



WIKIPEDIA  
The Free Encyclopedia

# Биология



По часовой стрелке, начиная с верхнего левого угла: нильский крокодил , подсолнечник обыкновенный , кишечная палочка , амеба протей , плодовая мушка и саркосцифа сосцинеа.

**Биология** — это научное изучение жизни и живых организмов . Это широкая естественная наука , охватывающая широкий спектр областей и объединяющих принципов, объясняющих структуру, функцию, рост, происхождение , эволюцию и распространение жизни. Центральными для биологии являются пять фундаментальных тем: клетка как основная единица жизни, гены и наследственность как основа наследования, эволюция как движущая сила биологического разнообразия , преобразование энергии для поддержания жизненных процессов и поддержание внутренней стабильности ( гомеостаз ). <sup>[1][2]</sup>

Биология изучает жизнь на разных уровнях организации , от молекул и клеток до организмов, популяций и экосистем . Субдисциплины включают молекулярную биологию , физиологию , экологию , эволюционную биологию , биологию развития и систематику , среди прочих. Каждая из этих областей применяет ряд методов для исследования биологических явлений, включая наблюдение, экспериментирование и математическое моделирование . Современная биология основана на теории эволюции путем естественного отбора , впервые сформулированной Чарльзом Дарвином , и на молекулярном понимании генов, закодированных в ДНК . Открытие структуры ДНК и достижения в области молекулярной генетики преобразили многие области биологии, что привело к ее применению в медицине , сельском хозяйстве , биотехнологии и науке об окружающей среде .

Считается, что жизнь на Земле зародилась более 3,7 миллиарда лет назад. <sup>[3]</sup> Сегодня она включает в себя огромное разнообразие организмов — от одноклеточных архей и бактерий до сложных многоклеточных растений , грибов и животных . Биологи классифицируют организмы на основе общих характеристик и эволюционных отношений, используя таксономические и филогенетические рамки. Эти организмы взаимодействуют друг с другом и со своей средой в экосистемах, где они играют роль в потоке энергии и круговороте питательных веществ . Как постоянно развивающаяся область, биология включает в себя новые открытия и технологии, которые улучшают понимание жизни и ее процессов, одновременно способствуя решению таких проблем, как болезни , изменение климата и потеря биоразнообразия .

## Этимология

От греческого *bios* , жизнь (от протоиндоевропейского корня \*gwei-, жить) и *logy* , изучение. Это соединение было введено в 1800 году Карлом Фридрихом Бурдахом и в 1802 году использовалось немецкими натуралистами Готфридом Рейнхольдом Тревиранусом и Жаном-Батистом Ламарком . <sup>[4]</sup>

## История

Самые ранние корни науки, включая медицину, можно проследить в Древнем Египте и Месопотамии примерно в 3000–1200 годах до н. э. <sup>[5][6]</sup> Их вклад сформировал древнегреческую натурфилософию. <sup>[7][5][6][8][9]</sup> Древнегреческие философы — такие как Аристотель (384–322 гг. до н. э.), внесли большой вклад в развитие биологических знаний. <sup>[10]</sup> Он исследовал биологическую причинность и разнообразие жизни. Его преемник, Теофраст, начал научное изучение растений. <sup>[11]</sup> Ученые средневекового исламского мира, писавшие о биологии, включали аль-Джахиза (781–869), ад-Динавари (828–896), писавшего о ботанике, <sup>[12]</sup> и Разеса (865–925), писавшего об анатомии и физиологии. Медицина особенно хорошо изучалась исламскими учеными, работавшими в традициях греческой философии, в то время как естественная история в значительной степени опиралась на аристотелевскую мысль.

Биология начала быстро развиваться с резким усовершенствованием микроскопа Антоном ван Левенгуком. Именно тогда ученые открыли сперматозоиды, бактерии, инфузории и разнообразие микроскопической жизни. Исследования Яна Сваммердама привели к новому интересу к энтомологии и помогли разработать методы микроскопического препарирования и окрашивания. <sup>[13]</sup> Достижения в области микроскопии оказали глубокое влияние на биологическое мышление. В начале 19 века биологи указали на центральное значение клетки. В 1838 году Шлейден и Шванн начали продвигать теперь уже универсальные идеи о том, что (1) основной единицей организмов является клетка и (2) что отдельные клетки обладают всеми характеристиками жизни, хотя они выступали против идеи о том, что (3) все клетки происходят из деления других клеток, продолжая поддерживать спонтанное зарождение. Однако Роберт Ремак и Рудольф Вирхов смогли обосновать третий принцип, и к 1860-м годам большинство биологов приняли все три принципа, которые были объединены в клеточную теорию. <sup>[14][15]</sup>

Между тем, таксономия и классификация стали центром внимания естествоиспытателей. Карл Линней опубликовал базовую таксономию для естественного мира в 1735 году, а в 1750-х годах ввел научные названия для всех своих видов. <sup>[16]</sup> Жорж-Луи Леклерк, граф де Бюффон, рассматривал виды как искусственные категории, а жизненные формы как податливые — даже предполагая возможность общего происхождения. <sup>[17]</sup>

Серьёзное эволюционное мышление зародилось в работах Жана-Батиста Ламарка, который представил последовательную теорию эволюции. <sup>[19]</sup> Британский натуралист Чарльз Дарвин, объединив биогеографический подход Гумбольдта, униформистскую геологию Лайелла, труды Мальтуса о росте населения и свои собственные морфологические знания и обширные естественные наблюдения, создал более успешную эволюционную теорию, основанную на естественном отборе; схожие рассуждения и доказательства привели Альфреда Рассела Уоллеса к независимому приходу к тем же выводам. <sup>[20][21]</sup>

Основа современной генетики началась с работы Грегора Менделя в 1865 году. <sup>[22]</sup> В ней были изложены принципы биологического наследования. <sup>[23]</sup> Однако значимость его работы не была осознана до начала 20-го века, когда эволюция стала единой теорией, поскольку современный синтез примирил дарвиновскую эволюцию с классической генетикой. <sup>[24]</sup> В 1940-х и начале 1950-х годов серия экспериментов Альфреда Херши и Марты Чейз указала на ДНК как на компонент хромосом, содержащий несущие признаки единицы, которые стали известны как гены. Сосредоточение внимания на новых видах модельных организмов, таких как вирусы и бактерии, наряду с открытием двойной спиральной структуры ДНК Джеймсом Уотсоном и Фрэнсисом Криком в 1953 году, ознаменовало переход к эре молекулярной генетики. С 1950-х годов биология значительно расширилась в молекулярной области. Генетический код был взломан Хар Гобиндом Кораной, Робертом В. Холли и Маршаллом Уорреном Ниренбергом после того, как стало известно, что ДНК содержит кодоны. Проект «Геном человека» был запущен в 1990 году для картирования генома человека. <sup>[25]</sup>

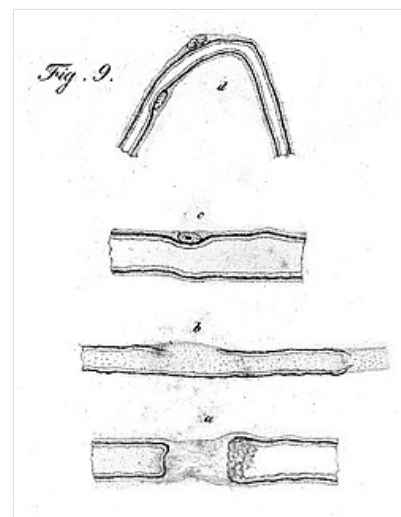
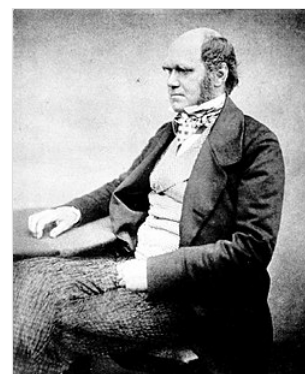


Рисунок того, что сейчас называется шванновскими клетками, сделанный одним из основателей клеточной теории Теодором Шванном.



В 1842 году Чарльз Дарвин написал свой первый набросок «О происхождении видов». <sup>[18]</sup>

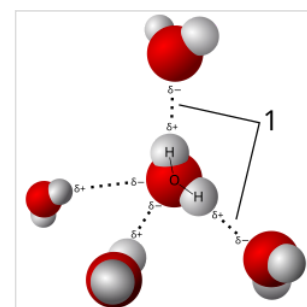
# Химическая основа

## Атомы и молекулы

Все организмы состоят из химических элементов ; <sup>[ 26 ]</sup> кислород , углерод , водород и азот составляют большую часть (96%) массы всех организмов, а кальций , фосфор , сера , натрий , хлор и магний составляют по сути все остальное. Различные элементы могут объединяться, образуя соединения , такие как вода, которая имеет основополагающее значение для жизни. <sup>[ 26 ]</sup> Биохимия — это изучение химических процессов внутри живых организмов и связанных с ними . Молекулярная биология — это раздел биологии, который стремится понять молекулярную основу биологической активности в клетках и между ними, включая молекулярный синтез, модификацию, механизмы и взаимодействия.

## Вода

Жизнь возникла из первого океана Земли, который образовался около 3,8 миллиарда лет назад. <sup>[ 27 ]</sup> С тех пор вода продолжает оставаться самой распространенной молекулой в каждом организме. Вода важна для жизни, поскольку она является эффективным растворителем , способным растворять растворенные вещества, такие как ионы натрия и хлорида или другие небольшие молекулы, образуя водный раствор . После растворения в воде эти растворенные вещества с большей вероятностью вступают в контакт друг с другом и, следовательно, принимают участие в химических реакциях , поддерживающих жизнь. <sup>[ 27 ]</sup> С точки зрения своей молекулярной структуры вода представляет собой небольшую полярную молекулу с изогнутой формой, образованной полярными ковалентными связями двух атомов водорода (H) с одним атомом кислорода (O) (H<sub>2</sub>O). <sup>[ 27 ]</sup> Поскольку связи O–H являются полярными, атом кислорода имеет небольшой отрицательный заряд, а два атома водорода имеют небольшой положительный заряд. <sup>[ 27 ]</sup> Это полярное свойство воды позволяет ей притягивать другие молекулы воды через водородные связи, что делает воду связующей . <sup>[ 27 ]</sup> Поверхностное натяжение возникает из-за силы сцепления, возникающей из-за притяжения между молекулами на поверхности жидкости. <sup>[ 27 ]</sup> Вода также является адгезивной , поскольку она способна прилипать к поверхности любых полярных или заряженных неводных молекул. <sup>[ 27 ]</sup> Вода плотнее в жидком состоянии , чем в твердом состоянии (или льду). <sup>[ 27 ]</sup> Это уникальное свойство воды позволяет льду плавать над жидкой водой, такой как пруды, озера и океаны, тем самым изолируя жидкость под ней от холодного воздуха над ней. <sup>[ 27 ]</sup> Вода обладает способностью поглощать энергию, что дает ей более высокую удельную теплоемкость , чем другие растворители, такие как этанол . <sup>[ 27 ]</sup> Таким образом, для разрыва водородных связей между молекулами воды и превращения жидкой воды в водяной пар требуется большое количество энергии . <sup>[ 27 ]</sup> Как молекула, вода не является полностью стабильной, поскольку каждая молекула воды непрерывно диссоциирует на водород и гидроксильные ионы, прежде чем снова превратиться в молекулу воды. <sup>[ 27 ]</sup> В чистой воде количество ионов водорода уравнивает (или равно) количеству гидроксильных ионов, в результате чего pH становится нейтральным.

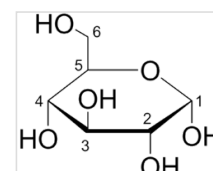


Модель водородных связей  
(1) между молекулами воды

## Органические соединения

Органические соединения — это молекулы, которые содержат углерод, связанный с другим элементом, таким как водород. <sup>[ 27 ]</sup> За исключением воды, почти все молекулы, составляющие каждый организм, содержат углерод. <sup>[ 27 ]</sup> <sup>[ 28 ]</sup> Углерод может образовывать ковалентные связи с четырьмя другими атомами, что позволяет ему образовывать разнообразные, большие и сложные молекулы. <sup>[ 27 ]</sup> <sup>[ 28 ]</sup> Например, один атом углерода может образовывать четыре одинарные ковалентные связи, такие как в метане , две двойные ковалентные связи , такие как в диоксиде углерода (CO<sub>2</sub>), или тройную ковалентную связь, такую как в оксиде углерода (CO).

Более того, углерод может образовывать очень длинные цепи взаимосвязанных углерод-углеродных связей, такие как октан , или кольцевые структуры, такие как глюкоза .



Органические соединения, такие как глюкоза , жизненно важны для организмов.

Простейшей формой органической молекулы является углеводород , который представляет собой большое семейство органических соединений, состоящих из атомов водорода, связанных с цепочкой атомов углерода. Углеводородный остов может быть заменен другими элементами, такими как кислород (O), водород (H), фосфор (P) и сера (S), которые могут изменить химическое поведение этого соединения. <sup>[ 27 ]</sup> Группы атомов, которые содержат эти элементы (O-, H-, P- и S-) и связаны с центральным атомом углерода или скелетом, называются

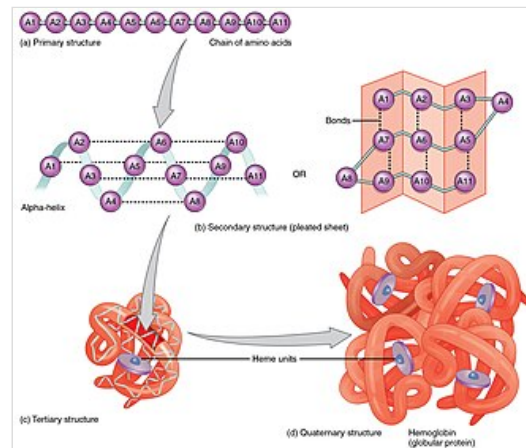


функциональными группами . [ 27 ] Существует шесть основных функциональных групп, которые можно найти в организмах: аминогруппа , карбоксильная группа , карбонильная группа , гидроксильная группа , фосфатная группа и сульфгидрильная группа . [ 27 ]

В 1953 году эксперимент Миллера-Юри показал, что органические соединения могли синтезироваться абиотически в закрытой системе, имитирующей условия ранней Земли , что позволило предположить, что сложные органические молекулы могли возникнуть спонтанно на ранней Земле (см. абиогенез ) . [ 29 ] [ 27 ]

## Макромолекулы

Макромолекулы — это большие молекулы, состоящие из более мелких субъединиц или мономеров . [ 30 ] Мономеры включают сахара, аминокислоты и нуклеотиды. [ 31 ] Углеводы включают мономеры и полимеры сахаров. [ 32 ] Липиды — это единственный класс макромолекул, которые не состоят из полимеров. Они включают стероиды , фосфолипиды и жиры, [ 31 ] в основном неполярные и гидрофобные (водоотталкивающие) вещества. [ 33 ] Белки — самые разнообразные из макромолекул. Они включают ферменты , транспортные белки , большие сигнальные молекулы, антитела и структурные белки . Основной единицей (или мономером) белка является аминокислота . [ 30 ] В белках используется двадцать аминокислот. [ 30 ] Нуклеиновые кислоты — это полимеры нуклеотидов . [ 34 ] Их функция заключается в хранении, передаче и выражении наследственной информации. [ 31 ]



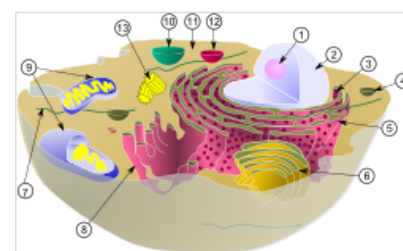
(а) первичная, (б) вторичная, (в) третичная и (г) четвертичная структуры белка гемоглобина

## Клетки

Клеточная теория утверждает, что клетки являются основными единицами жизни, что все живые существа состоят из одной или нескольких клеток, и что все клетки возникают из уже существующих клеток путем деления клеток . [ 35 ] Большинство клеток очень малы, их диаметр составляет от 1 до 100 микрометров , и поэтому их можно увидеть только под световым или электронным микроскопом . [ 36 ] Обычно существует два типа клеток: эукариотические клетки, которые содержат ядро , и прокариотические клетки, которые его не содержат. Прокариоты — это одноклеточные организмы , такие как бактерии , тогда как эукариоты могут быть одноклеточными или многоклеточными. У многоклеточных организмов каждая клетка в теле организма в конечном итоге происходит из одной клетки в оплодотворенной яйцеклетке .

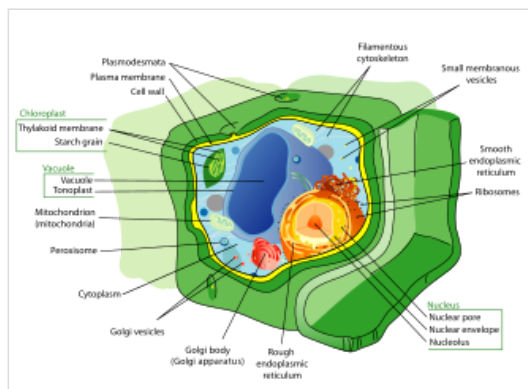
## Структура клетки

Каждая клетка заключена в клеточную мембрану , которая отделяет ее цитоплазму от внеклеточного пространства . [ 37 ] Клеточная мембрана состоит из липидного бислоя , включая холестерины , которые находятся между фосфолипидами, чтобы поддерживать их текучесть при различных температурах. Клеточные мембраны полупроницаемы , позволяя проходить через них небольшим молекулам, таким как кислород, углекислый газ и вода, ограничивая при этом движение более крупных молекул и заряженных частиц, таких как ионы . [ 38 ] Клеточные мембраны также содержат мембранные белки , включая интегральные мембранные белки , которые проходят через мембрану, выступая в качестве мембранных транспортеров , и периферические белки , которые свободно прикрепляются к внешней стороне клеточной мембраны, действуя как ферменты, формирующие клетку. [ 39 ] Клеточные мембраны участвуют в различных клеточных процессах, таких как клеточная адгезия , хранение электрической энергии и клеточная сигнализация , и служат в качестве поверхности прикрепления для нескольких внеклеточных структур, таких как клеточная стенка , гликокаликс и цитоскелет .



