



ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ:

НАУКА

И

ВЕРА



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК (США)
ИНСТИТУТ МЕДИЦИНЫ

ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО
КАНД. БИОЛ. НАУК П.Н. ПЕТРОВА

2009

National Academy of Sciences and Institute of Medicine (2009). *Science, Evolution, and Creationism*. Washington, D.C.: The National Academies Press.

Примечание: Проект, представленный в настоящем пособии, был одобрен Советом Национальной академии наук, члены которого избираются из состава Академии. Члены авторской комиссии были выбраны в соответствии с областями их профессиональной компетенции, так, чтобы обеспечить необходимый баланс специалистов в соответствующих областях.

Финансирование настоящего проекта было осуществлено Советом Национальной академии наук, при поддержке Фонда Кристиана Джонсона (Christian A. Johnson Endeavor Foundation) и Института биотехнологии (Biotechnology Institute). Мнения, открытия, заключения и рекомендации, содержащиеся в настоящем пособии, высказываются от лица авторской комиссии и Национальной академии наук и не обязательно отражают взгляды внешних организаций, способствовавших осуществлению проекта.

Авторская комиссия, переработавшая предыдущее издание — «Science and Creationism: A View from the National Academy of Sciences» («Наука, эволюция и креационизм: Взгляд Национальной академии наук»):

Франсиско Дж. Айала (Francisco J. Ayala), председатель, Университет Калифорнии (University of California), Ирвин*

Брюс Альбертс (Bruce Alberts), Университет Калифорнии (University of California), Сан-Франциско*

Мей Беренбаум (May R. Berenbaum), Университет Иллинойса (University of Illinois), Урбана-Шампейн*

Брент Далримпл (G. Brent Dalrymple), Орегонский государственный университет (Oregon State University)*

Бетти Карвеллас (Betty Carvellas), средняя школа Эссекса (Вермонт)

Майкл Клегг (Michael T. Clegg), Университет Калифорнии (University of California), Ирвин*

Нэнси Моран (Nancy A. Moran), Университет Аризоны (University of Arizona)*

Гилберт Оменн (Gilbert S. Omenn), Университет Мичигана (University of Michigan)†

Роберт Пеннок (Robert T. Pennock), Мичиганский государственный университет (Michigan State University)

Питер Рейвн (Peter H. Raven), Ботанический сад Миссури (Missouri Botanical Garden)*

Нил Тайсон (Neil deGrasse Tyson), Американский музей естественной истории (American Museum of Natural History)

Холли Уичман (Holly Wichman), Университет Айдахо (University of Idaho)

Роберт Хейзен (Robert M. Hazen), Институт Карнеги в Вашингтоне (Carnegie Institution of Washington)

Тоби Хорн (Toby M. Horn), Институт Карнеги в Вашингтоне (Carnegie Institution of Washington)

Барбара Шааль (Barbara A. Schaal), Вашингтонский университет в Сент-Луисе (Washington University of St. Louis)*‡

* Член Национальной академии наук

† Сотрудник Института Медицины

‡ Член Совета Национальной академии наук

Штатные сотрудники

Джей Лабов (Jay V. Labov), старший советник по образованию и коммуникациям Национальной академии наук (Senior Advisor for Education and Communications, National Academy of Sciences), сотрудник Центра образования Отдела науки о поведении и социологии Национального исследовательского совета (Center for Education, Division on Behavioral and Social Sciences and Education, National Research Council)

Барбара Поуп (Barbara Kline Pope), исполнительный директор управления Национальных академий по коммуникации (Executive Director, National Academies Office of Communication) и издательства «National Academies Press»

Терри Холмер (Terry K. Holmer), старший ассистент проекта, Центр образования (Senior Project Assistant, Center for Education)

Эшли Цаудерер (B. Ashley Zauderer), стипендиат фонда Кристины Мирзаян Национальных академий (Christine A. Mirzayan Policy Fellow of the National Academies)

Консультанты

Стив Олсон (Steve Olson), Бетесда, Мериленд

Эдвард Майбах (Edward Maibach), Университет Джорджа Мейсона (George Mason University)

Национальная академия наук (National Academy of Sciences) — частное, некоммерческое, самоподдерживающееся общество, в состав которого выдающиеся ученые избираются за научные достижения, ставящее своей целью продвижение науки и техники и их использования для общего блага. В соответствии с постановлением Конгресса от 1863 года Академии поручено консультировать федеральное правительство по вопросам науки и техники. **Институт медицины (Institute of Medicine)** был основан в 1970 году как почетное и, вместе с тем, политическое исследовательское объединение, члены которого избираются на основании их профессиональных достижений и приверженности делу изучения политических проблем, связанных со здравоохранением.

Национальная академия наук и Институт медицины управляются собственными советами, состоящими из избираемых членов. Совет НАН отвечает за почетные стороны деятельности НАН и за совместное управление организацией. Совет ИМ осуществляет контроль за исследовательской деятельностью Института и принимает решения, связанные с членством в ИМ. Члены обоих Советов рецензировали, переработали и одобрили настоящий документ.

**СОВЕТ НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК**
2007–2008

Президент

Ральф Чичероне (Ralph J. Cicerone),
Президент НАН

Вице-президент

Барбара Шааль (Barbara A. Schaal),
Вашингтонский университет в Сент-Луисе
(Washington University in St. Louis)

Секретарь по внутренним делам

Джон Брауман (John I. Brauman),
Стэнфордский университет (Stanford
University)

Секретарь по международным делам

Майкл Клегг (Michael T. Clegg),
Университет Калифорнии (University of
California), Ирвин

Казначей

Рональд Грэм (Ronald L. Graham),
Университет Калифорнии (University of
California), Сан-Диего

Советники

Индер Верма (Inder M. Verma),
Солковский институт биологических
исследований (The Salk Institute for
Biological Studies)

Джерри Голлаб (Jerry P. Gollub),
Хаверфордский колледж (Haverford
College); член магистрантской группы по
физике Университета Пенсильвании
(Graduate Group in Physics, University of
Pennsylvania)

Сьюзан Готтесман (Susan Gottesman),
Национальный институт рака (National
Cancer Institute), Национальные институты
здоровья (National Institutes of Health)

Томас Джордан (Thomas H. Jordan),
Университет Южной Калифорнии
(University of Southern California)

Клод Канисарес (Claude R. Canizares),
Массачусетский технологический институт
(Massachusetts Institute of Technology)

**Маргарет Кивелсон (Margaret G.
Kivelson),** Университет Калифорнии
(University of California), Лос-Анджелес

Шэрон Лонг (Sharon R. Long),
Стэнфордский университет (Stanford
University)

Джойс Маркус (Joyce Marcus),
Университет Мичигана (University of
Michigan)

**Эллиот Мейеровиц (Elliot M.
Meyerowitz),** Калифорнийский
технологический институт (California
Institute of Technology)

Стэнли Прюзинер (Stanley B. Prusiner),
Университет Калифорнии (University of
California), Сан-Франциско

Джеральд Фишбах (Gerald D. Fischbach),
Колумбийский университет (Columbia

University); директор Предприятия исследования аутизма Фонда Саймонса (Simons Foundation Autism Research Initiative, The Simons Foundation, New York)

Вики Чэндлер (Vicki L. Chandler), Университет Аризоны (University of Arizona)

СОВЕТ ИНСТИТУТА МЕДИЦИНЫ 2007

Председатель

Харви Файнберг (Harvey V. Fineberg), президент ИМ

Члены Совета

Худа Акил (Huda Akil), Университет Мичигана (University of Michigan)

Дрю Альтман (Drew E. Altman), Фонд семьи Генри Кайзера (The Henry J. Kaiser Family Foundation)

Дональд Беруик (Donald M. Berwick), Институт развития здравоохранения (Institute for Healthcare Improvement)

Хелен Блау (Helen M. Blau), Школа медицины Стэнфордского университета (Stanford University School of Medicine)

Нэнси Векслер (Nancy S. Wexler), Колледж терапевтов и хирургов Колумбийского университета (College of Physicians and Surgeons, Columbia University)

Элен Гейл (Helene D. Gayle), Кооперативное общество по повсеместному оказанию американской помощи (CARE, USA)

Маргарет Гамбург (Margaret A. Hamburg), вице-президент по биологическим программам Предприятия по предотвращению ядерной угрозы (2007 Vice President for Biological Programs, NTI)

Кристина Кассель (Christine K. Cassel), Американская комиссия по медицине внутренних органов (American Board of Internal Medicine)

Гейл Касселль (Gail H. Cassell), «Эли Лилли и Компания» (Eli Lilly and Company)

Питер Ким (Peter S. Kim), Мерковские исследовательские лаборатории (Merck Research Laboratories)

Джеффри Коплан (Jeffrey P. Koplan), Университет Эмори (Emory University)

Алан Лешнер (Alan I. Leshner), Американская ассоциация содействия развитию науки (American Association for the Advancement of Science)

Бернард Ло (Bernard Lo), Университет Калифорнии (University of California), Сан-Франциско

Джеймс Монган (James J. Mongan), «Partners HealthCare, Inc.»

Элизабет Набель (Elizabeth G. Nabel), Национальный институт сердца, легких и крови, Национальные институты здоровья (National Heart, Lung & Blood Institute, National Institutes of Health)

Филип Пиццо (Philip A. Pizzo), Школа медицины Стэнфордского университета (Stanford University School of Medicine)

Мэри Лейк Полан (Mary Lake Polan), Школа медицины Стэнфордского университета (Stanford University School of Medicine)

Сьюзан Скримшо (Susan C. Scrimshaw), Симмонсовский колледж (Simmons College)

Джудит Суэйн (Judith L. Swain), Национальный университет Сингапура и Сингапурский институт клинических исследований (National University of Singapore and Singapore Institute of Clinical Sciences) и Университет Калифорнии, Сан-Диего (UCSD)

Эдвард Шортлифф (Edward H. Shortliffe), Колледж медицины Университета Аризоны (The University of Arizona College of Medicine), Финикс

Члены Совета в силу занимаемой должности (без права голоса)

Джо Айви Боуфорд (Jo Ivey Boufford), Секретарь ИМ по международным делам, Нью-Йоркская академия медицины (New York Academy of Medicine)

Стивен Райан (Stephen J. Ryan), Секретарь ИМ по внутренним делам, Институт глаза Доэни (Doheny Eye Institute)

Содержание

Предисловие к русскому переводу

Предисловие

Благодарности

ГЛАВА ПЕРВАЯ

Эволюция и природа науки

ГЛАВА ВТОРАЯ

Свидетельства биологической эволюции

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

Взгляды креационистов

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

Заключение

Часто задаваемые вопросы

Рекомендуемая литература

Биографии авторов

Предметный указатель

Предисловие к русскому переводу

Современная биология неотделима от концепции биологической эволюции. Как сказал один из крупнейших биологов-теоретиков XX века Феодосий Григорьевич Добржанский (1900–1975), «ничто в биологии не имеет смысла кроме как в свете эволюции» (*nothing in biology makes sense except in the light of evolution*) — так было озаглавлено его эссе, опубликованное в 1973 г.

Мировое научное сообщество обоснованно считает, что имеющиеся доказательства эволюции настолько неопровержимы и всеобъемлющи, что отрицать факт биологической эволюции, оставаясь в рамках науки, сегодня уже невозможно. К каждому отдельному примеру или аргументу всегда можно при большом желании придаться (этим и занимаются креационисты — люди, отвергающие научную концепцию эволюции), но с научными представлениями об эволюции согласуются миллионы фактов. Эволюция придает смысл, логику и стройность всему гигантскому массиву накопленных биологией знаний.

Однако то, что очевидно специалистам, далеко не всегда очевидно людям, не занимающимся наукой профессионально. К сожалению, креационистская пропаганда продолжает находить отклик в сердцах многих далеких от биологии людей. Этому есть целый ряд причин, в том числе психологических. Например, многим кажется, что происхождение от обезьян умаляет человеческое достоинство. По мнению ряда психологов, живучесть креационизма отчасти связана с врожденными особенностями человеческой психики. В частности, людям, особенно в детстве, свойственна так называемая «неупорядоченная телеология» — склонность приписывать некую изначальную цель всем объектам окружающего мира (тучи существуют, чтобы шел дождик, а львы — чтобы смотреть на них в зоопарке).

Помимо врожденных психологических особенностей, распространению креационизма и других ненаучных и лженаучных представлений и суеверий способствует и распространение демократических ценностей. Как это часто бывает, люди начинают применять законы и правила, справедливые и уместные в рамках определенного круга явлений, далеко за пределами области их применимости. Что хорошо для политики и социальных отношений, не обязательно хорошо для науки. В науке нельзя ни решать вопросы всеобщим голосованием, ни рассматривать любые точки зрения как изначально равноправные, ни считать одинаково весомыми мнения экспертов и дилетантов. Это особенно актуально для биологии. Современная биология в значительной мере основана на фактах и идеях, которые противоречат врожденным склонностям нашей психики. Из всех наук именно биология, по мнению многих, вступает в самое сильное противоречие с религией. Не секрет, что у представителей многих конфессий факт происхождения человека от обезьян часто вызывает резкое неприятие.

Эволюция является твердо установленным научным фактом. Но для того, чтобы это осознать, необходимо довольно подробное знакомство с данными биологической науки. Между тем даже профессиональным биологам в наши дни трудно ориентироваться в неиссякаемом потоке новых фактов, опытов, открытий и гипотез. В связи с этим популяризация биологических знаний сегодня приобретает особенно большое значение. Мировое научное сообщество вполне это осознает, чему свидетельством книга, которую вы держите в руках.

Эта книга, изданная американской Национальной академией наук и академическим Институтом медицины, подготовлена большим коллективом специалистов, многие из которых широко известны своими достижениями в области науки и образования. Трое из них хорошо знакомы российским студентам-биологам и другим людям, интересующимся биологией, в России и в бывших союзных республиках. Это Франсиско Айала, один из двух авторов учебника «Современная генетика» (который студенты называют «Айала и Кайгер»

или просто «Айала»), Брюс Альбертс, первый автор учебника «Молекулярная биология клетки» (называемого «МБК» или «Альбертс») и Питер Рейвн, первый автор учебника «Современная ботаника» (Рейвн, Эверт и Айкхорн).

Книга «Наука, эволюция и креационизм» представляет собой популярное пособие для тех, кто интересуется естественными науками, но не занимается ими профессионально, в том числе для продвинутых школьников. В ней рассказано о некоторых достижениях и некоторых концепциях современной науки, о том, что такое наука, и о том, почему представления креационистов нельзя считать научными.

Популярная форма изложения неизбежно приводит к упрощению многих сложных понятий. Невозможно рассказать о сложных понятиях широкой аудитории, ничего не упрощая и не опуская никаких подробностей. Поэтому данная книга не годится на роль справочника, но полезна для первоначального ознакомления с обсуждаемыми на ее страницах предметами.

Одна из проблем, связанных с популяризацией научных представлений об эволюции, состоит в том, что убежденных эволюционистов убеждать не надо, а креационистов сложно переубедить (они, в силу своих взглядов, относятся с недоверием к науке и к аргументам, которые можно выдвинуть в русле научного подхода). Но, по крайней мере, тем, у кого еще нет сложившихся убеждений по вопросам, связанным с эволюцией, и тем, кто сомневается в справедливости выводов креационистов, можно и нужно напоминать о том, что научное сообщество разделяет взгляды эволюционистов, а не креационистов, и объяснять, какого рода данные и аргументы привели к признанию эволюционной теории современной наукой.

Одно из больших достоинств этого пособия — авторитет, которым обладают в научных кругах его авторы и Национальная академия наук США, осуществившая издание.

Креационисты, как справедливо отмечено в тексте пособия, нередко ссылаются на высказывания авторитетных ученых, якобы подтверждающие их выводы. Нельзя сказать, чтобы ни один крупный ученый никогда не высказывался в поддержку тех или иных идей, свойственных креационистам. Но все же в наши дни в мире нет грамотных биологов, геологов и астрофизиков, которые отрицали бы миллиарды лет существования Земли и жизни на ней. Что же касается механизмов, лежащих в основе эволюции, то у некоторых ученых есть сомнения относительно того, все ли принципиальные механизмы эволюции уже известны науке. Но мало кто из специалистов сомневается в том, что известные на сегодня механизмы существуют и играют в эволюции важную роль, а еще неизвестные принципиально познаваемы и могут быть рано или поздно открыты наукой. В частности, ни у одного грамотного биолога не вызывает сомнений реальность естественного отбора и его важная роль в эволюции. В состав авторского коллектива книги не случайно вошли всемирно известные ученые, обладающие в научном сообществе огромным авторитетом.

Креационисты, в свою очередь, могут похвастаться лишь несколькими именами известных ученых, разделяющих их взгляды, и то известность этих ученых связана преимущественно с их пропагандой креационизма, а не с научными достижениями, обычно довольно скромными.

Креационисты нередко пытаются убедить общественность в том, что в современной науке есть принципиальные разногласия относительно биологической эволюции. Некоторые разногласия в этой области, действительно, есть, но среди них нет ни одного принципиального. В пределах креационизма разногласий намного больше, и многие из этих разногласий принципиальны (например, в вопросе о том, соответствует ли история Земли слово в слово тому, что записано в Библии, или все же библейский текст о сотворении мира следует понимать как аллегорию — как считают и многие верующие эволюционисты).

Очень важно, что книга «Наука, эволюция и креационизм» призывает к примирению религиозных людей с наукой. Среди ученых, в том числе эволюционистов, есть как атеисты и

агностики, так и глубоко верующие люди. В свою очередь, многие верующие, в том числе богословы, принимают выводы эволюционной биологии и не считают их противоречащими своей вере.

Примечательно, что многое в священных текстах никто, даже самые ортодоксальные богословы, не предлагает понимать буквально (например, притчи), а многое понять буквально просто невозможно — из-за отличающегося во многих конкретных деталях изложения одних и тех же событий, например, в разных книгах Библии, или в разных главах книги Бытия. Казалось бы, почему бы верующим не отказаться и от буквального понимания священных текстов об истории сотворения мира, жизни и человека? Следует признать, что такой отказ сопряжен с трудностями богословского свойства. Научные данные непросто соотнести, например, с представлением о Грехопадении как о первоисточнике зла. Получается, что богословы вынуждены или идти на поводу у науки и пытаться найти новые ответы на старые вопросы (а любая религия по своей природе консервативна и не склонна к поиску новых ответов), или отвергать научные данные, объявляя их плодами обмана или заблуждений.

Но идти против выводов науки в современном мире, где научные достижения и связанные с ними технологии проникают во все без исключения сферы жизни, довольно сложно. Ничего нельзя с этим поделать: нужно доверять науке. История знает немало примеров того, как религиозные представления видоизменялись с учетом научных данных. Когда-то считалось, что рай находится на облаках, а ад — глубоко под Землей. Теперь, благодаря научным открытиям, уже мало кто так считает. И богословы не пытаются доказать, будто наука здесь ошибается. Представление о вращении Земли вокруг Солнца когда-то казалось многим людям чудовищным богохульством, к тому же противоречащим библейскому свидетельству о том, что Солнце было сотворено позже Земли, и что оно, по крайней мере однажды, останавливалось на небе. Теперь уже мало кто продолжает настаивать на вращении Солнца и планет вокруг Земли. Богословы перестали считать научное представление о вращении Земли вокруг Солнца противоречащим религии. Верующего человека такие примеры того, как религия идет на поводу у науки, могут огорчать, но могут и радовать, если он — не без оснований! — считает, что научные открытия делаются с помощью разума, неспроста дарованного человеку Богом.

В России большинство креационистов — православные христиане. При этом Русская Православная Церковь в настоящее время не имеет официальной позиции по вопросу об эволюции. Среди православных христиан, в том числе священнослужителей, есть не только креационисты, но и немало эволюционистов. В свою очередь, среди ученых, внесших свой вклад в развитие эволюционной теории, были и есть православные христиане. В частности, православие исповедовал и упомянутый выше Ф. Г. Добржанский, один из крупнейших эволюционистов в истории науки. Следует отметить, что ученик Добржанского Франсиско Айала, возглавивший авторский коллектив книги «Наука, эволюция и креационизм», в свою очередь, исповедует католицизм и даже получил богословское образование.

Креационисты есть не только среди христиан, но и среди приверженцев ислама, буддизма, индуизма и других религий. Часто это очень разные варианты креационизма, ведь даже представление о едином Боге-создателе есть не во всех религиях. Священные тексты по-разному описывают историю сотворения или возникновения мира и человека. У всех разные мнения, но наука на всех одна. Это не должно обескураживать верующих людей, ведь это еще не говорит о том, что наука выше религии. Например, Интернет тоже для всех один, но люди самых разных убеждений смиряются с тем, что их взгляды представлены в том же Интернете, что и убеждения их оппонентов. В современном обществе все пользуются плодами научных открытий, и всем стоит знакомиться с достижениями науки. Как примирить научные данные с религиозными убеждениями — непростой вопрос, на который нет единственного

устраивающего всех ответа. Но ответ на него должны искать богословы — и может искать для себя каждый верующий. Дело ученых и работников светской системы образования — способствовать тому, чтобы наука развивалась, а ее достижения становились всеобщим достоянием.

Книга предназначена, прежде всего, для американских читателей. Но это нисколько не делает ее менее полезной для читателей из России и других стран, где знают русский язык. Наука — международное явление, и научные знания у всего человечества общие. А противостояние креационистов и эволюционистов в России, особенно споры о преподавании эволюции в школе, имеет много общих черт с аналогичным противостоянием в Соединенных Штатах. В этом отношении показателен первый и пока единственный в России процесс о преподавании эволюции в школе — недавнее дело по иску к министерству образования РФ и Комитету по образованию Санкт-Петербурга против «безальтернативного навязывания теории Дарвина» в школьном курсе биологии. Этот процесс, как и ряд подобных процессов в США, завершился победой эволюционистов. Суд, в полном соответствии с Конституцией России, провозглашающей светский характер нашего государства, отказал в удовлетворении иска, требующего запретить безальтернативное преподавание эволюционной теории в российских государственных школах.

Очень может быть, что когда-нибудь споры креационистов с эволюционистами уйдут в прошлое, и попытки убедить людей в том, что Земле несколько тысяч лет, или что естественный отбор не может быть причиной эволюционных изменений, станут так же редки, как стали в наши дни попытки убедить людей в том, что Земля плоская, или что Солнце и планеты вращаются вокруг Земли. Но для того, чтобы эти споры остались в прошлом, нужно добиться намного лучшего знакомства всех и каждого с достижениями науки. Книга «Наука, эволюция и креационизм» представляет собой попытку сделать шаг в этом направлении, преодолев еще один маленький участок большого и трудного пути.

Едва ли эта книга переубедит тех, кто относится к науке с предубеждением. Переубедить их сложно, а иногда и невозможно. Но будем надеяться, что она убедит некоторых непредвзятых читателей и послужит для всех, кто возьмется за ее чтение, источником интересных и полезных сведений.

А.В. Марков, доктор биол. наук

П.Н. Петров, канд. биол. наук

Предисловие

Влияние достижений науки и техники на жизнь человека огромно. Еще в XIX веке в большинстве семей можно было ожидать смерти одного или нескольких детей от различных болезней. Сегодня же в Соединенных Штатах и других развитых странах дети умирают от болезней довольно редко. В повседневной жизни мы постоянно полагаемся на технологии, разработка которых стала возможной благодаря применению научных знаний и открытых наукой явлений. Компьютеры и мобильные телефоны, которыми мы пользуемся, машины и самолеты, на которых мы путешествуем, лекарства, которые мы принимаем, и значительная часть пищи, которую мы едим, появились в нашем распоряжении во многом благодаря достижениям науки. Результаты научных исследований позволили повысить уровень жизни, дали людям возможность попасть на орбиту Земли и на Луну, помогли нам по-новому взглянуть на самих себя и на Вселенную, в которой мы живем.

Эволюционная биология была и остается одним из краеугольных камней современной науки. В этой небольшой книге приведены свидетельства того, какую важную роль понимание эволюции сыграло в благосостоянии людей, в частности, в предотвращении человеческих болезней, создании новых сельскохозяйственных продуктов и в появлении промышленных инноваций. В более отвлеченных терминах, эволюция является центральной концепцией биологии, основанной на изучении как древних форм жизни, так и родства и разнообразия современных организмов. Наблюдаемое в наши дни стремительное развитие биологических наук и медицины опирается на принципы, следующие из понимания эволюции. Это понимание было достигнуто и в результате исследований ископаемых остатков живых организмов, о которых мы узнаём все больше и больше, и, не в меньшей степени, благодаря приложению к изучению эволюции современных достижений молекулярной и классической биологии и других естественных наук и связанных с этими достижениями технологий. Разумеется, как и в любой другой развивающейся области науки, в эволюционной биологии остаются многие интригующие вопросы, пока не имеющие ответа, и в этой книге рассказано о некоторых таких вопросах, находящихся в настоящее время в центре активных научных исследований.

И тем не менее, опросы общественного мнения по-прежнему говорят о том, что многие люди сомневаются в наших познаниях в области биологической эволюции. Кому-то из них доводилось слышать, что научные сведения об эволюции неполны, ошибочны или сомнительны. Кто-то скептически относится к представлению о том, что естественный процесс биологической эволюции мог привести к возникновению наблюдаемого нами немыслимого множества живых существ, от микроскопических бактерий до китов и гигантских деревьев, от простых губок, живущих на коралловых рифах, до людей, способных размышлять об истории жизни на нашей планете. Кто-то сомневается в том, что можно принимать эволюцию, не отказываясь от своих религиозных убеждений.

Данное пособие посвящено всем этим вопросам. Оно написано для того, чтобы предоставить сведения об эволюции тем, кто вовлечен в различные споры об этом предмете. В нем содержится информация о роли, которую эволюция играет в современной биологии и о причинах, по которым лишь научные объяснения следует включать в курсы изучения наук в государственных школах. К потенциальным читателям книги относятся члены школьных советов, преподаватели научных дисциплин и другие деятели образования, политики, принимающие ответственные решения, юристы и любые другие члены общества, озабоченные тем, чтобы школьники и студенты получали качественное научное образование. Книга адресована также широкой аудитории продвинутых школьников и студентов колледжей, а также взрослым, желающим лучше разобраться в доказательствах эволюции и в

том, почему эволюция считается одновременно фактом и процессом, объясняющим происхождение всего существующего разнообразия жизни на Земле.

