

Биология как наука, ее достижения, методы познания живой природы. Роль биологии в формировании современной естественнонаучной картины мира

Биология как наука

Биология (от греч. *биос* — жизнь, *логос* — слово, наука) — это комплекс наук о живой природе.

Предметом биологии являются все проявления жизни: строение и функции живых существ, их разнообразие, происхождение и развитие, а также взаимодействие с окружающей средой. Основная задача биологии как науки состоит в истолковании всех явлений живой природы на научной основе, учитывая при этом, что целостному организму присущи свойства, в корне отличающиеся от его составляющих.

Термин «биология» встречается в трудах немецких анатомов Т. Роозе (1779) и К. Ф. Бурдаха (1800), однако только в 1802 году он был впервые употреблен независимо друг от друга Ж. Б. Ламарком и Г. Р. Тревиранусом для обозначения науки, изучающей живые организмы.

Биологические науки

В настоящее время в состав биологии включают целый ряд наук, которые можно систематизировать по таким критериям: по предмету и преобладающим методам исследования и по изучаемому уровню организации живой природы. По предмету исследования биологические науки делят на бактериологию, ботанику, вирусологию, зоологию, микологию.

Ботаника — это биологическая наука, комплексно изучающая растения и растительный покров Земли. *Зоология* — раздел биологии, наука о многообразии, строении, жизнедеятельности, распространении и взаимосвязи животных со средой обитания, их происхождении и развитии. *Бактериология* — биологическая наука, изучающая строение и жизнедеятельность бактерий, а также их роль в природе. *Вирусология* — биологическая наука, изучающая вирусы. Основным объектом микологии являются грибы, их строение и особенности жизнедеятельности. *Лихенология* — биологическая наука, изучающая лишайники. Бактериология, вирусология и некоторые аспекты микологии часто рассматриваются в составе микробиологии — раздела биологии, науке о микроорганизмах (бактериях, вирусах и микроскопических грибах). *Систематика, или таксономия*, — биологическая наука, которая описывает и классифицирует по группам все живые и вымершие существа.

В свою очередь, каждая из перечисленных биологических наук подразделяется на биохимию, морфологию, анатомию, физиологию, эмбриологию, генетику и систематику (растений, животных или микроорганизмов). *Биохимия* — это наука о химическом составе живой материи, химических процессах, происходящих в живых организмах и лежащих в основе их жизнедеятельности. *Морфология* — биологическая наука, изучающая форму и строение организмов, а также закономерности их развития. В широком смысле она включает в себя цитологию, анатомию, гистологию и эмбриологию. Различают морфологию животных и растений. *Анатомия* — это раздел биологии (точнее — морфологии), наука, изучающая внутреннее строение и форму отдельных органов, систем и организма в целом. Анатомия растений рассматривается в составе ботаники, анатомия животных — в составе зоологии, а анатомия человека является отдельной наукой. *Физиология* — биологическая наука, изучающая процессы жизнедеятельности растительных и животных организмов, их отдельных систем, органов, тканей и клеток. Существуют физиология растений, животных и человека. *Эмбриология (биология развития)* — раздел биологии, наука об индивидуальном развитии организма, в том числе развитии зародыша.

Объектом *генетики* являются закономерности наследственности и изменчивости. В настоящее время это одна из наиболее динамично развивающихся биологических наук.

По изучаемому уровню организации живой природы выделяют молекулярную биологию, цитологию, гистологию, органологию, биологию организмов и надорганизменных систем. Молекулярная биология является одним из наиболее молодых разделов биологии, наука, изучающая, в частности, организацию наследственной информации и биосинтез белка. *Цитология, или клеточная биология*, — биологическая наука, объектом изучения которой являются клетки как одноклеточных, так и многоклеточных организмов. *Гистология* — биологическая наука, раздел морфологии, объектом которой является строение тканей растений и животных. К сфере органологии относят морфологию, анатомию и физиологию различных органов и их систем.

Биология организмов включает все науки, предметом которых являются живые организмы, например, *этологию* — науку о поведении организмов.

Биология надорганизменных систем подразделяется на биогеографию и экологию. Распространение живых организмов изучает *биогеография*, тогда как *экология* — организацию и функционирование надорганизменных систем различных уровней: популяций, биоценозов (сообществ), биогеоценозов (экосистем) и биосферы.

По преобладающим методам исследования можно выделить описательную (например, морфологию), экспериментальную (например, физиологию) и теоретическую биологию.

Выявление и объяснение закономерностей строения, функционирования и развития живой природы на различных уровнях ее организации является задачей *общей биологии*. К ней относят биохимию, молекулярную биологию, цитологию, эмбриологию, генетику, экологию, эволюционное учение и антропологию. *Эволюционное учение* изучает причины, движущие силы, механизмы и общие закономерности эволюции живых организмов. Одним из его разделов является *палеонтология* — наука, предметом которой являются ископаемые останки живых организмов. *Антропология* — раздел общей биологии, наука о происхождении и развитии человека как биологического вида, а также разнообразии популяций современного человека и закономерностях их взаимодействия.