Структура животной клетки , изображающая различные органеллы

В цитоплазме клетки находится множество биомолекул, таких как белки и нуклеиновые кислоты . [ 40 ] Помимо биомолекул, эукариотические клетки имеют специализированные структуры, называемые органеллами , которые имеют собственные липидные бислои или являются пространственными единицами. [ 41 ] Эти органеллы включают клеточное ядро , которое содержит большую часть ДНК клетки, или митохондрии , которые генерируют аденозинтрифосфат (АТФ) для питания клеточных процессов. Другие органеллы, такие как эндоплазматический ретикулум и аппарат Гольджи, играют роль в синтезе и упаковке белков соответственно. Биомолекулы, такие как белки, могут быть поглощены лизосомами , другой специализированной органеллой. Растительные клетки имеют

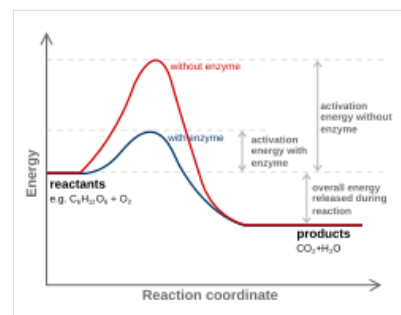


Строение растительной клетки

дополнительные органеллы, которые отличают их от животных клеток, такие как клеточная стенка, которая обеспечивает поддержку растительной клетки, хлоропласты, которые собирают энергию солнечного света для производства сахара, и вакуоли, которые обеспечивают хранение и структурную поддержку, а также участвуют в воспроизводстве и расщеплении семян растений. [ 41 ] Эукариотические клетки также имеют цитоскелет, состоящий из микротрубочек, промежуточных филаментов и микрофиламентов, которые обеспечивают поддержку клетки и участвуют в движении клетки и ее органелл. [ 41 ] С точки зрения их структурного состава, микротрубочки состоят из тубулина (например,  $\alpha$ -тубулина и  $\beta$ -тубулина), тогда как промежуточные филаменты состоят из фибрилярных белков. [ 41 ] Микрофиламенты состоят из молекул актина, которые взаимодействуют с другими цепями белков. [ 41 ]

## Метаболизм

Всем клеткам требуется энергия для поддержания клеточных процессов. Метаболизм — это набор химических реакций в организме. Три основные цели метаболизма: преобразование пищи в энергию для запуска клеточных процессов; преобразование пищи/топлива в мономерные строительные блоки; и устранение метаболических отходов. Эти катализируемые ферментами реакции позволяют организмам расти и размножаться, поддерживать свои структуры и реагировать на окружающую среду. Метаболические реакции можно разделить на катаболические — расщепление соединений (например, расщепление глюкозы до пирувата путем клеточного дыхания); или анаболические — создание (синтез) соединений (таких как белки, углеводы, липиды и нуклеиновые кислоты). Обычно катаболизм высвобождает энергию, а анаболизм потребляет ее. Химические реакции метаболизма организованы в метаболические пути, в которых одно химическое вещество преобразуется через ряд шагов в другое химическое вещество, причем каждый шаг облегчается определенным ферментом. Ферменты имеют решающее значение для метаболизма, поскольку они позволяют организмам управлять желаемыми реакциями, требующими энергии, которая не произойдет сама по себе, связывая их со спонтанными реакциями, которые высвобождают энергию. Ферменты действуют как катализаторы — они позволяют реакции протекать быстрее, не потребляя ее — уменьшая количество энергии активации, необходимой для превращения реагентов в продукты. Ферменты также позволяют регулировать скорость метаболической реакции, например, в ответ на изменения в среде клетки или на сигналы от других клеток.

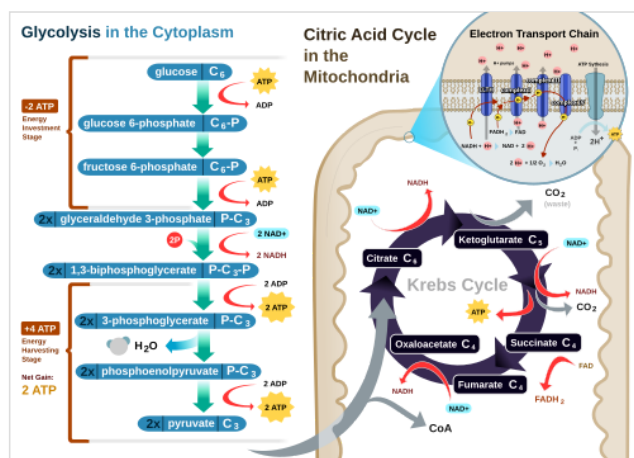


Пример экзотермической реакции, катализируемой ферментом

## Клеточное дыхание

Клеточное дыхание представляет собой набор метаболических реакций и процессов, которые происходят в клетках для преобразования химической энергии из питательных веществ в аденозинтрифосфат (АТФ) и последующего высвобождения отходов. [ 42 ] Реакции, участвующие в дыхании, являются катаболическими реакциями, которые расщепляют большие молекулы на более мелкие, высвобождая энергию. Дыхание является одним из ключевых способов, с помощью которых клетка высвобождает химическую энергию для подпитки клеточной активности. Общая реакция происходит в серии биохимических этапов, некоторые из которых являются окислительно-восстановительными реакциями. Хотя клеточное дыхание технически является реакцией горения, оно явно не похоже на нее, когда происходит в клетке, из-за медленного, контролируемого высвобождения энергии из серии реакций.

Сахар в форме глюкозы является основным питательным веществом, используемым клетками животных и растений для дыхания. Клеточное дыхание с участием кислорода называется аэробным дыханием, которое состоит из четырех стадий: гликолиза, цикла лимонной кислоты (или цикла Кребса), цепи переноса электронов и окислительного фосфорилирования. [ 43 ] Гликолиз — это метаболический процесс, который происходит в цитоплазме, при котором



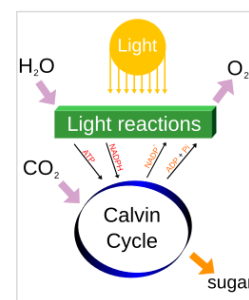
Дыхание в эукариотической клетке

глюкоза превращается в два пирувата , при этом одновременно производятся две чистые молекулы АТФ. [43] Затем каждый пируват окисляется до ацетил-КоА комплексом пируватдегидрогеназы , который также генерирует НАДН и углекислый газ. Ацетил-КоА входит в цикл лимонной кислоты, который происходит внутри митохондриальной матрицы. В конце цикла общий выход из 1 глюкозы (или 2 пируватов) составляет 6 НАДН, 2 ФАДН<sub>2</sub> и 2 молекулы АТФ. Наконец, следующим этапом является окислительное фосфорилирование, которое у эукариот происходит в митохондриальных кристах . Окислительное фосфорилирование включает в себя цепь переноса электронов, которая представляет собой серию из четырех белковых комплексов , которые переносят электроны от одного комплекса к другому, тем самым высвобождая энергию из НАДН и ФАДН<sub>2</sub> , которая связана с перекачкой протонов (ионов водорода) через внутреннюю митохондриальную мембрану ( хемосмос ), что создает протондвижущую силу . [43] Энергия от протондвижущей силы заставляет фермент АТФ-синтазу синтезировать больше АТФ путем фосфорилирования АДФ . Передача электронов заканчивается тем, что молекулярный кислород становится конечным акцептором электронов .

Если бы кислорода не было, пируват не метаболизировался бы клеточным дыханием, а подвергался бы процессу ферментации . Пируват не транспортируется в митохондрии, а остается в цитоплазме, где он преобразуется в отходы , которые могут быть удалены из клетки. Это служит цели окисления переносчиков электронов, чтобы они могли снова выполнять гликолиз, и удаления избытка пирувата. Ферментация окисляет NADH до NAD<sup>+</sup> , чтобы его можно было повторно использовать в гликолизе. При отсутствии кислорода ферментация предотвращает накопление NADH в цитоплазме и обеспечивает NAD<sup>+</sup> для гликолиза. Этот продукт отходов варьируется в зависимости от организма. В скелетных мышцах продуктом отходов является молочная кислота . Этот тип ферментации называется ферментацией молочной кислоты . При интенсивных упражнениях, когда энергетические потребности превышают энергопоставки, дыхательная цепь не может обработать все атомы водорода, присоединенные NADH. Во время анаэробного гликолиза NAD<sup>+</sup> регенерируется, когда пары водорода соединяются с пируватом, образуя лактат. Образование лактата катализируется лактатдегидрогеназой в обратимой реакции. Лактат также может использоваться в качестве непрямого предшественника гликогена печени. Во время восстановления, когда кислород становится доступным, NAD<sup>+</sup> присоединяется к водороду из лактата, образуя АТФ. У дрожжей отходами являются этанол и углекислый газ. Этот тип брожения известен как спиртовое или этаноловое брожение . АТФ, образующийся в этом процессе, производится путем фосфорилирования на уровне субстрата , которое не требует кислорода.

## Фотосинтез

Фотосинтез — это процесс, используемый растениями и другими организмами для преобразования световой энергии в химическую энергию , которая впоследствии может быть высвобождена для питания метаболической активности организма посредством клеточного дыхания. Эта химическая энергия хранится в молекулах углеводов, таких как сахара, которые синтезируются из углекислого газа и воды. [44] [45] [46] В большинстве случаев кислород выделяется как побочный продукт. Большинство растений, водорослей и цианобактерий осуществляют фотосинтез, который в значительной степени отвечает за производство и поддержание содержания кислорода в атмосфере Земли и поставляет большую часть энергии, необходимой для жизни на Земле. [47]



Фотосинтез преобразует солнечный свет в химическую энергию, расщепляет воду, высвобождая O<sub>2</sub> , и преобразует CO<sub>2</sub> в сахар.

Фотосинтез состоит из четырех стадий: поглощение света , перенос электронов, синтез АТФ и фиксация углерода . [43] Поглощение света является начальным этапом фотосинтеза, на котором энергия света поглощается пигментами хлорофилла , прикрепленными к белкам в мембранах тилакоидов . Поглощенная энергия света используется для удаления электронов от донора (воды) к первичному акцептору электронов, хинону , обозначенному как Q. На втором этапе электроны перемещаются от первичного акцептора электронов хинона через ряд переносчиков электронов, пока не достигнут конечного акцептора электронов, который обычно представляет собой окисленную форму НАДФ<sup>+</sup> , которая восстанавливается до НАДФН, процесс, который происходит в белковом комплексе, называемом фотосистемой I (PSI). Транспорт электронов сопряжен с движением протонов (или водорода) из стромы в мембрану тилакоида, что формирует градиент pH через мембрану, поскольку водород становится более концентрированным в просвете, чем в строме. Это аналогично протон-движущей силе, генерируемой через внутреннюю митохондриальную мембрану при аэробном дыхании. [43]

На третьем этапе фотосинтеза движение протонов по градиентам их концентрации из просвета тилакоида в строму через АТФ-синтазу сопряжено с синтезом АТФ той же АТФ-синтазой. [43] НАДФН и АТФ, генерируемые светозависимыми реакциями на втором и третьем этапах соответственно, обеспечивают энергию и электроны для

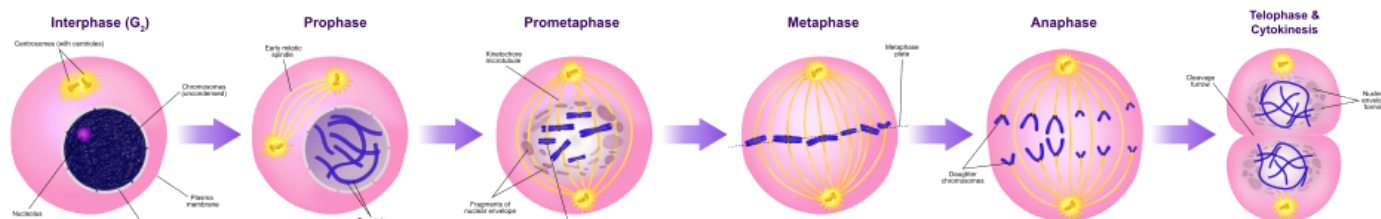


запуска синтеза глюкозы путем фиксации атмосферного углекислого газа в существующих органических углеродных соединениях, таких как рибулозобисфосфат (РБФ) в последовательности светонезависимых (или темновых) реакций, называемых циклом Кальвина . [ 48 ]

## Клеточная сигнализация

Клеточная сигнализация (или коммуникация) — это способность клеток получать, обрабатывать и передавать сигналы с окружающей средой и с собой. [ 49 ] [ 50 ] Сигналы могут быть нехимическими, такими как свет, электрические импульсы и тепло, или химическими сигналами (или лигандами ), которые взаимодействуют с рецепторами , которые могут быть обнаружены встроенными в клеточную мембрану другой клетки или расположенными глубоко внутри клетки. [ 51 ] [ 50 ] Обычно существует четыре типа химических сигналов: аутокринные , паракринные , юстакринные и гормоны . [ 51 ] При аутокринной сигнализации лиганд воздействует на ту же клетку, которая его высвобождает. Например, опухолевые клетки могут бесконтрольно размножаться, потому что они высвобождают сигналы, которые инициируют их собственное самоделение. При паракринной сигнализации лиганд диффундирует в близлежащие клетки и воздействует на них. Например, клетки мозга, называемые нейронами, высвобождают лиганды, называемые нейротрансмиттерами , которые диффундируют через синаптическую щель, чтобы связаться с рецептором на соседней клетке, такой как другой нейрон или мышечная клетка . При юстакринной сигнализации существует прямой контакт между сигнальными и реагирующими клетками. Наконец, гормоны — это лиганды, которые перемещаются по кровеносной системе животных или сосудистой системе растений, чтобы достичь своих целевых клеток. Как только лиганд связывается с рецептором, он может влиять на поведение другой клетки, в зависимости от типа рецептора. Например, нейротрансмиттеры, которые связываются с инотропным рецептором, могут изменять возбудимость целевой клетки. Другие типы рецепторов включают рецепторы протеинкиназы (например, рецептор для гормона инсулина ) и рецепторы, сопряженные с G-белком . Активация рецепторов, сопряженных с G-белком, может инициировать каскады вторичных мессенджеров . Процесс, посредством которого химический или физический сигнал передается через клетку в виде серии молекулярных событий, называется трансдукцией сигнала .

## Клеточный цикл



Клеточный цикл представляет собой ряд событий, происходящих в клетке , которые заставляют ее делиться на две дочерние клетки. Эти события включают в себя дупликацию ее ДНК и некоторых ее органелл , а также последующее разделение ее цитоплазмы на две дочерние клетки в процессе, называемом делением клетки . [ 52 ] У эукариот (т. е. животных, растений, грибов и простейших клеток) существует два различных типа деления клеток: митоз и мейоз . [ 53 ] Митоз является частью клеточного цикла, в котором реплицированные хромосомы разделяются на два новых ядра. Деление клетки приводит к образованию генетически идентичных клеток, в которых сохраняется общее число хромосом. В целом, митозу (делению ядра) предшествует S-стадия интерфазы (во время которой реплицируется ДНК), и за ним часто следуют телофаза и цитокинез ; который делит цитоплазму , органеллы и клеточную мембрану одной клетки на две новые клетки, содержащие примерно равные доли этих клеточных компонентов. Различные стадии митоза в совокупности определяют митотическую фазу цикла клеток животных — деление материнской клетки на две генетически идентичные дочерние клетки. [ 54 ] Клеточный цикл — это жизненно важный процесс, посредством которого одноклеточная оплодотворенная яйцеклетка развивается в зрелый организм, а также процесс, посредством которого обновляются волосы, кожа, клетки крови и некоторые внутренние органы . После деления клетки каждая из дочерних клеток начинает интерфазу нового цикла. В отличие от митоза, мейоз приводит к образованию четырех гаплоидных дочерних клеток, подвергаясь одному раунду репликации ДНК, за которым следуют два деления. [ 55 ] Гомологичные хромосомы разделяются в первом делении ( мейоз I ), а сестринские хроматиды разделяются во втором делении ( мейоз II ). Оба этих цикла деления клеток используются в процессе полового размножения в какой-то момент их жизненного цикла. Считается, что оба присутствуют у последнего общего предка эукариот.

Прокариоты (т. е. археи и бактерии) также могут подвергаться делению клеток (или бинарному делению ). В отличие от процессов митоза и мейоза у эукариот, бинарное деление у прокариот происходит без образования веретенового аппарата на клетке. Перед бинарным делением ДНК в бактерии плотно свернута. После того, как она раскручивается и дублируется, она тянется к отдельным полюсам бактерии, поскольку она увеличивается в размере, чтобы подготовиться к разделению. Рост новой клеточной стенки начинает разделять бактерию (вызванный

полимеризацией *FtsZ* и образованием «Z-кольца»). [ 56 ] Новая клеточная стенка ( септум ) полностью развивается, что приводит к полному разделению бактерии. Новые дочерние клетки имеют плотно скрученные стержни ДНК, рибосомы и плазмиды .

## Половое размножение и мейоз

Мейоз является центральной особенностью полового размножения у эукариот, и наиболее фундаментальной функцией мейоза , по-видимому, является сохранение целостности генома , который передается потомству родителями. [ 57 ] [ 58 ] Два аспекта полового размножения , мейотическая рекомбинация и ауткроссинг , вероятно, поддерживаются соответственно адаптивными преимуществами рекомбинационной репарации повреждений геномной ДНК и генетической комплементации , которая маскирует экспрессию вредных рецессивных мутаций . [ 59 ]

Благоприятный эффект генетической комплементарности, полученный в результате ауткроссинга (перекрестного оплодотворения), также называется гибридной силой или гетерозисом. Чарльз Дарвин в своей книге 1878 года « *Влияние перекрестного и самоопыления в растительном мире* » [ 60 ] в начале главы XII отметил: «Первый и самый важный из выводов, который можно сделать из наблюдений, приведенных в этом томе, заключается в том, что обычно перекрестное оплодотворение полезно, а самоопыление часто вредно, по крайней мере, для растений, на которых я экспериментировал». Генетическая изменчивость , часто возникающая как побочный продукт полового размножения, может обеспечить долгосрочные преимущества тем половым линиям, которые участвуют в ауткроссинге . [ 59 ]

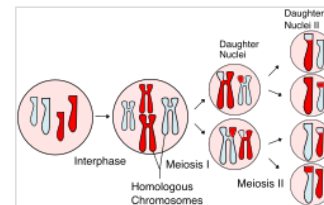
## Генетика

### Наследование

Генетика — это научное изучение наследования. [ 61 ] [ 62 ] [ 63 ] Менделевское наследование , в частности, — это процесс, посредством которого гены и признаки передаются от родителей к потомству. [ 23 ] Оно имеет несколько принципов. Первый заключается в том, что генетические характеристики, аллели , являются дискретными и имеют альтернативные формы (например, фиолетовый против белого или высокий против карликового), каждый из которых наследуется от одного из двух родителей. На основании закона доминирования и единообразия , который гласит, что некоторые аллели являются доминантными , а другие — рецессивными ; организм, имеющий по крайней мере один доминантный аллель, будет демонстрировать фенотип этого доминантного аллеля. Во время формирования гамет аллели для каждого гена разделяются, так что каждая гамета несет только один аллель для каждого гена. Гетерозиготные особи производят гаметы с равной частотой двух аллелей. Наконец, закон независимого распределения гласит, что гены разных признаков могут разделяться независимо во время формирования гамет, т. е. гены не сцеплены. Исключением из этого правила будут признаки, сцепленные с полом . Тестовые скрещивания могут быть выполнены для экспериментального определения основного генотипа организма с доминирующим фенотипом. [ 64 ] Решетка Пеннета может быть использована для прогнозирования результатов тестового скрещивания. Хромосомная теория наследования , которая утверждает, что гены находятся на хромосомах, была поддержана экспериментами Томаса Морганом с плодовыми мушками , которые установили половую связь между цветом глаз и полом у этих насекомых. [ 65 ]

### Гены и ДНК

Ген — это единица наследственности , которая соответствует участку дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), которая несет генетическую информацию, контролирующую форму или функцию организма. ДНК состоит из двух полинуклеотидных цепей, которые обвиваются друг вокруг друга, образуя двойную спираль . [ 66 ] Она встречается в виде линейных хромосом у эукариот и кольцевых хромосом у прокариот . Набор хромосом в клетке в совокупности известен как ее геном . У эукариот ДНК в основном находится в ядре клетки . [ 67 ] У прокариот ДНК содержится в нуклеоиде . [ 68 ] Генетическая информация содержится в генах, а полная сборка в организме называется его генотипом . [ 69 ] Репликация ДНК — это полуконсервативный процесс, при котором каждая нить служит шаблоном для новой нити ДНК. [ 66 ] Мутации — это наследуемые изменения в ДНК. [ 66 ] Они могут возникать спонтанно в результате ошибок репликации, которые не были исправлены корректурой, или могут быть вызваны мутагеном окружающей среды , таким как химикат (например, азотистая кислота , бензопирен ) или радиация (например, рентгеновские лучи , гамма-лучи , ультрафиолетовое излучение , частицы, испускаемые нестабильными изотопами).