Кроме того, исследование эволюции рассматривается в этом пособии в более широком контексте. Дано определение термина «теория» в его научном понимании. Показано, как эволюционная теория отражает природу науки и отличия науки от религии. Объясняется, почему подавляющее большинство членов научного сообщества признает эволюцию основанием современной биологии. Приведены примеры того, как отдельные ученые и религиозные организации объясняют почему, с их точки зрения, эволюция и их вера не противоречат друг другу. Разъясняется, почему ненаучные альтернативы эволюции, такие как креационизм (в том числе такая его разновидность как концепция разумного замысла — *intelligent design*), не следует включать в программы научных курсов в государственных школах нашей страны.

Книга «Наука, эволюция и креационизм» представляет собой третье издание пособия, которое было впервые выпущено в 1984 году Национальной академией наук, независимым научным обществом, члены которого избирают в состав Академии новых членов за выдающиеся достижения в области тех или иных наук. В 1863 году Национальная академия получила от Конгресса мандат на консультации федерального правительства по вопросам науки и техники. Учитывая возрастающее значение эволюции в биологии, физике и медицине и в развитии здравоохранения, настоящее новое издание выпущено совместно Национальной академией наук и Институтом медицины. Институт медицины был основан в 1970 году как подразделение Национальной академии наук, задачей которого являются научные консультации по биомедицинским и медицинским вопросам, а также по проблемам здравоохранения.

Многие достижения были сделаны эволюционной биологией с тех пор, как вышли первые два издания этой книги. Новое издание включает существенные дополнения, касающиеся этих достижений. Непрерывно пополняемое палеонтологическое летописание ископаемыми формами жизни дает нам новые и новые неоспоримые доказательства эволюции. Получены новые данные и новые результаты в области понимания структуры и функций молекул, из которых состоят живые организмы. В частности, была прочитана полная последовательность нуклеотидов ДНК человека. Секвенирование (чтение последовательности) ДНК стало эффективным орудием изучения генетического родства видов. Данные исследований ДНК подтвердили свидетельства, полученные посредством изучения ископаемых, и позволили исследовать эволюцию там, где в палеонтологическом летописи по-прежнему остаются пробелы. Возникшая недавно совершенно новая область науки, эволюционная биология развития, позволяет ученым изучать, как возникновение наследственных изменений на протяжении всей истории развития жизни видоизменяло формы и функции организмов. Изучение биологической эволюции составляет одну из наиболее активно развивающихся и перспективных областей во всей современной науке.

Не стоит на месте и полемика по вопросам, связанным с эволюцией, происходящая в обществе. В восьмидесятых годах XX века многие противники изучения эволюции в государственных школах поддерживали законопроект, согласно которому учителя биологии были бы обязаны обсуждать «научный креационизм», утверждающий, что палеонтологическая летопись и геологические черты строения нашей планеты совместимы с представлением о том, что Земля и все живущие на ней существа были созданы всего лишь несколько тысяч лет назад. Крупные судебные разбирательства, в том числе дело, слушавшееся в Верховном Суде в 1987 году, привели к заключению, что «наука о сотворении» порождена религиозными убеждениями, а не научными исследованиями, и что

ее нельзя изучать в государственных школах, потому что такое изучение прививало бы всем школьникам религиозные взгляды одного определенного типа.

С тех пор противники эволюции избрали новые стратегии. Некоторые из них защищали точку зрения, согласно которой «разумный замысел», новую форму креационизма, основанную на утверждении, что живые существа слишком сложны, чтобы возникнуть в результате естественных процессов. В 2005 году исторический судебный процесс, происходивший в Дувре (штат Пенсильвания), закончился решением, согласно которому преподавание в государственных школах разумного замысла противоречит конституции, все по той же причине, в связи с тем, что эти представления основаны на религиозных убеждениях, а не на научных данных.

Другие настаивали на том, что преподавателей научных дисциплин следует обязать рассказывать школьникам о существующих разногласиях в вопросах, связанных с эволюцией. Но в научном сообществе нет разногласий по вопросу, имела ли место эволюция. Напротив, доказательства, свидетельствующие о происхождении живых организмов посредством модификаций (если использовать дарвиновский термин) несметны и неоспоримы. За полтора века, отделяющие нас от Дарвина, ученые выяснили в мельчайших подробностях многие механизмы, лежащих в основе биологической изменчивости, наследственности и естественного отбора, и продемонстрировали, как эти механизмы ведут к биологическим изменениям, происходящим во времени. В связи с огромным объемом имеющихся свидетельств ученые относятся к эволюции как к одному из самых достоверных научных фактов. Кроме того, биологи уверены в справедливости своих представлений о механизмах, лежащих в основе эволюции.

Эта книга состоит из трех основных глав. Первая глава рассказывает вкратце о процессах эволюции, о природе науки и об отличиях науки и религии. Вторая глава повествует более подробно о множестве известных науке разнообразных свидетельств эволюции, включающих данные таких разных дисциплин как астрономия, палеонтология, сравнительная анатомия, молекулярная биология, генетика и антропология. Третья глава посвящена различным взглядам креационистов, в том числе сторонников разумного замысла, а также научным и юридическим основаниям для отказа от преподавания креационистских воззрений в ходе изучения научных дисциплин в государственных школах. За основными главами следует раздел, содержащий ответы на несколько часто задаваемых вопросов. Приведенный в конце список рекомендуемой литературы включает работы, ссылки на которые есть в тексте пособия, а также другие публикации об эволюции, о природе науки и о религии.

Пособие «Наука, эволюция и креационизм» наглядно показывает, что свидетельства об эволюции вполне могут быть совместимы с религиозной верой. Наука и религия представляют собой два разных способа понимания мира. Безосновательные попытки противопоставлять эти два способа друг другу мешают как науке, так и религии, помогать человечеству в его стремлении к лучшему будущему.

Ральф Чичероне
Президент Национальной академии наук

Харви Файнберг
Президент Института медицины

Франсиско Айала
Председатель авторской комиссии

Благодарности

Работа над пособием «Наука, эволюция и креационизм» получила финансовую поддержку от Совета Национальной академии наук и от фонда Кристиана Джонсона («Christian A. Johnson Endeavor Foundation», Нью-Йорк).

Представители тех категорий читателей, для которых предназначена эта книга, рецензировали ее прежде, чем она была направлена основным рецензентам. Около 30 научных обществ из Вашингтона (округ Колумбия) и его окрестностей, Президентское предприятие круговых коммуникаций (Presidents' Circle Communications Initiative) Национальных академий, Совет Национальной академии наук, Институт биотехнологии (Biotechnology Institute) в Арлингтоне (штат Вирджиния), и пожертвования, сделанные для Национальной академии наук отдельными дарителями, помогли использовать в работе над книгой отклики потенциальных читателей.

Формальное рецензирование предварительного варианта книги было выполнено специалистами, подобранными таким образом, чтобы отразить различные точки зрения и области научных и технических знаний, в соответствии с процедурой, одобренной Советом Национальной академии наук. Целью независимого рецензирования было обеспечение непредвзятых и критических замечаний, которые позволил бы Академии сделать это пособие как можно более качественным. В интересах защиты общего вклада в работу над пособием сохраняется конфиденциальность комментариев рецензентов и черновых вариантов рукописи. За рецензирование данного пособия мы благодарны следующим специалистам:

Констанс Бертка (Constance Bertka), директор программы «Диалог о науке, этике и религии» (Dialog on Science, Ethics, and Religion) Американской ассоциации содействия развитию науки (American Association for the Advancement of Science)

Дональд Беруик (Donald M. Berwick), президент и генеральный директор Института развития здравоохранения (Institute for Healthcare Improvement)

Джон Брауман (John I. Brauman), профессор химического факультета Стэнфордского университета (J. G. Jackson–C. J. Wood Professor, Department of Chemistry, Stanford University)

Джерри Голлаб (Jerry P. Gollub), профессор естествознания и профессор физики, Хаверфордский колледж (J. V. B. Professor in the Natural Sciences and Professor of Physics, Haverford College)

Сюзан Готтесман (Susan Gottesman), заведующая секцией биохимической генетики лаборатории молекулярной биологии Национального института рака Национальных институтов здравоохранения (Biochemical Genetics Section, Laboratory of Molecular Biology, National Cancer Institute, National Institutes of Health)

Маргарет Кивелсон (Margaret G. Kivelson), профессор астрофизики факультета астрофизики и геологии и Института геофизики и физики планет Университета Калифорнии (Distinguished Professor of Space Physics, Department of Earth and Space Sciences and Institute of Geophysics and Planetary Physics, University of California)

Джеффри Коплан (Jeffrey P. Koplan), вице-президент по академическому здравоохранению Университета Эмори (Vice-President for Academic Health Affairs, Emory University)

Алан Лешнер (Alan I. Leshner), генеральный директор и исполнительный издатель журнала «Science» Американской ассоциации содействия развитию науки

Шэрон Лонг (Sharon R. Long), профессор факультета биологических наук Стэнфордского университета (Steere-Pfizer Professor, Department of Biological Sciences, Stanford University)

Бернард Лоу (Bernard Lo), профессор медицины и директор программы по медицинской этике Университета Калифорнии (Program in Medical Ethics, University of California), Сан-Франциско

Джойс Маркус (Joyce Marcus), профессор антропологии Музея антропологии Университета Мичигана (Robert L. Carneiro Distinguished University Professor of Anthropology, Museum of Anthropology, University of Michigan)

Эллиот Мейеровиц (Elliot M. Meyerowitz), профессор и председатель отдела биологии Калифорнийского технологического института (George W. Beadle Professor and Chair, Division of Biology, California Institute of Technology)

Элизабет Набель (Elizabeth G. Nabel), директор Национального института сердца, легких и крови Национальных институтов здравоохранения (National Heart, Lung and Blood Institute, National Institutes of Health)

Мэтью Нисбет (Matthew C. Nisbet), профессор коммуникаций Школы коммуникаций Американского университета (Professor of Communications, School of Communication, American University)

Гордон Орианс (Gordon H. Orians), заслуженный профессор биологического факультета Университета Вашингтона (Department of Biology, University of Washington)

Филип Пиццо (Philip A. Pizzo), декан, профессор педиатрии, профессор микробиологии и иммунологии Школы медицины Стэнфордского университета (Dean, Carl and Elizabeth Naumann Professor of Pediatrics and of Microbiology and Immunology, Stanford University School of Medicine)

Дэвид Поликански (David J. Policansky), стипендиат Комиссии по исследованиям окружающей среды и токсикологии Национального исследовательского совета (Scholar, Board on Environmental Studies and Toxicology, National Research Council)

Стэнли Прузинер (Stanley B. Prusiner), профессор нейробиологии и директор Института нейродегенеративных болезней Университета Калифорнии (Professor of Neurology and Director, Institute for Neurodegenerative Diseases, University of California), Сан-Франциско

Стивен Райан (Stephen J. Ryan), президент Института глаза Доэни (Doheny Eye Institute)

Юджини Скотт (Eugenie C. Scott), исполнительный директор Национального центра научного образования (National Center for Science Education, Inc.), Окленд, Калифорния

Джудит Скотчмур (Judith G. Scotchmoor), директор образовательных и общественных программ Палеонтологического музея Университета Калифорнии (Education and Public Programs, University of California Museum of Paleontology), Беркли

Джон Стейвер (John R. Staver), профессор и содиректор Центра исследований и связей естественных наук и математики Университета Пердью (Professor and Co-Director, Center for Research and Engagement in Science and Mathematics, Purdue University)

Джудит Суэйн (Judith L. Swain), профессор медицины Национального университета Сингапура и исполнительный директор-основатель Сингапурского института клинических исследований (Lien Ying Chow Professor of Medicine, National University of Singapore and Founding Executive Director of Singapore Institute of Clinical Sciences) и приглашенный профессор медицины Университета Калифорнии (Adjunct Professor of Medicine, University of California), Сан-Диего

Харви Файнберг (Harvey V. Fineberg), президент Института медицины (Institute of Medicine)

Вики Чэндлер (Vicki L. Chandler), директор института «BIO5» Университета Аризоны (BIO5 Institute, University of Arizona)

Эдвард Шортлифф (Edward H. Shortliffe), декан Колледжа медицины Университета Аризоны (Dean of the Faculty, The University of Arizona College of Medicine), Финикс

Джойс Эплби (Joyce Appleby), заслуженный профессор факультета истории Университета Калифорнии (Department of History, University of California), Лос-Анджелес

Перечисленные выше рецензенты помогли работе над пособием, сделав множество конструктивных замечаний, но к ним не обращались за одобрением содержания пособия и они не видели окончательный вариант рукописи непосредственно перед опубликованием

книги. Ответственность за окончательное содержание книги лежит полностью на авторах и на Советах Национальной академии наук и Института медицины.

Глава первая

Эволюция и природа науки

Неоспоримых свидетельств биологической эволюции с каждым днем становится все больше.

Ученые уже больше полутора веков собирают свидетельства, благодаря которым наши знания о самом факте биологической эволюции и о процессах, лежащих в ее основе, неуклонно расширяются. Ученые изучают как эволюцию, происходившую в прошлом, так и ее продолжение, происходящее в наши дни.

К примеру, в 2004 году группа исследователей сделала следующее выдающееся открытие. На острове на крайнем севере Канады они обнаружили ископаемое более метра длиной, обладающее признаками, промежуточными между рыбой и четвероногим позвоночным. Это животное имело жабры, чешую и плавники, и, по-видимому, проводило большую часть своей жизни в воде. Но оно также имело легкие и могло изгибать шею, а скелет плавников мог позволить конечностям поддерживать вес его тела даже на таких мелководьях, где совсем мало воды, или на суше.

Благодаря уже открытым на тот момент ископаемым растениям и животным, науке было известно немало о той среде, в которой обитало это существо. Около 375 миллионов лет назад то, что сейчас называется островом Элсмир (он входит в состав канадской территории Нунавут), было частью обширной равнины, пересеченной множеством извилистых рек. Берега этих рек были покрыты деревьями, папоротниками и другими древними растениями, создававшими подходящую среду для жизни бактерий, грибов и примитивных животных, питавшихся разлагающимися растениями. Ни одно крупное животное еще не обитало на суше, но океаны уже были населены множеством **видов** рыб. Некоторые виды рыб жили и в пресной воде рек и болот, питаясь там различными растениями и животными.

[Биологический вид — у организмов, размножающихся половым путем, видом называют совокупность особей, которые могут успешно скрещиваться друг с другом.]

Палеонтологи уже находили ранее ископаемые остатки некоторых из таких мелководных рыб. Кости, лежащие в основании их плавников, были прочнее и сложнее устроены, чем у других рыб. По-видимому, это позволяло им пробираться через заросшие протоки. Кроме того, у них были не только жабры, но и слаборазвитые легкие. Палеонтологи также обнаружили, в несколько более поздних осадочных породах, остатки похожих на рыб животных, которые, вероятно, проводили часть жизни на суше. Их называют примитивными четвероногими, за их передние и задние плавники, напоминающие слаборазвитые ноги. Обладали они и другими приспособлениями к жизни на суше. Но прежде палеонтологам не удавалось найти ископаемых остатков животных, занимающих промежуточное положение между мелководными рыбами и этими четвероногими.

Исследователи, обнаружившие новую находку, работали именно в этом районе на севере Канады, потому что знали из учебников, что там располагаются осадочные породы, откладывавшиеся приблизительно 375 миллионов лет назад, как раз тогда, когда, согласно представлениям эволюционистов, мелководные рыбы должны были выйти на сушу. Чтобы добраться до места полевых работ, исследователям нужно было лететь несколько часов на самолете и на вертолете, и каждое лето они могли проводить раскопки только в течение пары месяцев, пока не выпадал новый снег. На четвертое лето работы в поле им удалось найти

именно то, что они должны были найти согласно своим предсказаниям. Из обнажения горной породы на склоне холма они извлекли ископаемые остатки организма, которому они дали название *Tiktaalik* (это слово означает большую пресноводную рыбу на языке эскимосов, живущих на севере Канады). Тиктаалик сохранил многие черты рыб, но обладал также признаками, свойственными примитивным четвероногим. Что особенно важно, кости внутри его плавников включали дополнительный придаток, напоминающий вершину конечности четвероногого, который мог помогать животному двигаться и приподниматься на плавниках.

[Палеонтолог — ученый, изучающий древние организмы по их ископаемым остаткам.]

Палеонтологи проводили раскопки в этой долине на территории Нунавут в центральной части северной Канады, недалеко от полярного круга, в поисках заключенных в осадочных породах ископаемых остатков древних организмов. Эти породы образовались как раз в те времена, когда первые четвероногие животные начали выходить на сушу. Остатки тиктаалика были обнаружены в темном обнажении горной породы, видимом в правой части фотографии.

Стрелка: местонахождение ископаемых остатков

Левые и правые плавники тиктаалика были снабжены одной костью у основания (большие кости в нижней части рисунка) и парой промежуточных костей, дающих животному плечо и запястье, как у более поздних наземных организмов.

Шкала: 1 см

Результаты полуторавековых исследований эволюционистов говорят о том, что около 375 миллионов лет назад на Земле обитал древний вид, вышедший из океана, который стал предком земноводных, пресмыкающихся (рептилий), птиц и млекопитающих. Открытие тиктаалика убедительно подтверждает этот вывод. Ведь даже основные кости наших собственных рук и ног в целом соответствуют по общему строению и взаимному расположению основным костям конечностей тиктаалика.

Открытие этого древнего организма имеет большое значение для подтверждения предсказаний эволюционистов, но это лишь один из многих примеров. Каждый год приносит науке множество новых находок, расширяющих и углубляющих наши представления о биологической эволюции. Новые открытия, важные для эволюционной теории, приходят не только из палеонтологии, но и из физики, химии, астрономии и разных областей биологии. Теория эволюции подтверждена таким количеством наблюдений и опытов, что подавляющее большинство ученых уже не сомневаются в том, что биологическая эволюция имела место и что она продолжается и по сей день. Вместо того, чтобы решать этот уже решенный вопрос, современные ученые занимаются исследованием эволюционных процессов. Они убеждены, что будущее принесет множество новых свидетельств, подтверждающих основы наших представлений об эволюции, как это происходит уже более 150 лет.

Тиктаалик жил во времена, когда пресноводные рыбы выработали приспособления, позволившие их потомкам, четвероногим позвоночным, перейти к жизни на суше. По-видимому, тиктаалик жил или незадолго до или через некоторое время после предкового вида, от которого происходят все современные наземные позвоночные, в том числе человек. Эволюционная ветвь, к которой относился тиктаалик, либо вымерла, как показано на схеме в виде короткой ветви, отделяющейся от основного эволюционного ствола, либо, возможно, составила часть той ветви, что дала начало всем современным наземным позвоночным (так называемым четвероногим). Последний общий предок человека и всех современных рыб дал начало также эволюционной ветви лопастеперых рыб (современным представителем которых является целакант). На этой и других схемах время существования группы живых организмов отражается длиной соответствующей ветви эволюционного древа. Современные группы перечислены в верхней части схемы.

Картинки (сверху вниз): ихтиостега, тиктаалик, пандерихтис

Подписи (слева направо, верхний, средний и нижний ряд):

лучеперые рыбы, лопастеперые рыбы, земноводные, все остальные современные наземные позвоночные (пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие — в том числе люди)

ихтиостега, тиктаалик, пандерихтис

древнейший общий предок костных рыб и наземных позвоночных

Принцип биологической эволюции лежит в основе всей современной биологии.

Изучение биологической эволюции в корне изменило наши представления о жизни на нашей планете. Эволюция дает нам научное объяснение причин огромного разнообразия жизни на Земле и исторического родства всех населяющих Землю живых существ. Она показывает, почему некоторые организмы, внешне довольно разные, могут быть родственниками, а другие, сходные между собой, могут состоять в довольно далеком родстве. Она объясняет причины появления на Земле человека и раскрывает биологические связи нашего вида с другими живыми существами. Она позволяет узнать в подробностях, каким родством связаны друг с другом разные группы людей и как возникли свойственные человеческому виду **признаки**. Она позволяет развить новые эффективные пути защиты человека от непрерывно эволюционирующих болезнетворных бактерий и вирусов.

Биологическая эволюция представляет собой процесс изменения признаков организмов в ряду множества поколений. До появления в начале XX века науки о наследственности — генетики — биологи не имели представления о том, какие механизмы отвечают за передачу признаков от родителей к их потомству. Генетические исследования показали, что признаки организмов определяются молекулами **ДНК**, которые передаются из поколения в поколение. Эти молекулы включают участки, называемые генами, которые отвечают за синтез **белков**, необходимых для роста и работы живых клеток. Гены также руководят развитием оплодотворенной яйцеклетки в многоклеточный организм. Таким образом, ДНК отвечает за неразрывную связь строения и функций живых организмов в ряду поколений.

Однако потомство далеко не всегда во всем похоже на своих родителей. Большинству организмов любого вида, включая человека, свойственна наследственная изменчивость. У видов, размножающихся половым путем, каждый из двух родителей передает потомству лишь половину наследственной информации (полный ее набор достается потомку в результате слияния сперматозоида отца и яйцеклетки матери), и при этом ДНК обоих родителей достается их детям в разных новых сочетаниях. Кроме того, ДНК может меняться. Такие изменения называют **мутациями**. Они передаются из поколения в поколение, как у организмов, размножающихся половым путем, так и у тех, кому свойственно бесполое размножение (например у бактерий).

Возникновение мутации в ДНК организма может приводить к разным последствиям. Мутация может вызвать изменение того или иного признака, вредное для организма, снижая его шансы выжить или оставить потомство по сравнению с другими организмами из его **популяции**. Но мутация может и никак не сказаться на жизнеспособности или репродуктивном успехе (успехе размножения) организма. Наконец, мутация может привести к формированию признака, который позволит организму успешнее пользоваться ресурсами среды, тем самым повышая его способность выжить и произвести потомство. Например, у рыбы может произойти мутация, немного видоизменяющая строение ее плавников, что позволит ей легче передвигаться на мелководьях (как это произошло у предков тиктаалика), у некоторого насекомого может слегка измениться окраска, благодаря чему оно станет менее заметным для

хищников, а у мушки может измениться узор на крыльях или характер поведения при ухаживании, что позволит ей успешнее привлекать партнеров.

[Признак — любая черта строения или поведения организма.]

[ДНК — дезоксирибонуклеиновая кислота. Биологическая молекула, состоящая из деталей, называемых нуклеотидами, соединенных вместе в длинные цепочки. Последовательность нуклеотидов в цепочке представляет собой запись наследственной информации, нужной клеткам для роста, деления и синтеза новых белков.]

[Белок — крупная молекула, образованная цепочкой маленьких составляющих, называемых аминокислотами. Последовательность аминокислот в каждом белке и трехмерная структура его молекулы определяют функции этого белка в клетке или в организме.]

[Мутация — изменение последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК. Такие изменения могут приводить к изменениям структуры белков или регуляции их синтеза.]

[Популяция — группа организмов одного вида, живущих достаточно близко друг от друга, чтобы они могли друг с другом скрещиваться.]

Если мутация повышает жизнеспособность организма, то он с большой вероятностью оставит больше потомства, чем другие организмы его популяции. Если мутация передается его потомству, то число организмов, обладающих этим признаком, который дает им преимущество перед другими, будет из поколение все увеличиваться. Таким образом этот признак и содержащийся в ДНК наследственный материал, отвечающий за него, будет с течением времени все больше распространяться в пределах этой популяции. Напротив, организмы, обладающие вредными мутациями, с меньшей вероятностью передадут свою ДНК будущим поколениям, и признак, определяемый этой мутацией, с течением времени будет встречаться реже и может совсем исчезнуть из популяции. Эволюция состоит из изменений наследуемых признаков в популяциях организмов в ряду сменяющихся друг друга поколений. *Эволюционируют популяции организмов, а не отдельные организмы.*

Процесс, суть которого состоит в неравном репродуктивном успехе организмов, обладающих полезными и вредными признаками, получил название **естественного отбора**, потому что в ходе этого процесса естественным путем отбираются признаки, повышающие способность организмов выжить и оставить потомство. Естественный отбор может также, в свою очередь, сокращать встречаемость признаков, которые уменьшают способность выжить и оставить потомство. Искусственный отбор представляет собой похожий процесс, но при таком отборе люди, а не среда обитания, отбирают желательные признаки, намеренно размножая тех животных или те растения, которые обладают этими признаками. Искусственный отбор лежит в основе создания всех форм домашних животных (например пород собак, кошек и лошадей) и культурных растений (роз, тюльпанов, зерновых).

[Естественный отбор — избирательное выживание и воспроизводство организмов, обладающих разными наследуемыми признаками, в результате действия среды.]

Вставка: Эволюция и медицина: борьба с новыми инфекциями

В конце 2002 года несколько сот человек слегли с тяжелой формой пневмонии (воспаления легких), вызванной неизвестным возбудителем. Эта болезнь получила название «атипичной пневмонии» или «тяжелого острого респираторного синдрома». Вскоре она проникла во Вьетнам, Гонконг и Канаду и привела к гибели сотен людей. В марте 2003 года группа исследователей из Университета Калифорнии в Сан-Франциско получили образцы вирусов, выделенных из тканей больного атипичной пневмонией. Используя новейший метод ДНК-микрочипов, исследователи в течение 24 часов установили, что возбудитель этой болезни является ранее неизвестным представителем одного известного семейства вирусов. Этот результат впоследствии подтвердили другие исследователи с помощью иных методов. Незамедлительно были начаты анализы крови, с помощью которых можно было выявить носителей этого вируса (чтобы подвергнуть их карантину), а также поиски средств лечения этой болезни и вакцины, с помощью которой можно было бы предотвратить заражение. Представления об эволюции возбудителей болезней сыграли ключевую роль в определении возбудителя атипичной пневмонии. Сходство генетического материала этого вируса с генетическим материалом других вирусов из того же семейства связано с тем, что они произошли от общего предка. Кроме того, сведения об эволюции вируса атипичной пневмонии послужили для ученых важным источником информации о самой болезни, в том числе о путях ее распространения. Представления об эволюционном происхождении возбудителей болезней человека будут неизбежно играть огромную роль в будущем, когда людям придется столкнуться с новыми, более опасными формами возбудителей, которые будут возникать в ходе эволюции из тех безвредных бактерий и вирусов, что существуют сегодня.

