

Возникновение жизни

Луи Пастер (1822–1895), Джон Бердон Сандерсон Холдейн (1892–1964), Александр Иванович Опарин (1894–1980)

Обнаруженные остатки микроорганизмов показывают, что жизнь на Земле возникла примерно 4–4,2 млрд лет назад. Как же она зародилась? Мысль о том, что жизнь возникла из неживой материи, т.е. путем самозарождения, родилась в Древней Греции и просуществовала до 1859 г. Именно в этом году Луи Пастер провел ряд экспериментов, которые опровергли это предположение. Однако в середине 1920-х гг. идея самозарождения возродилась под названием теории *абиогенеза*. Русский биохимик Александр Иванович Опарин и британский биолог-эволюционист Джон Бердон Сандерсон Холдейн независимо друг от друга предположили, что условия на первозданной Земле значительно отличались от тех, что существуют сейчас. В этих условиях могли протекать химические реакции, в результате которых из неорганических веществ образовывались органические компоненты. Научная литература изобилует теориями о том, как именно возникла жизнь, но ни одна из них не получила всеобщего признания. Большинство этих гипотез в том или ином виде основаны на гипотезе Опарина–Холдейна.

Процесс абиогенеза (или биопозза), в ходе которого жизнь возникла на основе самовоспроизводящихся простых органических молекул, предположительно происходил в несколько этапов. Небольшие органические молекулы (например, аминокислоты или азотистые основания) образовывались из углекислого газа и азота атмосферы под действием интенсивного солнечного света и ультрафиолетового излучения. Данные молекулы объединялись, формируя макромолекулы, такие как белки или нуклеиновые кислоты. Эти макромолекулы оказывались внутри протоклеток — пузырьков, отделенных от внешней среды мембраной, которая обеспечивала постоянство внутреннего состава. В подобных системах могли протекать химические реакции, которые обеспечивали самовоспроизведение, выработку и потребление энергии. На завершающем этапе возникли самовоспроизводящиеся молекулы рибонуклеиновой кислоты (РНК), необходимые для синтеза белков и ферментативных реакций, которые приводили к образованию новых копий РНК. Уникальные химические свойства молекул РНК делали их наиболее успешными в процессе саморазмножения, и их полезные свойства могли передаваться дочерним молекулам РНК. Вероятно, это пример наиболее древней формы естественного отбора.

СМ. ТАКЖЕ Прокариоты (3,9 млрд до н.э.), Эукариоты (2 млрд до н.э.), Метаболизм (1614), Опровержение гипотезы самозарождения (1668), Геологическая летопись и эволюция (1836), Дарвиновская теория естественного отбора (1859), Ферменты (1878), Эксперимент Миллера–Юри (1953), Домены жизни (1990).

Вопрос о том, как впервые появилась жизнь на Земле, занимал ученых и философов на протяжении тысячелетий. Условия на нашей планете примерно миллиард лет спустя после ее возникновения очень отличались от нынешних и были благоприятными для образования простых органических молекул из компонентов древней атмосферы.



Девонский период

Адам Седжвик (1785–1873), Родерик Мерчисон (1792–1871)

Девонский период был назван так в 1839 г. геологами Адамом Седжвиком и Родериком Мерчисоном в честь графства Девон в Англии, где впервые были изучены отложения пород этого возраста. Этот период, длившийся с 417 по 359 млн лет до н. э., ознаменовался важными событиями в эволюции растений и позвоночных животных. Особенно интересной была эволюция **рыб** — вплоть до того, что часть их приспособилась к жизни на суше. Океаны в девонский период покрывали 85% поверхности земного шара, а суша состояла из двух протоконтинентов — Лавразии в Северном полушарии и Гондваны в Южном.

Первые **наземные растения** появились около 450 млн лет назад, и в начале девонского периода возникли древнейшие сосудистые растения. В отличие от более примитивных таксонов, таких, например, как мхи и печеночники, у сосудистых растений сформировалась развитая проводящая система, которая осуществляла транспорт воды и продуктов фотосинтеза по организму. В эту эпоху растительность была бедной, приуроченной в основном к урезу воды и состоящей из очень небольших форм, не выше метра в высоту. С появлением древесины оси побегов стали значительно прочнее, и деревья смогли вырастать на куда большую высоту, получая большее количество света и выдерживая большой груз ветвей и листьев. Изменения в почве стимулировали развитие корневой системы. Примерно 385 млн лет назад первые древовидные растения были еще необычным явлением и наверняка бросались в глаза.

В среднем девоне численность бесчелюстных (рыб с воронковидными ртами и тяжелыми панцирями) начала неуклонно сокращаться. Челюстноротые рыбы — древние хрящевые, похожие на современных акул, и костистые — резко увеличили свое разнообразие и биомассу, заняв господствующее положение в пресных и морских водоемах. Многие из них были хищниками. Это время вполне оправданно называют веком рыб. От кистеперых рыб возникли первые тетраподы, которые выползали из грязи и передвигались за пределами водоема, питаясь сухопутными беспозвоночными.

К концу девонского периода исчезло до 70% всех прежде существовавших беспозвоночных. Особенно катастрофическим было вымирание среди морских организмов, потери в пресных водах были меньшими. Продолжительность эпохи позднедевонского вымирания оценивают от 500 000 до 25 млн лет. Хотя причины этого явления неизвестны, оно относится к пяти самым значимым периодам вымирания за всю историю жизни на Земле.

СМ. ТАКЖЕ Рыбы (530 млн до н. э.), Наземные растения (450 млн до н. э.), Амфибии (360 млн до н. э.), Голосеменные (300 млн до н. э.), Коралловые рифы (8000 до н. э.), Палеонтология (1796), Геологическая летопись и эволюция (1836), Дрейф континентов (1912).

Этот рисунок из книги Эрнеста Геккеля «Красота форм в природе» (1904) изображает различных актиний (Actinidae), также называемых морскими анемонами. Это водные хищники с неподвижным образом жизни. Вероятно, среди многочисленных коралловых рифов девонского периода подобные организмы процветали. К сожалению, у большинства актиний нет твердых элементов тела, поэтому геологическая летопись содержит о них весьма скудные сведения.



Динозавры

Уильям Баклэнд (1784–1856), Ричард Оуэн (1804–1892)

Начиная примерно с 230 млн лет до н. э. и на протяжении 135 млн лет динозавры были господствующими сухопутными позвоночными. Первое описание их ископаемых останков дал Уильям Баклэнд в 1824 г. Вслед за ним Ричард Оуэн занимался их изучением, он же в 1842 г. предложил название «динозавры» (от греч. «ужасная ящерица»). Однако они не были ящерицами.

Динозавры относятся к **рептилиям** и представляют собой чрезвычайно обширную (более 1000 видов) и разнообразную группу. Едва ли удастся найти много общих черт для всех динозавров — кроме, пожалуй, откладывания яиц и, как считается, гнездового поведения. Одни из них были травоядными, другие — хищниками; часть передвигалась на двух ногах, но многие — на четырех. Долгое время считалось, что динозавры были медлительными существами, однако за последние десятилетия накопились факты в пользу того, что некоторые из динозавров (например, велоцираптор) были проворными и юркими, имели социальное поведение и жили стаями. Размеры динозавров варьировали от размеров голубя до размеров крупнейших сухопутных животных, когда-либо существовавших на Земле. Травоядный апатозавр (бронтозавр) имел очень длинную шею, маленькую голову и огромное тело. Он составлял до 23 м в длину. Пожалуй, самый известный динозавр, тираннозавр (*Tyrannosaurus rex*), был двуногим хищником с длиной тела около 12 м. Он имел общих предков с **птицами**.

Общепринято, что птицы произошли от динозавров. Археоптерикс (*Archaeopteryx*), живший примерно 150 млн лет назад и найденный в ископаемом состоянии в Баварии в 1861 г., считался переходной формой между этими двумя группами: его тело было покрыто перьями. Начиная с 1990-х гг. были открыты и другие виды оперенных динозавров. Это подтверждает их родство с птицами, но сейчас уже никто не считает археоптерикса «первоптицей».

Около 66 млн лет назад все динозавры вымерли — как и 95% всех живых организмов на планете (существуют и более сдержанные оценки — примерно 45%. — *Прим. пер.*). Причина этого события была и остается предметом множества споров и предположений. Одна из теорий предполагает падение метеорита, в результате которого атмосфера оказалась загрязненной токсичными продуктами и плохо проницаемой для солнечного света. Хотя динозавры и ушли в небытие, они не забыты. Тема гигантских древних ящеров нашла отражение в популярной культуре, игрушках, книгах и кинематографе. Среди произведений мировой культуры, в которых активно действуют динозавры, можно назвать «Затерянный мир» А. Конан Дойла (1925), фильмы «Кинг Конг» (1933) и «Парк юрского периода» (1990–2000-е гг.).

СМ. ТАКЖЕ Рептилии (320 млн до н. э.), Птицы (150 млн до н. э.), Палеонтология (1796).

Майюнгазавр (Majungasaurus) — двуногий динозавр, обитавший на территории современного Мадагаскара 66–70 млн лет назад. Эти животные достигали в длину 6–7 м и предположительно имели массу до 1130 кг. В своей среде они были самыми крупными хищниками.