В мейозе хромосомы удваиваются, а гомологичные хромосомы обмениваются генетической информацией во время мейоза I. Дочерние клетки снова делятся во время мейоза II, образуя гаплоидные гаметы .

			pollen ♂
		B	b
pistil ♀	B	BB	Bb
	b	Bb	bb

Решетка Пеннета, изображающая скрещивание двух растений гороха, гетерозиготных по фиолетовым (B) и белым (b) цветкам



[ 66 ] Мутации могут приводить к фенотипическим эффектам, таким как потеря функции, приобретение функции и условные мутации. [ 66 ] Некоторые мутации полезны, так как они являются источником генетической изменчивости для эволюции. [ 66 ] Другие вредны, если они приводят к потере функции генов, необходимых для выживания. [ 66 ]

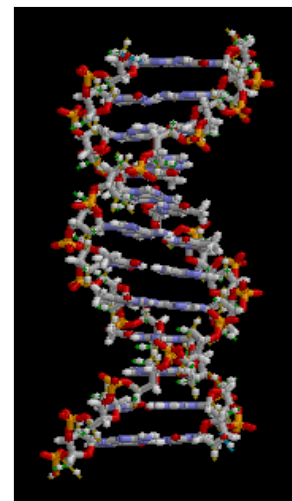
## Экспрессия генов

Экспрессия генов — это молекулярный процесс, посредством которого генотип , закодированный в ДНК, приводит к наблюдаемому фенотипу в белках тела организма. Этот процесс обобщен центральной догмой молекулярной биологии , сформулированной Фрэнсисом Криком в 1958 году. [ 70 ] [ 71 ] [ 72 ] Согласно Центральной догме, генетическая информация передается от ДНК к РНК и белку. Существует два процесса экспрессии генов: транскрипция (ДНК в РНК) и трансляция (РНК в белок). [ 73 ]

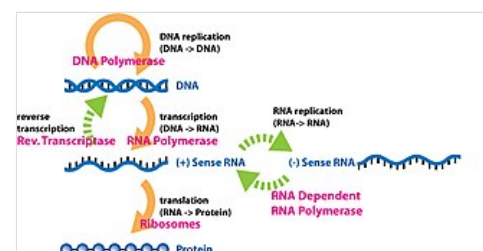
## Регуляция генов

Регулирование экспрессии генов факторами окружающей среды и на разных стадиях развития может происходить на каждом этапе процесса, например , транскрипции , сплайсинга РНК , трансляции и посттрансляционной модификации белка. [ 74 ] На

экспрессию генов может влиять положительная или отрицательная регуляция, в зависимости от того, какой из двух типов регуляторных белков, называемых факторами транскрипции, связывается с последовательностью ДНК, близкой к промотору или на нем. [ 74 ] Кластер генов, которые имеют один и тот же промотор, называется опероном , он встречается в основном у прокариот и некоторых низших эукариот (например, *Caenorhabditis elegans* ). [ 74 ] [ 75 ] При положительной регуляции экспрессии генов активатором является фактор транскрипции, который стимулирует транскрипцию, когда он связывается с последовательностью, близкой к промотору или на нем. Отрицательная регуляция происходит, когда другой фактор транскрипции, называемый репрессором , связывается с последовательностью ДНК, называемой оператором , которая является частью оперона, чтобы предотвратить транскрипцию. Репрессоры могут быть ингибированы соединениями, называемыми индукторами (например, аллолактозой ), тем самым позволяя транскрипции происходить. [ 74 ] Конкретные гены, которые могут быть активированы индукторами, называются индуцируемыми генами , в отличие от конститутивных генов , которые почти постоянно активны. [ 74 ] В отличие от обоих, структурные гены кодируют белки, которые не участвуют в регуляции генов. [ 74 ] Помимо регуляторных событий, в которых участвует промотор, экспрессия генов также может регулироваться эпигенетическими изменениями в хроматине , который представляет собой комплекс ДНК и белка, обнаруженный в эукариотических клетках. [ 74 ]



Основания располагаются между двумя спиральными цепями ДНК.



Расширенная центральная догма молекулярной биологии включает в себя все процессы, вовлеченные в поток генетической информации.

## Гены, развитие и эволюция

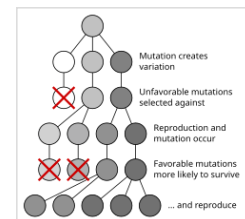
Развитие — это процесс, посредством которого многоклеточный организм (растение или животное) проходит через ряд изменений, начиная с одной клетки и принимая различные формы, характерные для его жизненного цикла. [ 76 ] В основе развития лежат четыре ключевых процесса: определение , дифференциация , морфогенез и рост. Определение определяет судьбу развития клетки, которая становится более ограниченной в процессе развития. Дифференциация — это процесс, посредством которого специализированные клетки возникают из менее специализированных клеток, таких как стволовые клетки . [ 77 ] [ 78 ] Стволовые клетки — это недифференцированные или частично дифференцированные клетки , которые могут дифференцироваться в различные типы клеток и размножаться неограниченно, чтобы производить больше тех же стволовых клеток. [ 79 ] Клеточная дифференциация резко изменяет размер, форму, мембранный потенциал , метаболическую активность и восприимчивость клетки к сигналам, что в значительной степени обусловлено строго контролируруемыми модификациями в экспрессии генов и эпигенетике . За некоторыми исключениями, клеточная дифференциация почти никогда не включает изменение самой последовательности ДНК . [ 80 ] Таким образом, разные клетки могут иметь очень разные физические характеристики, несмотря на то, что имеют один и тот же геном . Морфогенез, или развитие формы тела, является результатом пространственных различий в экспрессии генов. [ 76 ] Небольшая часть генов в геноме организма, называемая набором генетического инструментария развития, контролирует развитие этого организма. Эти гены набора инструментов высококонсервативны среди типов , что означает, что они являются древними и очень похожими в широко разделенных группах животных. Различия в развертывании генов набора инструментов влияют

на план тела и количество, идентичность и рисунок частей тела. Среди наиболее важных генов набора инструментов находятся гены *Нох*. Гены *Нох* определяют, где повторяющиеся части, такие как многочисленные позвонки змей, будут расти в развивающемся эмбрионе или личинке. <sup>[81]</sup>

## Эволюция

### Эволюционные процессы

Эволюция является центральным организующим понятием в биологии. Это изменение наследуемых характеристик популяций в последовательных поколениях. <sup>[82]</sup> <sup>[83]</sup> При искусственном отборе животные селективно разводились по определенным признакам. <sup>[84]</sup> Учитывая, что признаки наследуются, популяции содержат разнообразный набор признаков, а воспроизводство способно увеличить любую популяцию, Дарвин утверждал, что в естественном мире именно природа играет роль людей в отборе определенных признаков. <sup>[84]</sup> Дарвин сделал вывод, что особи, обладающие наследуемыми признаками, лучше приспособленными к своей среде, с большей вероятностью выживут и произведут больше потомства, чем другие особи. <sup>[84]</sup> Он также сделал вывод, что это приведет к накоплению благоприятных признаков в последовательных поколениях, тем самым увеличивая соответствие между организмами и их средой. <sup>[85]</sup> <sup>[86]</sup> <sup>[87]</sup> <sup>[84]</sup> <sup>[88]</sup>



Естественный отбор в пользу темных черт

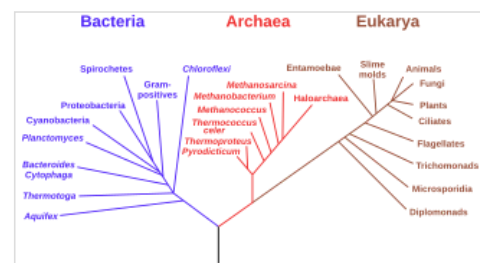
### Видообразование

Вид — это группа организмов, которые спариваются друг с другом, а видообразование — это процесс, посредством которого одна линия разделяется на две линии в результате независимой эволюции друг от друга. <sup>[89]</sup> Для того чтобы произошло видообразование, должна быть репродуктивная изоляция. <sup>[89]</sup> Репродуктивная изоляция может быть результатом несовместимости между генами, как описано в модели Бейтсона-Добжанского-Мюллера. Репродуктивная изоляция также имеет тенденцию увеличиваться с генетической дивергенцией. Видообразование может происходить, когда существуют физические барьеры, разделяющие предковый вид, процесс, известный как аллопатрическое видообразование. <sup>[89]</sup>

### Филогения

Филогенетика — это эволюционная история определенной группы организмов или их генов. <sup>[90]</sup> Ее можно представить с помощью филогенетического дерева, диаграммы, показывающей линии происхождения организмов или их генов. Каждая линия, проведенная по оси времени дерева, представляет собой линию потомков определенного вида или популяции. Когда линия разделяется на две, она представляется в виде вилки или раскола на филогенетическом дереве. <sup>[90]</sup> Филогенетические деревья являются основой для сравнения и группировки различных видов. <sup>[90]</sup> Различные виды, которые имеют общую черту, унаследованную от общего предка, описываются как имеющие гомологичные черты (или синапоморфию). <sup>[91]</sup> <sup>[92]</sup> <sup>[90]</sup> Филогенетика обеспечивает основу биологической классификации. <sup>[90]</sup>

Эта система классификации основана на рангах, при этом наивысший ранг соответствует домену, за которым следуют царство, тип, класс, порядок, семейство, род и вид. <sup>[90]</sup> Все организмы можно классифицировать как принадлежащие к одному из трех доменов: археи (первоначально археобактерии), бактерии (первоначально зубактерии) или эукариоты (включает грибы, растения и животные царства). <sup>[93]</sup>



Филогенетическое дерево, показывающее домены бактерий, архей и эукариот

### История жизни

История жизни на Земле прослеживает, как организмы эволюционировали от самого раннего появления жизни до наших дней. Земля образовалась около 4,5 миллиардов лет назад, и вся жизнь на Земле, как живая, так и вымершая, произошла от последнего универсального общего предка, который жил около 3,5 миллиардов лет назад. <sup>[94]</sup> <sup>[95]</sup> Геологи разработали геологическую шкалу времени, которая делит историю Земли на основные периоды, начиная с четырех эонов (гадей, архей, протерозой и фанерозой), первые три из которых в совокупности известны как докембрий, который длился приблизительно 4 миллиарда лет. <sup>[96]</sup> Каждый эон можно разделить на эры, при этом фанерозойский эон, начавшийся 539 миллионов лет назад <sup>[97]</sup>, подразделяется на палеозойскую, мезозойскую и

кайнозойскую эры. <sup>[ 96 ]</sup> Эти три эры вместе составляют одиннадцать периодов ( кембрийский , ордовикский , силурийский , девонский , каменноугольный , пермский , триасовый , юрский , меловой , третичный и четвертичный ). <sup>[ 96 ]</sup>

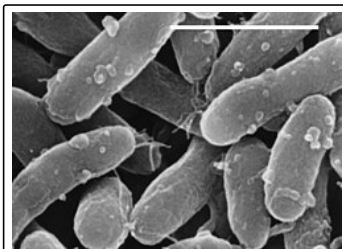
Сходства среди всех известных современных видов указывают на то, что они разошлись в процессе эволюции от своего общего предка. <sup>[ 98 ]</sup> Биологи рассматривают повсеместность генетического кода как доказательство всеобщего общего происхождения всех бактерий , архей и эукариот . <sup>[ 99 ] [ 3 ] [ 100 ] [ 101 ]</sup> Микробные маты сосуществующих бактерий и архей были доминирующей формой жизни в раннем архейском эоне, и многие из основных шагов ранней эволюции, как полагают, имели место в этой среде. <sup>[ 102 ]</sup> Самые ранние свидетельства существования эукариот датируются 1,85 миллиарда лет назад, <sup>[ 103 ] [ 104 ]</sup> и хотя они могли присутствовать и раньше, их диверсификация ускорилась, когда они начали использовать кислород в своем метаболизме . Позже, около 1,7 миллиарда лет назад, начали появляться многоклеточные организмы с дифференцированными клетками , выполняющими специализированные функции. <sup>[ 105 ]</sup>

Водорослеподобные многоклеточные наземные растения датируются примерно 1 миллиардом лет назад, <sup>[ 106 ]</sup> хотя данные свидетельствуют о том, что микроорганизмы сформировали самые ранние наземные экосистемы , по крайней мере 2,7 миллиарда лет назад. <sup>[ 107 ]</sup> Считается, что микроорганизмы проложили путь к появлению наземных растений в ордовикский период. Наземные растения были настолько успешными, что, как полагают, они способствовали позднедевонскому вымиранию . <sup>[ 108 ]</sup>

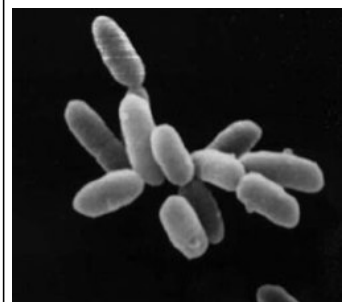
Биота Эдиакары появилась в эдиакарский период, <sup>[ 109 ]</sup> в то время как позвоночные , наряду с большинством других современных типов, возникли около 525 миллионов лет назад во время кембрийского взрыва . <sup>[ 110 ]</sup> В течение пермского периода синапсиды , включая предков млекопитающих , доминировали на суше, <sup>[ 111 ]</sup> но большая часть этой группы вымерла во время пермско-триасового вымирания 252 миллиона лет назад. <sup>[ 112 ]</sup> Во время восстановления после этой катастрофы архозавры стали самыми многочисленными наземными позвоночными; <sup>[ 113 ]</sup> одна группа архозавров, динозавры, доминировала в юрский и меловой периоды. <sup>[ 114 ]</sup> После того, как мел-палеогеновое вымирание 66 миллионов лет назад уничтожило нептичьих динозавров, <sup>[ 115 ]</sup> млекопитающие быстро увеличились в размерах и разнообразии . <sup>[ 116 ]</sup> Такие массовые вымирания могли ускорить эволюцию, предоставив возможности для диверсификации новых групп организмов. <sup>[ 117 ]</sup>

## Разнообразие

### Бактерии и археи



Бактерии – *Gemmatimonas aurantiaca* (≈1 микрометр).



Археи – Галоархеи

Бактерии — это тип клеток , которые составляют большую область прокариотических микроорганизмов . Обычно длиной в несколько микрометров, бактерии имеют ряд форм , от сфер до палочек и спиралей . Бактерии были одними из первых форм жизни, появившихся на Земле, и присутствуют в большинстве ее местообитаний . Бактерии населяют почву, воду, кислые горячие источники , радиоактивные отходы , <sup>[ 118 ]</sup> и глубокую биосферу земной коры . Бактерии также живут в симбиотических и паразитических отношениях с растениями и животными. Большинство бактерий не были охарактеризованы, и только около 27 процентов бактериальных типов имеют виды, которые можно выращивать в лаборатории. <sup>[ 119 ]</sup>

Археи составляют другой домен прокариотических клеток и изначально были классифицированы как бактерии, получив название археобактерии (в царстве археобактерий ), термин, который вышел из употребления. <sup>[ 120 ]</sup> Архейные клетки обладают уникальными свойствами, отделяющими их от двух других доменов , бактерий и эукариот . Археи далее делятся на несколько признанных типов . Археи и бактерии, как правило, похожи по размеру и форме, хотя некоторые археи имеют очень разные формы, такие как плоские и квадратные клетки *Haloquadratum walsbyi* . <sup>[ 121 ]</sup> Несмотря на это морфологическое сходство с бактериями, археи обладают генами и несколькими метаболическими путями , которые более тесно связаны с таковыми у эукариот, особенно для ферментов , участвующих в транскрипции и трансляции . Другие аспекты биохимии архей уникальны, такие как их зависимость

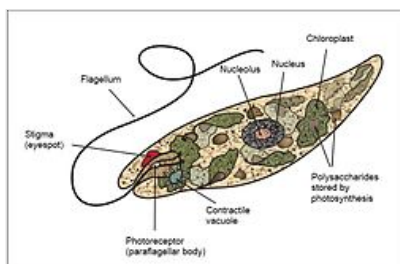
от эфирных липидов в их клеточных мембранах , <sup>[ 122 ]</sup> включая археолы . Археи используют больше источников энергии, чем эукариоты: они варьируются от органических соединений , таких как сахара, до аммиака , ионов металлов или даже водорода . Солеустойчивые археи ( *Haloarchaea* ) используют солнечный свет в качестве источника энергии, а другие виды архей фиксируют углерод , но в отличие от растений и цианобактерий , ни один известный вид архей не делает и то, и другое. Археи размножаются бесполым путем путем бинарного деления , фрагментации или почкования ; в отличие от бактерий, ни один известный вид архей не образует эндоспоры .



Первые обнаруженные археи были экстремофилами , живущими в экстремальных условиях, таких как горячие источники и соленые озера без других организмов. Улучшенные молекулярные инструменты обнаружения привели к обнаружению архей практически в каждой среде обитания , включая почву, океаны и болота . Археи особенно многочисленны в океанах, а археи в планктоне могут быть одной из самых распространенных групп организмов на планете.

Археи играют важную роль в жизни Земли . Они являются частью микробиоты всех организмов. В микробиоме человека они играют важную роль в кишечнике , во рту и на коже. <sup>[123]</sup> Их морфологическое, метаболическое и географическое разнообразие позволяет им играть множество экологических ролей: фиксация углерода; круговорот азота; оборот органических соединений; и поддержание микробных симбиотических и синтрофных сообществ, например. <sup>[124]</sup>

## Эукариоты



*Эвглена* — одноклеточный эукариот, способный как двигаться, так и фотосинтезировать.