Вставка: Эволюция и сельское хозяйство: одомашнивание пшеницы

Разобравшись в каком-либо природном явлении, люди нередко могут научиться управлять этим явлением или могут приспособить его, чтобы оно приносило больше пользы. Хорошим примером этого может служить одомашнивание пшеницы. Добывая пшеничные зерна в ходе археологических раскопок и исследуя изменения, которые происходили с различными свойствами этих семян на протяжении веков, ученые смогли проследить процесс изменения пшеницы в ходе истории ее культивирования. Около 11 тысяч лет назад жители Ближнего Востока начали выращивать растения, чтобы употреблять их в пищу, вместо того, чтобы, как раньше, полностью полагаться на дикие растения и диких животных, которых они добывали собирательством и охотой. Древние земледельцы сохраняли семена растений, которые обладали особенно ценными признаками, и сеяли эти семена в следующий сезон. Процесс искусственного отбора привел к созданию разновидностей зерновых, свойства которых особенно хорошо подходят для сельского хозяйства. Например, многие поколения земледельцев видоизменяли признаки дикой пшеницы так, чтобы зрелые семена не опадали и, вместе с тем, легко отделялись от шелухи. В течение нескольких последующих тысячелетий люди по всему миру использовали сходные эволюционные процессы для преобразования многих других диких растений в используемые нами культурные, а диких животных — в используемых нами домашних. В последние годы селекционеры научились получить гибриды пшеницы и некоторых ее диких родственников с Ближнего Востока и из других районов. На основе этих гибридов они получили сорта пшеницы, все более и более устойчивые к засухе, жаре и сельскохозяйственным вредителям. В последние годы молекулярные биологи научились определять гены тех или иных культурных растений, ответственные за их полезные признаки, и внедрять эти гены в другие сельскохозяйственные культуры. В основе этих достижений лежат полученные наукой представления об эволюции, позволяющие исследовать степень родства растений и находить признаки, которые могут быть использованы для улучшения выращиваемых нами сельскохозяйственных культур.

Эволюция может происходить как за счет маленьких, так и за счет больших изменений, происходящих в популяциях живых организмов.

Исследователи эволюции открыли немало примеров структур, биохимических процессов, путей обмена веществ и форм поведения, очень слабо изменчивых в пределах видов и между видами. Некоторые виды не претерпели почти никаких явных изменений в строении тела за многие миллионы лет. Что касается ДНК, то и здесь некоторые гены, контролирующие ход тех или иных биохимических или химических реакций, жизненно важных для работы клеток, мало чем отличаются у многих видов, состоящих в довольно далеком родстве. (См., например, последовательности нуклеотидов двух разных генов, сходные как у близких видов, так и у далеких.)

Однако естественный отбор может приводить к эволюционным событиям совершенно разного масштаба за разные промежутки времени. Смена всего нескольких поколений (а в некоторых известных науке случаях — лишь одного поколения) может привести к

сравнительно небольшим **микроэволюционным** изменениям организмов. Например, многие болезнетворные бактерии вырабатывают в ходе эволюции повышенную устойчивость к антибиотикам. Если у бактерии произойдет мутация, увеличивающая ее способность противостоять действию антибиотика, такая бактерия может выжить произвести множество потомков, в то время как другие бактерии, лишенные такой устойчивости, погибнут. Приобретение такой устойчивости к новым и новым антибиотикам бактериями, вызывающими туберкулез, менингит, стафилококковые и венерические заболевания, а также многие другие болезни, составляет одну из серьезнейших проблем медицины и здравоохранения.

Другой пример микроэволюционных изменений касается исследований рыбок гуппи, обитающих в бассейне реки Арипо на острове Тринидад. Живущих в реке гуппи поедают крупные виды рыб, которые питаются и мальками, и взрослыми, а на тех гуппи, что живут в маленьких притоках реки Арипо, могут нападать только мелкие рыбы, питающиеся в основном только самыми молодыми мальками. Гуппи, живущие в реке, растут быстрее, имеют меньший размер и оставляют больше потомства, тоже меньшего размера, чем гуппи, живущие в ее притоках, потому что в реке такие признаки позволяют успешнее избегать хищников. Когда гуппи, отловленных в реке, вселили в один из притоков, где раньше не было популяции этого вида, то у них примерно за 20 поколений развились признаки, сходные с признаками других живущих в притоках гуппи.

[Микроэволюция — изменения признаков группы организмов, не приводящие к образованию нового вида.]

Исследования гуппи на острове Тринидад продемонстрировали фундаментальные механизмы эволюции.

**За какое время сменится тысяча поколений?
Сколько поколений могут смениться за миллион лет?**

	Одно поколение	Тысяча поколений	Число поколений за миллион лет
Бактерии	от 1 часа до 1 дня	1 000 часов (42 дня) до 2,7 лет	от 370,4 млн до 8,7 млрд
Кошки и собаки	2 года	2 000 лет	500 000
Люди	22 года	22 000 лет	45 000

Накапливающиеся эволюционные изменения могут, обычно за очень длительные промежутки времени, привести к появлению новых форм организмов, в том числе новых видов. Новые виды обычно образуются, когда представители одной подгруппы в пределах вида в течение продолжительного времени не скрещиваются с особями, не относящимися к этой подгруппе. Например, эта подгруппа может оказаться изолированной от остальных особей своего вида географически, или в результате перехода к новому способу потребления ресурсов. Из-за того, что представители подгруппы скрещиваются только между собой (репродуктивно изолированы от остальных), у них накапливаются генетические отличия от остальных особей этого вида. Если такая изоляция сохраняется достаточно долго, то представители этой подгруппы могут утратить склонность скрещиваться с теми особями, от которых они были долгое время изолированы. В конечном итоге генетические изменения станут столь существенны, что представители разных подгрупп совсем утратят способность производить плодовитое потомство, даже если скрестятся между собой. Таким образом новые виды могут неоднократно «отпочковываться» от некоторого давно существующего вида.

Черода видообразований может за долгое время привести к возникновению организмов, сильно отличающихся от своих предков. Хотя каждый новый вид похож на тот вид, от которого он происходит, последовательно возникающие новые виды могут отходить от предковой формы все дальше и дальше. Такое удаление от предковой формы (так называемая дивергенция) способно идти особенно интенсивно, если эволюционные изменения позволяют группе организмов занять новое местообитание или перейти к новому способу потребления ресурсов.

Возьмем, к примеру, непрерывно продолжавшуюся эволюцию позвоночных после их выхода на сушу. По мере того, как возникали новые растения и покрывали собой землю, четвероногие позвоночные тоже менялись, приобретая свойства, которые позволяли им успешно существовать в новых условиях. Первые наземные позвоночные были земноводными (амфибиями). Они проводили часть жизни на суше, но продолжали возвращаться в воду, чтобы отложить яйца. Около 340 миллионов лет назад в ходе эволюции возникли яйца, заключенные в твердую или кожистую скорлупу и содержащие зародышевые оболочки — дополнительные мембраны, помогающие зародышу выжить в сухой среде. Такие яйца стали одним из важнейших достижений эволюции пресмыкающихся. Древнейшие пресмыкающиеся разделились на несколько основных ветвей. Одна из них дала большинство современных пресмыкающихся, а также динозавров и птиц. Другая привела к возникновению млекопитающих, в промежутке от 200 до 250 миллионов лет назад.

Когда четвероногие (к которым относится эта морская черепаха, откладывающая яйца на песчаном пляже) выработали в ходе эволюции способность откладывать покрытые твердой оболочкой яйца, они больше не нуждались в том, чтобы возвращаться в воду для размножения. От последнего общего предка всех современных четвероногих (наземных позвоночных) произошли земноводные и предшественники пресмыкающихся. Птицы и млекопитающие возникли из разных эволюционных ветвей древнейших пресмыкающихся.

Подписи (слева направо, верхний ряд и вдоль крайней правой ветви):

земноводные, пресмыкающиеся, птицы, сумчатые, мыши, кролики, кошки, мартышки, шимпанзе, люди

последний общий предок всех наземных позвоночных, млекопитающие, последний общий предок всех обезьян

Вставка: Эволюция и промышленность: естественный отбор в работе

Представления о естественном отборе находят применение во многих областях и за пределами биологии. Например, химики научились использовать принцип естественного отбора для синтеза новых веществ, обладающих заранее заданными свойствами. Сперва они синтезировали разновидности известных молекул, используя химические технологии. Затем испытывали полученные соединения, проверяя, в какой степени они обладают искомыми свойствами. На основе вариантов, дающих наилучшие результаты, они создавали новые молекулы. Неоднократное повторение такой процедуры отбора существенно повышает шансы успешно выполнить поставленную задачу. Эта методика была использована для создания новых ферментов, позволяющих превращать стебли кукурузы и другие отходы сельского хозяйства в этиловый спирт намного эффективнее, чем это удавалось делать ранее.

Эволюционный переход от рептилий к млекопитающим особенно хорошо отражен в палеонтологической летописи. Следовавшие друг за другом ископаемые обладают все более крупным мозгом и все более специализированными органами чувств, челюстями и зубами, приспособленными к более успешному жеванию, конечностями, пояса которых постепенно смещаются с боков на брюшную сторону тела, и половой системой самок, способной все лучше поддерживать питание и развитие детенышей внутри материнского организма. Многие биологические новшества, наблюдаемые у млекопитающих, вероятно связаны с эволюцией теплокровности — свойства, которое позволяет вести активный образ жизни при широком

диапазоне температур, недоступном предкам млекопитающих — холоднокровным пресмыкающимся. Наконец, в промежутке от 60 до 80 миллионов лет назад, в палеонтологической летописи появляется группа млекопитающих, называемая приматами. Они обладали хватательными передними и задними конечностями, глазами на лицевой стороне головы и еще более крупным и более сложным мозгом. От этой эволюционной ветви впоследствии произошли древние и современные люди.

Ученые ищут объяснений природных явлений на основании опытных данных.

Достижения последних двух столетий в области изучения эволюции — прекрасный пример того, как работает наука. Научные знания и представления накапливаются в результате непрерывного взаимодействия наблюдений (в том числе результатов опытов) и объяснений. Ученые собирают информацию, наблюдая природные явления и проводя опыты. Затем они выдвигают предположения о том, как ведет себя исследуемая система в целом, основывая эти предположения на данных, полученных в ходе опытов и наблюдений. Затем они проверяют свои объяснения, проводя дополнительные наблюдения, а также опыты с измененными условиями. Другие ученые независимо проверяют результаты, полученные их коллегами, и проводят новые исследования, результатом которых могут стать более изощренные объяснения, а также предсказания, касающиеся будущих наблюдений и опытов. Этот способ работы позволяет ученым давать все более и более точные и полные объяснения изучаемых природных явлений.

Научные объяснения должны быть основаны на происходящих в естественных условиях событиях. Естественные причины таких событий принципиально воспроизводимы и, поэтому, могут быть проверены независимо разными исследователями. Если объяснения основываются не на естественных причинах, а на предполагаемых сверхъестественных силах, ученые не могут ни подтвердить, ни опровергнуть такие объяснения. Любое научное объяснение должно быть *проверяемым* — всегда должна быть возможность наблюдать такие последствия, которые могли бы подтвердить выдвинутую идею, *но также и такие, которые могли бы ее опровергнуть*. Выдвигаемое объяснение может быть подвергнуто научной проверке только в том случае, если оно находится в рамках, предполагающих возможность наблюдения свидетельств, говорящих против этого объяснения.

Определение науки¹

Наука — это процесс использования наблюдений для создания проверяемых объяснений и предсказаний, касающихся природных явлений, а также знания, накапливаемые в результате этого процесса

Наблюдения и объяснения строятся на основании друг друга, поэтому наука как форма деятельности основана на принципе накопления получаемых результатов за счет вклада множества участников. Повторяемые наблюдения и опыты приводят к созданию объяснений, описывающих природные явления все точнее и полнее, а эти объяснения, в свою очередь, предполагают новые наблюдения и опыты, которые можно использовать для проверки и расширения существующих объяснений. Благодаря этому глубина и широта научных объяснений с течением времени возрастает по мере того, как новые поколения ученых, часто

¹ Речь идет о естественных науках. В английском языке слово «science» («наука») обычно используют в значении «естественные науки». Гуманитарные науки («humanities») как правило рассматривают отдельно. — *Прим. перев.*

пользуясь техническими новшествами, трудятся над исправлением, совершенствованием и расширением результатов работы своих предшественников.

Вставка: Эволюция — это теория или факт?

Она и то, и другое. Но для более подробного ответа на этот вопрос нужно сперва разобраться в том, что означают слова «теория» и «факт».

В повседневной жизни «теорией» обычно называют догадки или предположения. Когда говорят: «У меня есть теория, что там на самом деле произошло», то обычно делают выводы, основанные на неполных или сомнительных свидетельствах.

Формальное научное определение теории сильно отличается от повседневного значения этого слова. В науке теория — это комплексное объяснение некоторой группы природных явлений, подтвержденное обширным набором свидетельств.

Многие научные теории имеют положение столь прочное, что едва ли будут существенно изменены в результате получения каких-либо новых данных. Например, мы никогда не получим свидетельств того, что Земля не вращается вокруг Солнца (в соответствии с гелиоцентрической теорией) или что живые организмы не состоят из клеток (в соответствии с клеточной теорией), что материя не состоит из атомов (атомная теория строения материи), или что земная кора не разделена на твердые плиты, которые движутся в геологических масштабах времени (теория тектоники плит). Подобно этим фундаментальным научным теориям, теория эволюции подтверждается таким множеством наблюдений и убедительных результатов различных опытов, что ученые уверены в том, что ее основные составляющие никогда не будут опровергнуты новыми данными. Однако, как и любая другая научная теория, теория эволюции все время претерпевает уточнения по мере возникновения новых областей науки и новых технологий, которые делают возможными наблюдения и опыты, невозможные ранее.

Одна из полезнейших особенностей научных теорий состоит в том, что их можно использовать для того, чтобы делать предсказания естественного хода событий, а также предсказания явлений, ранее не наблюдававшихся. Например, теория всемирного тяготения предсказывала поведение объектов на поверхности Луны и других планет задолго до того, как эти предсказания удалось подтвердить благодаря исследовательским космическим аппаратам и астронавтам. Эволюционисты, открывшие тиктаалика, предсказывали, что они могут обнаружить ископаемые остатки организма, промежуточного между рыбами и наземными позвоночными, в осадочных породах возрастом около 375 миллионов лет. Их открытие подтвердило предсказание, сделанное исходя из положений эволюционной теории. Каждое подтвержденное предсказание увеличивает доверие к теории, на основании которой это предсказание сделано.

Слово «факт» в науке обычно используют для обозначения наблюдения, результата измерений или какого-либо иного свидетельства, повторения которого можно ожидать при воспроизведении тех же условий. Но ученые называют словом «факт» также и научные объяснения, проверенные и подтвержденные столь много раз, что у нас больше нет серьезных оснований для того, чтобы продолжать проверять их справедливость или искать дополнительные подтверждения. В этом смысле биологическая эволюция в прошлом и в настоящем есть научный факт. В связи с тем, что свидетельства, говорящие в пользу этого факта, столь сильны, ученые больше не задаются вопросом, имела ли место эволюция и продолжается ли она. Вместо этого они изучают механизмы эволюции, возможные скорости ее протекания и другие вопросы такого рода.

Наука не позволяет доказать с полной уверенностью полноту и окончательность какого-либо объяснения. Некоторые из выдвигаемых учеными объяснений оказываются, в результате дальнейших наблюдений и опытов, ошибочными. Новые инструменты исследования могут позволить провести наблюдения, которые покажут неадекватность существующего объяснения. Новые идеи могут привести к объяснениям, которые продемонстрируют неполноту или ущербность предшествующих объяснений. К настоящему времени удалось выявить неточность одних и ограниченную область применения других научных идей, когда-то общепризнанных.

Тем не менее, многие научные объяснения проверены столь основательно, что едва ли когда-либо они существенно изменятся в ходе новых наблюдений или в результате анализа данных, полученных с помощью новых опытов. Эти объяснения ученые принимают как истинные и действительные описания природы. Атомное строение материи, генетические основы наследственности, кровообращение, гравитация (всемирное тяготение) и движение планет, процессы биологической эволюции, происходящие под действием естественного отбора, — вот лишь несколько примеров того огромного множества научных объяснений, которые подтверждены самым убедительным образом.

Наука — не единственно возможный путь познания. *Но наука отличается от всех остальных путей познания своей зависимостью от опытных данных и проверяемых объяснений.* Теория эволюции объясняет явления, которые находятся, в то же время, в центре религиозных представлений, такие как происхождение биологического разнообразия и, особенно, происхождение человека. В связи с этим эволюционные идеи продолжают вызывать споры в обществе с тех самых пор, как Чарльз Дарвин и Альфред Рассел Уоллес впервые выдвинули основные положения эволюционной теории в 1858 году.

Вполне возможно совмещать доверие к научным данным, подтверждающим эволюцию, с религиозными убеждениями.

В наши дни все большее число религиозных конфессий признают, что биологическая эволюция произвела на свет все разнообразие жизни на Земле в течение миллиардов лет истории нашей планеты. Многие конфессии выступили с официальными заявлениями, согласно которым эволюция совместима с догматами их веры. Ученые и богословы красноречиво описывают те чувства восторга и удивления, которые вызывает у них история Вселенной и история развития жизни на Земле, и объясняют, почему они не видят противоречий между своей верой в бога и данными, свидетельствующими об эволюции. Конфессии, не признающие реальность эволюции, обычно проповедуют строго буквальное прочтение священных текстов.

В основании науки и религии лежат разные стороны жизненного опыта людей. Наука *требует*, чтобы объяснения явлений были основаны на данных, полученных в ходе непосредственных исследований. Научно-обоснованные наблюдения или опыты, противоречащие какому-либо объяснению *требуют* пересмотра этого объяснения или даже отказа от него. Религиозные убеждения, напротив, основаны далеко не только на опыте, они не обязаны меняться перед лицом противоречивых свидетельств, и обычно касаются в том числе сверхъестественных сил или сущностей. Сверхъестественные сущности не входят в состав природы, поэтому их невозможно изучать естественнонаучными методами. В связи с этим можно говорить о том, что наука и религия по своей сути отделены друг от друга. Им свойственен разный подход в области познания мира человеком. Попытки свалить их в кучу, настроив друг против друга, создают противоречия там, где их не должно быть.

Вставка: Цитаты из заявлений ведущих религиозных деятелей, которые считают, что их что вера и наука не противоречат друг другу

Многие религиозные конфессии и отдельные ведущие деятели религии выступали с заявлениями, признающими эволюцию и подчеркивающими, что эволюция и вера не противоречат друг другу.

«В своей энциклике *Humani Generis* (1950) мой предшественник Пий XII уже заявлял о том, что между эволюцией и доктриной веры относительно человека и его призвания нет противоречия, если мы не будем упускать из виду некоторые непреложные истины. <...> Сегодня, по прошествии более полувека со дня выхода той энциклики, новые открытия убеждают нас в том, что эволюцию следует признать более чем гипотезой. Важно отметить, что эта теория оказывает все большее и большее влияние на исследовательский дух, по мере появления новых достижений в различных областях знаний. Согласие между результатами таких независимых исследований, которое заранее не планировалось и как цель не ставилось, составляет само по себе сильный аргумент в пользу этой теории».

— Папа Римский Иоанн Павел II, послание к Папской академии наук, 22 октября 1996 года

«Если люди, получающие образование, остаются в неведении относительно эволюции, их неведение существенно подрывает их понимание мира и естественных законов, управляющих миром, а ознакомление студентов с ненаучными объяснениями, подаваемыми как научные, создает у них ложные представления о научных методах и понятиях».

— *Центральная конференция раввинов США*

«Между эволюционной теорией происхождения человека и учением о Боге как Создателе нет противоречия».

— *Генеральная ассамблея Пресвитерианской Церкви*

«Мы, нижеподписавшиеся, христианские священнослужители множества разных конфессий, считаем, что вечные истины Библии и открытия современной науки могут благополучно сосуществовать. Мы считаем, что теория эволюции есть фундаментальная научная истина, устоявшая в ходе строгих проверок и ставшая основанием большей части человеческих знаний и достижений. Отвергать эту теорию или относиться к ней как к «одной из многих» — значит по собственной воле принимать плоды невежества в области науки и передавать это невежество нашим детям. Мы считаем, что человеческий разум, способный мыслить критически, есть одно из благ, дарованных человеку Богом, и что отказываясь использовать этот дар в полную силу, мы нарушаем волю нашего Создателя. <...> Мы призываем школьные советы к тому, чтобы, сохраняя целостность программ изучения науки, включать в эти программы изучение теории эволюции как одного из столпов человеческого знания. Мы призываем к тому, чтобы наука оставалась наукой, а религия оставалась религией. Наука и религия представляют собой две очень разные, но дополняющие друг друга формы истины».

— *Проект «Письмо священнослужителей», собравший подписи более 10 000 христианских священников. См. дополнительные сведения на сайте http://www.butler.edu/clergyproject/clergy_project.htm*

Вставка: Цитаты из заявлений ученых, которые считают, что их что вера и наука не противоречат друг другу

Ученые, как и люди других профессий, придерживаются самых разных взглядов на вопросы, связанные с религией и ролью сверхъестественных сил во Вселенной. Некоторые придерживаются концепции сциентизма, согласно которой лишь методы науки пригодны для познания всего, что доступно познанию во Вселенной. Другие являются приверженцами деизма, согласно которому Бог создал все сущее и привел в движение Вселенную, но больше не управляет непосредственно каждым явлением природы. Третьи — теисты — считают, что Бог непосредственно вмешивается в события нашего мира. Многие ученые, верящие в Бога как в первопричину Вселенной или как ее действующее начало, красноречиво описывали свои убеждения.

«На мой взгляд, между тем, чтобы быть ученым, работающим в области точных наук, и человеком, верящим в Бога, лично заинтересованного в каждом из нас, нет противоречия. Сфера деятельности науки — изучение природы. Сфера Бога — духовный мир, область, которую невозможно изучить, пользуясь методами и языком науки. Она требует изучения сердцем, разумом и душой».

— *Фрэнсис Коллинс (Francis Collins), директор проекта «Геном человека» (Human Genome Project) и Национального института исследований генома человека Национальных институтов здравоохранения (National Human Genome Research Institute at the National Institutes of Health). Цитата из книги «Язык Бога: Свидетельства ученого в пользу веры» («The Language of God: A Scientist Presents Evidence for Belief», стр. 6)*

«Креационисты неизменно ищут Бога в явлениях, еще не объясненных наукой, или в явлениях, которые, по их мнению, для науки необъяснимы. Многие религиозные ученые, напротив, ищут Бога в том, что наука уже постигла и объяснила».

— *Кеннет Миллер (Kenneth Miller), профессор биологии Брауновского университета, автор книги «Найти Дарвинова Бога: Ученый в поисках объединяющих начал Бога и эволюции» («Finding Darwin's God: A Scientist's Search for Common Ground Between God & Evolution»).* Цитата из интервью, представленном на сайте <http://www.actionbioscience.org/evolution/miller.html>

«Наше научное понимание Вселенной <...> дает тем, кто верит в Бога, несравненный повод для плодотворных раздумий о своей вере».

— *о. Джордж Коин (George Coyne), католический священник и бывший директор Ватиканской обсерватории.* Цитата из речи «Науке не нужен Бог... или нужен? Взгляд ученого-католика на эволюцию», произнесенной в Атлантическом университете в Палм Бич (Palm Beach Atlantic University) 31 января 2006 г. Полный текст речи см. на сайте <http://chem.tufts.edu/AnswersInScience/Coyne-Evolution.htm>

Глава вторая

Свидетельства биологической эволюции

Свидетельства биологической эволюции получены во многих областях науки.

Научные представления об эволюции сформировались при участии множества разнообразных данных, полученных в различных областях науки. Некоторые из этих данных, такие как ископаемые остатки давно вымерших животных и характер географического распространения видов, были известны ученым с XIX века или даже раньше. Другие разновидности данных, такие как сравнения последовательностей нуклеотидов в ДНК, стали доступны ученым лишь в XX и XXI веках.

Свидетельства в пользу эволюции получены не только в биологии, но и в других областях исследования прошлого и настоящего: в антропологии, астрофизике, химии, геологии, физике, математике и в других научных дисциплинах, в том числе в науке о поведении и в социологии. Астрофизика и геология продемонстрировали, что Земля возникла достаточно давно, чтобы биологическая эволюция привела к возникновению всех живущих в наши дни видов. Физика и химия предоставили науке методы датировки, позволившие установить время, когда произошли основные эволюционные события. Исследования древних видов позволили выявить не только особенности строения, но и особенности поведения, образующие непрерывные последовательности в эволюционных рядах видов. Антропология позволила получить новые сведения о происхождении человека и о возникновении особенностей человеческого поведения и общественного устройства в ходе исторического взаимодействия биологических и культурных факторов.

Как и в любой другой области науки, многие вопросы пока остаются без ответа. Биологи по-прежнему исследуют степень и характер эволюционного родства разных видов, генетические изменения, влияющие на строение и работу организмов, действие живых существ на климат Земли и на другие свойства окружающей среды, эволюцию интеллекта и социального поведения, а также многие другие интереснейшие проблемы. Но в каждом случае они задают конкретные вопросы и стараются узнать больше о том, *как происходила и происходит эволюция, а не происходила ли она вообще*. Они изучают механизмы, вызывающие эволюционные изменения, и последствия этих изменений, продолжая проливать свет на все эти вопросы.

Биологическая эволюция составляет часть той убедительной исторической картины, которую ученые создали за последние несколько веков. Картина эта начинается с образования Вселенной, Солнечной системы и Земли. Эти события привели к возникновению условий, необходимых для эволюции жизни. Мы по-прежнему не имеем ответов на многие вопросы, касающиеся возникновения жизни на нашей планете, но мы можем быть уверены, что ее возникновение запустило процесс биологической эволюции, продолжающийся по сей день. Новые элементы и штрихи добавляются сегодня к этой картине, в частности в ходе изучения наследственных механизмов, ответственных за эволюционные изменения.

Возникновение Вселенной, нашей галактики и Солнечной системы привело к образованию условий, необходимых для эволюции жизни на Земле.

Представления о месте Земли во Вселенной изменились в XX веке не в меньшей степени, чем в XVI и XVII веках, вслед за предположением Коперника, которое поначалу казалось многим весьма спорным, что Солнце, а не Земля находится в центре известного людям мироздания. В двадцатые годы XX века новый телескоп, установленный в обсерватории на горе Уилсон в окрестностях Лос-Анджелеса, позволил установить, что многие неясные пятнышки света, наблюдаемые на ночном небе, являются не туманностями в пределах нашей галактики (Млечного Пути), а отдельными галактиками, каждая из которых состоит из многих миллиардов звезд. Исследуя свет, испускаемый этими звездами, астрофизики пришли к еще одному важному выводу: галактики удаляются друг от друга по всем направлениям, то есть Вселенная расширяется.