Прикладные аспекты биологии отнесены к сфере биотехнологии, селекции и других быстроразвивающихся наук. *Биотехнологией* называют биологическую науку, изучающую использование живых организмов и биологических процессов в производстве. Она широко применяется в пищевой (хлебопечение, сыроделие, пивоварение и др.) и фармацевтической промышленности (получение антибиотиков, витаминов), для очистки вод и т. п. *Селекция* — наука о методах создания пород домашних животных, сортов культурных растений и штаммов микроорганизмов с нужными человеку свойствами. Под селекцией понимают и сам процесс изменения живых организмов, осуществляемый человеком для своих потребностей.

Прогресс биологии тесно связан с успехами других естественных и точных наук, таких как физика, химия, математика, информатика и др. Например, микроскопирование, ультразвуковые исследования (УЗИ), томография и другие методы биологии основываются на физических закономерностях, а изучение структуры биологических молекул и процессов, происходящих в живых системах, было бы невозможным без применения химических и физических методов. Применение математических методов позволяет, с одной стороны, выявить наличие закономерной связи между объектами или явлениями, подтвердить достоверность полученных результатов, а с другой — смоделировать явление или процесс. В последнее время все большее значение в биологии приобретают компьютерные методы, например моделирование. На стыке биологии и других наук возник целый ряд новых наук, таких как биофизика, биохимия, бионика и др.

Достижения биологии

Наиболее важными событиями в области биологии, повлиявшими на весь ход ее дальнейшего развития, являются: установление молекулярной структуры ДНК и ее роли в передаче информации в живой материи (Ф. Крик, Дж. Уотсон, М. Уилкинс); расшифровка генетического кода (Р. Холли, Х. Г. Корана, М. Ниренберг); открытие структуры гена и генетической регуляции синтеза белков (А. М. Львов, Ф. Жакоб, Ж. Л. Моно и др.); формулировка клеточной теории (М. Шлейден, Т. Шванн, Р. Вирхов, К. Бэр); исследование закономерностей наследственности и изменчивости (Г. Мендель, Х. де Фриз, Т. Морган и др.); формулировка принципов современной систематики (К. Линней), эволюционной теории (Ч. Дарвин) и учения о биосфере (В. И. Вернадский).

Значимость открытий последних десятилетий еще предстоит оценить, однако наиболее крупными достижениями биологии были признаны: расшифровка генома человека и других организмов, определение механизмов контроля потока генетической информации в клетке и формирующемся организме, механизмов регуляции деления и гибели клеток, клонирование млекопитающих, а также открытие возбудителей «коровьего бешенства» (прионов).

Работы по программе «Геном человека», которые проводились одновременно в нескольких странах и были завершены в начале нынешнего века, привели нас к пониманию того, что у человека имеется около 25–30 тыс. генов, но информация с большей части нашей ДНК не считывается никогда, так как в ней содержится огромное количество участков и генов, кодирующих признаки, утратившие значение для человека (хвост, оволосение тела и др.). Кроме того, был расшифрован ряд генов, отвечающих за развитие наследственных заболеваний, а также генов-мишеней лекарственных препаратов. Однако практическое применение результатов, полученных в ходе реализации данной программы, откладывается до тех пор, пока не будут расшифрованы геномы значительного количества людей, и тогда станет понятно, в чем же все-таки их различие. Эти цели поставлены перед целым рядом ведущих лабораторий всего мира, работающих над реализацией программы «ENCODE».

Биологические исследования являются фундаментом медицины, фармации, широко используются в сельском и лесном хозяйстве, пищевой промышленности и других отраслях человеческой деятельности.

Хорошо известно, что только «зеленая революция» 1950-х годов позволила хотя бы частично решить проблему обеспечения быстро растущего населения Земли продуктами питания, а животноводство — кормами за счет внедрения новых сортов растений и прогрессивных технологий их выращивания. В связи с тем, что генетически запрограммированные свойства сельскохозяйственных культур уже почти исчерпаны, дальнейшее решение продовольственной проблемы связывают с широким введением в производство генетически модифицированных организмов.

Производство многих продуктов питания, таких как сыры, йогурты, колбасы, хлебобулочные изделия и др., также невозможно без использования бактерий и грибов, что является предметом биотехнологии.

Познание природы возбудителей, процессов течения многих заболеваний, механизмов иммунитета, закономерностей наследственности и изменчивости позволили существенно снизить смертность и даже полностью искоренить ряд болезней, таких, например, как черная оспа. С помощью новейших достижений биологической науки решается и проблема репродукции человека.

Значительная часть современных лекарственных препаратов производится на основе природного сырья, а также благодаря успехам генной инженерии, как, например, инсулин, столь необходимый больным сахарным диабетом, в основном синтезируется бактериями, которым перенесен соответствующий ген.

Не менее значимы биологические исследования для сохранения окружающей среды и разнообразия живых организмов, угроза исчезновения которых ставит под сомнение существование человечества.