Клетки крови

Антони ван Левенгук (1632–1723), Ян Сваммердам (1637–1680),
Габриэль Андраль (1797–1876), Альфред Донне (1801–1878),
Пауль Эрлих (1854–1915)

Кровь играла очень важную роль в жизни древних людей, фигурируя в их религиозных верованиях, мифах, легендах как символ отваги и жертвенности. Во множестве культур до настоящего времени кровь осталась знаком родственных отношений, принадлежности к племени и общине. Для древних греков кровь была важнейшим источником жизни, ее сосредоточием; когда кровь иссякала, смерть была неотвратимой. Исключением были бессмертные боги или демоны — лишённые крови, но не умирающие. Для культуры древних греков кровавые жертвы не были столь характерны, как для древних англосаксов или древних скандинавов, веривших, что с кровью передается сила ее обладателя.

Символическое значение кровь приобрела и в других культурах в более поздние периоды. Иудаизм и мусульманство запрещают употребление в пищу крови, в то время как в христианстве литургическое вино стало символом крови Иисуса Христа. В некоторых восточных странах кровотечение из носа у мужчины воспринимается как знак вожделения, а в Японии на основании **групп крови** попытались классифицировать типы личности. Вероятно, американские летучие мыши-вампиры, питающиеся кровью крупных животных, вдохновили романиста Брэма Стокера на создание романа «Дракула» (1897).

Ученые детально исследовали, как кровь переносит питательные вещества и кислород к клеткам и забирает из тканей продукты распада для последующего выведения из организма. Ян Сваммердам, голландский натуралист, впервые увидел красные кровяные клетки под микроскопом в 1658 г. Антони ван Левенгук описал их размер и форму, опубликовав эти данные в 1695 г. Около 1840 г. французский профессор-медик Габриэль Андраль описал белые кровяные клетки и стал основателем биохимии крови и научной гематологии; в своих исследованиях он соединил клинические наблюдения с тонким химическим анализом. Через несколько лет французский врач Альфред Донне впервые увидел кровяные пластинки — тромбоциты. Наконец, к числу научных заслуг Поля Эрлиха относится разработка методики дифференциального окрашивания белых кровяных клеток для их подсчета (1879).

СМ. ТАКЖЕ Микроскопический мир Левенгука (1674), Гемоглобин и гемоцианин (1866), Группы крови (1901), Свертывание крови (1905).

Писатель Брэм Стокер поселил своего Дракулу (1897) в Трансильвании, провинции Румынии. Этот сувенир был приобретен в 2007 г. именно там.



Микроскопический мир Левенгука

Антони ван Левенгук (1632–1723), Роберт Гук (1635–1703)

В 1674 г. голландец Антони ван Левенгук открыл мир, в котором обитают триллионы триллионов существ, прежде неизвестных людям. В этом году он увидел одноклеточные организмы, которые назвал «анималькулями» и «зверушками». Это открытие сделало Левенгука одним из самых известных биологов, основателем микроскопии. В действительности он имел лишь поверхностное образование, писал только на родном голландском и не оставил ни одной книги или статьи.

Левенгук родился и провел почти всю жизнь в голландском городе Делфте, откуда происходил его знаменитый современник — живописец Ян Вермеер. Доход ему приносила торговля тканями, но его настоящей любовью было его хобби — шлифовка линз. Считается, что он увлекся микроскопией после прочтения книги английского энциклопедиста Роберта Гука «Микрография» (1665), в которой автор популяризировал микроскоп и его использование. Именно Гук впервые разглядел микроскопические частички на срезе пробки, которые он назвал «клетками».

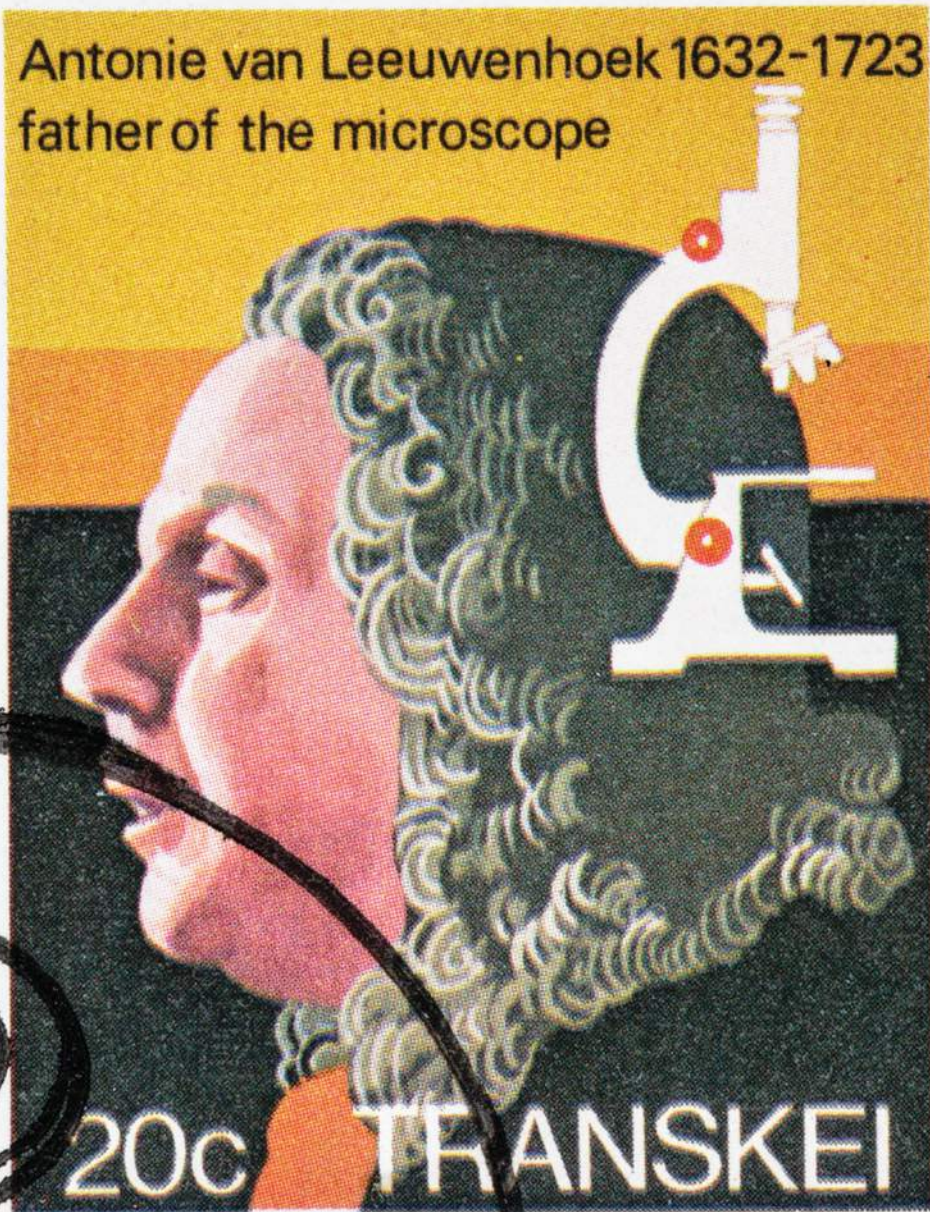
Начиная с 1673 г. (в возрасте 40 лет) и все последующие полвека до последнего своего дня Левенгук писал бесчисленные письма в Королевское научное общество в Лондоне. Эти письма были написаны на простонародном голландском и содержали описания его наблюдений. Левенгуку удалось увидеть простейших (1674), бактерии (1676), мышечные волокна, кровеносные капилляры, ткани растений, сперматозоиды разных животных. Эти наблюдения стали возможны благодаря мастерству шлифовать линзы, позволявшие достичь увеличения в 275 раз с сохранением четкости изображения. Для сравнения достаточно сказать, что более ранние микроскопы позволяли достичь увеличения в 20–30 раз. За свою жизнь Левенгук своими руками сделал 400–500 линз и собрал около 25 микроскопов, сохраняя подробности своего мастерства в секрете.

Использование линз для увеличения берет начало во времена древних ассирийцев и римлян. Первый сложный микроскоп, содержащий более одной линзы, был изобретен около 1590 г. Эти разработки были использованы Гуком и последующими микроскопистами вплоть до XX в. Современные световые микроскопы дают увеличение примерно в 2000 раз, а используемые в некоторых исследованиях **электронные микроскопы** увеличивают в 2 млн раз.

СМ. ТАКЖЕ Сперматозоиды (1677), Ядро клетки (1831), Клеточная теория (1838), Электронный микроскоп (1931).

Почтовая марка 1982 г. из бывшей республики Транскей (Южная Африка), на которой изображен Антони ван Левенгук — первооткрыватель одноклеточных организмов.

Antonie van Leeuwenhoek 1632-1723
father of the microscope



C2.4 1982

Наследование по Ламарку

Эразм Дарвин (1731–1802), Жан Батист Ламарк (1744–1829)

Со времен Античности и до эпохи раннего христианства проблема эволюции была предметом оживленной дискуссии. Этот диалог прекратился в Средние века, и на смену ему пришла библейская идея о том, что биологические виды сохранились неизменными с момента сотворения. С накоплением данных об ископаемых организмах в начале XVII в. все больше натуралистов начали задаваться вопросом о том, насколько неизменны организмы с течением времени.