Это наблюдение привело к возникновению гипотезы, которую впервые сформулировал бельгийский астроном и римско-католический священник Жорж Леметр. Согласно этой гипотезе Вселенная возникла в результате события, впоследствии получившего название Большой Взрыв. Согласно этой идее, вся энергия и вся материя во Вселенной первоначально были так сжаты, что представляли собой бесконечно малый, бесконечно плотный и бесконечно горячий объект, получивший название космологической сингулярности. Ученым по-прежнему известно о ней очень мало. Затем Вселенная начала расширяться. По ходу расширения она охладилась до такой степени, что элементарные частицы, которые сегодня образуют материю Вселенной, достигли устойчивого состояния. Из предположения о Большом Взрыве и представлений о времени, которое должно было пройти с тех пор, следовало предсказание, согласно которому можно было ожидать, что материя в дальнем космосе должна обладать определенной рассчитанной температурой. Это предсказание впоследствии подтвердилось в результате исследований, проведенных с помощью расположенных на земле микроволновых радиотелескопов. Последующие наблюдения, проведенные со спутников, показали, что фоновое излучение Вселенной имеет в точности те характеристики, которые предсказывает концепция Большого Взрыва.

По мере расширения Вселенной материя собиралась, под действием тяготения и других сил, природа которых пока не вполне выяснена, в огромные образования, ставшие галактиками. В пределах этих образований сгустки материи намного меньшего размера сжались до вертящихся облаков газа и пыли. Когда материя в центре каждого облака становилась под действием тяготения достаточно плотной, атомы водорода в этих облаках начинали объединяться, образуя атомы гелия, испуская свет и другие формы излучения. Так возникли звезды.

Астрофизики также выяснили, что некоторые звезды образуются в центре уплощенных дисковидных скоплений материи. Газ и пыль в пределах таких скоплений могут объединяться в небольшие тела, называемые протопланетами. Компьютерные модели позволили установить, что протопланеты могут срастаться в планеты и другие объекты (такие как спутники планет и астероиды), вращающиеся вокруг звезды. По-видимому, именно так и возникла наша Солнечная система. Точные измерения и расчеты позволили обнаружить большие планеты, вращающиеся вокруг звезд и в других частях нашей галактики. Из этих открытий следует, что вокруг входящих в галактику миллиардов звезд вращаются, в свою очередь, миллиарды планет.

Астрофизики и геологи разработали множество методик, позволяющих оценить возраст Вселенной, нашей Галактики, Солнечной системы и Земли. Измеряя расстояния между галактиками и скорости их расхождения, астрономы могут рассчитать, сколько времени прошло с тех пор, как произошел Большой Взрыв. Для измерения этих показателей используют методы, точность которых в наши дни продолжает возрастать. Согласно современным данным, Вселенная возникла около 14 миллиардов лет назад. Другой метод, позволяющий оценить возраст Вселенной, основан на измерении фонового излучения, оставшегося от Большого Взрыва. Этот метод дает сходные результаты. Другие наблюдения и расчеты свидетельствуют о том, что наша галактика начала образовываться через несколько сотен миллионов лет после Большого Взрыва, то есть Млечный Путь немногим моложе, чем сама Вселенная.

Солнечная система возникла в пределах Млечного Пути намного позже. Измерения свойств радиоактивных элементов, содержащихся в метеоритах, которые представляют собой остатки материалов, образовавших Солнечную систему, указывают на то, что наша планета сформировалась от 4,5 до 4,6 миллиардов лет назад. После того, как возникла Земля, ее бомбардировали многие астероиды и кометы, неоднократно расплавляя ее поверхность. Новейшие расчеты показывают, что одно из тел, столкнувшихся с Землей, было столь большим (приблизительно размером с Марс), что от столкновения часть материала Земли выплеснулась на орбиту и образовала Луну. Самые древние из горных пород, доставленных с Луны, имеют, согласно измерениям и расчетам, возраст между 4,4 и 4,5 миллиардами лет. Древнейшие твердые породы, обнаруженные на Земле, — цирконовые кристаллы, образовавшиеся 4,4 миллиарда лет назад. Породы, возраст которых превышает 3,5 миллиардов лет, были обнаружены на всех земных континентах.

Космический телескоп «Хаббл» в течение десяти дней был сфокусирован на небольшом участке звездного неба в районе Большой Медведицы. Этот сеанс наблюдений позволил обнаружить сотни ранее неизвестных науке галактик.

Темный диск из пыли и газа разрезает пополам свящуюся звезду, запечатленную на этой фотографии, сделанной с космического телескопа «Хаббл». Такие диски, по-видимому, служат источником сырого материала для образования протопланет, которые, объединяясь, образуют планеты и другие вращающиеся вокруг звезд тела.

Вставка: Радиометрическое датирование

Согласно данным современной космологии, частицы, образующие обычную материю (протоны, нейтроны и электроны), сформировались в те времена, когда Вселенная охлаждалась после Большого Взрыва. Затем эти частицы объединялись вместе, образуя атомы водорода, гелия и, в небольших количествах, следующего, более тяжелого элемента периодической системы, лития.

Все остальные элементы во вселенной возникли внутри звезд, подобных Солнцу, или взрывающихся звезд, называемых сверхновыми. Добавление нейтронов к более легким элементам приводило, в ходе ядерных реакций, к образованию элементов более тяжелых. Сверхновые разбрасывали эти элементы по межзвездному пространству. Смешиваясь с водородом, гелием, и литием, возникшими после Большого Взрыва, эти элементы сформировали бесчисленные звездные системы, в том числе и нашу Солнечную систему.

Некоторые атомы обладают радиоактивностью. Это означает что они подвержены естественному процессу распада, в результате которого они образуют другие радиоактивные и нерадиоактивные атомы и испускают энергию. Каждый радиоактивный **нуклид** (радионуклид) характеризуется определенным периодом полураспада, то есть временем, за которое половина атомов в некотором образце распадается. В связи с этим радиоактивные атомы работают как внутренние часы, встроенные в материал, в состав которого они входят. Сравнивая долю определенного радиоактивного элемента в некотором материале с долей продуктов его распада в этом материале, исследователи могут определить время формирования этого материала. Подобные измерения и расчеты позволили установить возраст Земли и Луны, различных метеоритов, и всей Солнечной системы. Все результаты этих измерений и расчетов свидетельствуют о том, что этим объектам миллиарды лет.

Некоторые люди, выступающие против изучения эволюции, пытаются подвергнуть сомнению данные радиометрических анализов. Но на самом деле этот метод, выработанный благодаря прекрасно продуманным исследованиям, занявшим более века, представляет собой одно из самых хорошо обоснованных достижений современной науки.

[Нуклид — атом, обладающий некоторым числом протонов и нейтронов в своем ядре. Химический элемент определяется числом протонов в ядре. Нуклиды, обладающие одинаковым числом протонов, но разным числом нейтронов, относятся к разным изотопам одного элемента.]

Живые организмы появились на Земле в течение первого миллиарда лет ее существования.

Древнейшие ископаемые свидетельствуют о том, что жизнь на Земле существовала на протяжении большей части истории нашей планеты. На западе Австралии палеонтологи обнаружили особые камни, называемые строматолитами, которые, по-видимому, образовались в результате деятельности бактерий не менее 3,4 миллиардов лет назад, и ископаемые остатки цианобактерий (также известных под названием «сине-зеленые водоросли»), возраст которых, по данным измерений и расчетов, составляет около 3,5 миллиардов лет. Другие свидетельства, полученные в результате химических анализов, говорят о том, что жизнь могла возникнуть намного раньше, в течение первых нескольких сотен миллионов лет после того, как поверхность Земли остыла и затвердела.

Вопрос о том, как зародилась жизнь, — одна из интереснейших и сложнейших научных проблем. Мы пока не располагаем никакими ископаемыми свидетельствами существования жизни раньше 3,5 миллиардов лет назад. Воссоздать условия, при которых зародились древнейшие организмы, очень трудно, потому что наши знания химических и физических условиях, которые были на Земле в древнейшие времена, далеко не полны. Тем не менее, исследователи выдвинули ряд гипотез о том, как самовоспроизводящиеся организмы могли появиться и начать эволюционировать, и сравнивают правдоподобие этих гипотез, проводя определенные опыты. Хотя ни одна из этих гипотез пока не стала общепринятой, науке удалось пролить некоторый свет на эти фундаментальные вопросы.

Сотни лабораторных опытов, проводившихся с пятидесятых годов XX века, показали, что простейшие из химических соединений, имеющих на Земле, в том числе вода и вулканические газы, могли в результате реакций образовывать многие из молекул, составляющих строительные блоки живых клеток, в том числе молекулы веществ, из которых состоят белки, ДНК и клеточные мембраны. Метеориты, прилетающие из космоса, тоже содержат некоторые из этих строительных блоков, а астрономы с помощью радиотелескопов нашли много таких молекул в межзвездном пространстве.

Для того, чтобы возникла жизнь, должны были выполняться три условия. Во-первых, должны были образоваться группы молекул, способные к самовоспроизведению. Во-вторых, копии этих молекулярных комплексов должны были обладать изменчивостью, так чтобы одни из них могли эффективнее пользоваться ресурсами и обладать большей устойчивостью к действию среды, чем другие. В третьих, эта изменчивость должна была наследоваться, позволяя некоторым формам увеличиваться в числе при благоприятных условиях среды.

Современные строматолиты, образованные одноклеточными организмами (*вставка*) довольно похожи на структуры, которые возникали в результате деятельности некоторых из древнейших живых организмов, обитавших на Земле.

Никто пока не знает, какая комбинация молекул впервые удовлетворила этим условиям, но ученые показали, как принципиально могли заработать эти процессы, изучая молекулы вещества, называемого **РНК**. Недавно удалось выяснить, что некоторые молекулы РНК могут во много раз ускорять скорости химических реакций, в том числе реакции воспроизведения элементов других молекул РНК. Если молекулы РНК могли оказаться способны к самовоспроизведению (возможно при содействии других молекул), они могли создать основы для возникновения очень простого живого организма. Если такие самовоспроизводящиеся комплексы оказывались заключены в пузырьки, образованные мембранами из определенных химических веществ, они могли сформировать «протоклетки» — древнейшие формы самых простых клеток. Изменения, происходящие с этими молекулами, могли привести к возникновению форм, которые, к примеру, воспроизводились в определенной среде эффективнее. Тем самым началось бы действие естественного отбора, которые дал бы возможность протоклеткам, обладающим выгодными особенностями молекулярного строения, размножаться успешнее и становиться все сложнее.

Для того, чтобы выдвинуть правдоподобную гипотезу происхождения жизни, нужно ответить еще на многие вопросы. Исследователи, изучающие происхождение жизни, пока не знают даже, какие комплексы химических соединений могли начать самовоспроизводиться. Даже если мы сможем создать живую клетку в лаборатории на основе простых химических соединений, это еще не будет свидетельствовать о том, что в природе, на молодой Земле, миллиарды лет назад произошло то же самое. Но принципы, лежащие в основе химических истоков жизни, а также возможные подробности процесса ее возникновения, являются, как и другие природные явления, объектом научных исследований. История науки показывает, что даже такие сложные вопросы, как вопрос о том, каким образом возникла жизнь, могут стать доступны для научного решения в результате развития теорий, разработки нового оборудования и открытия новых фактов.

[РНК — рибонуклеиновая кислота. Вещество, молекулы которого сходны с молекулами ДНК, и тоже представляют собой цепочки нуклеотидов. Молекулы РНК выполняют в клетках несколько функций, в том числе играют роль матриц для синтеза белков и ускоряют течение некоторых биохимических реакций.]

Палеонтологическая летопись содержит многочисленные свидетельства эволюции, отражающие многие подробности ее течения.

В начале XIX века естествоиспытатели открыли, что ископаемые остатки распределены в разных слоях **осадочных** горных пород в определенном порядке. Более древние материалы в таких породах залегают глубже, ближе к основанию осадочной породы, чем вещества, образовавшиеся в результате более позднего осадконакопления, хотя иногда и случается, что более древние породы оказываются над более молодыми — там, где материал земной коры переворачивался в ходе происходивших в прошлом сдвигов.

Ископаемые остатки организмов, очень сходных с современным, встречаются в сравнительно молодых отложениях, в то время как ископаемые, которые лишь отдаленно напоминают современные организмы, залегают в более древних пластах осадочных пород. Исходя из этих наблюдений многие естествоиспытатели, в том числе Эразм Дарвин, дед Чальза, полагали, что живые организмы меняются со временем. Но Чальз Дарвин и Альфред Рассел Уоллес первыми установили, что движущей силой эволюции служит естественный отбор, который Чарльз Дарвин также называл «происхождением в результате модификаций».

[Осадочные породы — горные породы, формирующиеся из частиц, откладывающихся и накапливающихся в результате действия воды, ветра или льда.]

Когда в 1859 году была опубликована книга Дарвина «Происхождение видов», палеонтология как наука еще находилась в зачаточном состоянии. Осадочные породы из многих районов Земли были по-прежнему неизвестны или не были хорошо изучены. Дарвин в течение почти 20 лет собирал свидетельства, подтверждающие его теорию, прежде чем ее положения были им опубликованы. Кроме того, он подробно обсудил в своей книге и возможные трудности своей теории, связанные, в частности, с неполнотой палеонтологической летописи и с недостатком (среди известных на тот момент ископаемых) переходных форм, промежуточных между большими группами живых организмов.

За прошедшие с тех пор полтора века палеонтологи открыли множество переходных форм, неизвестных во времена Дарвина. Залегающие во многих районах земли осадочные породы, образовавшиеся от 540 до 635 миллионов лет назад, содержат ископаемые отпечатки мягкотелых многоклеточных организмов. Окаменевшие следы, предположительно оставленные двигавшимися по субстрату животными, свидетельствуют о том, что червеобразные организмы могли существовать на Земле и более миллиарда лет назад. Вероятно, некоторые из этих организмов представляли собой формы, промежуточные между одноклеточными существами, которые были единственными обитателями Земли в течение первых двух или более миллиардов лет ее истории, и обладающими твердым телом животными, во множестве появляющимися в палеонтологической летописи около 540 лет назад. Многие из существовавших тогда организмов, в свою очередь, были промежуточными формами между более ранними мягкотелыми существами и большими ветвями эволюционного древа (такими как рыбы, членистоногие и моллюски), существующими и по сей день.

Описанный в начале этой книги тиктаалик представляет собой примечательную переходную форму между рыбами и древнейшими наземными позвоночными (так называемыми четвероногими). Ископаемые остатки возрастом около 330 миллионов лет отражают основные этапы эволюции крупных земноводных, которые произошли от древнейших четвероногих. Многие хорошо сохранившиеся скелеты из осадочных пород возрастом около 230 миллионов лет принадлежат динозаврам, произошедшим от одной из ветвей пресмыкающихся. Известный пример переходной формы — археоптерикс, ископаемое, жившее 155 миллионов лет назад, обладающее скелетом небольшого динозавра, но также крыльями и перьями. Другие похожие на птиц ископаемые организмы были обнаружены в Китае. Их возраст составляет около 110 миллионов лет. Хвосты у них довольно короткие, а на крыльях есть снабженные когтями придатки. По открытым в результате раскопок более поздним ископаемым можно проследить эволюцию многих современных групп организмов, таких как киты, слоны, броненосцы, лошади и люди.

Почти полный скелет переходной формы, организма, похожего на птицу, данные о находке которого в Китае были опубликованы в 2006 году.

Сходство строения и поведения часто свидетельствует о происхождении от общего предка.

Все виды, обитающие на Земле в наши дни, происходят от других видов, живших раньше, которые, свою очередь, происходят от других, и так далее. Такие последовательности видов образуют ветви эволюционного древа. Для любых двух современных видов можно проследить историю их возникновения до того момента, где ветви, давшие им начало, разделились. В месте разделения этих ветвей находится последний общий предковый вид этих двух современных видов. (Иногда такой предковый вид называют просто общим предком, но при этом имеют в виду не один организм, а группу организмов.) Например, общим предком человека и шимпанзе был вид, живший от 6 до 7 миллионов лет назад, в то время как общий предок человека и рыбы фугу был рыбой, жившей в океанах Земли более 400 миллионов лет назад.

Таким образом, люди не происходят ни от шимпанзе, ни от каких-либо других современных обезьян, а происходят от вида, который вымер много лет назад. Не происходят люди и от современных рыб, но происходят от древнего вида рыб, давшего начало наземным позвоночным.

Если общий предок некоторых двух видов жил сравнительно недавно, то эти два вида, скорее всего, будут иметь больше сходных черт поведения и строения, чем два вида, общий предок которых жил значительно раньше. Поэтому люди больше похожи на шимпанзе, чем на рыб. Тем не менее, любые организмы обладают общими признаками, потому что происходят от общих предков, живших на Земле в более или менее далеком прошлом. Например, исходя из накопленных к настоящему времени палеонтологических и молекулярно-биологических свидетельств, общий предок человека, коровы, китов и летучих мышей был, по-видимому, небольшим млекопитающим, жившим около 100 миллионов лет назад. Потомки этого общего предка претерпели в ходе эволюции существенные изменения, но строение их скелетов по-прежнему довольно сходно. Органы, с помощью которых люди, например, едят, коровы ходят по земле, киты плавают, а летучие мыши летают, отличаются деталями устройства скелетной основы, но составляющие ее кости сходны по общему строению и порядку соединения друг с другом.

Биологи называют сходные структуры, унаследованные от общих предков, гомологичными. Гомологию различных структур — не только костей, но и многих других деталей строения организмов — изучают в ходе сравнительно-анатомических исследований, задача которых состоит в том, чтобы выявить, исходя из степеней сходства, характер эволюционного родства. Другие биологические исследования позволяют, пользуясь той же логикой, изучать сходство, наблюдаемое в функциях органов, в развитии зародышей, или в поведении организмов. Таким образом ученые исследуют возможные пути эволюционного развития, связывающие современные организмы с их древними предками. Палеонтологическая летопись, в свою очередь, позволяет проверять гипотезы, выдвигаемые в ходе таких исследований.

Современные шимпанзе, другие человекообразные обезьяны и люди происходят от общего предка, давно вымершего.

Иногда в двух разных эволюционных ветвях независимо возникают сходные признаки. Такие признаки называют аналогичными. Они напоминают гомологичные, но являются результатом действия общих условий среды, а не происхождения от общего предка. К примеру, дельфины — это морские млекопитающие, которые произошли от наземных млекопитающих в течение последних 50 миллионов лет. Эволюционно дельфины так же далеки от рыб, как мыши или люди. Но они обладают обтекаемой формой тела, очень схожей с формой тела многих рыб, в том числе акул, и даже вымерших древних пресмыкающихся — ихтиозавров. Ученые исследуют такого рода случаи, известные во многих разных группах живых организмов, и разбираются в том, являются ли наблюдаемые черты сходства строения и поведения результатом происхождения от общих предков или независимыми эволюционными ответами на действие похожих факторов окружающей среды.

Подписи (слева направо, верхний ряд и вдоль крайней правой ветви):

обезьяны Нового Света, обезьяны Старого Света, проконсул, орангутан, горилла, шимпанзе, человек
последний общий предок всех обезьян, последний общий предок шимпанзе и человека

Последний общий предок всех обезьян жил около 40 миллионов лет назад. Проконсул — вид, существовавший около 17 миллионов лет назад. Самый поздний из видов, предковых для человека и шимпанзе, жил в промежутке от 6 до 7 миллионов лет назад.

Хотя дельфины (*слева внизу*) эволюционно ближе к людям, чем к акулам, форма тела у них, как и у акул, приспособлена к жизни в воде. Это пример аналогичных признаков.

Передних конечностей всех наземных и многих водных позвоночных обнаруживают примечательное сходство строения скелетной основы. Это связано с тем, что все они развились из передних конечностей общего предка. Это пример гомологичных структур.

Эволюция позволяет объяснять особенности географического распространения растений и животных.

Разнообразие живых организмов почти невообразимо. Многие миллионы видов обитают на земле, в земле и над землей, и каждый из этих видов занимает свое собственное место в природе (экологическую нишу). Некоторые виды, например, люди, собаки и крысы, могут жить в очень широком диапазоне условий. Другие, напротив, крайне специализированы. Например, один из видов грибов растет исключительно на передней части надкрыльев единственного вида жуков, который обитает в единственной пещере на юге Франции. Личинки одного из видов мушки-дрозофилы, *Drosophila carcinophila*, могут развиваться только в особых бороздках под выростами третьей пары ротовых придатков сухопутного краба, обитающего лишь на нескольких островах в Карибском море.

Биологическая эволюция объясняет не только происхождение этого разнообразия, но и распространение видов по нашей планете. Рассмотрим, к примеру, мушек из семейства *Drosophilidae* (дрозофилиды), живущих на Гавайских островах. Более 500 видов мушек этого семейства, относящихся к роду *Drosophila* и к близкому к нему роду *Scaptomyza*, встречаются исключительно на Гавайях. Эти виды составляют около четверти всех известных науке видов из этих двух родов. На Гавайях живет больше видов этих родов, чем на какой-либо другой сравнимой по площади территории Земли. Почему так много разных видов этих мушек обитают на Гавайях и только на Гавайях?

Гавайские острова поднялись из Тихого океана на расстоянии около 3 000 км от ближайшего материка в результате вулканической активности. Рождение островов сделало возможным попадание на них одной или нескольких мушек-дрозофил, принесенных ветром, похожих на изображенную на рисунке. В результате эволюции из этих мушек развились те более 500 видов, обитающих сегодня в различных природных нишах, имеющих на Гавайских островах. Такое бурное видообразование стало возможным во многом благодаря тому, что многие из ниш, где развивались мушки, не были заняты насекомыми-конкурентами и были свободны от хищников.

Ответ на этот вопрос следует из геологической и биологической истории Гавайских островов. Эти острова представляют собой вершины стоящих посреди океана вулканов. Они никогда не были соединены ни с каким материком. Эти острова возникли из-за наплывания Тихоокеанской тектонической плиты на «горячую точку», где поднимающиеся вверх из глубины Земли расплавленные породы нагревают земную кору. Самые новые острова — самые высокие, а более старые постепенно разрушаются и в конечном итоге погружаются под воду. Самый старый из современных Гавайских островов, атолл Куре, поднялся со дна океана около 30 миллионов лет назад, в то время как самый молодой, «Большой» остров, возник лишь около 500 000 лет назад, и по-прежнему обладает довольно сильной вулканической активностью.

Все туземные (то есть существовавшие до людей, которые пришли от 1 200 до 1 600 лет назад) растения и животные Гавайских островов происходят от организмов, которые попали на острова по воздуху или по воде с окружающих материков и с других островов на Гавайи, первоначально почти безжизненные. Что касается мушек-дрозофилид, то ряд данных, особенно полученных с помощью изучения ДНК, говорит о том, что все современные гавайские виды родов *Drosophila* и *Scaptomyza* происходят от единственного предкового вида, попавшего на острова миллионы лет назад.

Первые вселенцы столкнулись с условиями, весьма благоприятными для стремительного **видообразования**. Каждый вид неоднократно становился предковым для множества новых видов по мере заселения мушками новых местообитаний — на разной высоте, с разным количеством осадков, с разной почвой и разными растениями. Кроме того, небольшие группы мушек, а в некоторых случаях, возможно, и единичные оплодотворенные самки, время от времени перелетали или переносились ветром на другие острова, где от них происходили новые виды. Например, многие гавайские дрозофилы откладывают яйца в гниющие на земле листья. На материках эта ниша занята другими группами насекомых и иных беспозвоночных, но на Гавайях она оставалась почти незанятой.

Млекопитающие, населявшие Северную и Южную Америку, представляют собой еще один хороший пример того, как особенности распространения видов объясняются их эволюцией. Эти два континента некогда были соединены, составляя две части одного обширного материка. Но этот материк распался, и Северная и Южная Америка отделились друг от друга, после чего населявшие их млекопитающие эволюционировали в разных направлениях. Млекопитающие, эволюционировавшие в Южной Америке, согласно палеонтологическим данным, включают современные группы муравьедов, ленивцев, опоссумов и броненосцев. В Северной Америке тем временем развивались лошади, летучие мыши, волки, саблезубые кошки и многие другие виды. Затем, около трех миллионов лет назад, Северная и Южная Америка вновь соединились в результате движения тектонических плит Земли. Млекопитающие южноамериканского происхождения, в том числе броненосцы, дикобразы и опоссумы, расселились на север. В то же время многие североамериканские млекопитающие, в том числе олени, еноты, пумы, медведи и собаки, со временем перебрались через образовавшийся перешеек на юг.

[**Видообразование** — эволюционный процесс, в ходе которого из существующих видов возникают новые.]

Когда тектонические силы привели к воссоединению Северной и Южной Америки, то некоторые млекопитающие, возникшие в Южной Америке, такие как этот броненосец, расселились на север.

Данные молекулярной биологии подтвердили и уточнили выводы об эволюции, полученные в других областях науки.

Чарльз Дарвин и другие биологи XIX века пришли к своим выводам об эволюции несмотря на то, что им не было известно почти ничего о молекулярных основах жизни. Открытые с тех пор возможности детального исследования биологических молекул предоставили науке данные совершенно нового рода, свидетельствующие о механизмах и путях эволюции. Новые данные полностью подтвердили общие выводы, сделанные на основании изучения ископаемых, географического распространения видов и других наблюдений. Кроме того, молекулярные данные стали источником моря новых сведений об эволюционных отношениях видов и о механизмах эволюции.

ДНК передается из поколения в поколения либо напрямую от родительской особи к детям (у организмов, размножающихся бесполом путем), либо в результате слияния содержащих ДНК сперматозоида и яйцеклетки (у организмов, размножающихся половым путем).

Последовательность нуклеотидов в ДНК, как уже было сказано, может меняться при передаче от одного поколения другому в ходе мутаций. Если эти изменения приводят к появлению полезных признаков, то новая последовательность нуклеотидов получает повышенные шансы распространиться в пределах популяции на протяжении ряда поколений. В результате в молекулах ДНК оказываются записаны последствия происходивших в прошлом наследственных изменений, в том числе ответственных за возникающие в ходе эволюции приспособления.