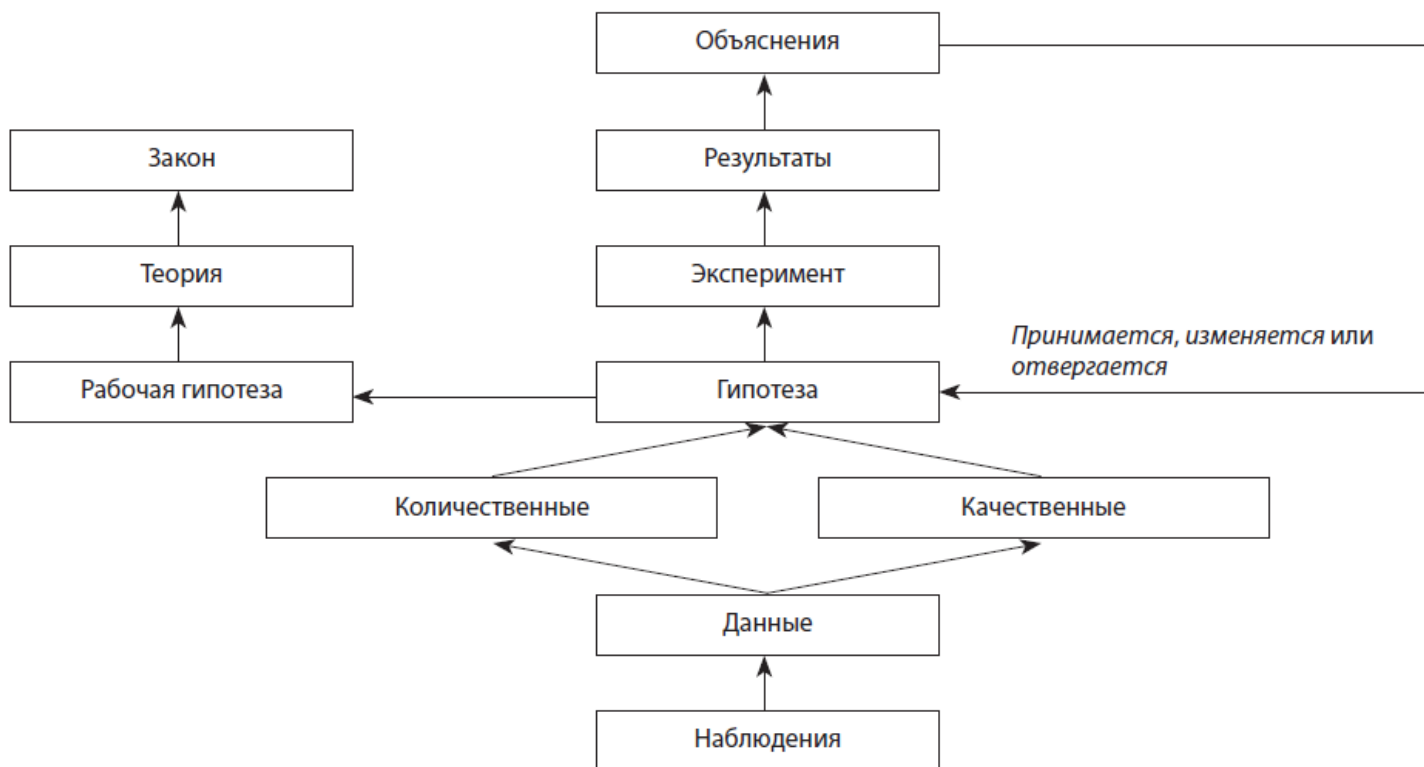
Наибольшее значение среди достижений биологии имеет тот факт, что они лежат даже в основе построения нейронных сетей и генетического кода в компьютерных технологиях, а также широко используются в архитектуре и других отраслях. Вне всякого сомнения, наступивший XXI век является веком биологии.

Методы познания живой природы

Как и любая другая наука, биология имеет свой арсенал методов. Помимо научного метода познания, применяемого в других отраслях, в биологии широко используются такие методы, как исторический, сравнительно-описательный и др.

Научный метод познания включает в себя наблюдение, формулировку гипотез, эксперимент, моделирование, анализ результатов и выведение общих закономерностей.

Наблюдение — это целенаправленное восприятие объектов и явлений с помощью органов чувств или приборов, обусловленное задачей деятельности. Основным условием научного наблюдения является его объективность, т. е. возможность проверки полученных данных путем повторного наблюдения или применения иных методов исследования, например эксперимента. Полученные в результате наблюдения факты называются *данными*. Они могут быть как *качественными* (описывающими запах, вкус, цвет, форму и т. д.), так и *количественными*, причем количественные данные являются более точными, чем качественные.



На основе данных наблюдений формулируется *гипотеза* — предположительное суждение о закономерной связи явлений. Гипотеза подвергается проверке в серии экспериментов. *Экспериментом* называется научно поставленный опыт, наблюдение исследуемого явления в контролируемых условиях, позволяющих выявить характеристики данного объекта или явления. Высшей формой эксперимента является *моделирование* — исследование каких-либо явлений, процессов или систем объектов путем построения и изучения их моделей. По существу это одна из основных категорий теории познания: на идее моделирования базируется любой метод научного исследования — как теоретический, так и экспериментальный.