Предполагается, что эукариоты отделились от архей, за чем последовал их эндосимбиоз с бактериями (или симбиогенез ), который дал начало митохондриям и хлоропластам, которые теперь являются частью современных эукариотических клеток. <sup>[125]</sup> Основные линии эукариот диверсифицировались в докембрии около 1,5 миллиарда лет назад и могут быть разделены на восемь основных клад : альвеолаты , экскаваты , страменопилы , растения, ризарии , амебозои , грибы и животные. <sup>[125]</sup> Пять из этих клад известны под общим названием протисты , которые в основном представляют собой микроскопические эукариотические организмы, не являющиеся растениями, грибами или животными. <sup>[125]</sup> Хотя вполне вероятно, что протисты имеют общего предка ( последнего общего предка эукариот ), <sup>[126]</sup> сами по себе протисты не составляют отдельную кладу, поскольку некоторые протисты могут быть более тесно связаны с растениями, грибами или животными, чем с

другими протистами. Как и такие группы, как водоросли , беспозвоночные или простейшие , группа протистов не является формальной таксономической группой, но используется для удобства. <sup>[125]</sup> <sup>[127]</sup> Большинство протистов одноклеточные; их называют микробными эукариотами. <sup>[125]</sup>

Растения в основном являются многоклеточными организмами , преимущественно фотосинтезирующими эукариотами царства Plantae , которое исключает грибы и некоторые водоросли . Растительные клетки произошли от эндосимбиоза цианобактерий в ранних эукариот около миллиарда лет назад, что дало начало хлоропластам. <sup>[128]</sup> Первые несколько клад, возникших после первичного эндосимбиоза, были водными, и большинство водных фотосинтетических эукариотических организмов в совокупности описываются как водоросли, что является термином для удобства, поскольку не все водоросли тесно связаны. <sup>[128]</sup> Водоросли включают в себя несколько отдельных клад, таких как глаукофиты , которые представляют собой микроскопические пресноводные водоросли, которые могли напоминать по форме раннего одноклеточного предка Plantae. <sup>[128]</sup> В отличие от глаукофитов, другие клады водорослей, такие как красные и зеленые водоросли, являются многоклеточными. Зелёные водоросли включают три основных клада: хлорофиты , колеохэтофиты и каменистые водоросли . <sup>[128]</sup>

Грибы — это эукариоты, которые переваривают пищу вне своего тела, <sup>[129]</sup> выделяя пищеварительные ферменты, которые расщепляют большие молекулы пищи перед тем, как впитать их через клеточные мембраны. Многие грибы также являются сапробионтами , питающимися мертвым органическим веществом, что делает их важными редуцентами в экологических системах. <sup>[129]</sup>

Животные — многоклеточные эукариоты. За редкими исключениями, животные потребляют органический материал , дышат кислородом , способны двигаться , могут размножаться половым путем и расти из полый сферы клеток , бластулы , во время эмбрионального развития . Описано более 1,5 миллионов видов живых животных , из которых около 1 миллиона — насекомые , но, по оценкам, всего существует более 7 миллионов видов животных. Они имеют сложные взаимодействия друг с другом и своей средой, образуя запутанные пищевые сети . <sup>[130]</sup>

## Вирусы

Вирусы — это субмикроскопические инфекционные агенты , которые размножаются внутри клеток организмов . <sup>[131]</sup> Вирусы заражают все типы форм жизни , от животных и растений до микроорганизмов , включая бактерии и археи . <sup>[132]</sup> <sup>[133]</sup> Более 6000 видов вирусов были подробно описаны. <sup>[134]</sup> Вирусы встречаются почти в каждой экосистеме на Земле и являются наиболее многочисленным типом биологических объектов. <sup>[135]</sup> <sup>[136]</sup>

Происхождение вирусов в эволюционной истории жизни неясно: некоторые из них могли произойти от плазмид — фрагментов ДНК, которые могут перемещаться между клетками, — в то время как другие могли произойти от бактерий. В эволюции вирусы являются важным средством горизонтального переноса генов , что увеличивает

генетическое разнообразие способом, аналогичным половому размножению . [ 137 ] Поскольку вирусы обладают некоторыми, но не всеми характеристиками жизни, их описывают как «организмы на грани жизни», [138] и как саморепликатеры . [139]

## Экология

Экология — это изучение распространения и численности жизни, взаимодействия организмов с окружающей средой . [140]

### Экосистемы

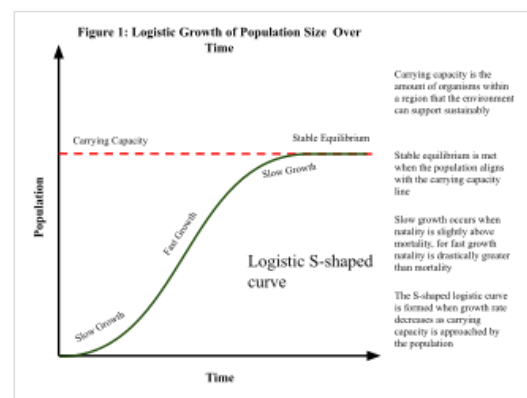
Сообщество живых ( биотических ) организмов в сочетании с неживыми ( абиотическими ) компонентами (например : вода, свет, радиация, температура, влажность , атмосфера , кислотность и почва) их среды называется экосистемой . [ 141 ] [ 142 ] [ 143 ] Эти биотические и абиотические компоненты связаны между собой посредством питательных циклов и потоков энергии. [144] Энергия от солнца поступает в систему через фотосинтез и включается в растительную ткань. Питаясь растениями и друг другом, животные перемещают вещество и энергию через систему. Они также влияют на количество присутствующей растительной и микробной биомассы . Разлагая мертвое органическое вещество , редуценты высвобождают углерод обратно в атмосферу и облегчают круговорот питательных веществ , преобразуя питательные вещества, хранящиеся в мертвой биомассе, обратно в форму, которая может быть легко использована растениями и другими микробами. [145]



Бактериофаги, прикрепленные к клеточной стенке бактерий

### Популяции

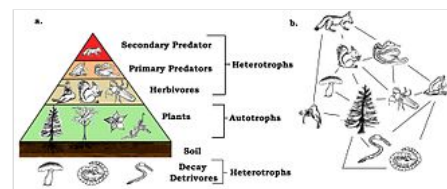
Популяция — это группа организмов одного вида , которая занимает территорию и размножается из поколения в поколение. [ 146 ] [ 147 ] [ 148 ] [ 149 ] [ 150 ] Размер популяции можно оценить, умножив плотность популяции на площадь или объем. Грузоподъемность среды — это максимальный размер популяции вида , который может поддерживаться этой конкретной средой, учитывая пищу, среду обитания , воду и другие доступные ресурсы . [151] Грузоподъемность популяции может зависеть от изменяющихся условий окружающей среды, таких как изменения в доступности ресурсов и стоимости их содержания. В человеческих популяциях новые технологии , такие как Зеленая революция, помогли со временем увеличить грузоподъемность Земли для людей, что загнало в тупик попытки предсказания надвигающегося сокращения численности населения, самым известным из которых было предсказание Томаса Мальтуса в 18 веке. [146]



Достижение пропускной способности через логистическую кривую роста

### Сообщества

Сообщество — это группа популяций видов, занимающих одну и ту же географическую область в одно и то же время. [ 153 ] Биологическое взаимодействие — это эффект, который оказывают друг на друга пара организмов, живущих вместе в сообществе. Они могут быть как одного вида (внутривидовые взаимодействия), так и разных видов (межвидовые взаимодействия). Эти эффекты могут быть краткосрочными, как опыление и хищничество , или долгосрочными; оба часто сильно влияют на эволюцию вовлеченных видов. Долгосрочное взаимодействие называется симбиозом . Симбиозы варьируются от мутуализма , выгодного для обоих партнеров, до конкуренции , вредной для обоих партнеров. [154] Каждый вид участвует в качестве потребителя, ресурса или и того, и другого во взаимодействиях потребитель–ресурс , которые образуют ядро пищевых цепей или пищевых сетей . [ 155 ] В любой пищевой сети существуют различные трофические уровни , самый низкий уровень — это первичные производители (или автотрофы ), такие как растения и водоросли, которые преобразуют энергию и неорганические материалы в органические соединения , которые затем могут использоваться остальной частью сообщества. [ 47 ] [ 156 ] [ 157 ] На следующем уровне находятся гетеротрофы , которые являются видами, которые получают энергию путем расщепления органических соединений из других организмов. [155] Гетеротрофы, которые потребляют растения, являются первичными потребителями (или травоядными ), тогда как гетеротрофы, которые потребляют травоядных, являются вторичными потребителями (или плотоядными ). А те, которые едят вторичных потребителей, являются



(а) Трофическая пирамида и (б) упрощенная пищевая сеть. Трофическая пирамида представляет биомассу на каждом уровне. [152]

третичными потребителями и так далее. Всеядные гетеротрофы способны потреблять на нескольких уровнях. Наконец, есть редуценты, которые питаются отходами или мертвыми телами организмов. <sup>[ 155 ]</sup> В среднем, общее количество энергии, включенной в биомассу трофического уровня за единицу времени, составляет около одной десятой энергии трофического уровня, которую он потребляет. Отходы и мертвый материал, используемые редуцентами, а также тепло, теряемое в процессе метаболизма, составляют остальные девяносто процентов энергии, которая не потребляется следующим трофическим уровнем. <sup>[ 158 ]</sup>

## Биосфера

В глобальной экосистеме или биосфере материя существует в виде различных взаимодействующих отсеков, которые могут быть биотическими или абиотическими, а также доступными или недоступными в зависимости от их форм и местонахождения. <sup>[ 160 ]</sup> Например, материя из наземных автотрофов является как биотической, так и доступной для других организмов, тогда как материя в горных породах и минералах является абиотической и недоступной. Биогеохимический цикл — это путь, по которому определенные элементы материи превращаются или перемещаются через биотические ( биосферу ) и абиотические ( литосферу, атмосферу и гидросферу ) отсеки Земли. Существуют биогеохимические циклы для азота, углерода и воды.

## Сохранение

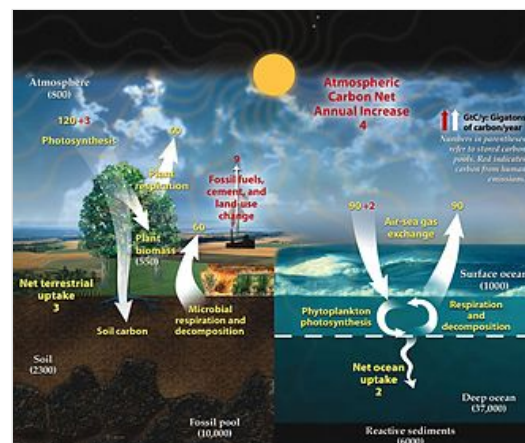
Биология сохранения — это изучение сохранения биоразнообразия Земли с целью защиты видов, их среды обитания и экосистем от чрезмерных темпов вымирания и разрушения биотических взаимодействий. <sup>[ 161 ]</sup><sup>[ 162 ]</sup><sup>[ 163 ]</sup> Она занимается факторами, которые влияют на поддержание, потерю и восстановление биоразнообразия, а также наукой поддержания эволюционных процессов, которые порождают генетическое, популяционное, видовое и экосистемное разнообразие. <sup>[ 164 ]</sup><sup>[ 165 ]</sup><sup>[ 166 ]</sup><sup>[ 167 ]</sup> Озабоченность проистекает из оценок, предполагающих, что до 50% всех видов на планете исчезнут в течение следующих 50 лет, <sup>[ 168 ]</sup> что привело к нищете, голоду и изменит ход эволюции на этой планете. <sup>[ 169 ]</sup><sup>[ 170 ]</sup> Биоразнообразие влияет на функционирование экосистем, которые предоставляют различные услуги, от которых зависят люди. Биологи по охране природы исследуют и обучают тенденциям потери биоразнообразия, вымиранию видов и негативному влиянию, которое они оказывают на наши возможности поддерживать благосостояние человеческого общества. Организации и граждане реагируют на текущий кризис биоразнообразия с помощью планов действий по охране природы, которые направляют исследовательские, мониторинговые и образовательные программы, которые затрагивают проблемы на местном и глобальном уровнях. <sup>[ 171 ]</sup><sup>[ 164 ]</sup><sup>[ 165 ]</sup><sup>[ 166 ]</sup>

## Смотрите также

- Биология в художественной литературе
- Биологический глоссарий
- Идиобиология
- Список биологических сайтов
- Список биологов
- Список биологических журналов
- Список тем по биологии
- Список наук о жизни
- Список тем оики по биологии
- Национальная ассоциация учителей биологии
- Очерк биологии
- Периодическая таблица наук о жизни в четырёх вопросах Тинбергена
- Научный туризм
- Терминология биологии

## Ссылки

- Modell, Harold; Cliff, William; Michael, Joel; McFarland, Jenny; Wenderoth, Mary Pat; Wright, Ann (декабрь 2015 г.). «Взгляд физиолога на гомеостаз» (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4669363>). *Advances in Physiology Education*. **39** (4): 259–266. doi: 10.1152 / advan.00107.2015 (<https://doi.org/10.1152%2Fadvan.00107.2015>). ISSN 1043-4046 (<https://search.worldcat.org/issn/1043-4046>). PMC 4669363. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4669363>) PMID 26628646 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26628646/>).



Быстрый углеродный цикл, показывающий движение углерода между сушей, атмосферой и океанами в миллиардах тонн в год. Желтые цифры — это естественные потоки, красные — вклад человека, белые — накопленный углерод. Эффекты медленного углеродного цикла, такие как вулканическая и тектоническая активность, не включены. <sup>[ 159 ]</sup>



2. Davies, PC; Rieper, E; Tuszynski, JA (январь 2013 г.). «Самоорганизация и снижение энтропии в живой клетке» (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3712629>) . *Bio Systems* . **111** (1): 1– 10. Bibcode : 2013BiSys.111....1D (<http://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2013BiSys.111....1D>) . doi : 10.1016 / j.biosystems.2012.10.005 (<https://doi.org/10.1016%2Fj.biosystems.2012.10.005>) . PMC 3712629. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3712629>) PMID 23159919 . (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23159919>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3712629>) (<http://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2013BiSys.111....1D>) (<https://doi.org/10.1016%2Fj.biosystems.2012.10.005>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3712629>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23159919>)
3. Пирс, Бен КД; Таппер, Эндрю С.; Пудриц, Ральф Э.; и др. (1 марта 2018 г.). «Ограничение временного интервала для происхождения жизни на Земле». *Астробиология* . **18**(3):343–364.arXiv: 1808.09460 (<https://arxiv.org/abs/1808.09460>) . Bibcode:2018AsBio..18..343P (<http://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018AsBio..18..343P>).doi:10.1089/ (<https://doi.org/10.1089%2Fast.2017.1674>)ast.2017.1674.PMID29570409. (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29570409>)S2CID4419671 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:4419671>). (<https://arxiv.org/abs/1808.09460>) (<http://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018AsBio..18..343P>) (<https://doi.org/10.1089%2Fast.2017.1674>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29570409>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:4419671>)
4. Майр, Эрнст (1982). *Рост биологической мысли: разнообразие, эволюция и наследование* (<https://books.google.com/books?id=pHThtE2R0UQC&pg=PA1165>) . Издательство Гарвардского университета. стр. 108. ISBN (<https://books.google.com/books?id=pHThtE2R0UQC&pg=PA1165>) 9780674364462. Получено 29 мая 2025 г. .
5. Линдберг, Дэвид К. (2007). «Наука до греков». *Истоки западной науки: европейская научная традиция в философском, религиозном и институциональном контексте*(2-е изд.). Чикаго, Иллинойс: Издательство Чикагского университета. С. 1–20.ISBN 978-0-226-48205-7.
6. Грант, Эдвард (2007). «От Древнего Египта до Платона». *История натуральной философии: от Древнего мира до девятнадцатого века* (<https://archive.org/details/historynaturalph00gran>) . Нью-Йорк: Cambridge University Press. С. 1–26 (<https://archive.org/details/historynaturalph00gran/page/n16>).ISBN (<https://archive.org/details/historynaturalph00gran>) (<https://archive.org/details/historynaturalph00gran/page/n16>) 978-052-1-68957-1.
7. *Справочник по историографии биологии* (<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-90119-0>) . Историографии науки. 2021. doi : 10.1007/978-3-319-90119-0 (<https://doi.org/10.1007%2F978-3-319-90119-0>) . ISBN (<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-90119-0>) (<https://doi.org/10.1007%2F978-3-319-90119-0>) 978-3-319-90118-3.
8. Магнер, Лоис Н. (2002). *История наук о жизни, пересмотренная и расширенная* (<https://books.google.com/books?id=YKJ6gVYbrGwC>) . CRC Press. ISBN (<https://books.google.com/books?id=YKJ6gVYbrGwC>) 978-0-203-91100-6. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20150324125937/http://books.google.com/books?id=YKJ6gVYbrGwC>) из оригинала 2015-03-24.
9. Серафини, Энтони (2013). *Эпическая история биологии* (<https://books.google.com/books?id=Z3oECAAQBAJ&q=biology%20egypt&pg=PA2>) . Springer. ISBN (<https://books.google.com/books?id=Z3oECAAQBAJ&q=biology%20egypt&pg=PA2>) 978-1-4899-6327-7. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20210415122005/https://books.google.com/books?id=Z3oECAAQBAJ&q=biology%20egypt&pg=PA2>) из оригинала 15 апреля 2021 г. . Получено 14 июля 2015 г. .
10. Morange, Michel. 2021. *История биологии* . Принстон, Нью-Джерси: Princeton University Press. Перевод Терезы Лавендер Фейган и Джозефа Муиза.
11. Одно или несколько из предыдущих предложений включают текст из публикации, которая сейчас находится в общественном достоянии : Чизхолм, Хью , ред. (1911). « Теофраст ». *Encyclopaedia Britannica* (11-е изд.). Cambridge University Press.
12. Фахд, Туфик (1996). «Ботаника и сельское хозяйство». В Morelon, Régis; Rashed, Roshdi (ред.). *Энциклопедия истории арабской науки* . Том 3. Routledge . стр. 815. ISBN 978-0-415-12410-2.
13. Магнер, Лоис Н. (2002). *История наук о жизни, пересмотренная и расширенная* (<https://books.google.com/books?id=YKJ6gVYbrGwC>) . CRC Press. С. 133–44 . ISBN (<https://books.google.com/books?id=YKJ6gVYbrGwC>) 978-0-203-91100-6. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20150324125937/http://books.google.com/books?id=YKJ6gVYbrGwC>) из оригинала 2015-03-24.
14. Сапп, Ян (2003). "7". *Генезис: Эволюция биологии* . Нью-Йорк: Oxford University Press. ISBN 978-0-19-515618-8.
15. Коулмен, Уильям (1977). *Биология в девятнадцатом веке: проблемы формы, функции и трансформации* . Нью-Йорк: Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-29293-1.
16. Майр, Эрнст. *Рост биологической мысли* , глава 4
17. Майр, Эрнст. *Рост биологической мысли* , глава 7
18. \* Дарвин, Фрэнсис , ред. (1909). *Основы происхождения видов, очерк, написанный в 1842 году* ([http://darwin-online.org.uk/converted/pdf/1909\\_Foundations\\_F1555.pdf](http://darwin-online.org.uk/converted/pdf/1909_Foundations_F1555.pdf)) ( PDF) . Кембридж: Напечатано в University Press. стр. 53. LCCN 61057537. OCLC (<https://lccn.loc.gov/61057537>)1184581. Архивировано (<https://search.worldcat.org/oclc/1184581>) ([https://web.archive.org/web/20160304111606/http://darwin-online.org.uk/converted/pdf/1909\\_Foundations\\_F1555.pdf](https://web.archive.org/web/20160304111606/http://darwin-online.org.uk/converted/pdf/1909_Foundations_F1555.pdf)) из оригинала 4 марта 2016 года . Получено 27 ноября 2014 года . ([http://darwin-online.org.uk/converted/pdf/1909\\_Foundations\\_F1555.pdf](http://darwin-online.org.uk/converted/pdf/1909_Foundations_F1555.pdf)) (<https://lccn.loc.gov/61057537>) (<https://search.worldcat.org/oclc/1184581>) ([https://web.archive.org/web/20160304111606/http://darwin-online.org.uk/converted/pdf/1909\\_Foundations\\_F1555.pdf](https://web.archive.org/web/20160304111606/http://darwin-online.org.uk/converted/pdf/1909_Foundations_F1555.pdf))
19. Гулд, Стивен Джей . *Структура эволюционной теории* . Издательство Belknap Press of Harvard University Press: Кембридж, 2002. ISBN 0-674-00613-5 . стр. 187.
20. Майр, Эрнст. *Рост биологической мысли* , глава 10: «Доказательства Дарвина в пользу эволюции и общего происхождения»; и глава 11: «Причинность эволюции: естественный отбор»
21. Ларсон, Эдвард Дж. (2006). "Гл. 3" (<https://books.google.com/books?id=xzLRvxlJhzkC>) . *Эволюция: замечательная история научной теории* . Издательская группа Random House. ISBN (<https://books.google.com/books?id=xzLRvxlJhzkC>) 978-1-58836-538-5. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20150324124009/http://books.google.com/books?id=xzLRvxlJhzkC>) из оригинала 2015-03-24.
22. Хениг (2000). *Оп. цум* (<http://archive.org/details/monkingardenlost00heni>) . стр. 134–138 . (<http://archive.org/details/monkingardenlost00heni>)