Сравнение последовательностей ДНК двух организмов разных видов позволяет биологам выявить наследственные изменения, произошедшие с тех пор, как эволюционные ветви, ведущие к этим видам, отделились от их единого общего предка. Если общий предок этих двух видов существовал сравнительно недавно, то последовательности их ДНК будут больше похожи друг на друга, чем если их последний общий предок жил очень давно. Например, последовательность нуклеотидов в ДНК человека, в некоторой небольшой степени изменчивая в пределах нашего вида в зависимости от популяции и индивидуума, в среднем отличается от последовательности нуклеотидов в ДНК шимпанзе лишь на несколько процентов, что отражает наше сравнительно близкое эволюционное родство с шимпанзе. Но ДНК человека уже больше отличается от ДНК павиана, еще больше — от ДНК мыши, еще больше — от ДНК курицы, еще больше — от ДНК рыбы фугу. Этот ряд отражает степень нашего эволюционного родства со всеми этими видами. Еще бóльшая разница наблюдается, если сравнивать ДНК человека с ДНК мух, червей, растений. Но у всех живых организмов можно выявить сходные черты в последовательности нуклеотидов в ДНК, несмотря на то, что с тех пор, как жил последний общий предок всего живого, прошло уже очень много времени. Даже люди и бактерии обладают некоторыми чертами сходства в последовательностях ДНК в пределах некоторых генов, причем сходные участки последовательностей отвечают за синтез молекулярных систем, имеющих сходные функции. Так представления о биологической эволюции дают ответ на вопрос, почему для успешного изучения важнейших для жизнедеятельности человека биологических процессов во многих случаях можно исследовать другие организмы. В связи с этим значительная часть современных биомедицинских исследований основана на изучении общих биологических свойств разных живых организмов.

Вставка: Мушки с пятнистыми крыльями

Гавайские мушки-дрозофилы представляют собой прекрасный пример так называемой «адаптивной радиации» (т.е. как бы приспособительного расхождения из одной точки), процесса, при котором предковый вид дает начало очень большому числу новых видов за сравнительно небольшой промежуток времени. Исследователи биологической эволюции сосредоточили особое внимание на группе, включающей приблизительно 100 видов дрозophil, обладающих характерными пигментными пятнами на довольно крупных крыльях. Эти виды — носители примечательных сведений об эволюционной истории данной группы.

Клетки в слюнных железах личинок всех мушек из рода *Drosophila* содержат особые **хромосомы**, получившие название политенных. Эти хромосомы легко увидеть под микроскопом. Окрашенные определенным образом, они становятся полосатыми, покрываясь последовательностью поперечных темных и светлых полос разной ширины. Благодаря этим полоскам в таких хромосомах несложно выявить такую разновидность хромосомных перестроек, как инверсии. Иногда фрагмент хромосомы переворачивается задом наперед в результате ошибок, происходящих при удвоении ДНК. В результате получается видоизмененная хромосома, часть которой, заметная благодаря порядку светлых и темных полос разной толщины, развернута на 180 градусов. Многие инверсии такого типа происходили в разных участках хромосом в ходе образования разных видов дрозophil.

Принимая во внимание, что все гавайские виды мушек семейства *Drosophilidae* произошли от единственного вида, ученые исследовали политенные хромосомы разных видов на предмет изменений в расположении полос, чтобы восстановить последовательность, в соответствии с которой виды мушек переселялись со старых островов на новые и давали начало новым видам. Например, на «Большом» острове, самом молодом во всем архипелаге, в настоящее время обитает 26 видов дрозophil с пятнистыми крыльями. Исследуя инверсии, происходившие в хромосомах этих видов, и сравнивая эти данные с данными о видах, населяющих более старые острова, ученые установили, что дрозophilы Большого острова являются потомками 19 оплодотворенных самок или небольших групп мушек, проникших на этот остров с соседних, более старых островов.

[Хромосома — двуцепочечная молекула ДНК, содержащая линейную последовательность генов. У большинства организмов, размножающихся половым путем, хромосомы в клетках представлены парами. Одна хромосома в паре унаследована от одного из родителей, другая — от другого.]

Фотография политенной хромосомы личинки мушки-дрозофилы. Две пары штрихов по бокам хромосомы указывают на участки, где участок хромосомы развернулся в обратную сторону по отношению к его исходному положению, сохранившемуся у других родственных видов. Такой поворот участка хромосомы называют инверсией.

Человеческий ген, мутации в котором вызывают болезнь муковисцидоз, очень похож на соответствующий ген шимпанзе, но сильнее отличается от соответствующих генов у видов, которые состоят в более далеком эволюционном родстве с человеком. Высота столбцов на приведенной схеме показывает степень сходства последовательности нуклеотидов в этом гене у разных организмов и человека на определенном участке из 10 000 нуклеотидов.

Подписи (сверху вниз по левому краю, у правого края и внизу):

шимпанзе, орангутан, павиан, мармозетка, лемур, мышь, курица, рыба фугу

100%, 50% сходства с последовательностью нуклеотидов человека

100 пар нуклеотидов, 10 000 пар нуклеотидов

Вставка: Эволюция конечностей у древнейших наземных позвоночных

Молекулярно-биологические исследования позволили выявить участки ДНК, отвечающие за образование различных частей тела в ходе развития зародыша. Некоторые из наиболее важных таких участков называют гомеотическими генами (или хокс-генами, Hox genes).

У людей и других млекопитающих гомеотических генов 39. Каждый гомеотический ген управляет функциями других генов, причем в разных частях организма один и тот же гомеотический ген может управлять разными наборами других генов.

Гомеотические гены при этом принимают участие в развитии многих черт строения, в том числе конечностей, позвоночника, пищеварительной и половой систем у самых разных видов беспозвоночных и позвоночных животных. К примеру, как показано на иллюстрации (*справа*), те же гены, что управляют развитием определенных частей тела у мушки-дрозофилы, управляют развитием соответствующих частей тела и у мышей и других млекопитающих. Каждый цвет соответствует участкам работы определенного гомеотического гена у зародышей дрозофилы и мыши.

Гомеотические гены также непосредственно управляют развитием плавников у рыб и конечностей у наземных позвоночных. У разных позвоночных животных гомеотические гены включаются и выключаются в организме зародыша по-разному. Характер работы этих генов определяет черты строения конечностей, в частности, обеспечивает образование пальцев. Изменения характера их работы, по всей видимости, играли заметную роль в эволюции древнейших наземных позвоночных, в частности в происхождении тиктаалика.

Подписи (сверху вниз по левому краю, справа налево по верхнему краю):

зародыш дрозофилы, зародыш мыши

голова, грудь, брюшко

Сравнение гена человека и шимпанзе, управляющего синтезом лептина (гормона, принимающего участие в обмене жиров), позволяет обнаружить только пять отличий на участке из 250 нуклеотидов. В тех местах, где последовательности человека и шимпанзе отличаются, можно определить вероятную последовательность нуклеотидов общего предка человека, шимпанзе и гориллы, сравнивая ген человека и шимпанзе с геном гориллы. В двух случаях нуклеотиды, занимающие определенное место, разные у человека и шимпанзе, совпадают у человека и гориллы, а в остальных трех случаях — совпадают у гориллы и шимпанзе. Общий предок гориллы, шимпанзе и человека, скорее всего, имел на этом месте тот нуклеотид, который совпадает у двух из трех рассматриваемых современных видов, потому что такое отличие могло возникнуть в результате единственного изменения нуклеотида, находящегося в данной точке, а другие возможные случаи требовали бы, по крайней мере, двух изменений.

Подписи): горилла, человек, шимпанзе

Изучение биологических молекул позволяет выявлять не только характер и степень эволюционного родства организмов, но также и характер изменений признаков, происходящих в ходе эволюции в результате изменений генов. В частности, молекулярно-биологические исследования позволили изучить функции белков-регуляторов, которые включают и выключают гены в клетках в процессе развития организма из оплодотворенной яйцеклетки. Небольшие изменения в этих белках, в участках ДНК, к которым эти белки прикрепляются, осуществляя регуляцию, а также, как недавно выяснилось, в небольших молекулах РНК, может оказывать сильнейший эффект на черты строения и функций организма. Такого рода изменения могли сыграть большую роль во многих возникших в ходе эволюции новшествах, в частности в формировании конечностей наземных позвоночных из плавников рыб. Кроме того, биологи выяснили, что очень похожие наборы регуляторных белков имеются у таких разных организмов как мухи, мыши и люди, несмотря на то, что от общего предка их отделяют многие миллионы лет. Данные исследований ДНК говорят о том, что фундаментальные механизмы, лежащие в основе формирования особенностей строения организмов, возникли раньше, чем многоклеточность, или на заре эволюции многоклеточных организмов, и с тех пор изменялись лишь очень слабо.

Биологическая эволюция объясняет происхождение и историю нашего вида.

Изучение разного рода свидетельств, о которых мы говорили выше, привело ученых к выводу, что человек произошел в ходе эволюции от приматов. Для людей XIX века идея, что у человека и современных обезьян могли быть общие предки, была внове, и она стала предметом бурных обсуждений среди ученых при жизни Дарвина и в последующие годы.

Вставка: Эволюция китов и дельфинов

Объединение результатов палеонтологических и молекулярно-биологических исследований позволяет биологам создавать намного более подробные схемы эволюционной истории живых организмов, чем было возможно до внедрения молекулярных методов. К примеру, недавние палеонтологические открытия, сделанные в Азии, демонстрируют начавшийся около 50 миллионов лет назад ряд организмов, первоначально хищников, живущих на суше, затем наземных хищников, охотящихся в воде, затем превратившихся в постоянных обитателей водной среды. Эти палеонтологические данные соответствуют недавним открытиям, сделанным генетиками, говорящим о происхождении китов и дельфинов от парнокопытных наземных млекопитающих, представленной в наши дни такими животными, как свиньи, овцы, козы и жирафы. Новейшие исследования регуляторных систем генов у современной морской свиньи (китообразного, близкого к дельфинам) позволили выявить те молекулярные изменения, благодаря которым предки этих животных утратили задние конечности и приобрели обтекаемую форму тела. Все эти данные согласуются друг с другом и добавляют интереснейших подробностей к нашим представлениям об эволюции.

Ископаемые остатки древнего китообразного из рода дорудон (*Dorudon*), обнаруженные в Египте и относящиеся ко времени около 40 миллионов лет назад, являют собой пример важного переходного звена в эволюции китообразных. Предками этого животного были наземные млекопитающие, и оно еще сохраняло остатки скелетной основы задних ног, со ступнями и пальцами (маленькие косточки у основания хвоста), несмотря на то, что уже обитало в воде и плавало при помощи длинного и мощного хвоста.

Но в наши дни у ученых уже нет сомнений в близком эволюционном родстве человека и всех остальных приматов. Используя те же данные и методы, что применяются для изучения эволюции других видов, исследователи накопили множество палеонтологических данных об эволюции человека, а в последнее время получили также убедительнейшие молекулярно-биологические данные, однозначно свидетельствующие о том, что биологическая эволюция человеческого вида протекала сходным образом и под действием тех же факторов, что эволюция всех остальных форм жизни на земле.

Согласно данным подробнейшего сравнения ДНК, общий предок человека и шимпанзе жил приблизительно 6–7 миллионов лет назад в Африке. Ветвь эволюционного древа, ведущая от этого древнего вида к современным людям, дала начало нескольким боковым ветвям, соответствующих популяциям и видам, которые в конечном итоге вымерли. В разные периоды прошлого на Земле могли сосуществовать несколько человекоподобных видов.

Около 4,1 миллионов лет назад в Африке возник вид, который палеонтологи относят к роду австралопитеков. (Название *Australopithecus* означает «южная обезьяна»: ископаемые остатки первого известного науке вида этого рода были обнаружены на юге Африки, хотя другие находки, в том числе почти полный скелет трехлетней самки, были впоследствии сделаны в восточной части Африки). Мозг взрослого представителя этого рода, судя по ископаемым черепам, был сравним по размеру с мозгом современных человекообразных обезьян. По-видимому, австралопитеки проводили часть жизни на деревьях, о чем свидетельствуют их короткие ноги и черты строения рук. Но австралопитеки умели также ходить на двух ногах, как люди. Известны прекрасно сохранившиеся окаменевшие следы ног одного из древнейших видов австралопитеков, отпечатанные на вулканическом пепле.

Более 3,5 миллионов лет назад двое гоминид (представителей семейства Hominidae, или людей) прошли на двух ногах по полю недавно выпавшего вулканического пепла в восточной части Африки. Эти следы впоследствии покрывались новыми слоями пепла, пока в 1978 году не были раскопаны палеонтологами. Следы из Лаэтоли (называемые так по месту, где они были обнаружены) представляют собой одно из ранних свидетельств прямохождения, важнейшего приобретения эволюционной ветви, которая привела к возникновению современного человека.

Около 2,3 миллионов лет назад в Африке возник древнейший вид рода *Homo*, к которому принадлежат все современные люди. Этот вид получил научное название *Homo habilis*, что означает «человек умелый». Средний размер его мозга, судя по ископаемым черепам, был по-видимому примерно на 50% больше, чем размер мозга ранних австралопитеков. Первые каменные орудия, изготовленные древними гоминидами, возникли уже 2,6 миллионов лет назад.

Около 1,8 миллионов лет назад возник более продвинутый вид, *Homo erectus* («человек прямоходящий»). Этот вид проник из Африки в Евразию. Более поздние находки свидетельствуют и о существовании нескольких других видов рода *Homo*. Мозг более поздних видов в среднем превосходил по размерам мозг их предшественников.

Скелет (справа) взрослой представительницы вида *Australopithecus afarensis* («австралопитек афарский»), получивший имя Люси. (Закрашенные кости соответствуют раскопанным, остальные реконструированы.) Этот скелет относится к тому же геологическому времени, что и следы из Лаэтоли. Для сравнения рядом показан скелет современного человека.

Ряд данных свидетельствует о том, что первые современные по строению тела люди, представители вида *Homo sapiens* («человек разумный»), возникли в Африке из более ранних форм рода *Homo*. Древнейшим известным ископаемым остаткам современного человека немногим менее 200 000 лет. Современные люди распространились по всей Африке, а затем, позже, проникли в Азию, Австралию, Европу и Америку, вытеснив при этом обитавших в некоторых частях света древних людей.

Современные люди связаны с общим предком человека и шимпанзе (обыкновенного и карликового, или бонобо) эволюционной ветвью, из предполагаемых промежуточных звеньев которой на схеме показаны австралопитек афарский, человек умелый и человек прямоходящий. По ископаемым остаткам известны и другие виды, отделившиеся от человеческой ветви эволюционного древа. Парантропы и неандертальцы представляют собой вымершие формы гоминид, сохранившиеся в наши дни только в виде ископаемых.

Подписи (слева направо, верхний ряд и вдоль крайней правой ветви):

шимпанзе, бонобо, парантроп, неандерталец, современный человек

последний общий предок человека и шимпанзе, австралопитек афарский, человек умелый, человек прямоходящий

Глава третья

Взгляды креационистов

Креационисты отвергают научные методы и данные.

Сторонники идей, известных под общим названием «креационизм», а в последнее время также «концепция разумного замысла», придерживаются весьма разнообразных взглядов. Креационистами (в широком смысле слова) называют тех, кто отвергает научные объяснения явлений, наблюдаемых в известной нам части Вселенной, в пользу представлений об особом акте творения, совершенного сверхъестественными силами. Креационизм не стоит отождествлять с верой в Бога, потому что, как было показано выше, многие верующие и ведущие религиозные объединения не отвергают достижений науки, в том числе эволюционной теории. Кроме того, креационистами называют далеко не только христиан, склонных к буквальному пониманию того, что записано в Библии. Некоторые приверженцы других религий также стремятся подменить естественнонаучные объяснения сверхъестественными и ненаучными, основанными на представлениях своей религии.

В Соединенных Штатах идеи креационистов традиционно отстаивают небольшие группы политически активных религиозных фундаменталистов, убежденных, что объяснить наблюдаемые во Вселенной физические процессы и биологическое разнообразие жизни на Земле можно только непосредственным вмешательством сверхъестественного. Но даже в пределах этих групп взгляды креационистов сильно различаются. Одни из них, называемые «младоземельными креационистами», буквально понимают библейский рассказ о сотворении Вселенной и Земли, в соответствии с которым Земля появилась всего лишь несколько тысяч лет назад. Сторонники этой формы креационизма также считают, что все живые существа, в том числе люди, были созданы за очень короткий промежуток времени и с самого начала представлены всеми известными на сегодня формами. Другие, сторонники «староземельного креационизма», готовы принять значительный возраст Земли, но отвергают другие научные открытия, касающиеся эволюции живых существ.

Никакие научные данные не лежат в основе этих взглядов. Научные данные, напротив, как уже было сказано, свидетельствуют о том, что возраст Земли составляет около 4,5 миллиардов лет, а возраст Вселенной — около 14 миллиардов лет. Отвергать данные, свидетельствующие об этом, — значит отвергать не только биологическую эволюцию, но и важнейшие открытия современной физики, химии, астрофизики и геологии.

Некоторые креационисты считают, что современное состояние Земли и распределение ископаемых в земной коре можно объяснить всемирным потопом. Но это мнение также противоречит наблюдениям и научной интерпретации данных. Представление о том, что осадочные породы Земли, со всеми заключенными в них ископаемыми, отложились за краткий промежуток времени, и даже ископаемые, захороненные на высочайших горах, были оставлены там немислимыми объемами воды, затопившей эти горы, не соответствует ничему, что известно на сегодня о процессах осадконакопления.

Иногда креационисты ссылаются на так называемую неполноту палеонтологической летописи, как на свидетельство того, что живые организмы были созданы в их современном виде. Но использующие такую аргументацию совершенно пренебрегают богатейшими и весьма подробными данными об эволюционной истории, накопленными палеонтологами и другими биологами за последние два столетия и по-прежнему продолжающими поступать. Палеонтологи заполнили уже многие пробелы в летописи ископаемых организмов, существовавшие во времена Дарвина. Утверждение, будто палеонтологическая летопись «полна пробелов», что якобы ставит под сомнение теорию эволюции, — просто ложь. В действительности палеонтологи в настоящее время знают достаточно о возрастах осадочных пород, чтобы предсказывать, где именно они смогут найти особенно важные переходные формы ископаемых, как это случилось с тиктааликом и с предками современного человека. В последнее время ученые пользуются также и новой методикой **компьютерной томографии**, дающей новые сведения о составе и внутреннем строении тончайших костей ископаемых животных. Сообщения о новых интереснейших открытиях древних организмов непрерывно появляются в научной литературе и в популярных средствах массовой информации.

Палеонтологическая летопись убедительна еще и потому, что она непротиворечива и последовательна. Нигде на Земле нельзя найти ископаемых остатков динозавров (которые вымерли 65 миллионов лет назад), заключенных в осадочных породах вместе с останками людей (которые возникли в ходе эволюции в течение последних нескольких миллионов лет). Нигде на Земле остатки млекопитающих не залегают в породах, возраст которых превышает 220 миллионов лет. Ученые показали, что во всех случаях, на которые указывают креационисты, когда эти закономерности якобы нарушаются, в действительности наблюдаются лишь последствия складчатости и других процессов, локально меняющих порядок расположения слоев в земной коре. Осадочные породы, содержащие ископаемые остатки одних лишь одноклеточных организмов, всегда залегают в более древних слоях, чем осадочные породы, содержащие остатки и одноклеточных, и многоклеточных организмов. Последовательность размещения ископаемых остатков древних живых организмов в осадочных породах Земли недвусмысленно свидетельствует об отраженном в ней процессе биологической эволюции.

[Компьютерная томография — используемая в медицине технология получения трехмерных изображений объектов за счет объединения множества двумерных изображений «срезов» этих объектов, получаемых с помощью рентгеновских лучей.]

Креационисты иногда утверждают, будто представления об эволюции обречены оставаться гипотетическими, потому что «эволюцию никто никогда не видел». Такого рода утверждения тоже свидетельствуют лишь о том, что креационисты нередко имеют превратные представления о важных составляющих научного способа познания мира. Научные заключения касаются отнюдь не только явлений, которые можно непосредственно наблюдать. Напротив, наука в порядке вещей полагается на плоды умозаключений, для которых наблюдения составляют лишь первоначальную основу. Например, даже выведя космические летательные аппараты и орбитальные станции на околоземную орбиту, люди не смогли своими глазами увидеть, как Земля вращается вокруг Солнца. Но, исходя из огромного количества независимых опытных данных, ученые давно заключили, что в центре Солнечной системы находится Солнце, а не Земля. До изобретения в последние годы необычайно сильных микроскопов, ученые не могли наблюдать атомы, но результаты наблюдений за физическими телами не оставляли никаких сомнений в том, что материя состоит из атомов. Вывод о существовании вирусов также был сделан задолго до того, как микроскопы достигли достаточных степеней увеличения, чтобы позволить их увидеть.

Таким образом, во многих областях науки ученые не наблюдают непосредственно объекты исследования (такие как гены или атомы) или изучаемые явления (такие как вращение Земли вокруг Солнца) — многие из которых являются, несмотря на это, научными фактами, подтвержденными множеством косвенных свидетельств, основанных на наблюдениях и опытных данных. Именно к таким явлениям и относится эволюция. По причинам, изложенным в данной книге, эволюционная биология дает нам один из лучших примеров того, как глубоко позволяет научная мысль проникнуть в суть природных явлений.

Кроме того, утверждение, что никто никогда не видел эволюции, просто не соответствует действительности. Наука располагает бесспорными свидетельствами не только того, что эволюция происходила в прошлом, но и того, что она продолжает происходить в наши дни. Изменения, происходящие ежегодно с вирусами гриппа, появление бактерий, устойчивых к действию антибиотиков, — все это эволюция в действии. Еще один пример продолжающейся в наши дни эволюции — возникновение комаров, устойчивых к инсектицидам, сыгравшее свою роль в новых всплесках малярии в Африке и в иных частях света. Множество переходных форм, обнаруженных палеонтологами со времен Дарвина, показывают, как одни виды дают начало другим и как, в череде сменяющихся друг друга форм, с течением времени происходят существенные изменения в строении и функциях органов. Кроме того, многие из тех процессов, что лежат в основе механизмов эволюции, вполне доступны для непосредственного наблюдения. Биологи постоянно проводят опыты с микробами и другими модельными объектами, позволяющие непосредственно проверять эволюционные гипотезы.

Креационисты отвергают эти научные факты во многом потому, что они не приемлют полученных в ходе изучения естественных процессов свидетельств, которые, по их мнению, противоречат Библии. Но наука не может проверять сверхъестественные объяснения явлений. А многих «младоземельных» креационистов никакие научные свидетельства не в состоянии убедить в том, что Земле действительно составляет миллиарды лет. Вместо этого они считают, что в действительности мир сравнительно молод, а просто Бог создал его таким, чтобы он *казался* старым. Такого рода отсылки к сверхъестественному невозможно проверять, руководствуясь принципами и методами научного исследования, поэтому они и не могут быть частью науки.

Креационистская концепция «разумного замысла» не соответствует научным данным.

Некоторые представители одной из новых школ креационизма временно отложили в сторону вопросы о том, сколько лет Солнечной системе, нашей галактике и Вселенной, миллиарды или всего несколько тысяч. Но эти креационисты объединились для пропаганды представления о том, что свойства физического мира и живых организмов свидетельствуют о «разумном замысле». Они утверждают, что некоторые биологические структуры столь сложны, что не могли развиться в результате ненаправленных мутаций и естественного отбора. Такие ситуации они называют случаями «несократимой сложности». Повторяя давний богословский аргумент, выдвинутый задолго до возникновения теории эволюции, они настаивают на том, что живые организмы должны быть продуктами разумного замысла точно так же, как мышеловка или часы, что для того, чтобы они вообще могли нормально функционировать, необходимо, чтобы разные детали их строения были в наличии все вместе сразу. Если один из компонентов отсутствует или испорчен, нормальное функционирование становится невозможным. Поскольку даже такие «простые» структуры живых организмов, как бактериальные жгутики, довольно сложно устроены, сторонники концепции разумного замысла настаивают на том, что вероятность одновременного возникновения всех компонентов таких структур в результате случайных мутаций бесконечно мала. Возникновение в живой природе более сложных структур (таких, например, как глаз позвоночных) или функций (таких, как работа иммунной системы организма) в результате естественных процессов, согласно этой концепции, невозможно, поэтому их возникновение следует отнести на счет потустороннего разумного замысла.

Однако в действительности утверждения креационистов, придерживающихся концепции разумного замысла, опровергнуты данными современной биологии. Биологи проанализировали все молекулярные системы, объявляемые порождениями разумного замысла, и показали, что все они вполне могли возникнуть в результате естественных процессов. Например, бактериальный жгутик устроен у разных бактерий по-разному. Есть много разных типов жгутиков и некоторые из них проще других, а некоторые бактерии вообще не пользуются для движения жгутиками. Весьма вероятно поэтому, что белки, образующие жгутики у бактерий, возникли на основе других компонентов бактериальных клеточных мембран. Кроме того, некоторые бактерии вводят яд в другие клетки с помощью белков, выделяемых на поверхность клетки, которые очень схожи по строению молекул с белками, образующими некоторые части жгутиков. Это сходство отражает общность эволюционного происхождения, в ходе которого незначительные изменения строения и расположения выделяемых белков могли послужить основой для возникновения жгутиковых белков. Поэтому бактериальным жгутикам не свойственна «несократимая сложность».

Электронная микрофотография бактерии и ее жгутиков.

Биологи показали также, как сложные биохимические механизмы, такие как свертывание крови, например, у млекопитающих, или работа их иммунной системы, могли развиваться из предшествовавших им более простых систем. Что касается свертывания крови, то некоторые из составляющих обеспечивающей этот процесс системы присутствовали у эволюционно более ранних организмов, о чем свидетельствуют исследования организмов современных (таких как рыбы, пресмыкающиеся и птицы), происходящих от общих с млекопитающими предков. Система свертывания крови млекопитающих сформировалась на основе этих предшествующих компонентов.

Кроме того, в ходе эволюции системы могут приобретать новые функции. Например, некоторая система может выполнять в клетке одну функцию, а затем приспособиться в ходе эволюции для выполнения других функций. Гомеотические гены представляют собой яркий пример того, как эволюция наделяет существующие системы новыми функциями.

Молекулярно-биологические исследования показали, что одним из наиболее важных механизмов, позволяющих биологическим системам приобретать новые функции, служит дупликация (удвоение) генов. В ходе деления клеток фрагменты ДНК нередко удваиваются, в результате чего в клетках оказываются многие копии одного и того же гена. Если эти копии передаются потомству, то одна из копий может по-прежнему выполнять в клетке первоначальные функции данного гена, а другая может, в ходе постепенно накапливающихся изменений, в итоге измениться до такой степени, чтобы взять на себя новую функцию. Есть много примеров явных свидетельств того, что те или иные биохимические механизмы, осуществляющие в клетках определенные процессы, возникли в ходе эволюции в результате дупликации участков ДНК.