Результаты эксперимента и моделирования подвергаются тщательному анализу. *Анализом* называют метод научного исследования путем разложения предмета на составные части или мысленного расчленения объекта путем логической абстракции. Анализ неразрывно связан с синтезом. *Синтез* — это метод изучения предмета в его целостности, в единстве и взаимной связи его частей. В результате анализа и синтеза наиболее удачная гипотеза исследования становится *рабочей гипотезой*, и если она способна устоять при попытках ее опровержения и по-прежнему удачно предсказывает ранее необъясненные факты и взаимосвязи, то она может стать теорией.

Под *теорией* понимают такую форму научного знания, которая дает целостное представление о закономерностях и существенных связях действительности. Общее направление научного исследования состоит в достижении более высоких уровней предсказуемости. Если теорию не способны изменить никакие факты, а встречающиеся отклонения от нее регулярны и предсказуемы, то ее можно возвести в ранг *закона* — необходимого, существенного, устойчивого, повторяющегося отношения между явлениями в природе.

По мере увеличения совокупности знаний и совершенствования методов исследования гипотезы и прочно укоренившиеся теории могут оспариваться, видоизменяться и даже отвергаться, поскольку сами научные знания по своей природе динамичны и постоянно подвергаются критическому переосмыслению.

Исторический метод выявляет закономерности появления и развития организмов, становления их структуры и функции. В ряде случаев с помощью этого метода новую жизнь обретают гипотезы и теории, ранее считавшиеся ложными. Так, например, произошло с предположениями Ч. Дарвина о природе передачи сигналов по растению в ответ на воздействия окружающей среды.

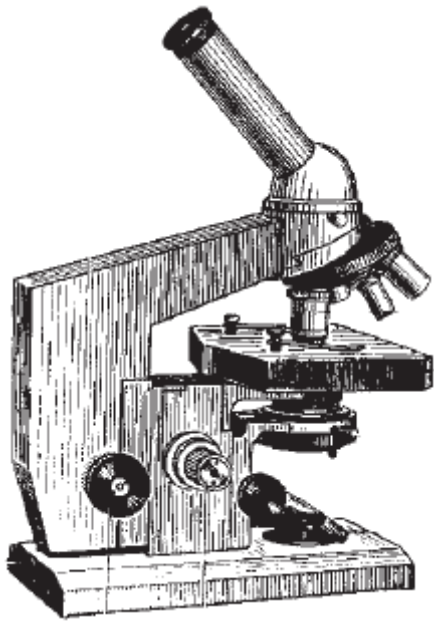
Сравнительно-описательный метод предусматривает проведение анатомо-морфологического анализа объектов исследования. Он лежит в основе классификации организмов, выявления закономерностей возникновения и развития различных форм жизни.

Мониторинг — это система мероприятий по наблюдению, оценке и прогнозу изменения состояния исследуемого объекта, в частности биосферы.

Проведение наблюдений и экспериментов требует зачастую применения специального оборудования, такого как микроскопы, центрифуги, спектрофотометры и др.

Микроскопия широко применяется в зоологии, ботанике, анатомии человека, гистологии, цитологии, генетике, эмбриологии, палеонтологии, экологии и других разделах биологии. Она позволяет изучить тонкое строение объектов с использованием световых, электронных, рентгеновских и других типов микроскопов.

Устройство светового микроскопа. Световой микроскоп состоит из оптических и механических частей. К первым относятся окуляр, объективы и зеркало, а ко вторым — тубус, штатив, основание, предметный столик и винт.



Общее увеличение микроскопа определяется по формуле:

увеличение объектива $\times$ увеличение окуляра – увеличение микроскопа.

Например, если объектив увеличивает объект в 8 раз, а окуляр — в 7, то общее увеличение микроскопа равно 56.

Дифференциальное центрифугирование, или **фракционирование**, позволяет разделить частицы по их размерам и плотности под действием центробежной силы, что активно используется при изучении строения биологических молекул и клеток.

Арсенал методов биологии постоянно обновляется, и в настоящее время охватить его полностью практически невозможно. Поэтому некоторые методы, используемые в отдельных биологических науках, будут рассмотрены далее.

Роль биологии в формировании современной естественнонаучной картины мира

На этапе становления биология еще не существовала отдельно от других естественных наук и ограничивалась лишь наблюдением, изучением, описанием и классификацией представителей животного и растительного мира, т. е. была описательной наукой. Однако это не помешало античным естествоиспытателям Гиппократу (ок. 460–377 гг. до н. э.), Аристотелю (384–322 гг. до н. э.) и Теофрасту (настоящее имя Тиртам, 372–287 гг. до н. э.) внести значительный вклад в развитие представлений о строении тела человека и животных, а также о биологическом разнообразии животных и растений, заложив тем самым основы анатомии и физиологии человека, зоологии и ботаники.

Углубление познаний о живой природе и систематизация ранее накопленных фактов, происходившие в XVI–XVIII веках, увенчались введением бинарной номенклатуры и созданием стройной систематики растений (К. Линней) и животных (Ж. Б. Ламарк).