Хотя гипотезу о наследовании приобретенных признаков принято связывать с именем Ламарка, она была известна уже древним грекам. Ее сторонником был один из самых авторитетных исследователей в XVIII в. — Эразм Дарвин (дед Чарльза Дарвина), который активно поддерживал эту гипотезу в своей двухтомной «Зоономии» (1794–1796). Возраст Земли он оценивал в миллионах лет вопреки расчетам ирландского епископа Джеймса Ашшера (1654), согласно которым Сотворение мира произошло в 4004 г. до н. э.

Жан Батист Ламарк был военным, прославленным ботаником и лучшим для своего времени специалистом по беспозвоночным — этот термин также придуман им. В самой известной своей работе «Философия зоологии» (1809) он утверждал, что живые организмы изменялись во времени не в результате масштабных катастроф, а постепенно. Ламарк предположил, что с изменением условий среды организмы по-новому приспосабливались к этим условиям. Если какая-то часть тела использовалась более активно, чем раньше, она становилась крупнее и мощнее, и это свойство передавалось потомству. Например, если жираф вытягивал шею, чтобы достать листья с высоких деревьев, его шея удлинялась. Вследствие этого его потомство наследовало более длинную шею и, продолжая тянуться, в череде поколений достигало все большей ее длины. Сходным образом Ламарк объяснял наличие длинных ног у болотных птиц: эти птицы вытягивали ноги, чтобы тело не соприкасалось с поверхностью воды. Напротив, неиспользуемые части тела должны были уменьшиться и в итоге исчезнуть — так змеи утратили свои ноги.

Задолго до смерти Ламарка его теория была подвергнута острой критике со стороны и ученых, и приверженцев религиозной картины мира. Ламарк умер слепым в нищете, и казалось, что его идеи предадутся забвению. Лишь недавно основные положения ламаркизма были пересмотрены в терминах **эпигенетики** — концепции наследования, которая вызывает наследуемые изменения экспрессии генов, не меняя последовательность ДНК.

СМ. ТАКЖЕ Палеонтология (1796), Геологическая летопись и эволюция (1836), Дарвиновская теория естественного отбора (1859), Теория зародышевой плазмы (1883), Эпигенетика (2012).

Ламарк на примере жирафа доказывал, как полезные приобретенные признаки передаются от одного поколения к другому. Он верил, что длинная шея жирафов — следствие того, что предшествующие поколения вытягивали шею, стараясь добраться до самых верхних ветвей деревьев.



Путешествие Дарвина на «Бигле»

Чарльз Дарвин (1809–1882)

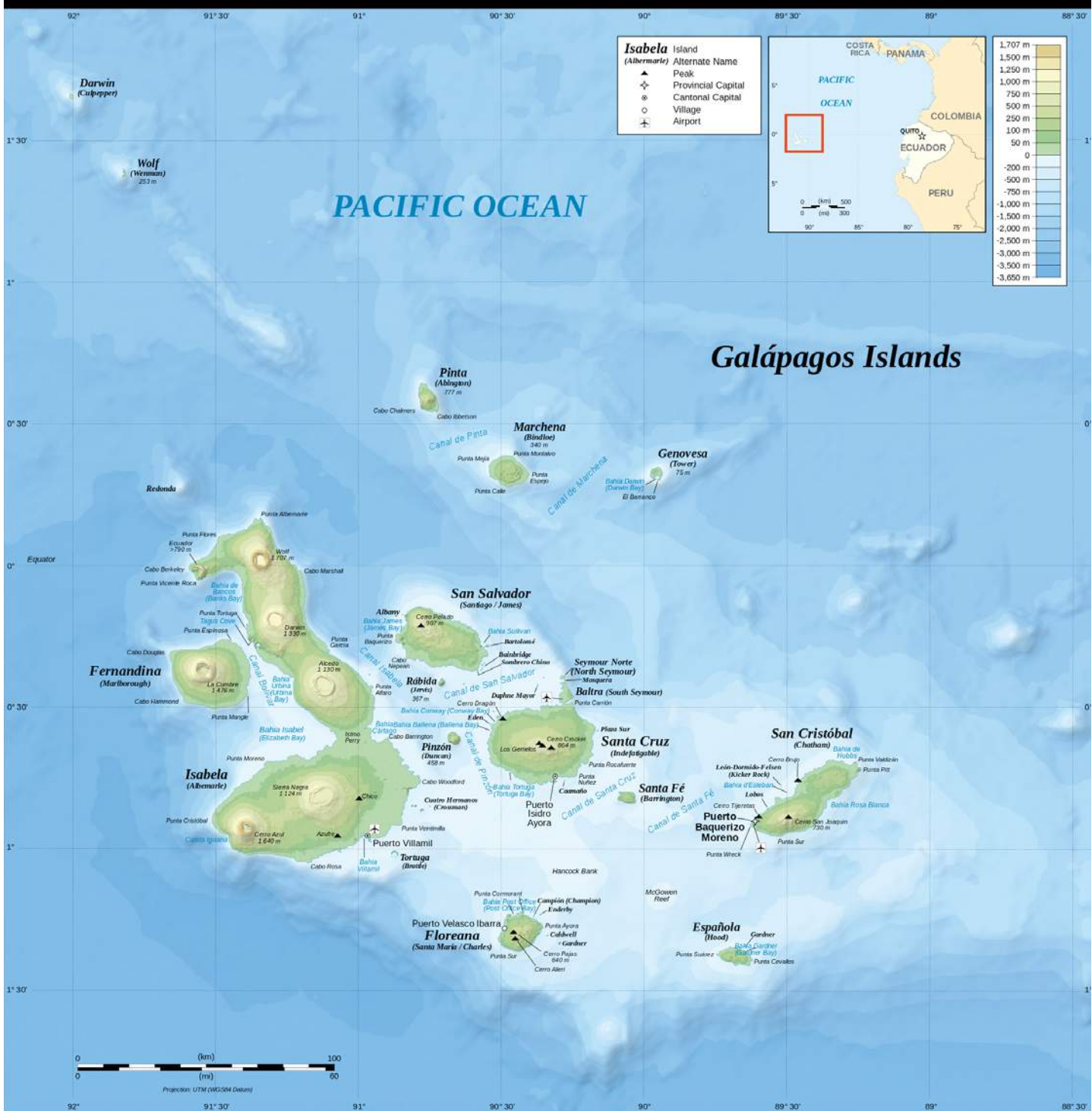
Сложно было предсказать до 1859 г., что Чарльз Дарвин станет одним из самых великих биологов за всю историю, а его книга «Происхождение видов путем естественного отбора» (1859) будет едва ли не самой важной книгой в биологической науке. Отец Чарльза Дарвина был преуспевающим и авторитетным врачом, а его мать была дочерью Джозаи Уэджвуда, основателя крупной фирмы по производству керамики, названной его фамилией. Дед Чарльза — Эразм Дарвин, известный мыслитель и естествоиспытатель XVIII в. Ни годы обучения медицине, ни бакалавриат в Кембридже в биографии Дарвина не были сколько-нибудь примечательными. Значительную часть своего времени он проводил, занимаясь изучением природы и охотой.

Капитан Роберт Фицрой искал «благородного пассажира», который бы занимался описанием и составлением коллекций флоры и фауны во время пятилетнего плавания судна Его Королевского Величества «Бигль» («Ищейка»). Маршрут предполагал кругосветное плавание с подробным картированием береговой линии Южной Америки. Двадцатидвухлетний Дарвин был избран на эту неоплачиваемую должность из-за своего интереса к природе, а также, что немаловажно, как равный по происхождению попутчик капитана. Фицрой был лишь на четыре года старше Дарвина. В 1831 г., когда началось плавание «Бигля», Дарвин, как и большинство европейцев той поры, верил в то, что мир был сотворен Богом, а виды пребывали с того момента неизменными.

Дарвин, когда его не мучила морская болезнь, аккуратно проводил наблюдения и описания, собирал коллекции позвоночных, морских и сухопутных беспозвоночных, окаменелостей. Он был свидетелем землетрясения в Чили. Наиболее ярким эпизодом его путешествия стало пятидневное пребывание на Галапагосском архипелаге — десяти вулканических островах, расположенных примерно в 1000 км к западу от Эквадора. В его коллекции были четыре птицы-пересмешника, пойманные на разных островах; Дарвин заметил, что они различались. Также он привез в Англию 14 вьюрков, клювы которых различались по размеру и форме. Когда Дарвин вернулся домой в 1836 г., он был признанным натуралистом — эту репутацию ему принесли статьи, публичные выступления и книга «Путешествие на корабле „Бигль“».

СМ. ТАКЖЕ Геологическая летопись и эволюция (1836), Дарвиновская теория естественного отбора (1859), Дрейф континентов (1912).

Участок физической карты, на котором показаны Галапагосские острова, расположенные к западу от Эквадора. Именно там Дарвин нашел 14 видов вьюрков, клювы которых различались по форме и размеру. Это наблюдение стало одним из самых важных доказательств в теории естественного отбора (1859).