Кроме того, что эти и другие стандартные аргументы креационистов не соответствуют научным данным, они также логически ошибочны, потому что основываются на ложной дилемме. Даже если бы эти аргументы действительно опровергали представления об эволюции, они бы все же не подтверждали тех положений, на которых настаивают креационисты, потому что были бы возможны альтернативные объяснения. К примеру, было бы ошибочно утверждать, что, если мы не имеем свидетельств того, что за окном идет дождь, значит за окном должно светить солнце. Отсутствие свидетельств о дожде предполагает и другие возможные объяснения. Научная гипотеза должна быть проверяема, для ее принятия в науке недостаточно критики в адрес другой гипотезы. Концепция разумного замысла ненаучна потому, что не может быть проверена на опыте.

Глаза современных моллюсков. Глаз осьминога (*внизу*) весьма сложен, а его элементы сходны с элементами человеческого глаза: роговица, радужная оболочка, хрусталик и сетчатка. Глаза многих других моллюсков проще. Самый простой глаз — у морского блюдечка (*вверху*), он состоит лишь из нескольких пигментированных клеток, слегка видоизмененных по отношению к обычным покровным клеткам. У брюхоногих плевротомовых моллюсков (*второй рисунок сверху*) глаз немного более продвинутой. Он представлен группой пигментных клеток, расположенных в форме чашечки. Дальнейшие усложнения подобных структур позволили образоваться глазам головоногого моллюска наутилуса и брюхоногого мурекса, сложным, но устроенным проще, чем у кальмаров и осьминогов.

Подписи (сверху вниз по левому краю и по левому краю):

пигментное пятно, нервные волокна, пигментная чашечка, нервные волокна, простая оптическая чашечка (маленькое отверстие в роли хрусталика, наутилус), глазной нерв, светочувствительный слой (сетчатка), глаз с примитивным хрусталиком (мурекс, морской брюхоногий моллюск), глазной нерв, сетчатка, сложный глаз, глазной нерв, сетчатка, стекловидное тело

покровы, светочувствительный слой (пигментные и нервные клетки), покровы, светочувствительный слой, покровы, заполненная водой полость, покровы, хрусталик, радужная оболочка, хрусталик, роговица

За миллионы лет река Колорадо прорезала в скалистом плато ущелье, обнажив осадочные породы, накопившиеся за миллиард с лишним лет.

Креационисты иногда утверждают, что ученые, отстаивая концепцию биологической эволюции, преследуют свои корыстные интересы, и поэтому отказываются принимать к рассмотрению другие возможные объяснения. Но и это утверждение основано на превратном понимании науки. Ученые непрерывно проверяют свои идеи в ходе наблюдений, а перед публикацией в любом уважаемом научном журнале передают свои работы коллегам для критического рецензирования содержащихся в них идей, данных и выводов. Необъясненные наблюдения стимулируют дальнейшие исследования, потому что могут предвещать возникновение новой научной дисциплины или новой области исследований в рамках какой-либо существующей гипотезы или теории. История полна множеством примеров того, как ученые подвергали сомнению принятые теории, предъявляя научному сообществу новые данные и более убедительные объяснения наблюдаемых природных явлений. Кроме того, наука всегда включает не только элемент сотрудничества, но и элемент соревнования. Если исследователь придерживается каких-либо идей несмотря на свидетельства обратного, другие исследователи будут пытаться воспроизвести соответствующие опыты и без колебаний опубликуют данные, показывающие ошибочность его выводов. Если бы эволюционная теория столкнулась с серьезными затруднениями, многие ученые увлеченно стремились бы к славе первого предложившего более удачную проверяемую концепцию. В научной литературе нет жизнеспособных альтернатив эволюции не из-за корыстных интересов ученых или всеобщей цензуры, а из-за того, что эволюционные построения подтверждались и продолжают подтверждаться серьезными научными данными.

Возможность практического применения научных результатов тоже требует открытости по отношению к новым идеям. Если бы геологи-нефтяники могли обнаружить больше нефти и газа, интерпретируя летопись осадочных пород (среди которых залегают нефть и природный газ) как продукт одного всемирного потопа, они бы несомненно склонялись в пользу представления о таком потопе, но этого не происходит. Напротив, они согласны с другими геологами в том, что осадочные породы образовались за миллиарды лет истории Земли. Более того, геологи-нефтяники одними из первых оценили значение для геологии ископаемых остатков древних живых организмов, захороненных за миллионы лет в заводях и дельтах рек, на мелководьях по берегам морей и на коралловых рифах.

Аргументация креационистов отражает подход, обратный научному. Они начинают с объяснения, от которого не хотят отказываться, согласно которому устройство живых и неживых систем определяется действием сверхъестественных сил, нарушая фундаментальное требование науки, допускающей лишь проверяемые объяснения, отсылающие к естественным процессам. Представления креационистов нельзя проверить, видоизменить или отвергнуть научными методами, поэтому они и не входят в число идей, принимаемых наукой.

Попытки сократить преподавание эволюции и продвигать ненаучные альтернативы ей в государственных школах угрожают качеству образования.

Несмотря на то, что взгляды креационистов не подтверждаются научными данными, некоторые сторонники этих взглядов продолжают настаивать на том, чтобы различные формы креационизма изучались вместе с теорией эволюции или вместо нее на уроках научных дисциплин в государственных школах. Многие учителя подвергаются сильному давлению со стороны законодателей, школьной администрации, родителей и учеников, требующих сократить или отменить преподавание эволюции. В результате многие американские школьники лишаются доступа к сведениям и идеям, составляющим неотъемлемую часть современной науки и необходимые для принятия школьниками продуманных и обоснованных решений о своей жизни и о нашем общем будущем.

Независимо от того, какой профессией школьник решит овладеть, для преуспевания в современном научно и технически продвинутом мире, *все* школьники нуждаются в качественном научном образовании. Многие из наиболее престижных и высокооплачиваемых мест работы в динамично развивающихся отраслях общественной жизни в наши дни требуют хорошего знакомства с основными концепциями, практическими приложениями и выводами науки. Для принятия обоснованных решений в вопросах общественной политики, люди должны представлять себе, геологи-нефтяники какие представления могут лежать в основе таких решений и насколько эти представления основаны на научных данных. Изучение эволюции — прекрасный способ помочь школьникам не понять только ключевые концепции, выработанные в этой важнейшей области научных знаний, но также и разобраться в особенностях, методах и возможностях науки.

Учитывая ту огромную роль, которую наука играет во всех сферах современной жизни, школьная программа изучения научных дисциплин не должна страдать от включения в нее ненаучных материалов. Преподавание на уроках научных дисциплин идей креационистов будет мешать школьникам учиться отличать науку от ненауки. Требования ввести подобную практику угрожают задачам государственных школ и цели обеспечения граждан качественным базовым образованием в области научных дисциплин.

Вставка: Цитаты из судебных заключений

Со времен процесса 1925 года по делу Джона Скоупса (John Scopes), предметом которого была легальность закона штата Теннесси, запрещающего изучение в государственных школах «какой-либо теории, отвергающей Божественное Сотворение человека как этому учит Библия», многие судебные разбирательства были посвящены законам, касающимся изучения идей креационистов. Согласно нескольким судебным решениям, в том числе принятому в 1987 году решению Верховного Суда по делу «Эдвардс против Агиллара» (*Edwards v. Aguillard*) и принятому недавно, в 2005 году, федеральным окружным судом в центральной Пенсильвании решению по делу «Кицмиллер против Дуврского школьного округа» (*Kitzmiller v. Dover Area School District*), различные формы креационизма, в том числе креационизм разумного замысла, относятся к сфере религии, а не науки, и поэтому изучение их на уроках научных дисциплин в государственных школах противоречит конституции. Ниже приведены отрывки из заключений по трем наиболее громким делам.

Верховный Суд Соединенных Штатов, «Эпперсон против штата Арканзас» (*Epperson v. Arkansas*, 1968)

«Органы власти нашего демократического государства, на федеральном уровне и на уровне штата, должны сохранять нейтральность в вопросах теории, доктрин и практики религии. Они не могут проявлять враждебности по отношению к какой-либо религии или к пропаганде отказа от религии и не могут поддерживать, помогать или способствовать одной религии или религиозной теории в ущерб другой или даже в ущерб воинственному отрицанию религий».

Верховный Суд Соединенных Штатов, «Эдвардс против Агиллара» (*Edwards v. Aguillard*, 1987)

«Основная цель [постановления штата Луизиана «О Сотворении», Creation Act, требовавшему изучения в государственных школах «науки о сотворении» вместе с эволюцией] состояла в том, чтобы изменить образовательные программы государственных школ с целью дать убедительное преимущество определенной религиозной доктрине, отвергающей фактические основы эволюции во всей их полноте. Тем самым данное постановление призвано либо пропагандировать теорию науки о сотворении, воплощающую определенную религиозную догму, либо препятствовать изучению научной теории, не одобряемой определенной религиозной конфессией. В любом из этих двух случаев данный акт нарушает Первую Поправку [к Конституции США²].»

² Поправка, гарантирующая свободу слова, вероисповедания и собраний, принятая в 1791 году. — Прим. перев.

Окружной Суд Центрального Округа Пенсильвании, «Кицмиллер против Дуврского школьного округа» (*Kitzmiller v. Dover Area School District*, 2005)

«Мы заключаем, что ID [intelligent design, т.е. разумный замысел] не относится к сфере науки и не может быть признан подлинной и получившей признание научной теорией, поскольку он не добился опубликования в рецензируемых журналах, задействованности в исследованиях и проверках, а также принятия в научном сообществе. Основания ID, как было отмечено, лежат в богословии, а не в науке. <...> Кроме того, сторонники ID стремятся избегать научной критики, которой, как мы теперь установили, он не может выдержать даже в том случае, если его сторонники настаивают на изучении на уроках научных дисциплин существующих разногласий, а не самого ID. Подобная тактика предполагает в лучшем случае неискренность, а в худшем — откровенную ложь. Цель, преследуемая IMD [intelligent design movement, т.е. движения разумного замысла], состоит не в том, чтобы поощрить критическое мышление, а в том, чтобы спровоцировать идейный переворот и подменить эволюционную теорию концепцией ID».

Законодательство США не запрещает упоминание или изучение религии как учебного предмета в государственных школах, и креационизм может обсуждаться, к примеру, на уроках сравнительного религиоведения. Но, как государственные гражданские служащие, учителя государственных школ должны соблюдать нейтральность по отношению к религии, то есть не должны ни пропагандировать ее, ни противодействовать ей. Если обсуждать в школах креационистскую концепцию разумного замысла, то следует обсуждать также индуистские, исламские, коренные американские и другие нехристианские креационистские взгляды, а также иные наукообразные взгляды представителей основных религий. Поскольку Конституция Соединенных Штатов запрещает поддержку какой-либо религии на федеральном уровне, неконституционно было бы использовать государственные средства для преподавания представлений сторонников единственной религии или религиозного направления всем школьникам. Кроме того, даже если допустить уроки креационизма, будет неправильно подавать школьникам подобные ненаучные взгляды под видом научных.

Глава четвертая

Заключение

Наука и разработанные на основе ее достижений технологии преобразовали современную жизнь. Они привели к существенному повышению уровня жизни, общественного благосостояния, здравоохранения и безопасности. Они изменили наши взгляды на Вселенную и на самих себя как на часть ее.

Представления о биологической эволюции — одно из важнейших достижений современной науки. Эти представления подтверждаются множеством данных, полученных во многих разных областях научных исследований. Эти представления составляют основание современных биологических наук, в том числе биомедицинских, и находят приложение во многих других отраслях науки и техники.

Мы, как индивидуумы и как общество, в настоящее время принимаем решения, которые будут иметь серьезные последствия для будущих поколений. Как сохранить равновесие между стремлением сохранить растения, животных и естественные местообитания и другими насущными задачами? Должны ли мы по-другому использовать ископаемое топливо и другие природные ресурсы, чтобы способствовать благосостоянию наших потомков? В какой степени мы можем пользоваться новейшими достижениями биологии на молекулярном уровне для изменения признаков живых организмов?

Невозможно принимать обдуманные решения по этим вопросам, не учитывая того, что известно науке о биологической эволюции. Люди должны научиться понимать эволюцию, ее роль в естественных науках и ее ключевое значение для многих общественных, культурных и политических вопросах современности.

Наука и техника проникают в настоящее время так глубоко во все сферы жизни общества, что недопустимо лишать школьников возможности получить хорошее образование в области основных теорий, приложений и выводов науки. Поскольку эволюция была и остается фундаментом для биомедицинских и биологических исследований, дать студентам возможность узнать научные данные, методы и выводы, касающиеся эволюции, и разобраться в них, необходимо, если мы хотим дать им качественное образование.

Наука и религия представляют собой разные способы понимания мира. Безосновательные попытки противопоставлять эти два способа друг другу мешают как науке, так и религии, помогать человечеству в его стремлении к лучшему будущему.

Часто задаваемые вопросы

Правда ли, что эволюция и религия противоречат друг другу?

Средства массовой информации нередко представляют дело так, будто эволюция и религия несовместимы, но это не так. Многие ученые и богословы писали и пишут о том, как человек может одновременно быть верующим и, при этом, доверять научным данным об эволюции. Многие из ученых прошлого и настоящего, а также многие религиозные конфессии выступали с заявлениями, подчеркивающими, что они разделяют этот тезис.

(Дополнительную информацию см. на сайте:

http://www.ncseweb.org/resources/articles/1028_statements_from_religious_org_12_19_2002.asp).

Несомненно, разногласия существуют. Некоторые люди не приемлют никаких научных представлений, содержащих даже само слово «эволюция», другие отвергают любые формы религии. Диапазон мнений, существующих в обществе относительно науки и религии, очень широк. К сожалению, тон публичным дискуссиям часто задают те, кто придерживается по этим вопросам крайних позиций. Однако в любом случае теория эволюции научна, а на уроках научных дисциплин школьники должны изучать науку и только науку.

В разделе «Рекомендуемая литература» мы приводим ряд книг и статей, содержащих глубокий анализ проблем перекрывания областей науки и религии.

Правда ли, что представление об эволюции — тоже вопрос веры?

Придерживаться научных представлений об эволюции и иметь религиозную веру — разные вещи. Уверенность ученых в эволюции происходит из огромного множества данных, полученных при исследовании разных сторон устройства природы. Чтобы считать какие-либо сведения научными знаниями, эти сведения должны быть неоднократно проверены в ходе независимых опытов. Научное сообщество придерживается представлений об эволюции потому, что эти представления выдержали проверку опытами тысяч ученых за период более века. Как было сказано в «Заявлении о преподавании эволюции», подготовленном Межакадемической комиссией по международным вопросам, всемирному объединению академий наук разных стран, «Научно-обоснованные факты, касающиеся происхождения и эволюции Земли и жизни на нашей планете, выявлены в ходе множества наблюдений и полученных независимо опытных данных из множества областей науки» (курсив как в первоисточнике). (См.

<http://www.interacademies.net/Object.File/Master/6/150/Evolution%20statement.pdf>.)

Многие религиозные представления не основаны на данных исследований каких-либо природных явлений. Напротив, важнейшей составляющей религиозных представлений является вера, которая предполагает принятие некоторых истин независимо от наличия опытных данных, говорящих за или против них. Ученые не могут принимать те или иные выводы, полагаясь на веру, потому что любые научные выводы должны подвергаться проверке наблюдениями. Поэтому нельзя сказать, что ученые верят в эволюцию в том смысле, в каком многие верят в Бога.

Как могут случайные биологические изменения привести к появлению более приспособленных организмов?

Вопреки распространенному заблуждению, биологическая эволюция происходит не случайным образом, хотя биологические изменения, поставляющие сырой материал для эволюции и не направлены в сторону каких-либо изначально определенных целей. Когда молекулы ДНК копируются, происходящие при копировании ошибки приводят к появлению новых последовательностей нуклеотидов в ДНК. Эти новые последовательности играют в эволюции роль пробных вариантов. Большинство мутаций не меняет признаков и уровня приспособленности. Но некоторые мутации дают организму признаки, которые увеличивают его способность к выживанию и размножению, в то время как другие снижают его шансы на успешное воспроизведение.

Процесс, в результате которого организмы, обладающие полезными признаками, возникшими в результате наследственной изменчивости, получают преимущества в размножении перед другими организмами в популяции, получил название естественного отбора. На протяжении множества поколений некоторые популяции организмов, подверженные естественному отбору, могут изменяться таким образом, что их приспособленность к выживанию и размножению в данных условиях среды возрастает. Другие могут оказаться неспособными приспособиться к меняющимся условиям среды и, в связи с этим, вымирают.

Правда ли, что на многие вопросы об эволюции по-прежнему нет окончательного ответа? И что многие известные ученые отвергают эволюцию?

Как и во *всех* развивающихся областях науки, в эволюционной биологии по-прежнему остаются нерешенные вопросы. На смену решенным вопросам приходят новые, становятся известны новые явления, требующие изучения, возникают новые методы исследования природы. Но сама по себе эволюция как научный факт уже проверена так основательно, что биологи больше не пытаются выяснить, происходила ли она и происходит ли она. Точно так же уже не обсуждается и существование многих механизмов, лежащих в ее основе. Но, как и во многих других областях науки, ученые продолжают изучать работу механизмов эволюции и характер их действия. По мере появления новых методов, делающих возможными опыты нового типа и наблюдения, многие из которых раньше были невообразимы, ученые продолжают выдвигать гипотезы и проверять данные, касающиеся механизмов эволюционных изменений. Но существование нерешенных вопросов такого рода ни в коей мере не противоречит тому факту, что эволюция происходила в прошлом и продолжается в настоящее время.

Существование таких вопросов несколько не умаляет и научного значения эволюционной биологии. Научное значение теории во многом зависит от того, в какой степени она дает исследователям основания для объяснения наблюдений и для предсказания еще не наблюдавшихся явлений и результатов дальнейших опытов. В этом смысле эволюционная теория была и остается одной из самых плодотворных научных теорий, известных современной науке.

Ученые продолжают, по мере накопления новой информации и появления новых методов, проверять выводы и уточнять формулировки даже наиболее убедительно подтвержденных научных теорий. К примеру, теория всемирного тяготения была проверена множеством проведенных на Земле опытов. Но физики-теоретики на основе имеющихся представлений об устройстве Вселенной продолжают изучать границы применения этой теории в крайних

случаях, в частности вблизи нейтронных звезд или черных дыр. Возможно, что данные, которые будут получены в будущем, приведут к дополнению или исправлению существующей теории, подобно тому, как это случилось в первой половине XX века, когда была разработана общая теория относительности, существенно дополнившая научные знания о силах всемирного тяготения.

Не вызывает сомнения, что и эволюционную теорию ждут новые достижения в ходе развития науки. Так, в настоящее время, благодаря разработанным технологиям и оборудованию, дающим науке новые возможности, ученые интенсивно исследуют характер связей между изменениями в генах и изменениями в строении и функциях организмов.

Некоторые противники преподавания эволюции иногда цитируют различных выдающихся ученых, чьи слова якобы свидетельствуют о том, что они отвергают эволюцию. Но внимательное рассмотрение таких цитат всегда показывает, что креационисты приводят их вне контекста и интерпретируют превратно, и что в цитируемых высказываниях в действительности речь идет о сомнениях в каких-то аспектах того, *как* происходит эволюция, а не того, происходит и происходила ли она вообще.

Какие есть свидетельства того, что Вселенной миллиарды лет?

Этот вопрос важен для эволюции потому, что для возникновения существующего на Земле огромного разнообразия организмов необходим очень большой промежуток времени. О возрасте Земли в несколько миллиардов лет свидетельствуют результаты нескольких независимых методов датировки. Измерения состава радиоактивных элементов в земной коре, на Луне и в метеоритах позволяют узнать возраст Земли и Солнечной системы. Эти данные хорошо согласуются друг с другом и с научными представлениями о физическом явлении радиоактивности. Дополнительные сведения о возрасте Солнечной системы и нашей Галактики получены из исследования кратеров на планетах Солнечной системы и их спутников, света старейших звезд в Млечном Пути, показывающего их возраст, и скорости расширения Вселенной. Измерения излучения, оставшегося от Большого Взрыва также подтверждают другие данные о возрасте Вселенной.

Почему нельзя учить школьников критическому мышлению, рассказывая им о «спорном» характере эволюционной теории?

Учить школьников критическому мышлению можно и нужно. Они должны научиться проверять свои идеи на опыте в свете представлений о научных наблюдениях и о принятых в науке концепциях. Само по себе научно знание порождено не чем иным, как критическим мышлением, которое многие поколения ученых применяли, задаваясь вопросами об устройстве природы. Научные знания следует непрерывно проверять и подвергать сомнению. Без этого накопление научных знаний человечеством невозможно.

Но критическое мышление не означает, что любая критика может идти в одну цену. Критическое мышление должно быть основано на определенных сведениях и логике. Необходимость критически мыслить не означает необходимости придавать равное значение обоснованным идеям и идеям, не имеющим убедительного обоснования. Идеи, выдвигаемые креационистами, в том числе проповедующими разумный замысел, не являются порождениями научного мышления. Обсуждение этих идей на уроках научных дисциплин неуместно потому, что эти идеи неубедительно обоснованы и не находят подтверждения в научных данных.

Звучащие в последние годы призывы к преподаванию «критического анализа» на уроках научных дисциплин служит прикрытием для более широкой политической программы. Попытки внедрения в науку идей креационистов включают и другие подобные фразы, например «подчеркивать спорные моменты» или «предъявлять школьникам аргументы за и против эволюции». Многие из подобных призывов направлены непосредственно против преподавания эволюции и других концепций, являющихся, по мнению некоторых людей, спорными. Под этими лозунгами они стремятся внедрить в школьные программы научных дисциплин преподавание идей креационизма, несмотря на то, что наука эти идеи уверенно отвергла. Приложение критического мышления к школьным программам по научным дисциплинам убеждает только в неуместности включения в эти программы идей креационистов, потому что они не удовлетворяют критериям научности.

Основные факты, касающиеся биологической эволюции, в рамках науки не являются спорными. Поэтому призыв сторонников концепции разумного замысла «подчеркивать спорные моменты» необоснован. Разумеется, многие интересные вопросы, касающиеся эволюции, по-прежнему не решены, например, невыяснен путь эволюционного происхождения полов, многое неясно в механизмах видообразования, и обсуждение этих вопросов на уроках научных дисциплин вполне обосновано. Однако нет никаких оснований для того, чтобы обучать школьников аргументам, согласно которым эволюционная биология глубоко неполноценна. Теория эволюции подтверждена множеством весьма убедительных научных данных, а такие аргументы будут только сбивать школьников с толку, а не помогать им овладеть основами критического мышления. Представления креационистов находятся вне сферы науки, поэтому внедрение их в учебные программы научных дисциплин и было признано Верховным Судом США и рядом других судебных инстанций неконституционным.

Какие общие идеи лежат в основе креационизма?

«Креационизм» — очень широкое понятие. В общем смысле этим словом называют любые взгляды, отвергающие научные объяснения тех или иных явлений природы (изучаемых биологией, геологией или другими естественными науками), вместо этого объясняя такие явления непосредственным вмешательством (иногда говорят «особым актом творения») в природу потустороннего существа или силы. Некоторые креационисты убеждены в том, что Земля и Вселенная возникли всего несколько тысяч лет назад (так называемый «младоземельный креационизм»). К креационизму относят также взгляды, согласно которым сложные черты строения и поведения организмов невозможно объяснить естественными процессами, поэтому они требуют вмешательство сверхъестественного «автора разумного замысла». В разделе «Рекомендуемая литература», следующем за данным разделом, приведены ссылки на несколько книг, в которых рассказано о различных возможных значениях термина «креационизм».

Может быть, преподавать в школе креационизм наряду с эволюцией было бы справедливо?

Цель преподавания школьникам научных дисциплин состоит в том, чтобы дать им как можно лучшие знания в любой области науки. Принятая в школах программа по этим дисциплинам отражает результаты многих веков научных исследований. Для того, чтобы какие-либо идеи были полноценно включены в школьную программу, они должны стать частью основ принятых научных знаний.

Например, идея дрейфа материков, объясняющая их передвижения и форму, в течение многих лет была предметом обсуждений и исследований, прежде чем стать частью стандартной школьной программы. По мере накопления данных стало ясно, что поверхность Земли разделена на ряд массивных плит, границы которых не проходят по границам континентов, но изменения тех и других границ взаимосвязаны, и эти плиты находятся в постоянном движении друг относительно друга. Теория тектоники плит (сформулированная в середине шестидесятых годов XX века) возникла на основе этих данных и объясняла наблюдаемые явления полнее, чем идея дрейфа материков в ее первоначальной форме. Теория тектоники плит также позволяла предсказывать многие важные явления, в том числе позволяла выявить районы, где вероятны землетрясения и извержения вулканов. Когда накопилось достаточно данных, чтобы теория тектоники плит была принята научным сообществом как факт, она вошла в школьные курсы естественных наук как неотъемлемый элемент.

Ученые и работники образования пришли к выводу, что эволюционную теорию следует преподавать на уроках естественных наук в школе, потому что она представляет собой единственную существующую научную теорию, объясняющую устройство живой природы, подтвержденную множеством данных и широко признанную в научном сообществе. В свою очередь идеи, продвигаемые креационистами, напротив, не подтверждаются имеющимися данными и не приняты научным сообществом.

Разные религии включают в себя самые разные взгляды и учения, касающиеся происхождения существующего разнообразия жизни на Земле. В связи с тем, что креационизм основан на определенных религиозных убеждениях, преподавание его на уроках научных дисциплин означало бы попытку внушать школьникам такие убеждения, что было бы неконституционно, согласно ряду исторических решений окружных федеральных судов и Верховного Суда Соединенных Штатов.

Правда ли, что наука опровергает религию?

Наука не может ни подтвердить, ни опровергнуть религию. Научные достижения привели к тому, что некоторые религиозные представления, в частности идея, что Земля была создана совсем недавно, что Солнце вращается вокруг Земли, или что психические заболевания происходят от одержимости духами или бесами, были поставлены под вопрос. Но многие религиозные представления касаются сущностей и идей, на сегодня находящихся за пределами доступных науке областей исследования. Поэтому было бы неверно утверждать, что *все* религиозные представления могут быть поставлены под сомнения в связи с научными открытиями.