Описание значительного числа видов со сходными морфологическими признаками, а также палеонтологические находки стали предпосылками к развитию представлений о происхождении видов и путях исторического развития органического мира. Так, опыты Ф. Реди, Л. Спалланцани и Л. Пастера в XVII–XIX веках опровергли гипотезу спонтанного самозарождения, выдвинутую еще Аристотелем и бытовавшую в Средние века, а теория биохимической эволюции А. И. Опарина и Дж. Холдейна, блестяще подтвержденная С. Миллером и Г. Юри, позволила дать ответ на вопрос о происхождении всего живого.

Если процесс возникновения живого из неживых компонентов и его эволюция сами по себе уже не вызывают сомнений, то механизмы, пути и направления исторического развития органического мира все еще до конца не выяснены, поскольку ни одна из двух основных соперничающих между собой теорий эволюции (синтетическая теория эволюции, созданная на основе теории Ч. Дарвина, и теория Ж. Б. Ламарка) все еще не могут предъявить исчерпывающих доказательств.

Применение микроскопии и других методов смежных наук, обусловленное прогрессом в области других естественных наук, а также внедрение практики эксперимента позволило немецким ученым Т. Шванну и М. Шлейдену еще в XIX веке сформулировать клеточную теорию, позднее дополненную Р. Вирховым и К.

Бэрм. Она стала важнейшим обобщением в биологии, которое краеугольным камнем легло в основу современных представлений о единстве органического мира.

Открытие закономерностей передачи наследственной информации чешским монахом Г. Менделем послужило толчком к дальнейшему бурному развитию биологии в XX–XXI веках и привело не только к открытию универсального носителя наследственности — ДНК, но и генетического кода, а также фундаментальных механизмов контроля, считывания и изменчивости наследственной информации.

Развитие представлений об окружающей среде привело к возникновению такой науки, как экология, и формулировке учения о биосфере как о сложной многокомпонентной планетарной системе связанных между собой огромных биологических комплексов, а также химических и геологических процессов, происходящих на Земле (В. И. Вернадский), что в конечном итоге позволяет хотя бы в небольшой степени уменьшить негативные последствия хозяйственной деятельности человека.

Таким образом, биология сыграла немаловажную роль в становлении современной естественнонаучной картины мира.

Уровневая организация и эволюция. Основные уровни организации живой природы: клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический, биосферный. Биологические системы. Общие признаки биологических систем: клеточное строение, особенности химического состава, обмен веществ и превращения энергии, гомеостаз, раздражимость, движение, рост и развитие, воспроизведение, эволюция

Уровневая организация и эволюция

Живая природа — не однородное образование, подобное кристаллу, она представлена бесконечным разнообразием составляющих ее объектов (одних только видов организмов в настоящее время описано около 2 млн). Вместе с тем это разнообразие не является и свидетельством хаоса, царящего в ней, поскольку организмы имеют клеточное строение, организмы одного вида образуют популяции, все популяции, обитающие на одном участке суши или воды, образуют сообщества, а во взаимодействии с телами неживой природы формируют биогеоценозы, в свою очередь составляющие биосферу.

Таким образом, живая природа является системой, компоненты которой можно расположить в строгом порядке: от низших к высшим. Данный принцип организации позволяет выделить в живой природе отдельные *уровни* и дает комплексное представление о жизни как о природном явлении. На каждом из уровней организации определяют элементарную единицу и элементарное явление. В качестве *элементарной единицы* рассматривают структуру или объект, изменения которых составляют специфический для соответствующего уровня вклад в процесс сохранения и развития жизни, тогда как само это изменение является *элементарным явлением*.

Формирование такой многоуровневой структуры не могло произойти мгновенно — это результат миллиардов лет исторического развития, в процессе которого происходило прогрессивное усложнение форм жизни: от комплексов органических молекул к клеткам, от клеток — к организмам и т. д. Однажды возникнув, эта структура поддерживает свое существование за счет сложной системы регуляции и продолжает развиваться, причем на каждом из уровней организации живой материи происходят соответствующие эволюционные преобразования.

Основные уровни организации живой природы: клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический, биосферный

В настоящее время выделяют несколько основных уровней организации живой материи: клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический и биосферный.

Клеточный уровень

Хотя проявления некоторых свойств живого обусловлены уже взаимодействием биологических макромолекул (белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов и др.), все же единицей строения, функций и развития живого является клетка, способная осуществлять и сопрягать процессы реализации и передачи наследственной информации с обменом веществ и превращения энергии, обеспечивая тем самым функционирование более высоких уровней организации. Элементарной единицей клеточного уровня организации является клетка, а элементарным явлением — реакции клеточного метаболизма.

Организменный уровень

Организм — это целостная система, способная к самостоятельному существованию. По количеству клеток, входящих в состав организмов, их делят на одноклеточные и многоклеточные. Клеточный уровень организации у одноклеточных организмов (амебы обыкновенной, эвглены зеленой и др.) совпадает с организменным. В истории Земли был период, когда все организмы были представлены только одноклеточными формами, но они обеспечивали функционирование как биогеоценозов, так и биосферы в целом. Большинство многоклеточных организмов представлено совокупностью тканей и органов, в свою очередь также имеющих клеточное строение. Органы и ткани приспособлены для выполнения определенных функций. Элементарной единицей данного уровня является особь в ее индивидуальном развитии, или онтогенезе, поэтому организменный уровень также называют *онтогенетическим*. Элементарным явлением данного уровня являются изменения организма в его индивидуальном развитии.