23. Мико, Илона (2008). «Принципы наследования Грегора Менделя составляют краеугольный камень современной генетики. Так что же они собой представляют?» (<https://www.nature.com/scitable/topicpage/gregor-mendel-and-the-principles-of-inheritance-593/>). *Nature Education*. 1(1): 134. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20190719224056/http://www.nature.com/scitable/topicpage/gregor-mendel-and-the-principles-of-inheritance-593/>) из оригинала 19.07.2019. Получено 13.05.2021. (<https://www.nature.com/scitable/topicpage/gregor-mendel-and-the-principles-of-inheritance-593/>) (<https://web.archive.org/web/20190719224056/http://www.nature.com/scitable/topicpage/gregor-mendel-and-the-principles-of-inheritance-593/>)
24. Футуйма, Дуглас Дж.; Киркпатрик, Марк (2017). «Эволюционная биология». *Эволюция* (4-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. С. 3–26.
25. Нобл, Иван (2003-04-14). "Human genome Finally Complete" (<https://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/2940601.stm>). *BBC News*. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20060614141605/http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/2940601.stm>) из оригинала 2006-06-14. Получено 2006-07-22. (<https://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/2940601.stm>) (<https://web.archive.org/web/20060614141605/http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/2940601.stm>)
26. Урри, Лиза; Кейн, Майкл; Вассерман, Стивен; Минорски, Питер; Рис, Джейн (2017). «Химический контекст жизни». *Campbell Biology* (11-е изд.). Нью-Йорк: Pearson. стр. 28–43. ISBN 978-0134093413.
27. Фримен, Скотт; Куиллин, Ким; Эллисон, Лизабет; Блэк, Майкл; Подгорски, Грег; Тейлор, Эмили; Кармайкл, Джефф (2017). «Вода и углерод: химическая основа жизни». *Biological Science* (6-е изд.). Хобокен, Нью-Джерси: Pearson. стр. 55–77. ISBN 978-0321976499.
28. Урри, Лиза; Кейн, Майкл; Вассерман, Стивен; Минорски, Питер; Рис, Джейн (2017). «Углерод и молекулярное разнообразие жизни». *Campbell Biology* (11-е изд.). Нью-Йорк: Pearson. стр. 56–65. ISBN 978-0134093413.
29. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард В.; Прайс, Мэри В. (2014). «Углерод и молекулярное разнообразие жизни». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 56–65. ISBN 978-1464175121.
30. Фримен, Скотт; Куиллин, Ким; Эллисон, Лизабет; Блэк, Майкл; Подгорски, Грег; Тейлор, Эмили; Кармайкл, Джефф (2017). «Структура и функция белка». *Biological Science* (6-е изд.). Хобокен, Нью-Джерси: Pearson. стр. 78–92. ISBN 978-0321976499.
31. Урри, Лиза; Кейн, Майкл; Вассерман, Стивен; Минорски, Питер; Рис, Джейн (2017). «Структура и функция больших биологических молекул». *Campbell Biology* (11-е изд.). Нью-Йорк: Pearson. стр. 66–92. ISBN 978-0134093413.
32. Фримен, Скотт; Куиллин, Ким; Эллисон, Лизабет; Блэк, Майкл; Подгорски, Грег; Тейлор, Эмили; Кармайкл, Джефф (2017). «Введение в углеводы». *Biological Science* (6-е изд.). Хобокен, Нью-Джерси: Pearson. стр. 107–118. ISBN 978-0321976499.
33. Фримен, Скотт; Куиллин, Ким; Эллисон, Лизабет; Блэк, Майкл; Подгорски, Грег; Тейлор, Эмили; Кармайкл, Джефф (2017). «Липиды, мембраны и первые клетки». *Biological Science* (6-е изд.). Хобокен, Нью-Джерси: Pearson. стр. 119–141. ISBN 978-0321976499.
34. Фримен, Скотт; Куиллин, Ким; Эллисон, Лизабет; Блэк, Майкл; Подгорски, Грег; Тейлор, Эмили; Кармайкл, Джефф (2017). «Нуклеиновые кислоты и мир РНК». *Biological Science* (6-е изд.). Хобокен, Нью-Джерси: Pearson. стр. 93–106. ISBN 978-0321976499.
35. Mazzarello, P. (май 1999). «Объединяющая концепция: история клеточной теории». *Nature Cell Biology*. 1 (1): E13–15. doi : 10.1038/8964 (<https://doi.org/10.1038%2F8964>). PMID 10559875 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10559875/>). S2CID 7338204 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:7338204>). (<https://doi.org/10.1038%2F8964>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10559875/>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:7338204>)
36. Кэмпбелл, Нил А.; Уильямсон, Брэд; Хейден, Робин Дж. (2006). *Биология: исследование жизни* ([http://www.phschool.com/el\\_marketing.html](http://www.phschool.com/el_marketing.html)). Бостон: Pearson Prentice Hall. ISBN ([http://www.phschool.com/el\\_marketing.html](http://www.phschool.com/el_marketing.html)) 978-0132508827. Архивировано ([https://web.archive.org/web/20141102041816/http://www.phschool.com/el\\_marketing.html](https://web.archive.org/web/20141102041816/http://www.phschool.com/el_marketing.html)) из оригинала 2014-11-02. Получено 2021-05-13.
37. Урри, Лиза; Кейн, Майкл; Вассерман, Стивен; Минорски, Питер; Рис, Джейн (2017). «Структура и функция мембраны». *Campbell Biology* (11-е изд.). Нью-Йорк: Pearson. стр. 126–142. ISBN 978-0134093413.
38. Альбертс, Б.; Джонсон, А.; Льюис, Дж.; и др. (2002). *Молекулярная биология клетки* (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21054/?term=Molecular%20Biology%20of%20the%20Cell>) (4-е изд.). Нью-Йорк: Garland Science. ISBN (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21054/?term=Molecular%20Biology%20of%20the%20Cell>) 978-0-8153-3218-3. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20171220092628/https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21054/?term=Molecular%20Biology%20of%20the%20Cell>) из оригинала 2017-12-20.
39. Том Херрманн; Сандип Шарма (2 марта 2019 г.). "Физиология, Мембрана" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538211/>). *StatPearls*. PMID 30855799 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30855799/>). Архивировано (<https://web.archive.org/web/2022012017034021/https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538211/>) из оригинала 17 февраля 2022 г. Получено 14 мая 2021 г. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538211/>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30855799/>) (<https://web.archive.org/web/2022012017034021/https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538211/>)
40. Альбертс, Брюс; Джонсон, Александр; Льюис, Джулиан; Рафф, Мартин; Робертс, Кейт; Уолтер, Питер (2002). «Движения клеток и формирование тела позвоночного» (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26863/>). *Молекулярная биология клетки* (4-е изд.). Архивировано (<https://web.archive.org/web/20200122055346/https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26863/>) из оригинала 22-01-2020. Получено 13-05-2021. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26863/>) (<https://web.archive.org/web/20200122055346/https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26863/>) В тексте Альбертса обсуждается, как «клеточные строительные блоки» движутся, формируя развивающиеся эмбрионы. Также принято описывать небольшие молекулы, такие как аминокислоты, как «молекулярные строительные блоки». (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Search&db=books&doptcmdl=GenBookHL&term=%22all+cells%22+AND+mboc4%5Bbook%5D+AND+372023%5Buid%5D&id=mboc4.section.4#23>) Архивировано (<https://web.archive.org/web/20200122055404/https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books?cmd=Search&doptcmdl=GenBookHL&term=%22all+cells%22+AND+mboc4%5Bbook%5D+AND+372023%5Buid%5D&id=mboc4.section.4#23>) 22.01.2020 в Wayback Machine.

41. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард У.; Прайс, Мэри В. (2014). «Клетки: рабочие единицы жизни». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 60–81. ISBN 978-1464175121.
42. Бейли, Регина. "Клеточное дыхание" (<http://biology.about.com/od/cellularprocesses/a/cellrespiration.htm>) . Архивировано (<https://web.archive.org/web/20120505043947/http://biology.about.com/od/cellularprocesses/a/cellrespiration.htm>) из оригинала 2012-05-05. (<http://biology.about.com/od/cellularprocesses/a/cellrespiration.htm>) (<https://web.archive.org/web/20120505043947/http://biology.about.com/od/cellularprocesses/a/cellrespiration.htm>)
43. Лодиш, Харви; Берк, Арнольд; Кайзер, Крис А.; Кригер, Монти; Скотт, Мэтью П.; Бретшер, Энтони; Плоэг, Хидде; Мацудайра, Пол (2008). «Клеточная энергетика». *Молекулярная клеточная биология* (6-е изд.). Нью-Йорк: WH Freeman and Company. стр. 479–532. ISBN 978-0716776017.
44. "photosynthesis" ([http://www.etymonline.com/index.php?term=photosynthesis&allowed\\_in\\_frame=0](http://www.etymonline.com/index.php?term=photosynthesis&allowed_in_frame=0)) . *Онлайн-этимологический словарь* . Архивировано ([https://web.archive.org/web/20130307020959/http://www.etymonline.com/index.php?term=photosynthesis&allowed\\_in\\_frame=0](https://web.archive.org/web/20130307020959/http://www.etymonline.com/index.php?term=photosynthesis&allowed_in_frame=0)) из оригинала 2013-03-07 . Получено 2013-05-23 . ([http://www.etymonline.com/index.php?term=photosynthesis&allowed\\_in\\_frame=0](http://www.etymonline.com/index.php?term=photosynthesis&allowed_in_frame=0)) ([https://web.archive.org/web/20130307020959/http://www.etymonline.com/index.php?term=photosynthesis&allowed\\_in\\_frame=0](https://web.archive.org/web/20130307020959/http://www.etymonline.com/index.php?term=photosynthesis&allowed_in_frame=0))
45. φῶς (<https://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Perseus:text:1999.04.0057:entry=fw=s2>) . Лидделл, Генри Джордж ; Скотт, Роберт ; *Греко-английский лексикон* в проекте «Персей»
46. σύνθεσις (<https://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Perseus:text:1999.04.0057:entry=su/nqesis>) . Лидделл, Генри Джордж ; Скотт, Роберт ; *Греко-английский лексикон* в проекте «Персей»
47. Брайант, ДА; Фригаард, НЮ (ноябрь 2006 г.). «Прокариотический фотосинтез и фототрофия в освещении». *Тенденции в микробиологии* . **14**(11):488–496. doi:10.1016/j.tim.2006.09.001 (<https://doi.org/10.1016%2Fj.tim.2006.09.001>). PMID16997562 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16997562>). (<https://doi.org/10.1016%2Fj.tim.2006.09.001>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16997562>)
48. Reese, J.; Urry, L.; Cain, M. (2011). *Биология* ([https://archive.org/details/isbn\\_9781256158769/page/235](https://archive.org/details/isbn_9781256158769/page/235)) (международное издание). Upper Saddle River, Нью-Джерси: Pearson Education . стр. 235, ([https://archive.org/details/isbn\\_9781256158769/page/235](https://archive.org/details/isbn_9781256158769/page/235)) 244. ISBN ([https://archive.org/details/isbn\\_9781256158769/page/235](https://archive.org/details/isbn_9781256158769/page/235)) 978-0-321-73975-9. "Это первоначальное включение углерода в органические соединения известно как фиксация углерода."
49. Neitzel, James; Rasband, Matthew. "Cell communication" (<https://www.nature.com/scitable/topic/cell-communication-14122659/>) . *Nature Education* . Архивировано (<https://web.archive.org/web/20100929110101/https://www.nature.com/scitable/topic/cell-communication-14122659/>) из оригинала 29 сентября 2010 . Получено 29 мая 2021 . (<https://www.nature.com/scitable/topic/cell-communication-14122659/>) (<https://web.archive.org/web/20100929110101/https://www.nature.com/scitable/topic/cell-communication-14122659/>)
50. "Cell signaling" (<https://www.nature.com/scitable/topicpage/cell-signaling-14047077/>). *Nature Education*. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20101031053612/https://www.nature.com/scitable/topicpage/cell-signaling-14047077/>) из оригинала 31 октября 2010 г.. Получено 29 мая 2021 г.. (<https://www.nature.com/scitable/topicpage/cell-signaling-14047077/>) (<https://web.archive.org/web/20101031053612/https://www.nature.com/scitable/topicpage/cell-signaling-14047077/>)
51. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард В.; Прайс, Мэри В. (2014). «Клеточные мембраны и сигнализация». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 82–104. ISBN 978-1464175121.
52. Мартин, ЕА; Хайн, Р. (2020). *Словарь биологии* (6-е изд.). Оксфорд: Oxford University Press. ISBN 978-0199204625. OCLC 176818780 (<https://search.worldcat.org/oclc/176818780>) .
53. Гриффитс, А. Дж. (2012). *Введение в генетический анализ* (10-е изд.). Нью-Йорк: WH Freeman. ISBN 978-1429229432. OCLC 698085201 (<https://search.worldcat.org/oclc/698085201>) .
54. "10.2 Клеточный цикл – Биология 2е | OpenStax" (<https://openstax.org/books/biology-2e/pages/10-2-the-cell-cycle>) . *openstax.org* . 28 марта 2018 г. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20201129223722/https://openstax.org/books/biology-2e/pages/10-2-the-cell-cycle>) из оригинала 29-11-2020 . Получено 24-11-2020 . (<https://openstax.org/books/biology-2e/pages/10-2-the-cell-cycle>) (<https://web.archive.org/web/20201129223722/https://openstax.org/books/biology-2e/pages/10-2-the-cell-cycle>)
55. Фримен, Скотт; Куиллин, Ким; Эллисон, Лизабет; Блэк, Майкл; Подгорски, Грег; Тейлор, Эмили; Кармайл, Джефф (2017). «Мейоз». *Биологическая наука* (6-е изд.). Хобокен, Нью-Джерси: Pearson. стр. 271–289 . ISBN 978-0321976499.
56. Казираги, А.; Суйго, Л.; Валоти, Э.; Страньеро, В. (февраль 2020 г.). «Нацеливание на деление бактериальных клеток: подход, ориентированный на сайт связывания, к наиболее перспективным ингибиторам незаменимого белка FtsZ» (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7167804>) . *Антибиотики* . **9** (2): 69. doi : 10.3390/antibiotics9020069 (<https://doi.org/10.3390%2Fantibiotics9020069>) . PMC 7167804 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7167804>) . PMID 32046082 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32046082>) . (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7167804>) (<https://doi.org/10.3390%2Fantibiotics9020069>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7167804>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32046082>)
57. Брандейс М. Новые идеи о старом поле: разделение мейоза и спаривания может решить вековую головоломку. *Biol Rev Camb Philos Soc*. 2018 май;93(2):801–810. doi: 10.1111/brv.12367. Epub 2017 14 сентября. PMID 28913952
58. Hörandl E. Apomixis and the paradox of sex in plants. *Ann Bot*. 2024 Mar 18;mcae044. doi: 10.1093/aob/mcae044. Epub before the print. PMID 38497809
59. Бернштейн Х., Байерли Х.К., Хопф Ф.А., Мишо Р.Э. Генетические повреждения, мутации и эволюция пола. *Наука*. 1985 20 сентября;229(4719):1277–81. doi: 10.1126/science.3898363. PMID 3898363
60. Дарвин, CR 1878. Эффекты перекрестного и самоопыления в растительном мире. Лондон: Джон Мюррей. darwin-online.org.uk