Микробная теория возникновения заболеваний

Антони ван Левенгук (1632–1723), Луи Пастер (1822–1895), Роберт Кох (1843–1910)

С древнейших времен и до второй половины XIX в. в Китае, Индии, Европе верили в то, что такие инфекционные заболевания, как холера и чума, возникают от «дурного воздуха» или миазмов. Считалось, что инфекции распространяются при контакте с ядовитыми испарениями от разлагающейся или гниющей материи.

Микробная теория возникновения заболеваний — пожалуй, один из самых ценных подарков микробиологии современной медицине. Эта идея послужила основой использования **антибиотиков** в лечении инфекционных заболеваний. Мысль о том, что причина многих заболеваний связана с микробами, формировалась в умах ученых постепенно на протяжении нескольких столетий, и кульминацией стало признание этой теории медицинским и научным сообществом.

Впервые микробы увидел и описал в 1670-х гг. голландский шлифовальщик линз Антони ван Левенгук, используя очень простой микроскоп. Почти через два столетия, в 1862 г., Луи Пастер провел серию экспериментов, окончательно сокрушивших другую долгоживущую гипотезу самозарождения, согласно которой организмы могут возникать из неживой материи. Пастер показал, что в воздухе есть микробы, но они не возникают из него.

Роберт Кох из скромного немецкого врача превратился в одного из самых авторитетных микробиологов мира, после того как он ближе к тридцатилетию получил от жены в подарок микроскоп. С 1876 по 1883 г. он открыл бактериальную природу таких заболеваний, как сибирская язва, туберкулез и холера, разработал методику получения чистых культур патогенных бактерий. В 1890 г. Кох сформулировал несколько правил, чтобы определить, является ли данный микроб причиной заболевания. Эти правила актуальны и поныне: 1) микроб должен присутствовать в организме во всех случаях возникновения заболевания; 2) микроб должен быть изолирован и выделен в чистой культуре; 3) при воздействии микроба на здоровый организм должна возникать болезнь; 4) микроб должен быть снова выделен в чистую культуру из зараженного в эксперименте организма. В 1905 г. Кох получил Нобелевскую премию за свою работу по изучению туберкулеза — болезни, от которой в середине XIX в. умирал каждый седьмой.

СМ. ТАКЖЕ Научный метод (1620), Опровержение гипотезы самозарождения (1668), Микроскопический мир Левенгука (1674), Теория миазмов (1717), Окраска по Граму (1884), Эндотоксины (1892), Антибиотики (1928).

*Работая над своей микробной теорией, Кох использовал в качестве одного из объектов чистые культуры бактерии *Bacillus anthracis*, полученные из тел умерших от сибирской язвы животных.*



Бессмертные клетки HeLa

Джордж Отто Гей (1899–1970), Джонас Солк (1914–1995),
Генриетта Лакс (1920–1951), Ребекка Склут (р. 1972)

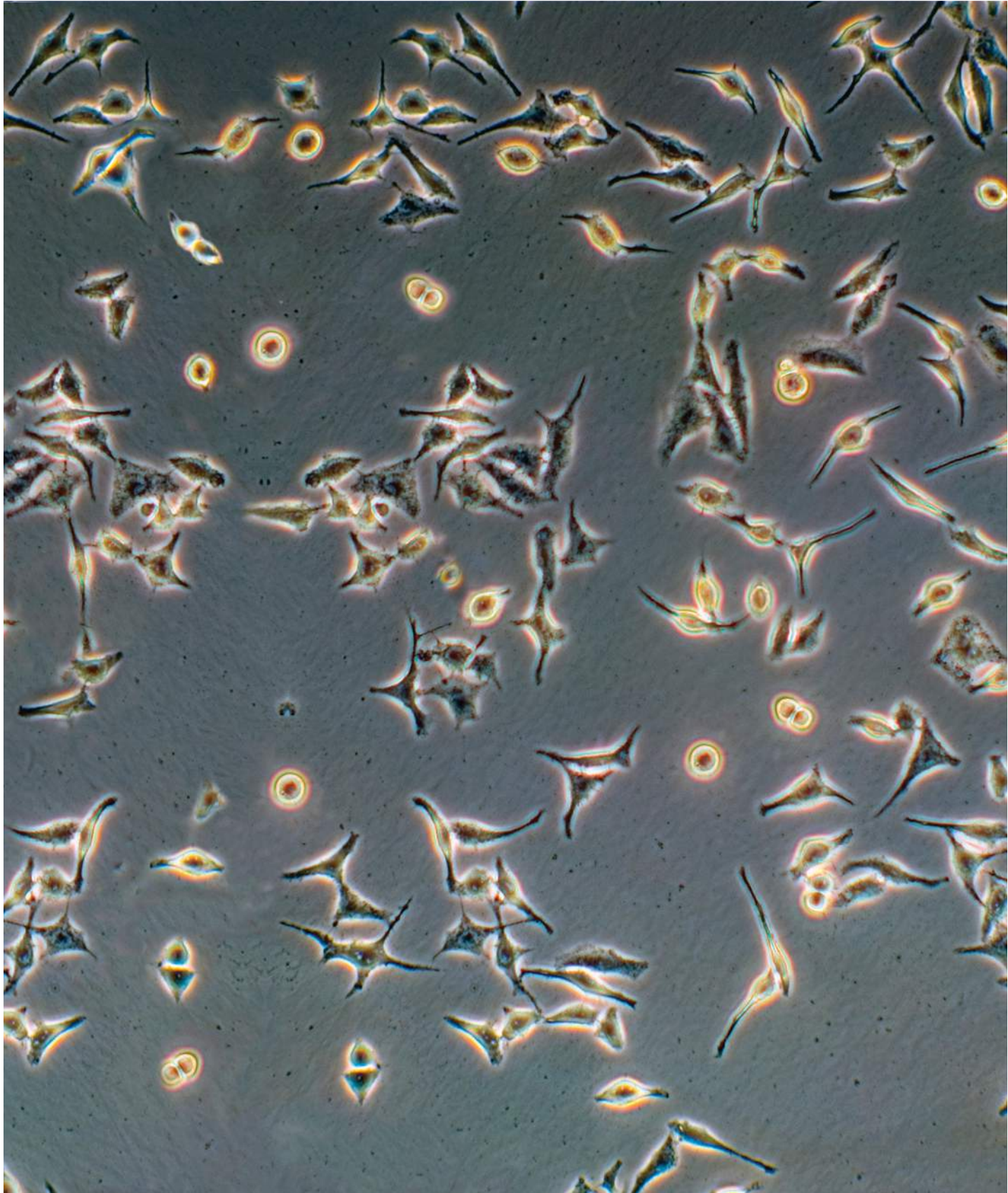
В 1951 г. 30-летняя афроамериканка Генриетта Лакс, мать пятерых детей, посетила госпиталь Джона Хопкинса, где проходила лечение от рака шейки матки. В ходе лечения у нее была взята проба клеток опухоли, и без ее разрешения часть образца была передана Джорджу Гей, возглавлявшему лабораторию **культуры тканей**. В то время для использования чьих-то клеток в исследованиях не требовалось разрешения, и никто не высказал претензий. Через восемь месяцев опухоль дала метастазы, и в октябре того же года Генриетта умерла. В тот же день Джордж Гей выступил по телевидению. Он показал сосуд с бессмертными клетками HeLa, которые, как он заявил, содержат потенциал к тому, чтобы победить рак.

Когда здоровые клетки человека размножают в культуре, они погибают после 20–50 делений. Клетки HeLa — первые бессмертные клетки человека — делятся непрерывно начиная с 1951 г. Причина их бессмертия не установлена окончательно. Культура HeLa распространилась по лабораториям всего мира, и некоторые исследователи считают открытие этой клеточной линии одним из самых значительных достижений нашего времени. Джонас Солк использовал эти клетки в 1954 г., чтобы разработать вакцину против полиомиелита. Культура HeLa — незаменимый инструмент в изучении клеточной физиологии раковых клеток, противоопухолевых препаратов, СПИДа, при генетическом картировании.

Через 25 лет после смерти Генриетты семья Лакс впервые узнала о существовании клеток HeLa. Использование этой культуры уже стало предметом коммерции, но ни Гей, ни семья Лакс не получили никакого вознаграждения. Покойная Генриетта Лакс не была упомянута ни в одной научной статье. Эта история стала темой нескольких газетных статей и лишь в 2010 г. была подробно описана в книге Ребекки Склут «Бессмертная жизнь Генриетты Лакс». Книга оставалась в списке бестселлеров *New York Times* два года. В марте 2013 г. группа немецких исследователей опубликовала последовательность генома клеток HeLa — и снова без разрешения семьи. В августе 2013 г. Национальный институт здравоохранения США и семья Лакс пришли к соглашению о том, что члены семьи будут иметь право в некоторой степени контролировать доступ к информации о последовательности генома HeLa, но никаких финансовых договоренностей достигнуто не было.

СМ. ТАКЖЕ Клеточная теория (1838), Культура тканей (1902), Клеточное старение (1961), Контрольные точки клеточного цикла (1970), Индуцированные плюрипотентные стволовые клетки (2006).

Клетки культуры HeLa, полученные из образца опухоли шейки матки. Эта клеточная линия сохраняет способность к делению с 1951 г. и является одной из наиболее часто используемых в биологических исследованиях.