Популяционно-видовой уровень

Популяция — это совокупность особей одного вида, свободно скрещивающихся между собой и проживающих обособленно от других таких же групп особей.

В популяциях происходит свободный обмен наследственной информацией и ее передача потомкам. Популяция является элементарной единицей популяционно-видового уровня, а элементарным явлением в данном случае являются эволюционные преобразования, например мутации и естественный отбор.

Биогеоценотический уровень

Биогеоценоз представляет собой исторически сложившееся сообщество популяций разных видов, взаимосвязанных между собой и окружающей средой обменом веществ и энергии.

Биогеоценозы являются элементарными системами, в которых осуществляется вещественно-энергетический круговорот, обусловленный жизнедеятельностью организмов. Сами биогеоценозы — это элементарные единицы данного уровня, тогда как элементарные явления — это потоки энергии и круговороты веществ в них. Биогеоценозы составляют биосферу и обуславливают все процессы, протекающие в ней.

Биосферный уровень

Биосфера — оболочка Земли, населенная живыми организмами и преобразуемая ими.

Биосфера является самым высоким уровнем организации жизни на планете. Эта оболочка охватывает нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхний слой литосферы. Биосфера, как и все другие биологические системы, динамична и активно преобразуется живыми существами. Она сама является элементарной единицей биосферного уровня, а в качестве элементарного явления рассматривают процессы круговорота веществ и энергии, происходящие при участии живых организмов.

Как уже было сказано выше, каждый из уровней организации живой материи вносит свою лепту в единый эволюционный процесс: в клетке не только воспроизводится заложенная наследственная информация, но и происходит ее изменение, что приводит к возникновению новых сочетаний признаков и свойств организма, в свою очередь подвергающихся действию естественного отбора на популяционно-видовом уровне и т. д.

Биологические системы

Биологические объекты различной степени сложности (клетки, организмы, популяции и виды, биогеоценозы и сама биосфера) рассматривают в настоящее время в качестве *биологических систем*.

Система — это единство структурных компонентов, взаимодействие которых порождает новые свойства по сравнению с их механической совокупностью. Так, организмы состоят из органов, органы образованы тканями, а ткани формируют клетки.

Характерными чертами биологических систем являются их целостность, уровневый принцип организации, о чем говорилось выше, и открытость. Целостность биологических систем в значительной степени достигается за счет саморегуляции, функционирующей по принципу обратной связи.

К *открытым системам* относят системы, между которыми и окружающей средой происходит обмен веществ, энергии и информации, например, растения в процессе фотосинтеза улавливают солнечный свет и поглощают воду и углекислый газ, выделяя кислород.

Общие признаки биологических систем: клеточное строение, особенности химического состава, обмен веществ и превращения энергии, гомеостаз, раздражимость, движение, рост и развитие, воспроизведение, эволюция

Биологические системы отличаются от тел неживой природы совокупностью признаков и свойств, среди которых основными являются клеточное строение, особенности химического состава, обмен веществ и превращения энергии, гомеостаз, раздражимость, движение, рост и развитие, воспроизведение и эволюция.

Элементарной структурно-функциональной единицей живого является клетка. Даже вирусы, относящиеся к неклеточным формам жизни, неспособны к самовоспроизведению вне клеток.

Различают два типа строения клеток: *прокариотические* и *эукариотические*. Прокариотические клетки не имеют сформированного ядра, их генетическая информация сосредоточена в цитоплазме. К прокариотам относят прежде всего бактерии. Генетическая информация в эукариотических клетках хранится в особой структуре — ядре. Эукариотами являются растения, животные и грибы. Если в одноклеточных организмах клетке присущи все проявления живого, то у многоклеточных происходит специализация клеток.

В живых организмах не встречается ни одного химического элемента, которого бы не было в неживой природе, однако их концентрации существенно различаются в первом и во втором случаях. Преобладают в живой природе такие элементы, как углерод, водород и кислород, которые входят в состав органических соединений, тогда как для неживой природы в основном характерны неорганические вещества. Важнейшими органическими соединениями являются нуклеиновые кислоты и белки, которые обеспечивают функции самовоспроизведения и самоподдержания, но ни одно из этих веществ не является носителем жизни, поскольку ни по отдельности, ни в группе они не способны к самовоспроизведению — для этого необходим целостный комплекс молекул и структур, которым и является клетка.

Все живые системы, в том числе клетки и организмы, являются открытыми системами. Однако, в отличие от неживой природы, где в основном происходит перенос веществ с одного места в другое или изменение их агрегатного состояния, живые существа способны к химическому превращению потребляемых веществ и использованию энергии. Обмен веществ и превращения энергии связаны с такими процессами, как питание, дыхание и выделение.