61. Гриффитс, Энтони Дж.; Весслер, Сьюзан Р.; Кэрролл, Шон Б.; Добли, Джон (2015). «Революция в генетике». *Введение в генетический анализ* (11-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: WH Freeman & Company. стр. 1–30. ISBN 978-1464109485.
62. Гриффитс, Энтони Дж. Ф.; Миллер, Джеффри Х.; Сузуки, Дэвид Т.; Левонтин, Ричард К.; Гелбарт, Уильям М., ред. (2000). "Генетика и организм: Введение" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?rid=iga.section.60>). *Введение в генетический анализ* (7-е изд.). Нью-Йорк: WH Freeman. ISBN (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?rid=iga.section.60>) 978-0-7167-3520-5.
63. Хартл, Д.; Джонс, Э. (2005). *Генетика: Анализ генов и геномов* (<https://archive.org/details/genetics00dani>) (6-е изд.). Джонс и Бартлетт. ISBN (<https://archive.org/details/genetics00dani>) 978-0-7637-1511-3.
64. Мико, Илона (2008). "Тестовые скрещивания" (<https://www.nature.com/scitable/topicpage/test-crosses-585/>). *Nature Education*. **1** (1): 136. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20210521003428/https://www.nature.com/scitable/topicpage/test-crosses-585/>) из оригинала 21.05.2021. Получено 28.05.2021. (<https://www.nature.com/scitable/topicpage/test-crosses-585/>) (<https://web.archive.org/web/20210521003428/https://www.nature.com/scitable/topicpage/test-crosses-585/>)
65. Мико, Илона (2008). "Томас Хант Морган и связь между полами" (<https://www.nature.com/scitable/topicpage/thomas-hunt-morgan-and-sex-linkage-452/>). *Nature Education*. **1** (1): 143. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20210520234008/https://www.nature.com/scitable/topicpage/thomas-hunt-morgan-and-sex-linkage-452/>) из оригинала 20-05-2021. Получено 28-05-2021. (<https://www.nature.com/scitable/topicpage/thomas-hunt-morgan-and-sex-linkage-452/>) (<https://web.archive.org/web/20210520234008/https://www.nature.com/scitable/topicpage/thomas-hunt-morgan-and-sex-linkage-452/>)
66. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард У.; Прайс, Мэри В. (2014). «ДНК и ее роль в наследственности». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 172–193. ISBN 978-1464175121.
67. Рассел, Питер (2001). *iGenetics* ([https://archive.org/details/igenetics0000russ\\_v6o1](https://archive.org/details/igenetics0000russ_v6o1)). Нью-Йорк: Бенджамин Каммингс. ISBN ([https://archive.org/details/igenetics0000russ\\_v6o1](https://archive.org/details/igenetics0000russ_v6o1)) 0-8053-4553-1.
68. Thanbichler, M; Wang, SC; Shapiro, L (октябрь 2005 г.). "Бактериальный нуклеоид: высокоорганизованная и динамическая структура" (<https://doi.org/10.1002%2Fjcb.20519>). *Journal of Cellular Biochemistry*. **96** (3): 506–21. doi : 10.1002/jcb.20519 (<https://doi.org/10.1002%2Fjcb.20519>). PMID 15988757. (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15988757>) S2CID 25355087 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:25355087>). (<https://doi.org/10.1002%2Fjcb.20519>) (<https://doi.org/10.1002%2Fjcb.20519>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15988757>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:25355087>)
69. "Определение генотипа – Определения медицинского словаря" (<http://www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=8472>). *Medterms*. Medterms.com. 2012-03-19. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20130921054803/http://www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=8472>) из оригинала 2013-09-21. Получено 2013-10-02. (<http://www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=8472>) (<https://web.archive.org/web/20130921054803/http://www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=8472>)
70. Крик, Фрэнсис Х. (1958). «О синтезе белка». *Симпозиумы Общества экспериментальной биологии*. **12** : 138–63. PMID 13580867 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13580867>). (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13580867>)
71. Крик, Фрэнсис Х. (август 1970 г.). «Центральная догма молекулярной биологии». *Nature*. **227** (5258): 561–3. Bibcode : 1970Natur.227..561C (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1970Natur.227..561C>). doi : 10.1038/227561a0 (<https://doi.org/10.1038%2F227561a0>). PMID 4913914 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4913914>). S2CID 4164029 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:4164029>). (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1970Natur.227..561C>) (<https://doi.org/10.1038%2F227561a0>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4913914>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:4164029>)
72. "Центральная догма перевернута". *Nature*. **226** (5252): 1198–9. Июнь 1970. Bibcode : 1970Natur.226.1198. (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1970Natur.226.1198>). doi : 10.1038/2261198a0 (<https://doi.org/10.1038%2F2261198a0>). PMID 5422595 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5422595>). S2CID 4184060 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:4184060>). (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1970Natur.226.1198>) (<https://doi.org/10.1038%2F2261198a0>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5422595>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:4184060>)
73. Лин, Йихан; Эловиц, Майкл Б. (2016). «Центральная догма становится цифровой» (<https://doi.org/10.1016%2Fj.molcel.2016.03.005>). *Молекулярная клетка*. **61** (6): 791–792. doi : 10.1016/j.molcel.2016.03.005 (<https://doi.org/10.1016%2Fj.molcel.2016.03.005>). PMID 26990983 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26990983>). (<https://doi.org/10.1016%2Fj.molcel.2016.03.005>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26990983>)
74. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард У.; Прайс, Мэри В. (2014). «Регуляция экспрессии генов». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 215–233. ISBN 978-1464175121.
75. Keene, Jack D.; Tenenbaum, Scott A. (2002). "Эукариотические мРНК могут представлять посттранскрипционные опероны" (<https://doi.org/10.1016%2Fs1097-2765%2802%2900559-2>). *Molecular Cell*. **9** (6): 1161–1167. doi : 10.1016/s1097-2765(02)00559-2 (<https://doi.org/10.1016%2Fs1097-2765%2802%2900559-2>). PMID 12086614 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12086614>). (<https://doi.org/10.1016%2Fs1097-2765%2802%2900559-2>) (<https://doi.org/10.1016%2Fs1097-2765%2802%2900559-2>)
76. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард В.; Прайс, Мэри В. (2014). «Гены, развитие и эволюция». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 273–298. ISBN 978-1464175121.
77. Slack, JMW (2013) Основы биологии развития. Wiley-Blackwell, Оксфорд.
78. Slack, JMW (2007). «Метаплазия и трансдифференцировка: от чистой биологии к клинике». *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. **8** (5): 369–378. doi : 10.1038/nrm2146 (<https://doi.org/10.1038%2Fnrm2146>). PMID 17377526. (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17377526>) S2CID 3353748 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:3353748>). (<https://doi.org/10.1038%2Fnrm2146>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17377526>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:3353748>)

79. Атала, Энтони; Ланца, Роберт (2012). *Справочник по стволовым клеткам* ([https://books.google.com/books?id=wm-K\\_dKpjBAC&pg=RA1-PA451](https://books.google.com/books?id=wm-K_dKpjBAC&pg=RA1-PA451)) . Academic Press. стр. 452. ISBN ([https://books.google.com/books?id=wm-K\\_dKpjBAC&pg=RA1-PA451](https://books.google.com/books?id=wm-K_dKpjBAC&pg=RA1-PA451)) 978-0-12-385943-3. Архивировано ([https://web.archive.org/web/20210412065854/https://books.google.com/books?id=wm-K\\_dKpjBAC&pg=RA1-PA451](https://web.archive.org/web/20210412065854/https://books.google.com/books?id=wm-K_dKpjBAC&pg=RA1-PA451)) из оригинала 2021-04-12 . Получено 2021-05-28 .
80. Янес, Оскар; Кларк, Джули; Вонг, Диана М.; Патти, Гэри Дж.; Санчес-Руис, Антонио; Бентон, Х. Пол; Траугер, Суния А.; Деспонтс, Каролина; Дин, Шэн; Сиуздак, Гэри (июнь 2010 г.). «Метаболическое окисление регулирует дифференциацию эмбриональных стволовых клеток» (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2873061>) . *Nature Chemical Biology* . 6 (6): 411– 417. doi : 10.1038/nchembio.364 (<https://doi.org/10.1038%2Fncchembio.364>) . PMC 2873061. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2873061>) PMID 20436487 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20436487>) . (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2873061>) (<https://doi.org/10.1038%2Fncchembio.364>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2873061>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20436487>)
81. Кэрролл, Шон Б. "Происхождение формы" (<http://www.naturalhistorymag.com/features/061488/the-origins-of-form>) . *Естественная история* . Архивировано (<https://web.archive.org/web/20181009154501/http://www.naturalhistorymag.com/features/061488/the-origins-of-form>) из оригинала 9 октября 2018 г. Получено 9 октября 2016 г. Биологи "могли с уверенностью сказать, что формы изменяются, и что естественный отбор является важной силой для изменений. Однако они ничего не могли сказать о том, как это изменение осуществляется. Как изменяются тела или части тела, или как возникают новые структуры, оставалось полной загадкой." (<http://www.naturalhistorymag.com/features/061488/the-origins-of-form>) (<https://web.archive.org/web/20181009154501/http://www.naturalhistorymag.com/features/061488/the-origins-of-form>)"
82. Холл, Брайан К.; Халлгримссон, Бенедикт (2007). *Эволюция Стрикбергера* (<https://books.google.com/books?id=jrDD3cyA09kC>) . Jones & Bartlett Publishers. стр. 4– 6. ISBN (<https://books.google.com/books?id=jrDD3cyA09kC>) 978-1-4496-4722-3. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20230326093707/https://books.google.com/books?id=jrDD3cyA09kC>) из оригинала 2023-03-26 . Получено 2021-05-27 .
83. "Evolution Resources" (<http://www.nas.edu/evolution/index.html>) . Вашингтон, округ Колумбия: Национальные академии наук, инженерии и медицины . 2016. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20160603230514/http://www.nas.edu/evolution/index.html>) из оригинала 2016-06-03. (<http://www.nas.edu/evolution/index.html>) (<https://web.archive.org/web/20160603230514/http://www.nas.edu/evolution/index.html>)
84. Урри, Лиза; Кейн, Майкл; Вассерман, Стивен; Минорски, Питер; Рис, Джейн (2017). «Происхождение с модификациями: дарвиновский взгляд на жизнь». *Campbell Biology* (11-е изд.). Нью-Йорк: Pearson. стр. 466–483. ISBN 978-0134093413.
85. Левонтин, Ричард К. (ноябрь 1970 г.). «Единицы отбора» (<http://joelvelasco.net/teaching/167/lewontin%2070%20-%20the%20units%20of%20selection.pdf>)(PDF) . *Annual Review of Ecology and Systematics* . 1 (1): 1– 18. Bibcode : 1970AnRES...1....1L (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1970AnRES...1....1L>) . doi : 10.1146/annurev.es.01.110170.000245 (<https://doi.org/10.1146%2Fannurev.es.01.110170.000245>) . JSTOR 2096764 (<https://www.jstor.org/stable/2096764>) . S2CID 84684420 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:84684420>) . Архивировано (<https://web.archive.org/web/20150206172942/http://joelvelasco.net/teaching/167/lewontin%2070%20-%20the%20units%20of%20selection.pdf>)(PDF) из оригинала 2015-02-06. (<http://joelvelasco.net/teaching/167/lewontin%2070%20-%20the%20units%20of%20selection.pdf>) (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1970AnRES...1....1L>) (<https://doi.org/10.1146%2Fannurev.es.01.110170.000245>) (<https://www.jstor.org/stable/2096764>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:84684420>) (<https://web.archive.org/web/20150206172942/http://joelvelasco.net/teaching/167/lewontin%2070%20-%20the%20units%20of%20selection.pdf>)
86. Дарвин, Чарльз (1859). *О происхождении видов* , Джон Мюррей.
87. Футуйма, Дуглас Дж.; Киркпатрик, Марк (2017). «Эволюционная биология». *Эволюция* (4-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. С. 3–26 .
88. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард У.; Прайс, Мэри В. (2014). «Процессы эволюции». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 299–324 . ISBN 978-1464175121.
89. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард У.; Прайс, Мэри В. (2014). «Видообразование». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 343–356. ISBN 978-1464175121.
90. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард У.; Прайс, Мэри В. (2014). «Реконструкция и использование филогений». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 325–342. ISBN 978-1464175121.
91. Китчинг, Ян Дж.; Форей, Питер Л.; Уильямс, Дэвид М. (2001). "Кладистика" (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123847195000228>) . В Левин, Саймон А. (ред.). *Энциклопедия биоразнообразия* (2-е изд.). Elsevier. стр. 33–45 . doi : 10.1016/B978-0-12-384719-5.00022-8 (<https://doi.org/10.1016%2FB978-0-12-384719-5.00022-8>) . ISBN (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123847195000228>) (<https://doi.org/10.1016%2FB978-0-12-384719-5.00022-8>) 9780123847201. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20210829234556/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123847195000228>) из оригинала 29 августа 2021 г. . Получено 29 августа 2021 г. .)
92. Футуйма, Дуглас Дж.; Киркпатрик, Марк (2017). «Филогения: единство и разнообразие жизни». *Эволюция* (4-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. С. 401–429 .
93. Woese, CR; Kandler, O; Wheelis, ML (июнь 1990 г.). «К естественной системе организмов: предложение для доменов Archaea, Bacteria и Eucarya» (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC54159>) . *Труды Национальной академии наук Соединенных Штатов Америки* . 87 (12): 4576– 79. Bibcode : 1990PNAS...87.4576W (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1990PNAS...87.4576W>) . doi : 10.1073/pnas.87.12.4576 (<https://doi.org/10.1073%2Fpnas.87.12.4576>) . PMC 54159 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC54159>) . PMID 2112744 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2112744>) . (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC54159>) (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1990PNAS...87.4576W>) (<https://doi.org/10.1073%2Fpnas.87.12.4576>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC54159>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2112744>)

94. Монтевиль, М; Моссио, М; Пошевиль, А; Лонго, Г (октябрь 2016 г.). «Теоретические принципы биологии: вариация» (<https://www.academia.edu/27942089>) . *Прогресс в биофизике и молекулярной биологии* . От века генома до века организма: новые теоретические подходы. **122** (1): 36– 50. doi : 10.1016/j.pbiomolbio.2016.08.005 (<https://doi.org/10.1016%2Fj.pbiomolbio.2016.08.005>) . PMID 27530930 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27530930>) . S2CID 3671068 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:3671068>) . Архивировано ([https://web.archive.org/web/20180320150224/http://www.academia.edu/27942089/Theoretical\\_principles\\_for\\_biology\\_Variation](https://web.archive.org/web/20180320150224/http://www.academia.edu/27942089/Theoretical_principles_for_biology_Variation)) из оригинала 20.03.2018. (<https://www.academia.edu/27942089>) (<https://doi.org/10.1016%2Fj.pbiomolbio.2016.08.005>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27530930>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:3671068>) ([https://web.archive.org/web/20180320150224/http://www.academia.edu/27942089/Theoretical\\_principles\\_for\\_biology\\_Variation](https://web.archive.org/web/20180320150224/http://www.academia.edu/27942089/Theoretical_principles_for_biology_Variation))
95. Де Дюв, Кристиан (2002). *Жизнь развивается: молекулы, разум и смысл* ([https://archive.org/details/lifeevolvingmole00duve\\_331](https://archive.org/details/lifeevolvingmole00duve_331)) . Нью-Йорк: Oxford University Press. стр . 44. ([https://archive.org/details/lifeevolvingmole00duve\\_331/page/n60](https://archive.org/details/lifeevolvingmole00duve_331/page/n60)) ISBN ([https://archive.org/details/lifeevolvingmole00duve\\_331](https://archive.org/details/lifeevolvingmole00duve_331)) ([https://archive.org/details/lifeevolvingmole00duve\\_331/page/n60](https://archive.org/details/lifeevolvingmole00duve_331/page/n60)) 978-0-19-515605-8.
96. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард У.; Прайс, Мэри В. (2014). «История жизни на Земле». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 357–376. ISBN 978-1464175121.
97. "Stratigraphic Chart 2022" (<https://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2022-02.pdf>)(PDF) . Международная стратиграфическая комиссия. Февраль 2022 г. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20220402100018/https://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2022-02.pdf>)(PDF) из оригинала 2 апреля 2022 г. Получено 25 апреля 2022 г. (<https://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2022-02.pdf>) (<https://web.archive.org/web/20220402100018/https://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2022-02.pdf>)
98. Футуйма 2005
99. Futuyma, DJ (2005). *Эволюция* (<https://archive.org/details/evolution0000futu>) . Sinauer Associates. ISBN (<https://archive.org/details/evolution0000futu>) 978-0-87893-187-3. OCLC 57311264 (<https://search.worldcat.org/oclc/57311264>) .
100. Розинг, Миник Т. (29 января 1999 г.). " <sup>13</sup> Микрочастицы углерода, обедненные углеродом, в осадочных породах морского дна возрастом >3700 млн лет из Западной Гренландии". *Science* . **283** (5402): 674– 676. Bibcode : 1999Sci...283..674R (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1999Sci...283..674R>) . doi : 10.1126/science.283.5402.674 (<https://doi.org/10.1126%2Fscience.283.5402.674>) . PMID 9924024 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9924024>) . (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1999Sci...283..674R>) (<https://doi.org/10.1126%2Fscience.283.5402.674>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9924024>)
101. Отомо, Йоко; Какегава, Такеши; Исида, Акизуми; и др. (январь 2014 г.). «Свидетельства наличия биогенного графита в метаосадочных породах раннего архея Исуа». *Природа Геонауки* . **7** (1): 25–28 . Бибкод : 2014NatGe...7...25O (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2014NatGe...7...25O>) . doi : 10.1038/ngeo2025 (<https://doi.org/10.1038%2Fng2025>) . (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2014NatGe...7...25O>) (<https://doi.org/10.1038%2Fng2025>)
102. Нисбет, Юэн Г.; Фаулер, К. М. Р. (7 декабря 1999 г.). "Архейская метаболическая эволюция микробных матов" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1690475>) . *Труды Королевского общества В*. 266 ( 1436): 2375–2382 . doi : 10.1098/rspb.1999.0934 (<https://doi.org/10.1098%2Frsps.1999.0934>) . PMC 1690475 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1690475>) . (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1690475>) (<https://doi.org/10.1098%2Frsps.1999.0934>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1690475>)
103. Knoll, Andrew H. ; Javaux, Emmanuelle J.; Hewitt, David; et al. (29 июня 2006 г.). "Эукариотические организмы в протерозойских океанах" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1578724>) . *Philosophical Transactions of the Royal Society B* . **361** (1470): 1023– 1038. doi : 10.1098/rstb.2006.1843 (<https://doi.org/10.1098%2Frstb.2006.1843>) . PMC 1578724 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1578724>) . PMID 16754612 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16754612>) . (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1578724>) (<https://doi.org/10.1098%2Frstb.2006.1843>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1578724>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16754612>)
104. Федонкин, Михаил А. (31 марта 2003 г.). "Происхождение Metazoa в свете ископаемых останков протерозоя" ([http://web.archive.org/web/20090226122725/http://www.vend.paleo.ru/pub/Fedonkin\\_2003.pdf](http://web.archive.org/web/20090226122725/http://www.vend.paleo.ru/pub/Fedonkin_2003.pdf))(PDF) . *Палеонтологические исследования* . **7** (1): 9– 41. Bibcode : 2003PalRe...7....9F (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2003PalRe...7....9F>) . doi : 10.2517/prpsj.7.9 (<https://doi.org/10.2517%2Fprpsj.7.9>) . S2CID 55178329 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:55178329>) . Архивировано из оригинала ([http://www.vend.paleo.ru/pub/Fedonkin\\_2003.pdf](http://www.vend.paleo.ru/pub/Fedonkin_2003.pdf))(PDF) 2009-02-26 . Получено 2008-09-02 . ([https://web.archive.org/web/20090226122725/http://www.vend.paleo.ru/pub/Fedonkin\\_2003.pdf](https://web.archive.org/web/20090226122725/http://www.vend.paleo.ru/pub/Fedonkin_2003.pdf)) (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2003PalRe...7....9F>) (<https://doi.org/10.2517%2Fprpsj.7.9>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:55178329>) ([http://www.vend.paleo.ru/pub/Fedonkin\\_2003.pdf](http://www.vend.paleo.ru/pub/Fedonkin_2003.pdf))
105. Боннер, Джон Тайлер (7 января 1998 г.). «Истоки многоклеточности». *Интегративная биология* . **1** (1): 27– 36. doi : 10.1002/(SICI)1520-6602(1998)1:1<27::AID-INB14>3.0.CO;2-6 (<https://doi.org/10.1002%2F%28SICI%291520-6602%281998%291%3A1%3C27%3A%3AAID-INB14%3E3.0.CO%3B2-6>) . (<https://doi.org/10.1002%2F%28SICI%291520-6602%281998%291%3A1%3C27%3A%3AAID-INB14%3E3.0.CO%3B2-6>)
106. Strother, Paul K.; Battison, Leila; Brasier, Martin D .; et al. (26 мая 2011 г.). «Самые ранние неморские эукариоты Земли». *Nature* . **473** (7348): 505– 509. Bibcode : 2011Natur.473..505S (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2011Natur.473..505S>) . doi : 10.1038/nature09943 (<https://doi.org/10.1038%2Fnature09943>) . PMID 21490597 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21490597>) . S2CID 4418860 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:4418860>) . (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2011Natur.473..505S>) (<https://doi.org/10.1038%2Fnature09943>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21490597>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:4418860>)
107. Беральди-Кампези, Хьюго (23 февраля 2013 г.). «Ранняя жизнь на суше и первые наземные экосистемы» (<https://doi.org/10.1186%2F2192-1709-2-1>) . *Экологические процессы* . **2** (1): 1– 17. Bibcode : 2013EcoPr...2....1B (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2013EcoPr...2....1B>) . doi : 10.1186/2192-1709-2-1 (<https://doi.org/10.1186%2F2192-1709-2-1>) . (<https://doi.org/10.1186%2F2192-1709-2-1>) (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2013EcoPr...2....1B>) (<https://doi.org/10.1186%2F2192-1709-2-1>)