Наука продолжает развиваться и несомненно достигнет новых, более полных и более точных объяснений природных явлений, в том числе более глубокого понимания биологической. Но и наука, и религия страдают от утверждений о том, что наблюдения, еще не объясненные наукой, следует объяснять вмешательством сверхъестественного божества.

Богословы обратили внимание на то, что из-за растущего объема научных знаний о природных явлениях, которые раньше относили на счет сверхъестественных причин, поиски Бога «в пробелах» могут только подрывать веру. Более того, такой подход смешивает роли науки и религии, приписывая одной из них объяснения явлений, лежащих в сфере другой. Многие ученые писали о том, как результаты их научных изысканий внушали им благоговение перед творением и помогали им лучше понять Творца (см. раздел «Дополнительная литература»). Научные исследования совсем не обязательно умаляют или подрывают религиозную веру.

Рекомендуемая литература

Интернет

Национальная академия наук поддерживает сайт, где представлены публикации и другие ресурсы, посвященные эволюции и преподаванию эволюции. На сайте Академии также даны ссылки на другие полезные сайты об эволюции и о природе науки, поддерживаемые другими научными организациями. См. дополнительную информацию на сайте: <http://nationalacademies.org/evolution>.

Научные работы, результаты которых обсуждаются в данной книге

Alemseged, Z., F. Spoor, W.H. Kimbel, R. Bobe, D. Geraads, D. Reed, and J.G. Wynn. 2006. A juvenile early hominid skeleton from Dikika, Ethiopia. *Nature* 443 (7109): 296–301.

Allwood, A.C., M.R. Walter, B.S. Kamber, C.P. Marshall, and I.W. Burch. 2006. Stromatolite reef from the Early Archaean era of Australia. *Nature* 441 (7094): 714–18.

Banzhaf, W., G. Beslon, S. Christensen, J.A. Foster, F. Kepes, V. Lefort, J.F. Miller, M. Radman, and J.J. Ramsden. 2006. From artificial evolution to computational evolution: a research agenda. *Nature Reviews Genetics* 7 (9): 729–35.

Bull, J.J., and H.A. Wichman. 2001. Applied evolution. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 183–217. Carson, H.L. 1997. Sexual selection: A driver of genetic change in Hawaiian *Drosophila*. *Journal of Heredity* 88 (5): 343–52.

Craddock, E.M. 2000. Speciation processes in the adaptive radiation of Hawaiian plants and animals. *Evolutionary Biology* 31: 1–43.

Daeschler, E.B., N.H. Shubin, and F.A. Jenkins Jr. 2006. A Devonian tetrapod-like fish and the evolution of the tetrapod body plan. *Nature* 440 (7085): 757–63.

Kent, W.J., R. Baertsch, A. Hinrichs, W. Miller, and D. Haussler. 2003. Evolution's cauldron: duplication, deletion, and rearrangement in the mouse and human genomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 100 (20): 11484–89.

Ksiazek, T.G., D. Erdman, C.S. Goldsmith, S.R. Zaki, T. Peret, S. Emery, S. Tong, C. Urbani, J.A. Comer, W. Lim, P.E. Rollin, S.F. Dowell, A.E. Ling, C.D. Humphrey, W.J. Shieh, J. Guarner, C.D. Paddock, P. Rota, B. Fields, J. DeRisi, J.Y. Yang, N. Cox, J.M. Hughes, J.W. LeDuc, W.J. Bellini, L.J. Anderson — SARS Working Group. 2003. A novel coronavirus associated with severe acute respiratory syndrome. *New England Journal of Medicine* 348 (20): 1953–66.

Miller, J.D., E.D. Scott, and S. Okamoto. 2006. Public acceptance of evolution. *Science* 313 (5788): 765–66. Reznick, D.N., F.H. Shaw, F.H. Rodd, and R.G. Shaw. 1997. Evaluation of the rate of evolution in natural populations of guppies (*Poecilia reticulata*). *Science* 275 (5308): 1934–37.

Salamini, F., H. Ozkan, A. Brandolini, R. Schafer-Pregl, and W. Martin. 2002. Genetics and geography of wild cereal domestication in the Near East. *Nature Reviews Genetics* 3 (6): 429–41.

Shubin, N.H., E.B. Daeschler, and F.A. Jenkins Jr. 2006. The pectoral fin of *Tiktaalik roseae* and the origin of the tetrapod limb. *Nature* 440 (7085): 764–71.

Thewissen, J.G., M.J. Cohn, L.S. Stevens, S. Bajpai, J. Heyning, and W.E. Horton Jr. 2006. Developmental basis for hind-limb loss in dolphins and origin of the cetacean bodyplan. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 103 (22): 8414–18.

Thewissen, J.G., E.M. Williams, L.J. Roe, and S.T. Hussain. 2001. Skeletons of terrestrial cetaceans and the relationship of whales to artiodactyls. *Nature* 413 (6853): 277–81.

You, H.L., M.C. Lamanna, J.D. Harris, L.M. Chiappe, J. O'Connor, S.A. Ji, J.C. Lu, C.X. Yuan, D.Q. Li, X. Zhang, K.J. Lacovara, P. Dodson, and Q. Ji. 2006. A nearly modern amphibious bird from the Early Cretaceous of northwestern China. *Science* 312 (5780): 1640–43.

Книги об эволюции, о природе науки и об образовании в области научных дисциплин

Представленный ниже список включает книги, отобранные из огромного множества имеющихся изданий, посвященных эволюции, науке и научному образованию. Более подробный список источников по этим темам имеется на соответствующей странице нашего сайта: <http://nationalacademies.org/evolution>. Мнение Национальной академии наук по обсуждаемым в перечисленных ниже книгах вопросам не обязательно совпадает с мнением их авторов.

Книги об эволюции

Ayala, Francisco J. 2007. *Darwin's Gift to Science and Religion*. Washington, DC: Joseph Henry Press.

Эволюционист, получивший теологическое образование, рассказывает об эволюционной теории и ее совместимости с верой.

Carroll, Sean B. 2006. *The Making of the Fittest: DNA and the Ultimate Forensic Record of Evolution*. New York: Norton.

Книга о связи изменений, происходящих с ДНК с течением времени, с эволюцией организмов — и о новой науке, эволюционной биологии развития («эво-дево»).

Dawkins, Richard. 1996. *Climbing Mount Improbable*. New York: Norton.

Авторитетное и изящное описание эволюционного происхождения «замысла» организмов.

Dennett, Daniel C. 1995. *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life*. New York: Simon and Schuster.

Исследование концептуальной новизны идей Дарвина и о том, как эти идеи повлияли на другие области человеческой мысли.

Fortey, Richard. 1998. *Life: A Natural History of the First Four Billion Years of Life on Earth*. New York: Knopf.

Живописное описание истории жизни на Земле.

Gould, Stephen J. 1992. *The Panda's Thumb*. New York: W.W. Norton.

Колонки Стивена Гульда в журнале «Natural History» были собраны и опубликованы в виде серии книг, в том числе «Ever Since Darwin», «Hen's Teeth and Horses' Toes», «Eight Little Piggies», «The Flamingo's Smile» и «Bully for Brontosaurus». Все это хорошие популярные введения в основные идеи теории эволюции, к тому же в высшей степени увлекательно и понятно написанные.

Hazen, Robert M. 2006. *Genesis: The Scientific Quest for Life's Origins*. Washington, DC: Joseph Henry Press.

Интригующее изложение современных идей о происхождении жизни на Земле, включающее рассказ об опытах Хейзена и других исследователей, которые проверяли правдоподобие различных существующих гипотез.

Horner, John R., and Edwin Dobb. 1997. *Dinosaur Lives: Unearthing an Evolutionary Saga*. New York: Harper Collins.

Истории о том, как палеонтологи ищут и находят окаменевшие кости и яйца динозавров, а также многое другое, в том числе изложение взглядов автора на динозавров и эволюцию.

Kirschner, Marc W., and John C. Gerhart. 2005. *The Plausibility of Life: Resolving Darwin's Dilemma*. New Haven, CT: Yale University Press.

Книга объясняет, как маленькие изменения в ДНК организма могут приводить к возникновению новых биологических структур и систем.

Mayr, Ernst. 2001. *What Evolution Is*. New York: Basic Books.

Авторитетный и подробный обзор эволюционной теории.

Mindell, David P. 2006. *The Evolving World: Evolution in Everyday Life*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Описание многих практических приложений представлений об эволюции: в медицине, сельском хозяйстве, в деле охраны природы и в других отраслях.

National Academy of Sciences. 1998. *Teaching About Evolution and the Nature of Science*. Washington, DC: National Academy Press.

Руководство для учителей, политиков, родителей и прочих по методам преподавания вопросов эволюции и природы науки.

Weiner, Jonathan. 1994. *The Beak of the Finch: A Story of Evolution in Our Time*. New York: Knopf.

Рассказ о фундаментальных эволюционных принципах и о том, как они отражаются в продолжающейся эволюции вьюрков на Галапагосских островах.

Zimmer, Carl. 2002. *Evolution: The Triumph of an Idea*. New York: Harper.

Обзор основ эволюции — и сопроводительный текст к одноименной серии передач PBS, расследующих влияние и область применения идей Чарльза Дарвина.

Книги об эволюции человека

Cela-Conde, Camilo J., and Francisco J. Ayala. 2007. *Human Evolution: Trails from the Past*. New York: Oxford University Press.

Подробный обзор эволюции человека, отражающий достижения различных областей знаний, от генетики и палеоантропологии до этики и религии.

Diamond, Jared. 1993, reissued in 2006. *The Third Chimpanzee: The Evolution and Future of the Human Animal*. New York: Harper Perennial.

Рассказ о сходстве и различиях между человеком и шимпанзе.

Howells, William W. 1997. *Getting Here: The Story of Human Evolution*. Washington, DC: Compass Press.

Увлекательное изложение эволюционной истории человека, написанное одним из отцов биологической антропологии.

Stringer, Chris, and Peter Andrews. 2005. *The Complete World of Human Evolution*. New York: Thames and Hudson.

Подробное и богато иллюстрированное пособие по новейшим представлениям о происхождении человека.

Tattersall, Ian. 1998. *Becoming Human: Evolution and Human Uniqueness*. New York: Harcourt Brace.

Рассказ о современном взгляде на различия между неандертальцами и современными людьми.

Zimmer, Carl. 2005. *Smithsonian Intimate Guide to Human Origins*. Washington, DC: Smithsonian Books.

Краткое пособие по сложной эволюционной истории человеческого вида.

Книги об эволюции для детей и юношества

Jenkins, Steve. 2002. *Life on Earth: The Story of Evolution*. Boston: Houghton Mifflin.

A remarkably broad and detailed introduction to evolutionary theory. Grades 2–6.

Подробное введение в основы эволюционной теории. Для 2–6 классов.³

Lauber, Patricia. 1994. *How Dinosaurs Came to Be*. New York: Simon and Schuster.

Описание динозавров и их предков. Для 4–7 классов.

Lawson, Kristan. 2003. *Darwin and Evolution for Kids: His Life and Ideas with 21 Activities*. Chicago: Chicago Review.

Жизнеописание Дарвина и рассказ о различных научных занятиях, например о создании системы живых организмов и об изучении геологических слоев. Для 5–9 классов.

Matsen, Bradford. 1994. *Planet Ocean: A Story of Life, the Sea, and Dancing to the Fossil Record*. Berkeley, CA: Ten Speed Press.

Причудливо иллюстрированный путеводитель по истории Земли и жизни для детей постарше и для взрослых. 6–10 классы.

McNulty, Faith. 1999. *How Whales Walked into the Sea*. New York: Scholastic.

Эта великолепно иллюстрированная книга рассказывает о происхождении китов в ходе эволюции из наземных позвоночных. Для детского сада и 1–5 классов.

Peters, Lisa W. 2003. *Our Family Tree: An Evolution Story*. New York: Harcourt.

Книга с множеством прекрасных картинок, объясняющая родство всех живых существ. Для детского сада и классов 1–5.

³ В первый класс американских государственных школ дети идут в возрасте 6 с лишним лет. Первому классу предшествует детский сад (kindergarten), обычно для детей 5 с лишним лет. Детский сад и классы с первого по пятый составляют начальную школу (elementary school), классы с шестого по восьмой — промежуточную школу (middle school), с девятого по двенадцатый — среднюю школу (high school). Всего классов 12 (плюс детский сад). — *Прим. перев.*

Troll, Ray, and Bradford Matsen. 1996. *Raptors, Fossils, Fins & Fangs: A Prehistoric Creature Feature*. Berkeley, CA: Tricycle Press.

Веселое путешествие во времени (в стиле «Ух ты! Киты!»). Для 3–6 классов.

Книги о происхождении Земли и Вселенной

Astronomy Education Board. 2004. *An Ancient Universe: How Astronomers Know the Vast Scale of Cosmic Time*. Washington, DC: American Astronomical Society and Astronomical Society of the Pacific.

Пособие для учителей, школьников, студентов и широких кругов читателей о методах, используемых астрономами для выяснения возраста небесных тел.

Dalrymple, G. Brent. 2004. *Ancient Earth, Ancient Skies: The Age of Earth and Its Cosmic Surroundings*. Palo Alto, CA: Stanford University Press.

Подробный рассказ о научных данных, которые свидетельствуют о возрастах Земли, Луны, метеоритов, Солнечной системы, нашей галактики и Вселенной.

Longair, Malcolm S. 2006. *The Cosmic Century: A History of Astrophysics and Cosmology*. New York: Cambridge.

Обзор истории развития астрофизики и космологии, в котором особо подчеркиваются теоретические концепции, связывающие эти области с другими естественнонаучными дисциплинами.

Tyson, Neil D. 2007. *Death by Black Hole: And Other Cosmic Quandaries*. New York: W. W. Norton.

Сборник очерков Тайсона из его ежемесячной колонки «Вселенная» в журнале «Natural History» — о том, как работает наука и как мы пришли к научному пониманию нашего места во Вселенной.

Tyson, Neil D., and Donald Goldsmith. 2004. *Origins: Fourteen Billion Years of Cosmic Evolution*. New York: W. W. Norton.

Сопроводительный текст к телепередачам цикла «Происхождение» из серии «NOVA», о новейших представлениях науки о происхождении Вселенной, галактик, звезд, планет и жизни.

Weinberg, Steven. 1993. *The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe*. New York: Basic Books. (Русское издание: Вайнберг С. *Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной*. Изд-во "Регулярная и хаотическая динамика", 2000.)

Рассказ о том, что происходило во время Большого Взрыва.

Книги о генетических исследованиях и эволюции

DeSalle, Rob, and Michael Yudell. 2004. *Welcome to the Genome: A User's Guide to the Genetic Past, Present, and Future*. New York: Wiley.

Повествование о науке, ее приложениях и о потенциале генетики человека.

Ridley, Matt. 1999. *Genome: The Autobiography of a Species in 23 Chapters*. New York: HarperCollins. (Русское издание: Ридли М. Геном. Автобиография вида в 23 главах. Изд-во ЭКСМО, 2008.)

Описание того, как, хромосома за хромосомой, генетики пришли к возможности изменить жизнь человека.

Watson, James D., and Andrew Berry. 2003. *DNA: The Secret of Life*. New York: Knopf. История генетики, один из авторов которой был первооткрывателем структуры ДНК.

Книги о спорах эволюционистов с креационистами

Ayala, Francisco J. 2006. *Darwin and Intelligent Design*. Minneapolis, MN: Fortress Press. Сравнение эволюционной теории с идеями, выдвигаемыми сторонниками «разумного замысла».

Baker, Catherine, and James B. Miller. 2006. *The Evolution Dialogues: Science, Christianity, and the Quest for Understanding*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.

Последовательность из перемежающихся глав рассказывает о научных открытиях и о реакции христиан на эти открытия, в публикации, задуманной как часть серии диалогов о науке, этике и религии, спонсируемой Американской ассоциацией содействия развитию науки.

Collins, Francis. 2006. *The Language of God: A Scientist Presents Evidence for Belief*. New York: Free Press.

Директор проекта «Геном человека» рассказывает о своих религиозных убеждениях в свете своих научных исследований.

Forrest, Barbara, and Paul R. Gross. 2004. *Creationism's Trojan Horse: The Wedge of Intelligent Design*. New York: Oxford University Press.

Подробный анализ взглядов и тактики сторонников направления креационизма, называемого концепцией разумного замысла.

Humes, Edward. 2007. *Monkey Girl: Evolution, Education, Religion, and the Battle for America's Soul*. New York: HarperCollins.

Рассказ очевидца о процессе «Кицмиллер против Дувского школьного округа».

Kitcher, Philip. 2006. *Living with Darwin: Evolution, Design, and the Future of Faith*. New York: Oxford University Press.

Философ науки сравнивает различные версии креационизма с эволюционными представлениями, анализируя при этом фундаментальные различия религиозного и научного подхода.

Matsumura, Molleen. 1995. *Voices for Evolution*. Berkeley, CA: National Center for Science Education. Постоянно пополняется по адресу: <http://www.ncseweb.org/article.asp?category=2>. Сборник заявлений различных научных, гражданских, религиозных и образовательных организаций в поддержку изучения эволюции.

Miller, Kenneth R. 1999. *Finding Darwin's God: A Scientist's Search for Common Ground Between God and Evolution*. New York: HarperCollins.

A biologist seeks to reconcile evolutionary theory with a belief in God.

Биолог ищет пути согласования эволюционной теории с верой в Бога.

Moore, John A. 2002. *From Genesis to Genetics: The Case of Evolution and Creationism*. Berkeley, CA: University of California Press.

Разъяснение ключевого значения изучения эволюции для образования.

Nelkin, Dorothy. 2000. *The Creation Controversy: Science or Scripture in Schools*. Lincoln, NE: iUniverse, Inc.

Взгляд социолога науки на споры о преподавании эволюции в штате Канзас и вопросы о доверии общественности к научным данным.

Pennock, Robert T. 1999. *Tower of Babel: The Evidence Against the New Creationism*. Cambridge, MA: MIT Press.

Философ науки исследует креационизм «разумного замысла» и «теистической науки».

Pennock, Robert T., ed. 2001. *Intelligent Design Creationism and Its Critics: Philosophical, Theological, and Scientific Perspectives*. Cambridge, MA: MIT Press.

Сборник публикаций креационистов, особенно сторонников «разумного замысла», и их критиков.

Pigliucci, Massimo. 2002. *Denying Evolution: Creationism, Scientism, and the Nature of Science*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.

Расследование истории споров эволюционистов с креационистами, с подробным анализом того, что автор считает заблуждениями как креационистов, так и ученых.

Ruse, Michael. 2005. *The Evolution-Creation Struggle*. Cambridge, MA: Harvard University Press. История реакции на идеи Дарвина, содержащая конструктивные предложения для приверженцев обеих сторон в споре об эволюции.

Scott, Eugenie. 2005. *Evolution vs. Creationism: An Introduction*. Berkeley, CA: University of California Press.

Обзор проблем, связанных со спорами об эволюции и креационизме, включающий ценные списки документов и первоисточников, написанный исполнительным директором Национального центра научного образования.

Scott, Eugenie, and Glenn Branch, eds. 2006. *Not in Our Classrooms: Why Intelligent Design Is Wrong for Our Schools*. Boston, MA: Beacon Press.

Сборник очерков об истории «креационизма разумного замысла» и о юридических спорах вокруг предложений ввести преподавание этой концепции в программу уроков государственных школ.

Биографии авторов

Франсиско Айала (председатель авторской комиссии, НАН) — профессор биологических наук и профессор философии в Университете Калифорнии в Ирвине. Его основные научные работы посвящены вопросам популяционной и эволюционной генетики. Сфера его научных интересов включает, прежде всего, биологическую эволюцию, особенно генетические аспекты эволюционных процессов, молекулярную эволюцию, механизмы видообразования, генетическую изменчивость в популяциях, рост и динамику численности популяций и конкурентные отношения в природе. Он также является автором ряда работ по вопросам, относительно которых религия пересекается с наукой, и о философских проблемах эпистемологии, этики и философии биологии. Им написаны книги: «Эволюция человека: следы прошлого» («Human Evolution: Trails from the Past»), «Дарвинов дар науке и религии» («Darwin's Gift to Science and Religion»), «Дарвин и разумный замысел» («Darwin and Intelligent Design»), «Введение в популяционную и эволюционную генетику» («Population and Evolutionary Genetics: A Primer»), «Эволюция: Теория и механизмы органической эволюции» («Evolving: The Theory and Processes of Organic Evolution»), и «Работы по философии биологии» («Studies in the Philosophy of Biology»). Он давал показания по делу о преподавании эволюции в штате Арканзас в 1981 году.

Он был президентом и председателем комиссии Американской ассоциации содействия развитию науки и президентом американского исследовательского общества «Сигма Кси». Он был удостоен наград от многих организаций во всем мире, а также почетных степеней в университетах Европы, Азии и Соединенных Штатов. В 2002 году президент Джордж Буш-младший наградил его медалью «За научные достижения» («National Medal of Science»).

Брюс Альбертс (НАН) — профессор биохимии и биофизики в Университете Калифорнии в Сан-Франциско. Его основные научные работы посвящены изучению механизмов двух процессов из числа важнейших для жизнедеятельности клетки. Он особенно известен своими подробными исследованиями белковых комплексов, обеспечивающих необходимое для деления клеток удвоение хромосом.

Альбертс входит в авторский коллектив неоднократно переизданного учебника «Молекулярная биология клетки», который считается во всем мире главным учебником продвинутого уровня по этой научной дисциплине. Последняя книга Альбертса, «Основы клеточной биологии» («Essential Cell Biology») рассказывает об этой области науки более широкой аудиторией.

Брюс Альбертс был президентом Национальной академии наук и председателем Национального исследовательского совета с 1993 по 2005 год. Он продолжает состоять членом в силу занимаемой должности (ex officio member) Учительского консультационного совета Национальных академий, созданного по его инициативе. Преданный делу совершенствования образования в области научных дисциплин, он принял участие в организации и развитии программы Университета Калифорнии в Сан-Франциско «Наука в городе» («City Science»), направленной на улучшение преподавания научных дисциплин в общеобразовательных школах начального звена (elementary school).⁴

⁴ С марта 2008 года Брюс Альбертс занимает также должность главного редактора журнала «Science», одного из самых престижных международных научных журналов, издаваемого Американской ассоциацией содействия развитию науки (AAAS). — *Прим. перев.*

Мей Беренбаум (НАН) — профессор, заведующая кафедрой энтомологии в Университете Иллинойса в Урбана-Шампейн. Ее работы внесли большой вклад в понимание роли химических соединений во взаимодействиях между растениями и растительными насекомыми и выяснение природы растительных токсинов и характера их действия на насекомых. Ее исследования были посвящены физиологическим механизмам, лежащим в основе таких взаимодействий, и их роли в эволюции как растений, так и насекомых. Сфера ее научных интересов включает химическую экологию, экологию взаимодействий растений и насекомых, эволюционную биологию бабочек, фотобиологию и экологически рациональные методы контроля численности насекомых-вредителей.

Мей Беренбаум награждена премиями Национального научного фонда, Американского экологического общества, Института Вейцмана и Международного общества химической экологии. Она избрана членом Американского энтомологического общества, Американской академии наук и искусств и Американского философского общества.

Мей Беренбаум входит в состав редколлегии журнала «Proceedings of the National Academy of Sciences» и, с недавних пор, в состав Совета Национальной академии наук. В связи с интересом к делу распространения научной грамотности она опубликовала немало журнальных и газетных статей и четыре книги, посвященные научным вопросам, предназначенные для широкого круга читателей.

Брент Далримпл (НАН) — профессор и почетный декан отделения наук об океане и атмосфере Орегонского государственного университета. Он специалист по геохронологии. Его работы сыграли большую роль в закладке основ теории спрединга океанического дна, бурно развивающейся теории океанического вулканизма, а также в использовании мантийных плюмов в качестве абсолютной системы отсчета для анализа движения плит в ходе геологической истории, в тонкой структурной стратиграфии лунных реголитов и в изучении истории образования лунных кратеров. Основная сфера его научных интересов включает совершенствование технологий изотопного датирования, особенно калий-аргонового метода и метода изотопов аргона 40/39 и применения этих методов для решения широкого круга геологических и геофизических проблем.

Далримпл — автор книги «Возраст Земли» («The Age of the Earth») и ее сокращенного варианта «Древняя Земля, древние небеса» («Ancient Earth, Ancient Skies»). Его работы последних лет включают ряд опытов, направленных на определение истории столкновения крупных небесных тел с Луной и связанного с ними образования лунных кратеров. Далримпл давал показания на исторических федеральных судебных процессах об эволюции в системе образования, «Маклин против штата Арканзас» («McLean v. Arkansas») и «Агиллар против Трина» («Aguillard v. Treen»).

Далримпл — член Американского геофизического объединения, где он занимает должности президента и члена совета директоров, и Американской академии наук и искусств. В 2001 году он был удостоен премии Американского геологического общества за общественную деятельность, а в 2003 году — национальной медали «За научные достижения» («National Medal of Science»).

Бетти Карвеллас — недавно вышедшая на пенсию преподавательница и сопредседатель отделения естественных наук Эссекской средней школы в Эссекс Джанкшн (штат Вермонт). Ее профессиональная деятельность была связана с работой на местном уровне, на уровне

штата и на федеральном уровне. Она была сопредседателем комитета по образованию и членом исполнительного комитета Совета президентов научных обществ, а также президентом Национальной ассоциации учителей биологии.

Она получила премию общества «Сигма Кси» за выдающиеся достижения в деле преподавания науки в штате Вермонт (1981) и президентскую премию за мастерство в преподавании естественных наук и математики (1984). В 2000 году она была отобрана для участия в программе «Учителя знакомятся с Антарктикой и Арктикой» Национального научного фонда и провела несколько летних сезонов, работая вместе с учеными в Беринговом море и в Северном Ледовитом Океане. Она была одним из членов-учредителей и председателем Комиссии по стандартам профессионального образования штата Вермонт и входила в состав совета директоров Изучения учебных программ по биологическим наукам (Biological Sciences Curriculum Study).

Сфера ее интересов включает преподавание междисциплинарных предметов, обеспечение связки школьного научного образования с реалиями жизни, экскурсии со школьниками в районы проведения международных полевых исследований и обучение школьников методам научного познания. Бетти Карвеллас входила в число членов-учредителей Учительского консультационного совета Национальных академий и была председателем специального комитета, организовавшего в 2004 году семинар по обеспечению связи обязательного профессионального совершенствования с высококачественным образованием.