Двойная спираль

Лайнус Полинг (1901–1994), Фрэнсис Крик (1916–2004),
Морис Уилкинс (1916–2004), Розалинд Франклин (1920–1958),
Джеймс Дьюи Уотсон (р. 1928)

Хотя первенство открытия структуры дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) оспаривается вот уже более 60 лет, ни у кого не возникает сомнений в том, насколько значительна роль этой молекулы в передаче и реализации наследственной информации. Общеизвестно, что это одно из величайших открытий в истории биологии. К 1950 г. было известно, что в состав молекулы ДНК входят азотистые основания (аденин, гуанин, тимин и цитозин), сахар и фосфатная группа, однако оставалось неясным, как они связаны между собой в единую молекулу. Борьба за первенство развернулась между Лайнусом Полингом (Калифорнийский технологический институт) и Джеймсом Уотсоном и Фрэнсисом Криком (лаборатория Кавендиша в Кембриджском университете).

Полинг, один из самых авторитетных ученых XX в. и впоследствии дважды нобелевский лауреат, предположил, что молекула ДНК представляет собой тройную спираль. Эта гипотеза была основана на нескольких неверных изначальных предположениях и привела к ошибочному выводу. В начале 1953 г. Уотсон и Крик сосредоточили свое внимание на модели в виде двойной спирали, в которой две полимерные цепочки закручены вокруг друг друга и направлены в противоположные стороны (антипараллельны). Эта модель была подкреплена рентгеновским структурным анализом, который в Кингс-колледже (Лондон) провели Морис Уилкинс и Розалинд Франклин. 25 апреля 1953 г. статья Уотсона и Крика появилась в журнале *Nature*, и в ней лишь в виде краткого примечания говорилось о «неопубликованных результатах» Франклин и Уилкинса.

Еще до подачи рукописи в редакцию *Nature* несколько фотографий, полученных Франклин, были без ее ведома и согласия переданы Уотсону. Считается, что именно эти материалы и сыграли решающую роль в открытии двойной спирали. Значение вклада Франклин в эту работу до сих пор остается предметом дебатов. Несомненно лишь то, что при жизни ее заслуга никак не была признана или отмечена, в том числе и при вручении Нобелевской премии Уотсону, Крику и Уилкинсу в 1962 г. Полинг получил Нобелевскую премию мира в следующем году. Франклин умерла в возрасте 37 лет от рака яичников (1958), а посмертная номинация на Нобелевскую премию невозможна.

СМ. ТАКЖЕ Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) (1869), ДНК как носитель генетической информации (1944), Расшифровка генетического кода (1961).

Структура молекулы ДНК приходит на ум при виде этого спуска в семиэтажный парковочный комплекс (Нант, Франция), оформленного в виде двойной спирали.



Расшифровка генетического кода

Георгий Антонович Гамов (1904–1968), Фрэнсис Крик (1916–2004), Розалинд Франклин (1920–1958), Роберт Уильям Холли (1922–1993), Хар Гобинд Корана (1922–2011), Маршалл Уоррен Ниренберг (1927–2010), Джеймс Дьюи Уотсон (р. 1928), Генрих Маттеи (р. 1929)

Структура молекулы ДНК была установлена в 1953 г. Уотсоном, Криком и Франклином. Было показано, что полимерные цепи в составе двойной спирали состоят из четырех нуклеотидов — аденина (А), тимина (Т), цитозина (Ц) и гуанина (Г). В РНК тимин заменяется на урацил (У). Но как именно генетическая информация, содержащаяся в молекуле ДНК, реализуется в процессе биосинтеза белков?

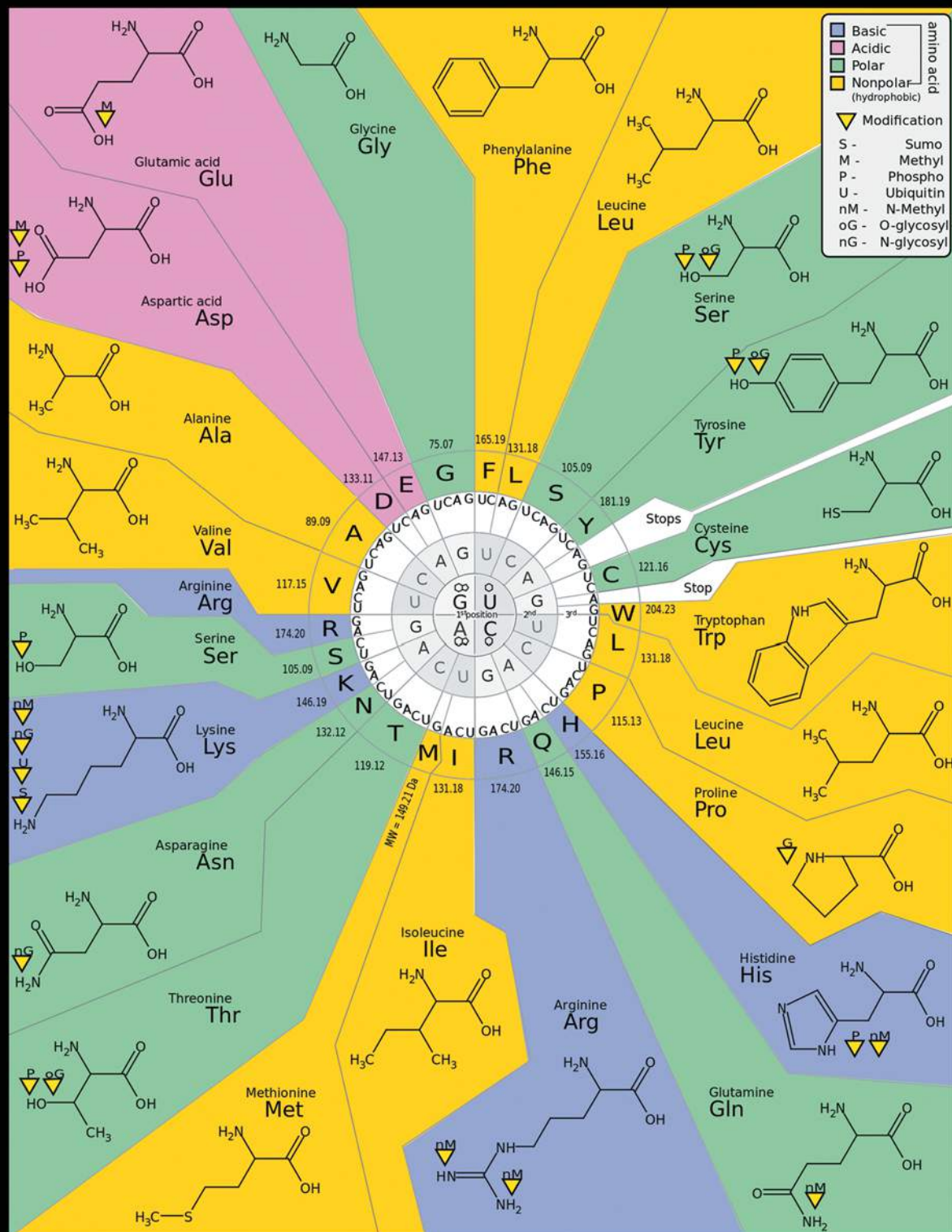
Русский физик Георгий Гамов высказал предположение, что последовательности (кодоны), состоящие из трех нуклеотидов, могут кодировать до 64 различных аминокислот — более чем достаточно, если учесть, что в состав белков входит 20 разных аминокислот. (Сейчас известны 22 аминокислоты, которые встраиваются в молекулу белка непосредственно при синтезе, но лишь 20 из них имеют собственные кодоны. — *Прим. пер.*) В 1961 г. Маршалл Ниренберг и Генрих Маттеи, работавшие в Национальном институте здравоохранения (США), попробовали определить, какая аминокислота будет образовываться, если использовать только один нуклеотид. Последовательность УУУ давала синтез фенилаланина, и это был первый ключ к пониманию генетического кода. Немногим позже было обнаружено, что триплет ЦЦЦ кодирует пролин. Хар Гобинд Корана в Висконсинском университете в Мадисоне синтезировал более сложные молекулы РНК, например УЦУЦУЦ, при трансляции которой образовывался белок состава серин-лейцин-серин. Позже были установлены и другие кодоны.

В 1964 г. Роберт Холли из Корнельского университета открыл транспортную РНК (тРНК) и описал ее химический состав. Так был установлен еще один участник процесса трансляции, помимо информационной РНК (иРНК) и **рибосом**. Аминокислота — мономер белковой молекулы — присоединяется к тРНК и переносится к рибосоме, которая связана с мРНК. Каждая тРНК «расшифровывает» лишь определенный набор из трех нуклеотидов мРНК, и тРНК несет лишь одну аминокислоту. В процессе синтеза белка происходит присоединение аминокислот по одной. В 1968 г. Ниренберг, Корана и Холли получили Нобелевскую премию.

За некоторыми исключениями, генетический код у различных форм жизни одинаков. Основываясь на теории эволюции, можно заключить, что генетический код сформировался в своем окончательном виде на самой заре жизни.

СМ. ТАКЖЕ Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) (1869), ДНК как носитель генетической информации (1944), Двойная спираль (1953), Рибосомы (1955), Центральная догма молекулярной биологии (1958), Биоинформатика (1977), Геномика (1986), Проект «Геном человека» (2003).

