девон, карбон, пермь, триас, юра, мел, палеоген, неоген, четвертичный*.

Таблица 1 – Геохронологическая шкала: фанерозой (датировка по данным международной стратиграфической комиссии, 2024/12)

Эра	Период	Начало, млн лет
Кайнозойская	Четвертичный (2,6 – по настоящее время)	2,6
	Неоген (23–2,6)	23
	Палеоген (66–23)	66
Мезозойская	Мел (143–66)	143
	Юра (201–143)	201
	Триас (252–201)	252
Палеозойская	Пермь (299–252)	299
	Карбон (359–299)	359
	Девон (420–359)	420
	Силур (443–420)	443
	Ордовик (487–443)	487
	Кембрий (539–487)	539

Палеозойская эра (от греч. *palaios* – древний и *zoe* – жизнь) – первая эра фанерозоя. Начало – 539 млн лет назад, окончание – 252 млн лет назад, продолжительность – около 287 млн лет. Включает шесть периодов: *кембрий, ордовик, силур, девон, карбон, пермь*. В течение столь длительного периода времени климат неоднократно менялся: потепления сменялись похолоданиями, трансгрессии моря – регрессиями и наоборот. Так, в палеозое произошло несколько крупных оледенений: на границах ордовика-силура, девона-карбона и карбона-перми. К концу палеозоя климат на Земле стал более холодным и сухим. В первой половине палеозоя происходит эволюция морских организмов (беспозвоночных, водорослей, рыб). Важнейшим событием второй половины палеозоя является освоение суши растениями (папоротники, голосеменные) и животными (беспозвоночные, земноводные, пресмыкающиеся).

Кембрий (539–487 млн лет назад), первый период палеозойской эры, назван по латинскому наименованию Северного Уэльса – *Cambria*. Продолжительность периода составляет около 52 млн лет. Начало кембрия определяется по массовому появлению организмов с твердым минеральным скелетом.

Краткая характеристика. Этот период является ключевым для фанерозоя, поскольку в нем возникают все основные типы животных. Жизнь сосредоточена в морях. Фоссилии преимущественно животного генезиса. Ископаемые останки, достоверно свидетельствующие о наличии животных в пресных водоемах, отсутствуют. На отдельных участках суши обнаружены пленки водорослей. Наиболее распространенными организмами кембрия являются *трилобиты, археоциаты* и *брахиоподы* [4]; в морях также

встречаются граптолиты, иглокожие, моллюски, черви, низшие ракообразные, примитивные хордовые – *конодонты*, внешне напоминающие угрей.

За масштабность и быстроту появления новых форм организмов «кембрийский взрыв» называют «эволюционным Большим взрывом». Существует множество гипотез, пытающихся объяснить загадочный всплеск видообразования в начале кембрия (изменение химического состава воды, появление хищных организмов и др.), но до сих пор точные причины этого явления не установлены. Одной из теорий является *гипотеза кислородного контроля*, предложенная в 60-е гг. XX века Л. Беркнером и Л. Маршаллом. Согласно этой гипотезе, существует причинно-следственная связь между содержанием кислорода в атмосфере и развитием жизни. Так, благодаря деятельности живых организмов в конце протерозоя содержание кислорода в атмосфере и океане достигло величин, начиная с которых энергетически оправдано появление скелета. Отчасти развитие минерального скелета можно также объяснить как эволюционный ответ на возникновение в конце эдиакара первых хищных организмов. Кроме того, быстрому и масштабному видообразованию в начале кембрия способствовала слабая конкуренция со стороны других организмов (в это время эдиакарская биота практически полностью вымерла, а новая еще не возникла) при наличии в большом количестве доступных ресурсов. Таким образом, взрывной характер видообразования в начале кембрия, по-видимому, объясняется удачным сочетанием нескольких обстоятельств: отсутствием конкуренции (наличие «пустых» экологических ниш), увеличением содержания кислорода на планете к концу венда, наличием в достатке необходимых экологических ресурсов, появлением на эволюционной арене первых хищников. Не исключена роль и других факторов.

Из кембрийских организмов особый интерес заслуживают *археоциаты* (от греч. arche – начало; kyathos – чаша, кубок), поскольку они являются руководящими ископаемыми кембрия и первыми на планете рифообразователями. Они были представлены одиночными, реже колониальными формами, обитавшими в теплых морских водах преимущественно на глубинах до 50 м (изредка глубже). Большинство археоциатов имело относительно небольшие размеры: высотой обычно до 15 см, однако встречались и более крупные экземпляры [4]. По форме тела напоминали кубки с центральной полостью и пористыми стенками, которые или прирастали к субстрату, или свободно лежали на нем. Для объяснения широкого распространения археоциатов выдвинута неплохо обоснованная гипотеза о наличии у них плавающей личиночной стадии [4]. В отличие от трилобитов, вымерших в конце перми, и от брахиопод, сохранившихся до наших дней, археоциаты исчезают с эволюционной арены непосредственно в кембрии.

Аналогичным образом рассматриваются остальные периоды палеозойской, мезозойской и кайнозойской эр. Таким образом, с учетом небольшого количества часов, отводимых учебной программой на изучение темы «Эволюция в фанерозойском эоне», рекомендуем для облегчения запоминания названий периодов использовать специальную мнемотехнику; при рассмотрении эр и периодов вначале следует приводить общие сведения с кратким описанием ключевых событий и гипотез, и лишь затем переходить к филогении наиболее крупных таксонов.

Литература

1. Северцов, А. С. Теория эволюции : учеб. для академ. бакалавриата / А. С. Северцов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во Юрайт, 2018. – 382 с.
2. Лебедев, Н. А. О методологических подходах подготовки учебных пособий по эволюционной биологии / Н. А. Лебедев // Педагогика: история, перспективы. – 2022. – Vol. 5. – №. 2. С. 26–32.

3. Еськов, К. Ю. Удивительная палеонтология: история Земли и жизни на ней / К. Ю. Еськов. – М. : ЭНАС, 2008. – 312 с.
4. Storch, V. Evolutionsbiologie / V. Storch, U. Welsch, M. Wink. – 3 überarbeitete und aktualisierte Auflage. – Berlin ; Heidelberg : Springer Spektrum, 2013. – 570 s.