108. Algeo, Thomas J.; Scheckler, Stephen E. (29 января 1998 г.). «Наземно-морские телесвязи в девоне: связи между эволюцией наземных растений, процессами выветривания и морскими аноксическими событиями» (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1692181>) . *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 353 ( 1365): 113– 130. doi : 10.1098/rstb.1998.0195 (<https://doi.org/10.1098%2Frstb.1998.0195>) . PMC 1692181 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1692181>) . (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1692181>) (<https://doi.org/10.1098%2Frstb.1998.0195>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1692181>)
109. Jun-Yuan, Chen; Oliveri, Paola; Chia-Wei, Li; et al. (25 апреля 2000 г.). "Разнообразие животных докембрия: предполагаемые фосфатизированные эмбрионы из формации Доушаньто в Китае" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC18256>) . *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **97** (9): 4457– 4462. Bibcode : 2000PNAS...97.4457C (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2000PNAS...97.4457C>) . doi : 10.1073/pnas.97.9.4457 (<https://doi.org/10.1073%2Fpnas.97.9.4457>) . PMC 18256 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC18256>) . PMID 10781044 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10781044>) . (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC18256>) (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2000PNAS...97.4457C>) (<https://doi.org/10.1073%2Fpnas.97.9.4457>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC18256>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10781044>)
110. DG., Shu; HL., Luo; Conway Morris, Simon ; et al. (4 ноября 1999 г.). "Нижнекембрийские позвоночные из южного Китая" (<https://web.archive.org/web/20090226122732/http://www.bios.niu.edu/davis/bios458/Shu1.pdf>)(PDF) . *Nature* . **402** (6757): 42– 46. Bibcode : 1999Natur.402...42S (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1999Natur.402...42S>) . doi : 10.1038/46965 (<https://doi.org/10.1038%2F46965>) . S2CID 4402854. (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:4402854>) Архивировано из оригинала (<http://www.bios.niu.edu/davis/bios458/Shu1.pdf>)(PDF) 26.02.2009 . Получено 22.01.2015 . (<https://web.archive.org/web/20090226122732/http://www.bios.niu.edu/davis/bios458/Shu1.pdf>) (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1999Natur.402...42S>) (<https://doi.org/10.1038%2F46965>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:4402854>) (<http://www.bios.niu.edu/davis/bios458/Shu1.pdf>)
111. Хойт, Дональд Ф. (17 февраля 1997 г.). "Synapsid Reptiles" (<https://web.archive.org/web/20090520072737/http://www.csupomona.edu/~dfhoyt/classes/zoo138/SYNAPSID.HTML>) . ZOO 138 *Vertebrate Zoology* (Lecture). Помона, Калифорния: Калифорнийский государственный политехнический университет, Помона . Архивировано из оригинала (<http://www.csupomona.edu/~dfhoyt/classes/zoo138/SYNAPSID.HTML>) 2009-05-20 . Получено 22-01-2015 . (<https://web.archive.org/web/20090520072737/http://www.csupomona.edu/~dfhoyt/classes/zoo138/SYNAPSID.HTML>) (<http://www.csupomona.edu/~dfhoyt/classes/zoo138/SYNAPSID.HTML>)
112. Барри, Патрик Л. (28 января 2002 г.). Филлипс, Тони (ред.). «Великое умирание» ([https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/28jan\\_extinction/](https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/28jan_extinction/)) . *Science@NASA* . Marshall Space Flight Center . Архивировано ([https://web.archive.org/web/20100410015208/https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/28jan\\_extinction/](https://web.archive.org/web/20100410015208/https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/28jan_extinction/)) из оригинала 2010-04-10 . Получено 2015-01-22 . ([https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/28jan\\_extinction/](https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/28jan_extinction/)) ([https://web.archive.org/web/20100410015208/https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/28jan\\_extinction/](https://web.archive.org/web/20100410015208/https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/28jan_extinction/))
113. Tanner, Lawrence H.; Lucas, Spencer G. ; Chapman, Mary G. (март 2004 г.). "Assessing the record and causes of Late Triassic extinctions" ([https://web.archive.org/web/20071025225841/http://nmnaturalhistory.org/pdf\\_files/TJB.pdf](https://web.archive.org/web/20071025225841/http://nmnaturalhistory.org/pdf_files/TJB.pdf))(PDF) . *Earth-Science Reviews* . **65** ( 1– 2): 103– 139. Bibcode : 2004ESRv...65..103T (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2004ESRv...65..103T>) . doi : 10.1016/S0012-8252(03)00082-5 (<https://doi.org/10.1016%2FS0012-8252%2803%2900082-5>) . Архивировано из оригинала ([http://nmnaturalhistory.org/pdf\\_files/TJB.pdf](http://nmnaturalhistory.org/pdf_files/TJB.pdf))(PDF) 25.10.2007 . Получено 22.10.2007 . ([https://web.archive.org/web/20071025225841/http://nmnaturalhistory.org/pdf\\_files/TJB.pdf](https://web.archive.org/web/20071025225841/http://nmnaturalhistory.org/pdf_files/TJB.pdf)) (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2004ESRv...65..103T>) (<https://doi.org/10.1016%2FS0012-8252%2803%2900082-5>) ([http://nmnaturalhistory.org/pdf\\_files/TJB.pdf](http://nmnaturalhistory.org/pdf_files/TJB.pdf))
114. Бентон, Майкл Дж. (1997). *Палеонтология позвоночных* (2-е изд.). Лондон: Chapman & Hall . ISBN 978-0-412-73800-5. OCLC 37378512 (<https://search.worldcat.org/oclc/37378512>) .
115. Фастовский, Дэвид Э.; Шихан, Питер М. (март 2005 г.). «Вымирание динозавров в Северной Америке» (<https://www.geosociety.org/gsatoday/archive/15/3/pdf/i1052-5173-15-3-4.pdf>)(PDF) . *GSA Today* . **15** (3): 4– 10. doi : 10.1130/1052-5173(2005)015<4:TEOTDI>2.0.CO;2 (<https://doi.org/10.1130%2F1052-5173%282005%29015%3C4%3ATEOTDI%3E2.0.CO%3B2>) . Архивировано (<https://web.archive.org/web/20190322190338/https://www.geosociety.org/gsatoday/archive/15/3/pdf/i1052-5173-15-3-4.pdf>)(PDF) из оригинала 22.03.2019 . Получено 23.01.2015 . (<https://www.geosociety.org/gsatoday/archive/15/3/pdf/i1052-5173-15-3-4.pdf>) (<https://doi.org/10.1130%2F1052-5173%282005%29015%3C4%3ATEOTDI%3E2.0.CO%3B2>) (<https://web.archive.org/web/20190322190338/https://www.geosociety.org/gsatoday/archive/15/3/pdf/i1052-5173-15-3-4.pdf>)
116. Роач, Джон (20 июня 2007 г.). «Вымирание динозавров способствовало росту современных млекопитающих» (<https://web.archive.org/web/20080511161825/https://news.nationalgeographic.com/news/2007/06/070620-mammals-dinos.html>) . *National Geographic News* . Вашингтон, округ Колумбия: National Geographic Society . Архивировано из оригинала (<https://news.nationalgeographic.com/news/2007/06/070620-mammals-dinos.html>) 2008-05-11 . Получено 2020-02-21 . (<https://web.archive.org/web/20080511161825/https://news.nationalgeographic.com/news/2007/06/070620-mammals-dinos.html>) (<https://news.nationalgeographic.com/news/2007/06/070620-mammals-dinos.html>)
  - Wible, John R.; Rougier, Guillermo W.; Novacek, Michael J.; et al. (21 июня 2007 г.). «Меловые эутерианы и лавразийское происхождение плацентарных млекопитающих вблизи границы К/Т». *Nature* . **447** (7147): 1003–1006 . Bibcode : 2007Natur.447.1003W (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2007Natur.447.1003W>) . doi : 10.1038/nature05854 (<https://doi.org/10.1038%2Fnature05854>) . PMID 17581585 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17581585>) . S2CID 4334424 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:4334424>) .
117. Van Valkenburgh, Blaire (1 мая 1999 г.). "Major Patterns in the History of Carnivorous Mammals" (<https://zenodo.org/record/890156>) . *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* . **27** : 463– 493. Bibcode : 1999AREPS..27..463V (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1999AREPS..27..463V>) . doi : 10.1146/annurev.earth.27.1.463 (<https://doi.org/10.1146%2Fannurev.earth.27.1.463>) . Архивировано (<https://web.archive.org/web/20200229201201/https://zenodo.org/record/890156>) из оригинала 29 февраля 2020 г. . Получено 15 мая 2021 г. . (<https://zenodo.org/record/890156>) (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1999AREPS..27..463V>) (<https://doi.org/10.1146%2Fannurev.earth.27.1.463>) (<https://web.archive.org/web/20200229201201/https://zenodo.org/record/890156>)

118. Фредрикссон, Дж. К.; Захара, Дж. М.; Балквилл, DL (июль 2004 г.). «Геомикробиология высокоактивных радиоактивных отходов, загрязненных вадозными отложениями на объекте в Хэнфорде, штат Вашингтон» (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC444790>) . Прикладная и экологическая микробиология . **70** (7): 4230– 41. Bibcode : 2004ApEnM..70.4230F (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2004ApEnM..70.4230F>) . doi : 10.1128/AEM.70.7.4230-4241.2004 (<https://doi.org/10.1128%2FAEM.70.7.4230-4241.2004>) . PMC 444790. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC444790>) PMID 15240306 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15240306>) . (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC444790>) (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2004ApEnM..70.4230F>) (<https://doi.org/10.1128%2FAEM.70.7.4230-4241.2004>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC444790>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15240306>)
119. Dudek, NK; Sun, CL; Burstein, D. (2017). "Novel Microbial Diversity and Functional Potential in the Marine Mammal Oral Microbiome" (<https://escholarship.org/content/qt1w91s3vq/qt1w91s3vq.pdf?t=pghuwe>)(PDF) . *Current Biology* . **27** (24): 3752– 3762. Bibcode : 2017CBio...27E3752D (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017CBio...27E3752D>) . doi : 10.1016/j.cub.2017.10.040 (<https://doi.org/10.1016%2Fj.cub.2017.10.040>) . PMID 29153320 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29153320>) . S2CID 43864355 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:43864355>) . Архивировано (<https://web.archive.org/web/20210308145807/https://escholarship.org/content/qt1w91s3vq/qt1w91s3vq.pdf?t=pghuwe>)(PDF) из оригинала 2021-03-08 . Получено 2021-05-14 . (<https://escholarship.org/content/qt1w91s3vq/qt1w91s3vq.pdf?t=pghuwe>) (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017CBio...27E3752D>) (<https://doi.org/10.1016%2Fj.cub.2017.10.040>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29153320>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:43864355>) (<https://web.archive.org/web/20210308145807/https://escholarship.org/content/qt1w91s3vq/qt1w91s3vq.pdf?t=pghuwe>)
120. Пасе, NR ( май 2006). "Время перемен" (<https://doi.org/10.1038%2F441289a>) . *Nature* . **441** (7091): 289. Bibcode : 2006Natur.441..289P (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2006Natur.441..289P>) . doi : 10.1038/441289a (<https://doi.org/10.1038%2F441289a>) . PMID 16710401. (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16710401>) S2CID 4431143 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:4431143>) . (<https://doi.org/10.1038%2F441289a>) (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2006Natur.441..289P>) (<https://doi.org/10.1038%2F441289a>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16710401>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:4431143>)
121. Stoeckenius, W. (октябрь 1981 г.). "Квадратная бактерия Уолсби: тонкая структура ортогонального прокариота" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC216199>) . *Журнал бактериологии* . **148** (1): 352– 60. doi : 10.1128/JB.148.1.352-360.1981 (<https://doi.org/10.1128%2FJB.148.1.352-360.1981>) . PMC 216199 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC216199>) . PMID 7287626 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7287626>) . (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC216199>) (<https://doi.org/10.1128%2FJB.148.1.352-360.1981>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC216199>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7287626>)
122. "Archaea Basic Biology" (<https://basicbiology.net/micro/microorganisms/archaea>) . Март 2018. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20210428221114/https://basicbiology.net/micro/microorganisms/archaea>) из оригинала 2021-04-28 . Получено 2021-05-14 . (<https://basicbiology.net/micro/microorganisms/archaea>) (<https://web.archive.org/web/20210428221114/https://basicbiology.net/micro/microorganisms/archaea>)
123. Банг, К.; Шмитц, РА (сентябрь 2015 г.). «Археи, связанные с человеческими поверхностями: нельзя недооценивать» (<https://doi.org/10.1093%2Ffemsre%2Ffuv010>) . *FEMS Microbiology Reviews* . **39** (5): 631–48 . doi : 10.1093/femsre/fuv010 (<https://doi.org/10.1093%2Ffemsre%2Ffuv010>) . PMID 25907112 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25907112>) . (<https://doi.org/10.1093%2Ffemsre%2Ffuv010>) (<https://doi.org/10.1093%2Ffemsre%2Ffuv010>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25907112>)
124. Moissl-Eichinger, C.; Pausan, M.; Taffner, J.; Berg, G.; Bang, C.; Schmitz, RA (январь 2018 г.). «Археи — интерактивные компоненты сложных микробиомов». *Trends in Microbiology* . **26** (1): 70– 85. doi : 10.1016/j.tim.2017.07.004 (<https://doi.org/10.1016%2Fj.tim.2017.07.004>) . PMID 28826642 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28826642>) . (<https://doi.org/10.1016%2Fj.tim.2017.07.004>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28826642>)
125. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард В.; Прайс, Мэри В. (2014). «Происхождение и диверсификация эукариот». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 402–419. ISBN 978-1464175121.
126. О'Мэлли, Морин А.; Леже, Мишель М.; Уайдман, Джереми Г.; Руис-Трилло, Иньяки (2019-02-18). «Концепции последнего общего предка эукариот». *Nature Ecology & Evolution* . **3** (3). Springer Science and Business Media LLC: 338– 344. Bibcode : 2019NatEE...3..338O (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019NatEE...3..338O>) . doi : 10.1038/s41559-019-0796-3 (<https://doi.org/10.1038%2Fs41559-019-0796-3>) . hdl : 10261/201794 (<https://hdl.handle.net/10261%2F201794>) . PMID 30778187. (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30778187>) S2CID 67790751 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:67790751>) . (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019NatEE...3..338O>) (<https://doi.org/10.1038%2Fs41559-019-0796-3>) (<https://hdl.handle.net/10261%2F201794>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30778187>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:67790751>)
127. Тейлор, Ф. Дж. Р. М. (2003-11-01). «Крах системы двух королевств, подъем протистологии и основание Международного общества эволюционной протистологии (ISEP)» (<https://doi.org/10.1099%2Fjfs.0.02587-0>) . *Международный журнал систематической и эволюционной микробиологии* . **53** (6). Общество микробиологии: 1707–1714 . doi : 10.1099/jfs.0.02587-0 (<https://doi.org/10.1099%2Fjfs.0.02587-0>) . PMID 14657097 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14657097>) . (<https://doi.org/10.1099%2Fjfs.0.02587-0>) (<https://doi.org/10.1099%2Fjfs.0.02587-0>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14657097>)
128. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард У.; Прайс, Мэри В. (2014). «Эволюция растений». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 420–449. ISBN 978-1464175121.
129. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард В.; Прайс, Мэри В. (2014). «Эволюция и разнообразие грибов». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 451–468. ISBN 978-1464175121.
130. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард У.; Прайс, Мэри В. (2014). «Происхождение животных и разнообразие». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 469–519 . ISBN 978-1464175121.

131. Wu, KJ (15 апреля 2020 г.). «Во Вселенной вирусов больше, чем звезд. Почему только некоторые из них заражают нас? – На Земле существует более квадриллиона квадриллионов отдельных вирусов, но большинство из них не готовы перейти на людей. Сможем ли мы найти те, которые готовы?» (<https://web.archive.org/web/20200528154701/https://www.nationalgeographic.com/science/2020/04/factors-allow-viruses-infect-humans-coronavirus/>) . *National Geographic Society* . Архивировано из оригинала (<https://www.nationalgeographic.com/science/2020/04/factors-allow-viruses-infect-humans-coronavirus/>) 28 мая 2020 г. . Получено 18 мая 2020 г. . (<https://web.archive.org/web/20200528154701/https://www.nationalgeographic.com/science/2020/04/factors-allow-viruses-infect-humans-coronavirus/>) (<https://www.nationalgeographic.com/science/2020/04/factors-allow-viruses-infect-humans-coronavirus/>)
132. Кунин, EV; Сенкевич, TG; Доля, VV (сентябрь 2006). "Древний мир вирусов и эволюция клеток" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1594570>) . *Biology Direct* . **1** (1): 29. doi : 10.1186/1745-6150-1-29 (<https://doi.org/10.1186/1745-6150-1-29>) . PMC 1594570 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1594570>) . PMID 16984643 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16984643>) . (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1594570>) (<https://doi.org/10.1186/1745-6150-1-29>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1594570>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16984643>)
133. Циммер, К. (26 февраля 2021 г.). «Тайная жизнь коронавируса — маслянистый пузырь генов шириной 100 нанометров убил более двух миллионов человек и изменил мир. Ученые не совсем понимают, что с этим делать» (<https://ghostarchive.org/archive/20211228/https://www.nytimes.com/2021/02/26/opinion/sunday/coronavirus-alive-dead.html>) . *The New York Times* . Архивировано из оригинала (<https://www.nytimes.com/2021/02/26/opinion/sunday/coronavirus-alive-dead.html>) 28.12.2021 . Получено 28 февраля 2021 г. (<https://ghostarchive.org/archive/20211228/https://www.nytimes.com/2021/02/26/opinion/sunday/coronavirus-alive-dead.html>) (<https://www.nytimes.com/2021/02/26/opinion/sunday/coronavirus-alive-dead.html>)
134. "Virus Taxonomy: 2019 Release" (<https://ictv.global/taxonomy>) . *talk.ictvonline.org* . Международный комитет по таксономии вирусов. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20200320103754/https://talk.ictvonline.org/taxonomy>) из оригинала 20 марта 2020 г. . Получено 25 апреля 2020 г. . (<https://ictv.global/taxonomy>) (<https://web.archive.org/web/20200320103754/https://talk.ictvonline.org/taxonomy>)
135. Lawrence CM; Menon S.; Eilers, BJ (май 2009). "Структурные и функциональные исследования архейных вирусов" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2675988>) . *Журнал биологической химии* . **284** (19): 12599– 603. doi : 10.1074/jbc.R800078200 (<https://doi.org/10.1074/jbc.R800078200>) . PMC 2675988 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2675988>) . PMID 19158076 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19158076>) . (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2675988>) (<https://doi.org/10.1074/jbc.R800078200>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2675988>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19158076>)
136. Эдвардс, PA; Ровер , Ф. (июнь 2005 г.). «Вирусная метагеномика». *Nature Reviews. Микробиология* . **3** (6): 504– 10. doi : 10.1038/nrmicro1163 (<https://doi.org/10.1038/nrmicro1163>) . PMID 15886693. (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15886693>) S2CID 8059643 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:8059643>) . (<https://doi.org/10.1038/nrmicro1163>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15886693>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:8059643>)
137. Canchaya, C.; Fournous, G.; Chibani-Chennoufi, S. (август 2003 г.). «Фаги как агенты латерального переноса генов». *Current Opinion in Microbiology* . **6** (4): 417– 24. doi : 10.1016/S1369-5274(03)00086-9 ([https://doi.org/10.1016/S1369-5274\(03\)00086-9](https://doi.org/10.1016/S1369-5274(03)00086-9)) . PMID 12941415 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12941415>) . ([https://doi.org/10.1016/S1369-5274\(03\)00086-9](https://doi.org/10.1016/S1369-5274(03)00086-9)) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12941415>)
138. Рыбицки, Э.П. (1990). «Классификация организмов на грани жизни, или проблемы с систематикой вирусов». *Южноафриканский научный журнал* . **86** : 182–86 .
139. Кунин, EV; Старокадомский, П. (октябрь 2016 г.). «Живы ли вирусы? Парадигма репликатора проливает решающий свет на старый, но ошибочный вопрос» (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5406846>) . *Исследования по истории и философии биологических и биомедицинских наук* . **59** : 125– 134. doi : 10.1016/j.shpsc.2016.02.016 (<https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2016.02.016>) . PMC 5406846 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5406846>) . PMID 26965225 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26965225>) . (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5406846>) (<https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2016.02.016>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5406846>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26965225>)
140. Бегон, М.; Таунсенд, К. Р.; Харпер, Дж. Л. (2006). *Экология: от индивидуумов к экосистемам* (4-е изд.). Блэквелл. ISBN 978-1-4051-1117-1.
141. *Среды обитания мира* ([https://books.google.com/books?id=U-\\_mlcy8rGgC&pg=PA238](https://books.google.com/books?id=U-_mlcy8rGgC&pg=PA238)) . Нью-Йорк: Маршалл Кавендиш. 2004. стр. 238. ISBN ([https://books.google.com/books?id=U-\\_mlcy8rGgC&pg=PA238](https://books.google.com/books?id=U-_mlcy8rGgC&pg=PA238)) 978-0-7614-7523-1. Архивировано ([https://web.archive.org/web/20210415113154/https://books.google.com/books?id=U-\\_mlcy8rGgC&pg=PA238](https://web.archive.org/web/20210415113154/https://books.google.com/books?id=U-_mlcy8rGgC&pg=PA238)) из оригинала 2021-04-15 . Получено 2020-08-24 .
142. Тэнсли (1934); Моллес (1999), с. 482; Чапин и др. (2002), с. 380; Шульце и др. (2005); п. 400; Гуревич и др. (2006), с. 522; Смит и Смит 2012, с. Г-5
143. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард У.; Прайс, Мэри В. (2014). «Распределение экологических систем Земли». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 845–863 . ISBN 978-1464175121.
144. Одум, Юджин П. (1971). *Основы экологии* (<https://archive.org/details/fundamentalsofec0000odum>) (3-е изд.). Нью-Йорк: Saunders. ISBN (<https://archive.org/details/fundamentalsofec0000odum>) 978-0-534-42066-6.
145. Чапин III, Ф. Стюарт; Мэтсон, Памела А.; Муни, Гарольд А. (2002). «Концепция экосистемы». *Принципы экологии наземных экосистем* . Нью-Йорк: Springer. стр. 10. ISBN 978-0-387-95443-1.
146. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард У.; Прайс, Мэри В. (2014). «Популяции». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 864–897. ISBN 978-1464175121.
147. Урри, Лиза; Кейн, Майкл; Вассерман, Стивен; Минорски, Питер; Рис, Джейн (2017). «Экология популяции». *Campbell Biology* (11-е изд.). Нью-Йорк: Pearson. С. 1188–1211 . ISBN 978-0134093413.