На схеме отображена связь между кодоном (трехбуквенной комбинацией нуклеотидов мРНК) и кодируемыми аминокислотами.



ВИЧ и СПИД

Люк Монтанье (р. 1932), Роберт Галло (р. 1937),
Франсуаза Барре-Синусси (р. 1947)

К 1981 г. среди гомосексуалистов и наркоманов было отмечено возрастающее число случаев выраженного дефицита белых кровяных клеток — важного компонента иммунной системы. Позже это состояние получило название *синдрома приобретенного иммунного дефицита* (СПИД). Это заболевание стремительно распространялось по миру, и множество лабораторий занялись поиском его причин. За первенство в открытии причин СПИДа яростно соревновались несколько видных ученых, и наиболее острую форму эта конкуренция приобрела в случае двух специалистов — Роберта Галло и Люка Монтанье.

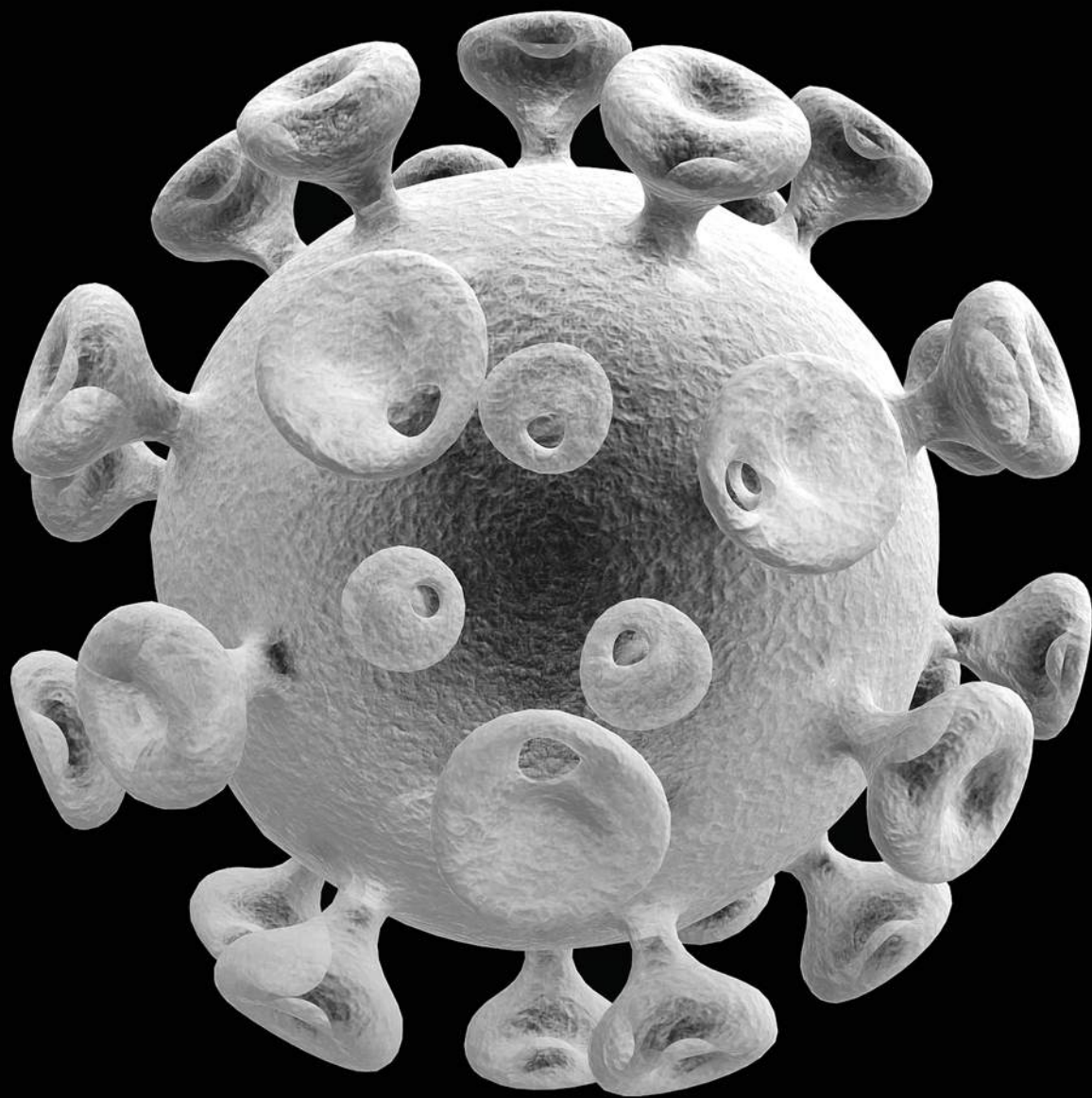
В 1976 г. Галло и его коллеги из Национального института рака при Национальном институте здравоохранения (США) впервые успешно вырастили Т-клетки (один из типов белых кровяных клеток) и в 1981 г. открыли вирус HTLV — первый ретровирус человека. В мае 1984 г. Галло опубликовал ряд статей в престижном журнале *Science*, в которых утверждал, что его лаборатории удалось выделить родственный вирус HTLV-III — возбудитель СПИДа. В том же самом номере *Science* Монтанье, сотрудник Института Пастера в Париже, описал вирус LAV, выделенный из организма пациентов с диагнозом СПИД. Монтанье заключил, что роль LAV в патогенезе иммунодефицита «еще предстоит установить».

Первенство открытия вируса, вызывающего СПИД, касалось не только престижа двух ученых. Речь шла о деле государственной важности — правительство какой из стран будет обладать патентом на методику диагностики ВИЧ. Это противостояние потребовало вмешательства президентов Франции и США — Франсуа Миттерана и Рональда Рейгана. Было принято поистине соломоново решение: каждый из ученых был признан обладателем равного вклада в открытие, право на патент также было разделено поровну, а вирус получил нейтральное имя — *вирус иммунодефицита человека* (ВИЧ).

В 2008 г. за открытие ВИЧ Нобелевская премия была вручена Монтанье и его коллеге Франсуазе Барре-Синусси, но не Галло. Считается (хотя и не общепризнано), что, хотя в лаборатории Монтанье впервые выделили ВИЧ, именно Галло был первым, кто связал возникновение СПИДа именно с этим вирусом, а также разработал методические приемы, которые сделали возможным открытие вируса. Так или иначе, но в 2013 г. на планете было зарегистрировано 34 млн человек, больных СПИДом.

СМ. ТАКЖЕ Приобретенный иммунитет (1897), Вирусы (1898), ДНК как носитель генетической информации (1944), Мутации вирусов и пандемии (2009).

Открытие того, что причиной СПИДа является вирус иммунодефицита человека (ВИЧ, на схеме), привело к тому, что СПИД из смертного приговора превратился в хроническое и в целом излечимое заболевание.



Генетически модифицированные культуры

Использование генетически модифицированных организмов (ГМО) — это чрезвычайно сложная и противоречивая проблема, которая имеет множество эмоциональных, социальных, политических и экономических аспектов. В этом вопросе сформировалось противостояние передовых достижений **биотехнологии** и убежденности далекого от науки большинства в том, что использование ГМО содержит риск для здоровья и безопасности общества. США — основной производитель ГМО-продукции. Большинство американских научных групп и комиссий, связанных со здравоохранением, сходятся во мнении, что ГМО «в основном эквивалентны» не-ГМО (традиционным породам и сортам), а ГМО-содержащие продукты на самом деле не нуждаются в специальной пометке на упаковке. Напротив, некоторые из 28 стран, входящих в Европейский союз, сохраняют обеспокоенность относительно безопасности ГМО-продукции. Это выражается в запрете на импорт соответствующих продуктов и выращивание ГМ-растений на своей территории.

Сам принцип генетической модификации основан на открытии генетической рекомбинации (1947) — возможности переноса ДНК между различными организмами. Создание ГМО предполагает изменение генотипа организма (например, растения), внедряя чужеродные гены, которые должны придать растению желаемые свойства. Как правило, для этого используют «генную пушку» (*gene gun*), которая буквально выстреливает в клетки коллоидными частицами золота с нанесенной на них ДНК. Также применяют трансформацию с использованием агробактерий — бактерий, которые паразитируют на растениях, внедряя в них свою плазмиду. В 1982 г. первой ГМ-культурой стал **табак**, устойчивый к гербицидам. Он остается одним из самых распространенных модельных объектов в генетике растений. Первым коммерчески доступным ГМО в США стали томаты «Flavr Savr» с увеличенным сроком хранения (1994). Наиболее широко распространены ГМ-сорта кукурузы, папайи и сои.

Критики ищут возможность ограничить или полностью запретить ГМО, указывая на гипотетические риски для безопасности человека: аллергические реакции на чужеродные белки, возможность переноса устойчивости к гербицидам к не ГМО-растениям (появление «суперсорняков»), нарушение экологического равновесия и биоразнообразия. Также противники ГМО указывают на чрезмерный экономический контроль над использованием новых сортов: около 90% всех патентов на использование ГМ-культур в мире принадлежит компании «Monsanto». Реальный контраргумент всем этим утверждениям — создание безопасных культур, которые устойчивы к патогенам, холоду и засухе и которые помогают решить проблему недостатка продовольствия в развивающихся странах.