Под *питанием* обычно понимают поступление в организм, переваривание и усвоение им веществ, необходимых для пополнения энергетических запасов и построения тела организма. По способу питания все организмы делят на *автотрофов* и *гетеротрофов*.

Автотрофы — это организмы, которые способны сами синтезировать органические вещества из неорганических.

Гетеротрофы — это организмы, которые потребляют в пищу готовые органические вещества. Автотрофы делятся на фотоавтотрофов и хемоавтотрофов. *Фотоавтотрофы* используют для синтеза органических веществ энергию солнечного света. Процесс преобразования энергии света в энергию химических связей органических соединений называется *фотосинтезом*. К фотоавтотрофам относится подавляющее большинство растений и некоторые бактерии (например, цианобактерии). В целом фотосинтез не слишком продуктивный процесс, вследствие чего большинство растений вынуждено вести прикрепленный образ жизни. *Хемоавтотрофы* извлекают энергию для синтеза органических соединений из неорганических соединений. Этот процесс называется *хемосинтезом*. Типичными хемоавтотрофами являются некоторые бактерии, в том числе серобактерии и железобактерии.

Остальные организмы — животные, грибы и подавляющее большинство бактерий — относятся к гетеротрофам.

Дыханием называют процесс расщепления органических веществ до более простых, при котором выделяется энергия, необходимая для поддержания жизнедеятельности организмов.

Различают *аэробное дыхание*, требующее кислорода, и *анаэробное*, протекающее без участия кислорода. Большинство организмов является аэробами, хотя среди бактерий, грибов и животных встречаются и

анаэробы. При кислородном дыхании сложные органические вещества могут расщепляться до воды и углекислого газа.

Под выделением обычно понимают выведение из организма конечных продуктов метаболизма и избытка различных веществ (воды, солей и др.), поступивших с пищей или образовавшихся в нем. Особенно интенсивно процессы выделения протекают у животных, тогда как растения чрезвычайно экономны.

Благодаря обмену веществ и энергии обеспечивается взаимосвязь организма с окружающей средой и поддерживается гомеостаз.

Гомеостаз — это способность биологических систем противостоять изменениям и поддерживать относительное постоянство химического состава, строения и свойств, а также обеспечивать постоянство функционирования в изменяющихся условиях окружающей среды. Приспособление же к изменяющимся условиям среды называется адаптацией.

Раздражимость — это универсальное свойство живого реагировать на внешние и внутренние воздействия, которое лежит в основе приспособления организма к условиям окружающей среды и их выживания. Реакция растений на изменения внешних условий заключается, например, в повороте листовых пластинок к свету, а у большинства животных она имеет более сложные формы, имеющие рефлекторный характер.

Движение — неотъемлемое свойство биологических систем. Оно проявляется не только в виде перемещения тел и их частей в пространстве, например, в ответ на раздражение, но и в процессе роста и развития.

Новые организмы, появляющиеся в результате репродукции, получают от родителей не готовые признаки, а определенные генетические программы, возможность развития тех или иных признаков. Эта наследственная информация реализуется во время индивидуального развития. Индивидуальное развитие выражается, как правило, в количественных и качественных изменениях организма. Количественные изменения организма называются ростом. Они проявляются, например, в виде увеличения массы и линейных размеров организма, что основано на воспроизведении молекул, клеток и других биологических структур.

Развитие организма — это появление качественных различий в структуре, усложнение функций и т. д., что базируется на дифференцировании клеток.

Рост организмов может продолжаться всю жизнь или заканчиваться на каком-то определенном ее этапе. В первом случае говорят о *неограниченном*, или *открытом* росте. Он характерен для растений и грибов. Во втором случае мы имеем дело с *ограниченным*, или закрытым ростом, присущим животным и бактериям.

Продолжительность существования отдельной клетки, организма, вида и других биологических систем ограничена во времени в основном из-за воздействия факторов окружающей среды, поэтому требуется постоянное воспроизведение этих систем. В основе воспроизведения клеток и организмов лежит процесс самоудвоения молекул ДНК. Размножение организмов обеспечивает существование вида, а размножение всех видов, населяющих Землю, обеспечивает существование биосферы.

Наследственностью называют передачу признаков родительских форм в ряду поколений.

Однако, если бы при воспроизведении признаки сохранялись, приспособление к меняющимся условиям окружающей среды было бы невозможным. В связи с этим появилось противоположное наследственности свойство — *изменчивость*.

Изменчивость — это возможность приобретения в течение жизни новых признаков и свойств, которое обеспечивает эволюцию и выживание наиболее приспособленных видов.

Эволюция — это необратимый процесс исторического развития живого.

Она базируется на *прогрессивном размножении, наследственной изменчивости, борьбе за существование и естественном отборе*. Действие этих факторов привело к огромному разнообразию форм жизни, приспособленных к различным условиям среды обитания. Прогрессивная эволюция прошла ряд ступеней: доклеточных форм, одноклеточных организмов, все усложняющихся многоклеточных вплоть до человека.