Майкл Клегг (НАН) — профессор биологических наук Университета Калифорнии в Ирвине. Один из ведущих специалистов по эволюции сложных генетических систем, он получил международное признание за вклад в понимание генетической и экологической основы адаптивных эволюционных изменений в популяциях и в группах организмов более высокого порядка. Сфера его научных интересов включает проблемы популяционной генетики, филогении и молекулярной эволюции растений, статистической оценки генетических параметров, переноса генов у растений, молекулярной генетики и сохранения генофонда сельскохозяйственных культур.

Клегг является членом в силу занимаемой должности (*ex officio member*) 29 комитетов Национальной академии наук, а также председателем Международной консультационной комиссии и членом Комитета международных программ. В настоящее время он занимает должность секретаря по международным делам Национальной академии наук. Он был председателем делегации НАН на XXVIII Генеральной ассамблее Международного научного совета в Шанхае и Сучжоу (Китай) в 2005 году.

Нэнси Моран (НАН) — профессор экологии и эволюционной биологии в Университете Аризоны. Она принимает участие в обучении магистрантов вопросам эволюции геномов и имеет опыт преподавания эволюционной биологии и науки о геномах на уровнях от средней школы до магистрантуры. Ее научные исследования посвящены роли симбиотических отношений в экологии и эволюции и касаются изучения фундаментальных движущих сил эволюции, таких как мутации, перенос генов, естественный отбор и экологическая дивергенция. Используя подходы из таких областей как молекулярная эволюционная биология, систематика и популяционная генетика, она исследует различные аспекты эволюции бактерий и насекомых и их экологических взаимодействий. Ее работы позволили установить, что многие группы насекомых эволюционировали совместно с симбиотическими бактериями в течение миллионов лет, что эти симбионты обеспечивают хозяев питательными веществами и создают предпосылки для экологической дивергенции насекомых и занимают

ими новых ниш, а также что у симбионтов произошло значительное сокращение геномов в результате утраты многих генов, имевшихся у их предков. Большинство ее работ посвящены различным группам насекомых, в частности тлям, которые относятся к основным сельскохозяйственным вредителям.

Нэнси Моран занимала должности президента Общества за изучение эволюции и вице-президента Американского общества естествоиспытателей. Она является членом Американской микробиологической академии и стипендиатом Фона Макартуrow.

Гилберт Оменн (ИМ) — профессор медицины внутренних органов, генетики человека и здравоохранения и директор Центра компьютерной медицины и биологии Университета Мичигана. Он также занимает должности ведущего научного сотрудника Мичиганского союза исследования рака методами протеомики и главы проекта «Протеом плазмы человека» (Human Plasma Proteome Project) международной организации «Протеом человека».

В число его научных интересов входят протеомика рака, химические методы предупреждения рака, генетические аспекты здравоохранения, научный анализ степеней риска и политика в области здравоохранения. Он был руководителем испытаний эффективности бета-каротина и ретинола (beta-Carotene and Retinol Efficacy Trial, CARET) в качестве средств предупреждения рака легких и сердечно-сосудистых заболеваний и директором Центра развития здравоохранения пожилых людей. По его почину, во время его работы в Университете Вашингтона и в Центре исследований рака Фреда Хатчинсона, была организована межуниверситетская Инициатива по генетическим аспектам здравоохранения в этическом, юридическом и политическом контекстах. В течение многих лет он занимает должность директора компании «Amgen Inc. and of Rohm & Haas Company». В 2005–2006 годах он был президентом Американской ассоциации содействия развитию науки.

Оменн — член Американской академии наук и искусств, Ассоциации американских терапевтов и Американской коллегии терапевтов. Он был председателем Комиссии Президента и Конгресса по изучению вопросов оценки и контроля риска, входил в состав Национальной комиссии по окружающей среде и был председателем Комитета Национальных академий по науке, технологиям и общественной политике.

Роберт Пеннок — профессор истории и философии науки, работающий на кафедрах философии (Колледж науки Лимана Бриггса) и информатики, а также в центре этики и гуманитарных аспектов биологии Мичиганского государственного университета, где он также принимает участие в магистрантской программе по экологии, эволюционной биологии и науке о поведении. Сфера его профессиональных интересов включает философию биологии и проблемы взаимосвязи эпистемологических и этических ценностей в науке.

Пеннок — автор книг «Вавилонская башня: данные, свидетельствующие против нового креационизма и концепции разумного замысла» («Tower of Babel: The Evidence Against the New Creationism and Intelligent Design»), «Креационизм и его критика: философские, теологические и научные аспекты» («Creationism and Its Critics: Philosophical, Theological, and Scientific Perspectives»). Он давал показания по делу о преподавании креационистской концепции разумного замысла «Кицмиллер против Дуврского школьного округа» («Kitzmiller v. Dover Area School District»).

Пеннок — стипендиат Фонда Меллона, Национального фонда гуманитарных наук и Национального научного фонда. Он является членом Американской ассоциации содействия развитию науки, где состоит в Комитете по пониманию науки в обществе. Он также состоит в

Комитете по общественной философии Американской философской ассоциации и занимает должность председателя Образовательного комитета Общества содействия изучению эволюции. В настоящее время он работает над книгой о приложениях дарвиновских механизмов эволюции как абстрактной теоретической модели на практике в иных, чем биология, областях.

Питер Рейвн (НАН) — профессор ботаники в Вашингтонском университете и директор Ботанического сада Миссури в Сент-Луисе. Под его руководством возглавляемый им ботанический сад превратился в один из ведущих мировых центров охраны разнообразия растений. Его основные научные интересы лежат в областях систематики, эволюции и биогеографии растений семейства кипрейные, в состав которого входят 16 родов и около 650 видов. На примере растений этого семейства были получены многие важнейшие данные, проливающие свет на характер и механизмы эволюции растений в целом. Кроме того, Рейвн занимается общей биогеографией, т.е. эволюционной историей всей биоты и отдельных систематических групп в аспекте их распространения в различных регионах и влияния на их распространение дрейфа континентов и других глобальных процессов. Значительная часть его внимания как исследователя сконцентрирована на том, что он называет угрозой «шестого вымирания» — возможного массового вымирания живых организмов в результате стремительного роста населения Земли, а также человеческой беспечности и интересов коммерческой деятельности.

В число должностей, которые Рейвн занимал в национальных и международных организациях, входят должности президента Американской ассоциации содействия развитию науки, члена Папской академии наук, секретаря по внутренним делам Национальной академии наук, члена Президентского консультационного комитета по науке и технике и председателя Комитета по исследованиям Национального географического общества. Он является стипендиатом фондов Гуггенхайма и Макартуров. В номере журнала «Тайм», посвященном Дню Земли 1999 года, Рейвн был назван в числе «героев планеты» за заслуги в деле «охраны и сбережения окружающей среды».

Нил Тайсон — директор Хейденского планетария при Американском музее естественной истории. Сфера его научных интересов включает изучение образования и взрывов звезд, а также строения карликовых галактик и структуры Млечного Пути.

Тайсон был членом президентской комиссии, в задачи которой входил анализ перспектив развития аэрокосмической промышленности США (2001), и комиссии по осуществлению космических исследовательских программ США (2004). Он был удостоен медали НАСА «За службу обществу» (Public Service Medal), высшей награды этой организации для негосударственных служащих. В настоящее время он является членом консультационного совета НАСА.

Кроме научных работ, Тайсон написал и немало научно-популярных. Он регулярно пишет очерки для журнала «Natural History». Кроме того, им были написаны книги «Небо — не предел: Приключения городского астрофизика» («The Sky Is Not the Limit: Adventures of an Urban Astrophysicist») и «Происхождение: Четырнадцать миллиардов лет космической эволюции» («Origins: Fourteen Billion Years of Cosmic Evolution»), в соавторстве с Дональдом Голдсмитом (Donald Goldsmith). Он ведет телепрограмму из серии «NOVA Science Now» («NOVA: наука сегодня») из серии «NOVA» на PBS и является исполнительным редактором этой программы. Каждая передача программы посвящена новейшим научным достижениям в разных областях, таких как химия, геология, физика, роботехника и астрофизика.

Тайсон был удостоен восьми почетных докторских степеней. В настоящее время он является президентом Планетарного общества. Его вклад в популяризацию исследований космоса был недавно отмечен Международным астрономическим союзом, присвоившим астероиду название «13123 Tyson».

Холли Уичман — профессор биологических наук в Университете Айдахо и соучредитель междисциплинарной Инициативы по развитию биоинформатики и эволюционных исследований. Читает курсы генетики, экспериментальной биологии и профессионального развития для магистрантов. Основные научные работы Холли Уичман посвящены изучению организации генома млекопитающих и опытному воспроизведению эволюции с использованием вирусов в качестве модельных объектов. Ее исследования ретротранспозонов млекопитающих были выполнены в строго филогенетическом ключе: она изучила эволюцию ретротранспозонов у однопроходных, у сумчатых и у всех 18 отрядов плацентарных млекопитающих. Эта работа была посвящена, прежде всего, исследованию постепенных эволюционных изменений, происходивших миллионы лет назад. Однако более быстрые эволюционные изменения можно наблюдать, в лабораторных условиях и в природе, у организмов, чья продолжительность жизни невелика по сравнению с продолжительностью жизни человека. Холли Уичман использовала бактериофагов X174 и их близких родственников для изучения молекулярных подробностей приспособительной эволюции. Она исследовала характер возникающих у бактериофагов адаптаций к новым условиям, например к новым видам бактерий-хозяев, и предсказуемость таких адаптаций.

Холли Уичман занимается также вопросами приложения данных эволюционной биологии для решения практических задач промышленности, сельского хозяйства и медицины. В 2001 году она приняла участие в написании подробного обзора практических приложений эволюции, предназначенного, прежде всего, для того, чтобы дать учителям средних школ и преподавателям колледжей многочисленные примеры таких приложений. Эта статья остается одной из самых часто скачиваемых статей на сайте «Annual Review of Ecology and Systematics». В минувшем году Холли Уичман принимала участие в организации семинара Национальных институтов здравоохранения по эволюции и инфекционным заболеваниям и участвовала в семинаре Национального научного фонда по передовым направлениям эволюционной биологии.

Роберт Хейзен — научный сотрудник Вашингтонской геофизической лаборатории Института Карнеги и профессор геологии в Университете Джорджа Мейсона. Его исследования последних лет посвящены изучению роли неорганических веществ в происхождении жизни, в том числе неорганической катализации органического синтеза и избирательного поглощения органических молекул неорганическими поверхностями. Он является автором книг «Происхождение: научный поиск истоков жизни» («Genesis: The Scientific Quest for Life's Origins»), «Новые алхимики» («The New Alchemists»), «Почему черные дыры не черные?» («Why Aren't Black Holes Black?») и «Изготовители алмазов» («The Diamond Makers») а также более чем 260 научных статей.

Хейзен активно занимается популяризацией научных достижений. В Университете Джорджа Мейсона им были разработаны курсы и пособия по научной грамотности. В соавторстве с Джеймсом Трефилом (James Trefil) им были написаны книги «Наука имеет значение: стремление к научной грамотности» («Science Matters: Achieving Scientific Literacy») и «Естественные науки: комплексный подход» («The Sciences: An Integrated Approach»). Он также входил в состав коллектива авторов национальных стандартов образования по научным

дисциплинам Национального исследовательского совета и издания Национальной академии наук «Преподавание эволюции и природы науки» («Teaching About Evolution and the Nature of Science»).

Он входит в состав Комитета по пониманию науки и техники в обществе Американской ассоциации содействия развитию науки и в состав консультационных советов научных телепрограмм «Nova» (WGBH, Бостон) и «Земля и Небо» («Earth & Sky», PBS), Американской энциклопедии и Совета Карнеги. Он часто выступает по радио и на телевидении. Компания «The Teaching Company» выпустила 60-часовой видеокурс его лекций.

Недавно он был избран президентом Американского минералогического общества. Он также является членом Американского общества содействия развитию науки и лауреатом премий Американского минералогического общества, Американского химического общества, Американского общества композиторов, писателей и издателей, Ассоциации издательств образовательной литературы и Американской кристаллографической ассоциации.

Тоби Хорн — содиректор Академии образования в области научных дисциплин при Институте Карнеги в Вашингтоне. В этой должности она работает непосредственно с учителями государственных школ округа Колумбия на семинарах и в ходе учебных занятий, помогая им совершенствовать уроки естественнонаучных дисциплин, математики и технологии. Она также сотрудничает со школьной системой округа, помогая учителям получать необходимые материалы для преподавания научных дисциплин и биотехнологии. Тоби Хорн также работает инструктором научной программы академии при Институте Карнеги «Суббота первого света» («First Light Saturday») для школьников среднего звена в обычных (public) и привилегированных (charter) государственных школах округа.

До поступления на работу в Институт Карнеги, Тоби Хорн работала в Научно-технологической средней школе им. Томаса Джефферсона в округе Фэрфакс (штат Вирджиния), где она организовала одну из первых доколледжевых биотехнологических программ. Она также в течение двух лет занимала должность координатора по контактам с общественностью Биотехнологического центра Фралина при Политехническом институте и государственном университете Вирджинии.

В 2006 году Тоби Хорн была президентом Национальной ассоциации учителей биологии. В должности штатного сотрудника Национального института рака она изучала последовательности ДНК, предположительно связанные с возникновением и развитием рака груди.

Барбара Шааль (НАН) — профессор биологии в Вашингтонском университете в Сент-Луисе. Ее основные научные труды посвящены изучению генетической разнородности различных видов растений, в том числе аборигенных для Соединенных Штатов, тропических зерновых культур и их диких родственников, а также рода *Arabidopsis*. Она использует разнообразные молекулярные маркеры в опытах с рядом видов растений для изучения фундаментальных эволюционных процессов, таких как миграция генов, молекулярная эволюция и естественный отбор. Применение связанных с ДНК методов на популяционном уровне позволило ей открыть и объяснить неожиданно высокую степень генетического разнообразия. Во многом благодаря этому открытию был впоследствии приспособлен для растений метод ДНК-фингерпринтинга (определения организма по ДНК, как бы «по отпечаткам пальцев»). Она принимала участие в работах по выявлению дикого предка маниоки и вероятного географического положения места одомашнивания этого растения в бассейне Амазонки в Бразилии. Она также изучала эволюционное происхождение

инвазионных растений, заселяющих болота на западе Соединенных Штатов. Ее последние работы были посвящены изучению обмена генами между генетически модифицированным рисом и дикими родственниками культурного риса.

В настоящее время Барбара Шааль занимает должность вице-президента Национальной академии наук. Она также была президентом Общества содействия изучению эволюции и Американского ботанического общества.

Биографии штатных сотрудников и консультантов

Джей Лабов — старший советник по образованию и коммуникациям Национальной академии наук и Национального исследовательского совета. Он также в течение трех лет занимал должность заместителя директора Центра образования Национального исследовательского совета и был директором исследований и ответственным штатным сотрудником при подготовке следующих официальных публикаций совета: «Совершенствование профессионального развития учителей: Возможности использования информационных технологий» («Enhancing Professional Development for Teachers: Potential Uses of Information Technology, Report of a Workshop», 2007); «Оценка и совершенствование преподавания студентам бакалавриата естественных наук, математики, техники и технологии» («Evaluating and Improving Undergraduate Teaching in Science, Mathematics, Engineering, and Technology», 2003); «Научение и понимание: Совершенствование методов изучения математики и естественных наук на продвинутом уровне в средних школах США» («Learning and Understanding: Improving Advanced Study of Mathematics and Science in U.S. High Schools», 2002); «Образование для учителей естественных наук, математики и технологии: Новая практика для нового тысячелетия» («Educating Teachers of Science, Mathematics, and Technology: New Practices for the New Millennium», 2000); «Переработка образования по естественным наукам, математике, технике и технологии для студентов бакалавриата» («Transforming Undergraduate Education in Science, Mathematics, Engineering, and Technology», 1999); «На службе нужд доколледжевого образования по естественным наукам и математике: Роль цифровой национальной библиотеки в деле образования учителей и практики для них» («Serving the Needs of Pre-College Science and Mathematics Education: Impact of a Digital National Library on Teacher Education and Practice», 1999) и «Создание цифровой национальной библиотеки для нужд образования по естественным наукам, математике, технике и технологии в бакалавриате» («Developing a Digital National Library for Undergraduate Science, Mathematics, Engineering, and Technology Education», 1998).

Кроме того, в настоящее время он контролирует деятельность Национальных академий по совершенствованию преподавания эволюции в государственных школах и руководит работой недавно расширенной инициативы по углублению сотрудничества с тематическими и профессиональными обществами в вопросах, связанных с образованием. Он работает с представителями многих национальных организаций и профессиональных обществ над улучшением образования в области научных дисциплин как и на предколледжевом уровне, так и на уровне бакалавриата. В 2005 году он был избран членом по специальности «Образование» Американской организации содействия развитию науки.

Эдвард Майбах — профессор и директор Центра по совершенствованию коммуникаций в области исследования изменений климата в Университете Джорджа Мейсона. Доктор Майбах — опытный специалист по содействию развитию здравоохранения, профессионально изучающий социальные изменения, а также ведущий исследователь в области изучения

коммуникаций. Его работы, опубликованные за последние 25 лет, существенно помогли формированию современных концепций коммуникации в области здравоохранения и общественного маркетинга. Его книга «Как донести до общества идеи здравоохранения: Подходы из областей теории коммуникаций и практического опыта» («Designing Health Messages: Approaches from Communication Theory and Public Health Practice») широко используется как в образовательных учреждениях, так и на практике. Его диссертация на соискание степени доктора философии была посвящена исследованию коммуникаций и успешно защищена в Стэнфордском университете в 1990 году. Он также занимал ряд должностей в научно-образовательных учреждениях, а впоследствии — директором всемирного отдела общественного маркетинга в агентстве «Портер Новелли» и заместителем директора Национального института рака.

Стив Олсон — автор книги «Картирование человеческой истории: гены, расы и общность происхождения» («Mapping Human History: Genes, Race, and Our Common Origins»), вышедшей в финал Национальной книжной премии и получившей премию «Наука в обществе» (Science-in-Society Award) от Национальной ассоциации авторов научной и научно-популярной литературы. Его последняя книга, «Обратный отсчет: шестеро детей соревнуются за славу победителя сложнейшего в мире математического конкурса» («Count Down: Six Kids Vie for Glory at the World's Toughest Math Competition») была названа журналом «Discover» лучшей научно-популярной книгой 2004 года. Им написаны и другие книги, в том числе «Эволюция на Гавайях» («Evolution in Hawaii») и «Что значит быть ученым» («On Being a Scientist»). Он был консультантом по литературным вопросам Национальной академии наук и Национального исследовательского совета, Медицинского института Говарда Хьюза, Института геномных исследований и многих других организаций.

Барбара Поуп — исполнительный директор управления Национальных академий по коммуникации и издательства «National Academies Press». Она отвечает за инновации и обеспечение динамического развития публикации научных и коммерческих изданий, представленных в Интернете в открытом доступе с 1995 года. Как исполнительный директор управления по коммуникации, Барбара Поуп отвечает за создание брендов, маркетинг, изучение аудитории, подготовку дериватной продукции, партнерство, системы распространения и публичный доступ к изданиям через Интернет. Ее исследовательские работы последних лет посвящены вопросам поведения потребителя и включают специфические проекты в области деловых моделей пространства цифровых публикаций и использования источников информации организациями-покупателями. Барбара Поуп также работала приглашенным лектором в Университете Мериленда и временным преподавателем продолжающейся образовательной программы Университета Вирджинии. Кроме того, она входит в состав совета директоров социально-ориентированной некоммерческой организации по продвижению науки «Hands On Science Outreach», обеспечивающей школьников высококачественными внеурочными программами по научной тематике.

Предметный указатель

- адаптивная радиация
- австралопитек афарский
- австралопитеки
- антропология
- Арканзас (штат), законодательство
- археоптерикс
- атомная теория строения материи

- бактериальный жгутик
- бактерии
 - время возникновения
 - ДНК
 - число поколений за миллионы лет
 - устойчивость к антибиотикам
- белки
- Большой Взрыв
- бонобо (карликовый шимпанзе)
- Брауновский университет
- броненосцы

- виды
 - вымершие
 - географическое распространение
 - новые — см. видообразование
 - определение
 - промежуточные (переходные)
 - слабо изменяющиеся признаки
 - число поколений за миллион лет
- видообразование
- вирусы
- возраст
 - Вселенной
 - Земли
- волки
- Вселенная
 - возраст
 - происхождение
 - расширение
- всемирного тяготения теория

- Гавайские острова
- галактики
- гелиоцентрическая теория
- Генеральная ассамблея Пресвитерианской Церкви
- генетика
- генетические исследования и эволюция

- гены
 - дупликация (удвоение)
 - слабо меняющиеся в ходе эволюции
 - сходство у разных организмов
 - глаз и сложность его строения
 - гомеотические гены
 - гоминиды
 - древние и их ископаемые остатки
 - гомология
 - гориллы

- Дарвин, Чарльз
- Дарвин, Эразм
- дельфины
- дивергенция
- динозавры
- ДНК
 - и время существования последнего общего предка
 - дупликация генов
 - как свидетельство эволюции
 - мутации
 - определение
 - сравнение последовательностей
 - чтение последовательностей
- ДНК-микрочипов метод
- домашние животные — см. тж. одомашнивание
- дорудон
- дрозофилы
- дрозофилиды гавайские

- естественный отбор — см. тж. искусственный отбор
 - как факт
 - микроэволюционные изменения
 - определение
 - открытие
 - применение вне биологии
 - применение принципа в промышленности
 - происхождение жизни
 - успех размножения (репродуктивный успех)

- жизнь на Земле
 - ее древнейшие формы

- ее происхождение
- зародышевые оболочки
- звезды и их происхождение
- Земля
 - возраст
 - происхождение
- земноводные (амфибии)
- иммунная система
- Иоанн Павел II (римский папа)
- ископаемые остатки
 - древних гоминид
 - датировка
 - живых организмов древнейшие
 - промежуточных (переходных) видов
- искусственный отбор
- ихтиозавры
- ихтиостега
- киты
- «Кицмиллер против Дуврского школьного округа»
- клеточная теория
- Койн, Джордж
- Коллинс, Фрэнсис
- комары и их устойчивость к инсектицидам
- компьютерная томография
- конечности позвоночных и их эволюция
- Коперник, Николай
- креационизм — см. тж. разумного замысла
- концепция
- креационизм «младоземельный»
- креационизм «староземельный»
- креационизм в государственных школах
- креационизм и взгляды его сторонников
- креационизм и книги о спорах
- креационистов с эволюционистами
- кровообращение
- Леметр, Жорж
- лептин
- летучие мыши
- лошади
- Луна
- Межакадемическая комиссия по международным вопросам
- метеориты
- микроэволюционные изменения
- Миллер, Кеннет
- млекопитающие
 - географическое распространение
 - ископаемые остатки
 - эволюционный переход от рептилий
 - китообразные
- Млечный Путь (галактика)
- мозг и его размеры
- молекулярная биология — см. тж. ДНК, РНК
 - свидетельства эволюции
- морские свиньи
- морские черепахи
- муковисцидоз
- мутации
- мышы
- наследственная изменчивость
- наследственность — см. тж. ДНК, мутации
- наука
 - гипотезы
 - определение
 - роль в жизни человечества
 - теории
 - и религия
- Национальный институт исследований генома человека
- неандертальцы
- нуклид, определение
- образование — см. учебная программа
- государственных школ
- одомашнивание видов
- опоссумы
- осадочные породы
- палеонтологи и палеонтология — см. тж.
- палеонтологическая летопись, ископаемые
- остатки
- палеонтологическая летопись
 - датировка
 - непротиворечивость
 - суждения о ней креационистов
- парантроп
- парнокопытные
- Пенсильвания (штат), законодательство «Письмо священнослужителей» (проект)
- планеты и их движение
- пневмония атипичная (тяжелый острый респираторный синдром)
- позвоночные наземные (четвероногие)

популяции
— возникновение безразличных мутаций
— вымирание
— изменчивость ДНК в их пределах
— определение
— человеческие
— эволюция
пресмыкающиеся (рептилии)
признаки
приматы — см. тж. человек
проконсул
протоклетки
протопланеты
птицы
пшеница и ее одомашнивание

радиоактивный распад
радиометрическое датирование
разумного замысла креационистская
концепция
— научная несостоятельность
— аргумент о «несократимой сложности»
— важнейшие судебные решения
размножение бесполое
размножение половое
религия
— совместимость с представлениями об
эволюции
— и наука
репродуктивная изоляция
РНК
рыбы

самовоспроизведение
свертываемость крови
сверхновые
Северная Америка и североамериканские
млекопитающие
Скоупс, Джон
следы из Лаэтоли
Солнечная система
сперматозоид
сравнительная анатомия
строматолиты

тектоники плит теория
Теннеси (штат), законодательство
теория, определение
теплокровность
тиктаалик

Университет Калифорнии в Сан-
Франциско
Уоллес, Альфред Рассел
успех репродуктивный
учебная программа государственных школ
— обоснованность входящих в нее
концепций
— обучение критическому мышлению
— преподавание креационизма
— преподавание «спорного» характера
эволюционной теории
— роль эволюции в ней

фундаментализм религиозный

«Хаббл», космический телескоп
хромосомы

Центральная конференция раввинов США
цианобактерии

человек
— изменения в ДНК
— предки
— происхождение за миллионы лет
— прямоходящий
— прямохождение
— разумный
— сравнение с шимпанзе
— умелый
— эволюция

шимпанзе

эволюционная биология
— практическое значение
— применение в медицине
— применение в промышленности
— применение в сельском хозяйстве
эволюционная биология развития
эволюция — см. тж. человек
— аналогичных структур
— в палеонтологической летописи
— в системе государственного школьного
образования
— время жизни последнего общего предка
— географические свидетельства
— гомологичных структур
— книги о ней

- научное понимание
- научные споры о механизмах
- определение
- отличия взглядов эволюционистов от веры
- последний общий предок
- предсказания на основе имеющихся данных
- продолжение в наши дни
- путем естественного отбора
- свидетельства на уровне ДНК

- как факт
- эволюционная теория
- эволюционное происхождение сходного поведения
- «Эдвардс против Агиллара»
- «Эпперсон против штата Арканзас»

Южная Америка и южноамериканские млекопитающие

яйцеклетка