СМ. ТАКЖЕ Табак (1611), Рост численности населения и проблема продовольствия (1798), Менделевские закономерности наследования (1866), Биотехнология (1919), Зеленая революция (1945), Генетика бактерий (1946).

Возможный результат использования ГМ-технологий: зерна кукурузы в плодах гороха.



«Митохондриальная Ева»

Алан Уилсон (1934–1991), Ребекка Л. Канн (р. 1951),
Марк Стоункинг (р. 1956)

В 1987 г. в престижном научном журнале *Nature* вышла статья, в которой утверждалось, что «вся митохондриальная ДНК (человека) происходит от одной женщины», жившей в Африке примерно 200 000 лет назад. Авторами этой публикации были Ребекка Канн, Марк Стоункинг и их научный руководитель Алан Уилсон, работавшие в Калифорнийском университете (Беркли). Разумеется, такое утверждение вызвало большой интерес и немало сомнений, сохраняющихся и поныне.

Авторы писали об исследованных ими образцах как о митохондриальной ДНК, но с легкой руки журналистов родился термин «митохондриальная Ева» — более запоминающийся, но служащий поводом к ошибочному пониманию. Эта «Ева» не была единственной женщиной того времени, а потому не является непосредственно Евой из библейской Книги Бытия. Кроме того, буквальное следование Библии определяет возраст человечества в несколько тысяч, но не в 200 000 лет. Многие эволюционисты считали, что люди возникли независимо друг от друга в нескольких частях света примерно одновременно, в противовес «африканской» теории происхождения человека, согласно которой **люди современного типа** появились в Африке, а затем расселились по свету.

Канн и ее коллеги исследовали митохондриальную ДНК (мтДНК), а не ядерные гены. С генами ядра связана передача множества признаков (окраски глаз, расовых особенностей, восприимчивости к ряду заболеваний). Гены мтДНК в основном участвуют в регуляции энергетического обмена клетки. Важная особенность мтДНК заключается в том, что она почти всегда передается ребенку от матери с яйцеклеткой. Родственники по женской линии имеют практически идентичную мтДНК, и в ее генах случайные мутации происходят редко. Считается, что чем меньше мутаций отличают две последовательности ДНК, тем меньше время прошло с момента их дивергенции от общего предка.

Защитники идеи «митохондриальной Евы» не утверждают, что она была первой или единственной женщиной тогдашнего мира. Скорее всего, в результате какого-то катастрофического события численность населения Земли резко сократилась (примерно до 10 000–20 000 человек), и лишь женщины — потомки этой Евы образовали непрерывающуюся линию родословной. Таким образом, «митохондриальная Ева» является ближайшим общим предком всех современных людей.

СМ. ТАКЖЕ Люди современного типа (200 000 до н. э.), Митохондрии и клеточное дыхание (1925), Домены жизни (1990).

«Адам и Ева» (после 1536 г.) — работа немецкого живописца эпохи Ренессанса Лукаса Кранаха Младшего (1515–1586).



Проект «Геном человека»

Томас Хант Морган (1866–1945), Альфред Стёртевант (1891–1970),
Фрэнсис Крик (1916–2004), Фредерик Сэнгер (1918–2013),
Джеймс Дьюи Уотсон (р. 1928)

По количеству затраченных усилий этот самый масштабный биологический проект за всю историю был сопоставим с полетом человека на Луну. В конце 1980-х гг. возникла идея определения нуклеотидной последовательности генома человека; в 2003 г. эта задача была выполнена на 99%. Главной целью проекта «Геном человека» было обнаружение генетических основ развития наследственных заболеваний, таких, например, как рак, и определение индивидуальной изменчивости, которая делает людей более или менее восприимчивыми к болезням. Понимание механизмов развития этих заболеваний могло бы привести к достижению нового уровня биофармацевтических разработок. К 2013 г. была определена наследственная основа примерно 1800 заболеваний и около 350 препаратов, разработанных с применением биотехнологии, находились на стадии клинического испытания.

Проект «Геном человека», финансируемый Министерством энергетики США и Национальным институтом здравоохранения, был начат в 1990 г. как международный; его планировалось завершить за 15 лет. Полная последовательность генома человека была определена на два года раньше срока, в 2003 г. Стоимость реализации проекта составила примерно 3,8 млрд долл. В 2006 г. была опубликована последовательность последней хромосомы. Из 23 пар наших хромосом 22 не принимают участия в определении пола, а одна пара является половой. У человека есть примерно 20 000–25 000 генов (примерно столько же, сколько и у мыши), вместе составляющих примерно 3,1 млрд пар нуклеотидов. Для сравнения: геном дрозофилы содержит 13 767 генов. ДНК всех живых организмов состоит из одних и тех же четырех нуклеотидов, и лишь их последовательность определяет, будет ли это геном человека, дрозофилы или растения.

Корни этого проекта берут начало примерно на 100 лет раньше. Первая в мире генетическая карта, построенная для плодовой мушки дрозофилы, была результатом диссертации Альфреда Стёртеванта (1911), работавшего под руководством Томаса Ханта Моргана в Колумбийском университете. В 1953 г. Джеймс Уотсон и Фрэнсис Крик установили структуру **двойной спирали** ДНК, содержащей четыре различных азотистых основания — аденин, тимин, гуанин и цитозин. В 1975 г. Фредерик Сэнгер разработал методику секвенирования ДНК. Морган, Уотсон, Крик и Сэнгер — нобелевские лауреаты.

СМ. ТАКЖЕ Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) (1869), Гены на хромосомах (1910), ДНК как носитель наследственной информации (1944), Двойная спираль (1953), Биоинформатика (1977), Геномика (1986), Проект «Микробиом человека» (2012).

Луч лазера в спектрофотометре проходит через кювету с образцом ДНК, определяя ее количество.



Проект «Микробиом человека»

Джошуа Ледерберг (1925–2008)

Термин «микробиом» был предложен Джошуа Ледербергом в 2001 г., и под ним понимают совокупность микроорганизмов, присутствующих в каком-то образце, включая их генетический материал. В 2012 г. был завершен проект «Микробиом человека», который показал, что наиболее многочисленные обитатели организма человека — не его собственные клетки, а различные микробы: их в 10 раз больше, чем клеток человека. Их масса составляет 1–3% массы тела — от 0,9 до 2,7 кг. Геном человека содержит около 22 000 белок-кодирующих генов, а совокупный геном бактерий человеческого тела — в 360 раз больше (около 8 млн).

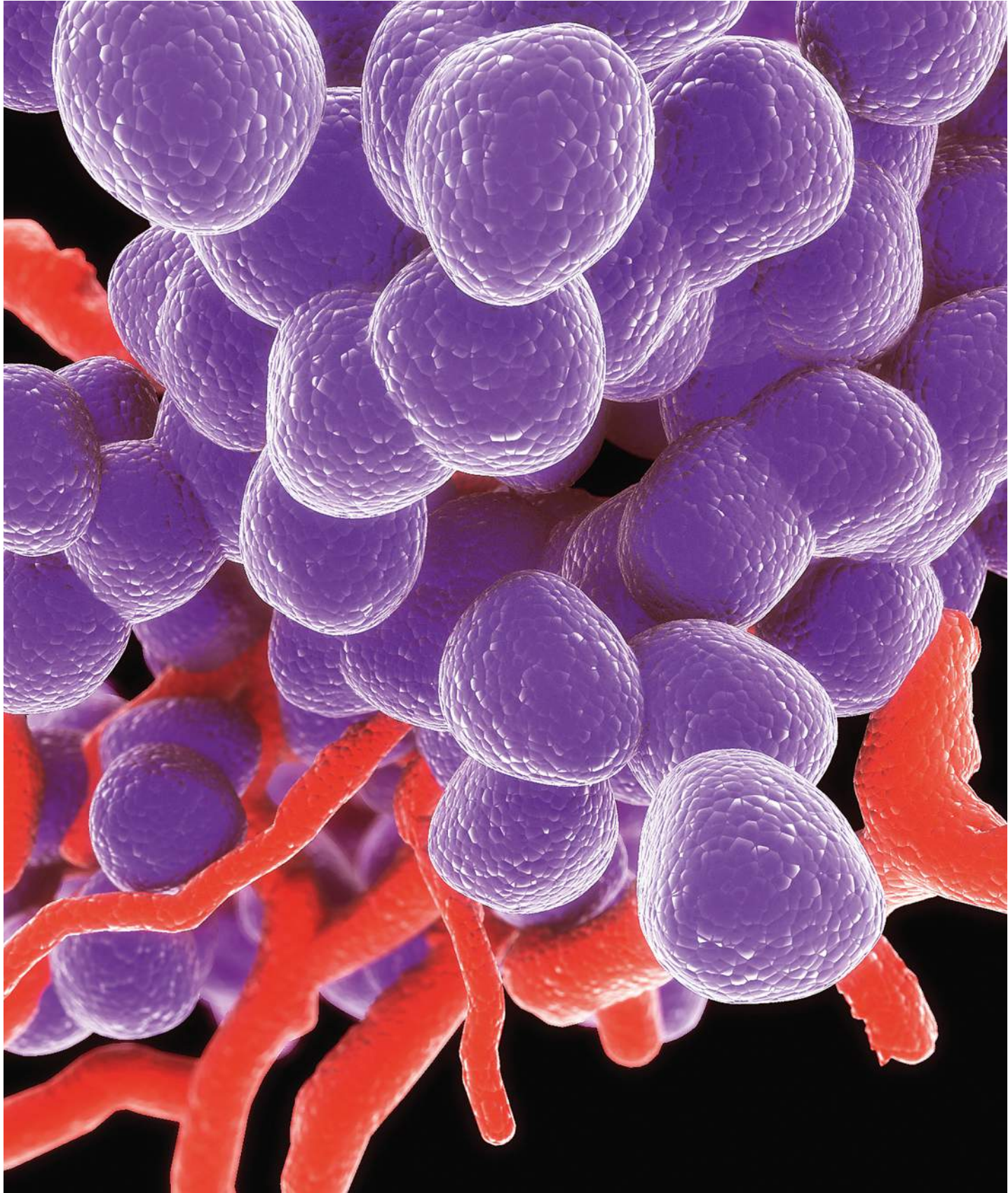
Когда в 2003 г. был завершен проект «Геном человека», направленный на получение полной нуклеотидной последовательности человеческого генома, у исследователей появилась возможность различать гены человека и микробов. В 2008 г. Национальный институт здравоохранения США объявил о начале пятилетнего проекта «Микробиом человека». Это исследование было нацелено на определение состава микробов здорового человеческого организма, составление базы данных и установление того, какие последствия для человека могут иметь изменения в составе микробиома. Ученым удалось найти около 10 000 видов микробов — в основном бактерий, а также простейших, дрожжей и вирусов. К июню 2012 г. 81–99% этих видов были точно определены. Наибольшее количество микроорганизмов находятся на поверхности кожи, в области гениталий, в ротовой полости и особенно в кишечнике. Неудивительно, что в сходных частях тела разных людей состав микробов близок. Оказалось, что набор микроорганизмов, связанных с человеческим телом, меняется со временем, а также под влиянием заболеваний и использования медикаментов (особенно **антибиотиков**).