148. "Population" (<http://www.biology-online.org/dictionary/Population>) . Biology Online. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20190413145351/https://www.biology-online.org/dictionary/Population>) из оригинала 13 апреля 2019 . Получено 5 декабря 2012 . (<http://www.biology-online.org/dictionary/Population>) (<https://web.archive.org/web/20190413145351/https://www.biology-online.org/dictionary/Population>)
149. "Определение популяции (биология)" (<https://web.archive.org/web/20160304104019/http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/population?q=population>) . Oxford Dictionaries . Oxford University Press. Архивировано из оригинала (<http://oxforddictionaries.com/definition/english/population?q=population>) 4 марта 2016 г. . Получено 5 декабря 2012 г. . "сообщество животных, растений или людей, среди членов которого происходит скрещивание" (<https://web.archive.org/web/20160304104019/http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/population?q=population>) (<http://oxforddictionaries.com/definition/english/population?q=population>)""
150. Хартл, Дэниел (2007). *Принципы популяционной генетики* . Sinauer Associates . стр. 45. ISBN 978-0-87893-308-2.
151. Чапман, Эрик Дж.; Байрон, Кэрри Дж. (2018-01-01). "Гибкое применение пропускной способности в экологии" (<https://doi.org/10.1016%2Fj.gecco.2017.e00365>) . *Глобальная экология и охрана природы* . **13** : e00365. Bibcode : 2018GEcoC..1300365C (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018GEcoC..1300365C>) . doi : 10.1016/j.gecco.2017.e00365 (<https://doi.org/10.1016%2Fj.gecco.2017.e00365>) . (<https://doi.org/10.1016%2Fj.gecco.2017.e00365>) (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018GEcoC..1300365C>) (<https://doi.org/10.1016%2Fj.gecco.2017.e00365>)
152. Одум, Э.П.; Барретт, Г.В. (2005). *Основы экологии* ([https://web.archive.org/web/20110820163059/http://www.cengage.com/aushed/instructor.do?disciplinenum=1041&product\\_isbn=9780534420666&courseid=BI03&codeid=2BF6&subTab=&mainTab=About\\_the\\_Book&mailFlag=true&topicName=](https://web.archive.org/web/20110820163059/http://www.cengage.com/aushed/instructor.do?disciplinenum=1041&product_isbn=9780534420666&courseid=BI03&codeid=2BF6&subTab=&mainTab=About_the_Book&mailFlag=true&topicName=)) (5-е изд.). Brooks/Cole, часть Cengage Learning. ISBN ([https://web.archive.org/web/20110820163059/http://www.cengage.com/aushed/instructor.do?disciplinenum=1041&product\\_isbn=9780534420666&courseid=BI03&codeid=2BF6&subTab=&mainTab=About\\_the\\_Book&mailFlag=true&topicName=](https://web.archive.org/web/20110820163059/http://www.cengage.com/aushed/instructor.do?disciplinenum=1041&product_isbn=9780534420666&courseid=BI03&codeid=2BF6&subTab=&mainTab=About_the_Book&mailFlag=true&topicName=)) 978-0-534-42066-6. Архивировано из оригинала ([http://www.cengage.com/aushed/instructor.do?disciplinenum=1041&product\\_isbn=9780534420666&courseid=BI03&codeid=2BF6&subTab=&mainTab=About\\_the\\_Book&mailFlag=true&topicName=](http://www.cengage.com/aushed/instructor.do?disciplinenum=1041&product_isbn=9780534420666&courseid=BI03&codeid=2BF6&subTab=&mainTab=About_the_Book&mailFlag=true&topicName=)) 2011-08-20.
153. Санмартин, Изабель (декабрь 2012 г.). «Историческая биогеография: эволюция во времени и пространстве» (<https://doi.org/10.1007%2Fs12052-012-0421-2>) . *Эволюция: образование и пропаганда* . **5** (4): 555–568 . doi : 10.1007/s12052-012-0421-2 (<https://doi.org/10.1007%2Fs12052-012-0421-2>) . hdl : 10261/167031 (<https://hdl.handle.net/10261/167031>) . ISSN 1936-6434 (<https://search.worldcat.org/issn/1936-6434>) . (<https://doi.org/10.1007%2Fs12052-012-0421-2>) (<https://doi.org/10.1007%2Fs12052-012-0421-2>) (<https://hdl.handle.net/10261/167031>) (<https://search.worldcat.org/issn/1936-6434>)
154. Вуттон, Дж. Т.; Эммерсон, М. (2005). «Измерение силы взаимодействия в природе». *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* . **36** : 419–44 . doi : 10.1146/annurev.ecolsys.36.091704.175535 (<https://doi.org/10.1146%2Fannurev.ecolsys.36.091704.175535>) . JSTOR 30033811 (<https://www.jstor.org/stable/30033811>) . (<https://doi.org/10.1146%2Fannurev.ecolsys.36.091704.175535>) (<https://www.jstor.org/stable/30033811>)
155. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард В.; Прайс, Мэри В. (2014). «Экологические и эволюционные последствия внутри видов и между ними». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 882–897. ISBN 978-1464175121.
156. Смит, Ал (1997). *Оксфордский словарь биохимии и молекулярной биологии* . Оксфорд [Оксфордшир]: Oxford University Press. стр. 508. ISBN 978-0-19-854768-6 Фотосинтез – "синтез организмами органических химических соединений, особенно углеводов, из углекислого газа с использованием энергии, получаемой от света, а не путем окисления химических соединений."
157. Эдвардс, Катрина. «Микробиология осадочного пруда и подстилающего молодого, холодного, гидрологически активного склона хребта». *Океанографический институт Вудс-Хоул* .
158. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард У.; Прайс, Мэри В. (2014). «Экологические сообщества». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 898–915 . ISBN 978-1464175121.
159. Riebeek, Holli (16 июня 2011 г.). "The Carbon Cycle" (<https://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle/?src=eo-features>) . *Earth Observatory* . NASA. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20160305010126/http://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle/?src=eo-features>) из оригинала 5 марта 2016 г. . Получено 5 апреля 2018 г. . (<https://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle/?src=eo-features>) (<https://web.archive.org/web/20160305010126/http://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle/?src=eo-features>)
160. Хиллис, Дэвид М.; Садава, Дэвид; Хилл, Ричард У.; Прайс, Мэри В. (2014). «Распределение экологических систем Земли». *Принципы жизни* (2-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. стр. 916–934 . ISBN 978-1464175121.
161. Sahney, S.; Benton, M. J (2008). "Восстановление после самого глубокого массового вымирания всех времен" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2596898>) . *Труды Королевского общества В: Биологические науки* . **275** (1636): 759– 65. doi : 10.1098/rspb.2007.1370 (<https://doi.org/10.1098%2Frspb.2007.1370>) . PMC 2596898 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2596898>) . PMID 18198148 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18198148>) . (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2596898>) (<https://doi.org/10.1098%2Frspb.2007.1370>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2596898>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18198148>)
162. Soulé, Michael E.; Wilcox, Bruce A. (1980). *Биология сохранения: эволюционно-экологическая перспектива* . Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. ISBN 978-0-87893-800-1.
163. Soulé, Michael E. (1986). "Что такое биология сохранения?" ([https://web.archive.org/web/20190412085412/http://www.michaelsoule.com/resource\\_files/85/85\\_resource\\_file1.pdf](https://web.archive.org/web/20190412085412/http://www.michaelsoule.com/resource_files/85/85_resource_file1.pdf)) (PDF) . *BioScience* . **35** (11). Американский институт биологических наук: 727– 34. doi : 10.2307/1310054 (<https://doi.org/10.2307%2F1310054>) . JSTOR 1310054 (<https://www.jstor.org/stable/1310054>) . Архивировано из оригинала ([http://www.michaelsoule.com/resource\\_files/85/85\\_resource\\_file1.pdf](http://www.michaelsoule.com/resource_files/85/85_resource_file1.pdf)) (PDF) 2019-04-12 . Получено 2021-05-15 . ([https://web.archive.org/web/20190412085412/http://www.michaelsoule.com/resource\\_files/85/85\\_resource\\_file1.pdf](https://web.archive.org/web/20190412085412/http://www.michaelsoule.com/resource_files/85/85_resource_file1.pdf)) (<https://doi.org/10.2307%2F1310054>) (<https://www.jstor.org/stable/1310054>) ([http://www.michaelsoule.com/resource\\_files/85/85\\_resource\\_file1.pdf](http://www.michaelsoule.com/resource_files/85/85_resource_file1.pdf))

164. Хантер, Малкольм Л. (1996). *Основы биологии сохранения* (<https://archive.org/details/fundamentalsofco00hunt>) . Оксфорд: Blackwell Science. ISBN (<https://archive.org/details/fundamentalsofco00hunt>) 978-0-86542-371-8.
165. Меффе, Гэри К.; Марта Дж. Грум (2006). *Принципы биологии сохранения* (3-е изд.). Сандерленд, Массачусетс: Sinauer Associates. ISBN 978-0-87893-518-5.
166. Ван Дайк, Фред (2008). *Биология сохранения: основы, концепции, приложения* (<https://books.google.com/books?id=Evh1UD3ZYWcC>) (2-е изд.). Нью-Йорк: Springer-Verlag. doi:10.1007/978-1-4020-6891-1 (<https://doi.org/10.1007%2F978-1-4020-6891-1>). hdl:11059/14777 (<https://hdl.handle.net/11059%2F14777>). ISBN (<https://books.google.com/books?id=Evh1UD3ZYWcC>) (<https://doi.org/10.1007%2F978-1-4020-6891-1>) (<https://hdl.handle.net/11059%2F14777>) 978-1402068904. OCLC 232001738 (<https://search.worldcat.org/oclc/232001738>) . Архивировано (<https://web.archive.org/web/20200727115147/https://books.google.com/books?id=Evh1UD3ZYWcC>) из оригинала 2020-07-27 . Получено 2021-05-15 .
167. Sahney, S.; Benton, MJ; Ferry, PA (2010). «Связи между глобальным таксономическим разнообразием, экологическим разнообразием и расширением позвоночных на суше» (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2936204>) . *Biology Letters* . **6** (4): 544– 7. doi : 10.1098 / rsbl.2009.1024 (<https://doi.org/10.1098%2Frsbl.2009.1024>) . PMC 2936204. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2936204>) PMID 20106856 . (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20106856>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2936204>) (<https://doi.org/10.1098%2Frsbl.2009.1024>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2936204>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20106856>)
168. Кох, Лиан Пин; Данн, Роберт Р.; Содхи, Навджот С.; Колвелл, Роберт К.; Проктор, Хизер К.; Смит, Винсент С. (2004). «Совместное вымирание видов и кризис биоразнообразия». *Science* . **305** (5690): 1632– 4. Bibcode : 2004Sci...305.1632K (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2004Sci...305.1632K>) . doi : 10.1126/science.1101101 (<https://doi.org/10.1126%2Fscience.1101101>) . PMID 15361627 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15361627>) . S2CID 30713492 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:30713492>) . (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2004Sci...305.1632K>) (<https://doi.org/10.1126%2Fscience.1101101>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15361627>) (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:30713492>)
169. Оценка экосистем на пороге тысячелетия (2005). *Экосистемы и благосостояние человека: синтез биоразнообразия*. Институт мировых ресурсов, Вашингтон, округ Колумбия [1] (<http://www.millenniumassessment.org/documents/document.354.aspx.pdf>) Архивировано (<https://web.archive.org/web/20191014033601/http://www.millenniumassessment.org/documents/document.354.aspx.pdf>) 14 октября 2019 г. на Wayback Machine
170. Джексон, Дж. Б. К. (2008). «Экологическое вымирание и эволюция в смелом новом океане» (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2556419>) . *Труды Национальной академии наук* . **105** (Приложение 1): 11458– 65. Bibcode : 2008PNAS..10511458J (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2008PNAS..10511458J>) . doi : 10.1073/ (<https://doi.org/10.1073%2Fpnas.0802812105>) pnas.0802812105 . PMC 2556419. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2556419>) PMID 18695220 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18695220>) . (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2556419>) (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2008PNAS..10511458J>) (<https://doi.org/10.1073%2Fpnas.0802812105>) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2556419>) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18695220>)
171. Соул, Майкл Э. (1986). *Биология сохранения: наука о дефиците и разнообразии* . Sinauer Associates. стр. 584. ISBN 978-0-87893-795-0.

## Дальнейшее чтение

- Альбертс, Б.; Джонсон, А.; Льюис, Дж.; Рафф, М.; Робертс, К.; Уолтер, П. (2002). *Молекулярная биология клетки* (<https://archive.org/details/molecularbiolog00wils>) (4-е изд.). Гарленд. ISBN 978-0-8153-3218-3. OCLC 145080076 (<https://search.worldcat.org/oclc/145080076>) .
- Бегон, М.; Таунсенд, К. Р.; Харпер, Дж. Л. (2005). *Экология: от индивидуумов к экосистемам* (4-е изд.). Blackwell Publishing Limited. ISBN 978-1-4051-117-1. OCLC 57639896 (<https://search.worldcat.org/oclc/57639896>) .
- Кэмпбелл, Нил (2004). *Биология* (7-е изд.). Benjamin-Cummings Publishing Company. ISBN 978-0-8053-7146-8. OCLC 71890442 (<https://search.worldcat.org/oclc/71890442>) .
- Колинво, Пол (1979). *Почему большие свирепые животные редки: точка зрения эколога* (<https://archive.org/details/whybigfierceanim00paul>) (переиздание). Princeton University Press. ISBN 978-0-691-02364-9. OCLC 10081738 (<https://search.worldcat.org/oclc/10081738>) .
- Майр, Эрнст (1982). *Рост биологической мысли: разнообразие, эволюция и наследование* (<https://books.google.com/books?id=pHThtE2R0UQC>) . Издательство Гарвардского университета. ISBN 978-0-674-36446-2. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20151003080726/https://books.google.com/books?id=pHThtE2R0UQC>) из оригинала 2015-10-03 . Получено 2015-06-27 .
- Хогланд, Махлон (2001). *The Way Life Works* . Jones and Bartlett Publishers inc. ISBN 978-0-7637-1688-2. OCLC 223090105 (<https://search.worldcat.org/oclc/223090105>) .
- Янови, Джон (2004). *Как стать биологом* (2-е изд.). Bison Books. ISBN 978-0-8032-7620-8. OCLC 55138571 (<https://search.worldcat.org/oclc/55138571>) .
- Джонсон, Джордж Б. (2005). *Биология, Визуализация жизни* (<https://archive.org/details/holtbiologyvisua00john>) . Холт, Райнхарт и Уинстон. ISBN 978-0-03-016723-2. OCLC 36306648 (<https://search.worldcat.org/oclc/36306648>) .
- Тобин, Аллан; Душек, Дженни (2005). *Asking About Life* (3-е изд.). Белмонт, Калифорния: Уодсворт. ISBN 978-0-534-40653-0.

## Внешние ссылки

- Филокоды OSU (<http://phylonames.org/code/>)

- Биология Онлайн – Wiki-словарь (<https://www.biologyonline.com/dictionary>)
- Серия видеолекций Массачусетского технологического института по биологии (<https://ocw.mit.edu/courses/biology/7-012-introduction-to-biology-fall-2004/>)
- OneZoom Древо Жизни (<https://www.onezoom.org/>)
- Журнал истории биологии ([springer.com](http://springer.com)) (<https://link.springer.com/journal/10739>)

### Ссылки на журналы

- ПЛОС ОДИН
- PLOS Biology (<https://journals.plos.org/plosbiology/>) Рецензируемый журнал открытого доступа, издаваемый Публичной научной библиотекой.
- *Current Biology* (<http://www.cell.com/current-biology/>) : Общий журнал, публикующий оригинальные исследования из всех областей биологии.
- *Biology Letters* (<https://royalsocietypublishing.org/journal/rsbl>) : влиятельный журнал Королевского общества, публикующий рецензируемые статьи по биологии, представляющие общий интерес.
- *Наука* (<https://www.science.org/collections>) : всемирно известный научный журнал AAAS – см. разделы о науках о жизни
- *Международный журнал биологических наук* (<https://www.ijbs.com/>) : биологический журнал, публикующий важные рецензируемые научные статьи.
- *Перспективы в биологии и медицине* (<https://www.press.jhu.edu/journals/perspectives-biology-and-medicine>) : междисциплинарный научный журнал, публикующий статьи, имеющие широкую актуальность.

---

Retrieved from "<https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Biology&oldid=1294686071>"