Ранее определение видовой принадлежности микробов требовало кропотливой работы по выделению их в чистых культурах. В ходе проекта «Микробиом человека» ученые использовали современные приборы для секвенирования ДНК и компьютерные подходы для сравнения нуклеотидных последовательностей. Основным маркером в идентификации видов стала последовательность гена 16S рибосомальной РНК (16S рРНК).

Долгое время считали, что тело человека способно быть здоровым само по себе, а микробы в нем только вызывают заболевания. Сейчас стало понятно, что многие бактерии играют ключевую роль в пищеварении, поглощении некоторых питательных веществ, синтезе ряда витаминов и природных противовоспалительных соединений, метаболизме лекарственных препаратов и других чужеродных веществ.

СМ. ТАКЖЕ Экологические взаимодействия (1859), Пробиотики (1907), Антибиотики (1928), Геномика (1986), Проект «Геном человека» (2003).

Энтерококки (выделены сиреневым цветом) — компонент нормальной микрофлоры кишечника человека и животных. Однако они же могут вызывать серьезные заболевания, иногда становясь источником внутрибольничных инфекций. Энтерококки также обладают природной или приобретенной устойчивостью ко многим антибиотикам.



Эпигенетика

Жан-Батист Ламарк (1744–1829)

Два века назад Жан-Батист Ламарк предположил, что факторы среды влияют на проявления признаков, и эти изменения могут передаваться потомству. Уже при его жизни эта гипотеза была подвергнута жесткой критике. Однако сейчас ученые, основываясь на результатах множества исследований, относятся к идеям Ламарка более терпимо.

Через 60 лет после «Голодной зимы» в Нидерландах у выживших был обнаружен необычный профиль метилирования ДНК: некоторые гены оказались активированными (другие, напротив, «выключенными»), и это приводило к множеству нарушений. «Голодная зима» началась в конце 1944 г., когда Германия наложила эмбарго на поставку продовольствия в Нидерланды. Количество пищи, ежедневно получаемое жителями страны, едва дотягивало до четверти от необходимой нормы. Блокада продолжалась до освобождения Нидерландов в мае 1945 г., и ее жертвами стали 18 000–22 000 человек. Дети, зачатые в этот период, родились с признаками дефицита размеров и массы тела. По сравнению с родными братьями и сестрами, зачатыми до и после «Голодной зимы», у них с большей вероятностью развивались ожирение, болезни сердца, диабет и гипертония. Сходные наблюдения были сделаны после голода, вызванного войной между Нигерией и Биафрой в 1968–1970 гг.

Признаки определяются генами — участками молекулы ДНК. ДНК является матрицей для синтеза РНК, а РНК, в свою очередь, определяет последовательность белков в ходе трансляции. Так формируется связь между генотипом и внешними признаками — фенотипом. Эпигенетика занимается изучением всех событий, связанных с наследственной информацией и не затрагивающих последовательность нуклеотидов. К эпигенетическим явлениям относится, например, метилирование ДНК — добавление к азотистым основаниям метильной группы ($-\text{CH}_3$). Подобное видоизменение играет роль своеобразной «метки» на молекуле ДНК, которая может влиять на экспрессию генов. Изменения в профиле метилирования характерны для клеток некоторых типов опухолей.

В 2012 г. Эндрю Фейнберг описал различия в метилировании ДНК у рабочих пчел, которые, принадлежа к одной семье, имеют одинаковый генотип, но различаются поведением. Часть из них постоянно находится в улье и ухаживает за маткой, другие собирают пыльцу с растений. Пчелы-«няньки» и пчелы-«фуражиры» различаются по особенностям метилирования ДНК. Когда в ходе эксперимента «няньки» были удалены из улья, на их место заступили «фуражиры», и метилирование их ДНК изменилось на характерное для «нянек». Таким образом, эпигенетические метки обратимы и могут влиять на поведение.

СМ. ТАКЖЕ Наследование по Ламарку (1809), Менделевские закономерности наследования (1866), Второе рождение генетики (1900), Гены на хромосомах (1910), ДНК как носитель генетической информации (1944).

Генетически идентичные рабочие пчелы с разными ролями — «няньки» и «фуражиры» — различаются по профилю метилирования ДНК, которое влияет на экспрессию генов и поведение.



Возрождение видов

Жорж Кювье (1769–1832)

Вымирание — это конец существования биологического вида, отмеченный смертью последней особи. В 1796 г. французский натуралист Жорж Кювье представил свои расчеты, которые показывали, что 99% видов, существовавших за всю историю жизни на Земле, к настоящему времени вымерли. Ископаемые останки свидетельствуют, что за прошедшие 500 млн лет состоялось пять периодов массового вымирания видов. Последнее из вымираний случилось в меловом периоде, около 65 млн лет назад. В результате него исчезло более половины видов морских обитателей, а также множество семейств наземных растений и животных. Это вымирание связывают с падением астероида или другими неизвестными причинами. В более близкие к нам времена вымирания происходили в результате смены климата, генетических факторов, загрязнения и разрушения природных биотопов. Также причиной вымирания могут быть такие антропогенные факторы, как охота, вылов рыбы, болезни, внедрение **инвазивных видов**.

Уже в недалеком прошлом исчезли такие виды, как мамонт (3000–10 000 лет назад), странствующий голубь (1914), тасманийский волк (1930), пиренейский горный козел, или ибекс (2000). Не все ученые согласны с тем, что «вымирание — это навсегда», и предпринимаются активные попытки возродить вымершие виды животных и растений. Наиболее широко распространена идея о возможности **клонирования** вымерших организмов, которая нашла отражение в фантастических книгах «Карнозавр» Джона Броснана (1984) и «Парк юрского периода» Майкла Крайтона (1990). ДНК вымершего организма получают из биологического образца вида, вымершего не более 1000 лет назад, — речь не идет о миллионах лет, как в фантастических новеллах. Пригодное для клонирования ядро можно внедрить в лишенную собственного ядра яйцеклетку и подсадить полученную зиготу в матку суррогатной матери — современного животного.

К настоящему времени достигнуты очень скромные успехи в процессе возрождения вымерших видов. В 2003 г. испанские специалисты использовали замороженные ткани вымершего за три года до этого ибекса для получения ядра. Клетка была подсажена в матку козы, но эта попытка оказалась неудачной. В 2009 г. родился живой клонированный ибекс, который погиб через 7 мин от дыхательной недостаточности неизвестной этиологии. Интерес к возрождению видов вновь разгорелся в 2013 г., когда группа российских и южнокорейских ученых приступила к попыткам клонирования мамонта из хорошо сохранившихся в вечной мерзлоте останков.

СМ. ТАКЖЕ Девонский период (417 млн до н. э.), Динозавры (230 млн до н. э.), Палеонтология (1796), Инвазивные виды (1859), Целакант: «живое ископаемое» (1938), Клонирование (1952), «Безмолвная весна» (1962), Прерывистое равновесие (1972), Полимеразная цепная реакция (1983).

Изображение пиренейского ибекса из книги «Дикие быки, овцы и козлы всех стран, живые и вымершие» (1898) английского натуралиста Ричарда Лидеккера (1849–1915).