Генетика, ее задачи. Наследственность и изменчивость — свойства организмов. Методы генетики. Основные генетические понятия и символика. Хромосомная теория

наследственности. Современные представления о гене и геноме

Генетика, ее задачи

Успехи естествознания и клеточной биологии в XVIII–XIX веках позволили ряду ученых высказать предположения о существовании неких наследственных факторов, определяющих, например, развитие наследственных болезней, однако эти предположения не были подкреплены соответствующими доказательствами. Даже сформулированная Х. де Фризом в 1889 году теория внутриклеточного пангенеза, которая предполагала существование в ядре клетки неких «пангенов», определяющих наследственные задатки организма, и выход в протоплазму только тех из них, которые определяют тип клетки, не смогла изменить ситуацию, как и теория «зародышевой плазмы» А. Вейсмана, согласно которой приобретенные в процессе онтогенеза признаки не наследуются.

Лишь труды чешского исследователя Г. Менделя (1822–1884) стали основополагающим камнем современной генетики. Однако, несмотря на то, что его труды цитировались в научных изданиях, современники не обратили на них внимания. И лишь повторное открытие закономерностей независимого наследования сразу тремя учеными — Э. Чермаком, К. Корренсом и Х. де Фризом — вынудило научную общественность обратиться к истокам генетики.

Генетика — это наука, изучающая закономерности наследственности и изменчивости и методы управления ими.

Задачами генетики на современном этапе являются исследование качественных и количественных характеристик наследственного материала, анализ структуры и функционирования генотипа, расшифровка тонкой структуры гена и методов регуляции генной активности, поиск генов, вызывающих развитие наследственных болезней человека и методов их «исправления», создание нового поколения лекарственных препаратов по типу ДНК-вакцин, конструирование с помощью средств генной и клеточной инженерии организмов с новыми свойствами, которые могли бы производить необходимые человеку лекарственные препараты и продукты питания, а также полная расшифровка генома человека.

Наследственность и изменчивость — свойства организмов

Наследственность — это способность организмов передавать свои признаки и свойства в ряду поколений.

Изменчивость — свойство организмов приобретать новые признаки в течение жизни.

Признаки — это любые морфологические, физиологические, биохимические и иные особенности организмов, по которым одни из них отличаются от других, например цвет глаз. *Свойствами* же называют любые функциональные особенности организмов, в основе которых лежит определенный структурный признак или группа элементарных признаков.

Признаки организмов можно разделить на *качественные* и *количественные*. Качественные признаки имеют два-три контрастных проявления, которые называют *альтернативными признаками*, например голубой и карий цвет глаз, тогда как количественные (удойность коров, урожайность пшеницы) не имеют четко выраженных различий.

Материальным носителем наследственности является ДНК. У эукариот различают два типа наследственности: *генотипическую* и *цитоплазматическую*. Носители генотипической наследственности локализованы в ядре и далее речь пойдет именно о ней, а носителями цитоплазматической наследственности являются находящиеся в митохондриях и пластидах кольцевые молекулы ДНК. Цитоплазматическая наследственность передается в основном с яйцеклеткой, поэтому называется также *материнской*.

В митохондриях клеток человека локализовано небольшое количество генов, однако их изменение может оказывать существенное влияние на развитие организма, например приводить к развитию слепоты или постепенному снижению подвижности. Пластиды играют не менее важную роль в жизни растений. Так, в некоторых участках листа могут присутствовать бесхлорофильные клетки, что приводит, с одной стороны, к снижению продуктивности растения, а с другой — такие пестролистные организмы ценятся в декоративном озеленении. Воспроизводятся такие экзепляры в основном бесполым способом, так как при половом размножении чаще получаются обычные зеленые растения.

Методы генетики

1. Гибридологический метод, или метод скрещиваний, заключается в подборе родительских особей и анализе потомства. При этом о генотипе организма судят по фенотипическим проявлениям генов у потомков, полученных при определенной схеме скрещивания. Это старейший информативный метод генетики, который наиболее полно впервые применил Г. Мендель в сочетании со статистическим методом. Данный метод неприменим в генетике человека по этическим соображениям.
2. Цитогенетический метод основан на исследовании кариотипа: числа, формы и величины хромосом организма. Изучение этих особенностей позволяет выявить различные патологии развития.
3. Биохимический метод позволяет определять содержание различных веществ в организме, в особенности их избыток или недостаток, а также активность целого ряда ферментов.
4. Молекулярно-генетические методы направлены на выявление вариаций в структуре и расшифровку первичной последовательности нуклеотидов исследуемых участков ДНК. Они позволяют выявить гены наследственных болезней даже у эмбрионов, установить отцовство и т. д.
5. Популяционно-статистический метод позволяет определить генетический состав популяции, частоту определенных генов и генотипов, генетический груз, а также наметить перспективы развития популяции.
6. Метод гибридизации соматических клеток в культуре позволяет определить локализацию определенных генов в хромосомах при слиянии клеток различных организмов, например, мыши и хомяка, мыши и человека и т. д.

Основные генетические понятия и символика

Ген — это участок молекулы ДНК, или хромосомы, несущий информацию об определенном признаке или свойстве организма.

Некоторые гены могут оказывать влияние на проявление сразу нескольких признаков. Такое явление называется *плейотропией*. Например, ген, обуславливающий развитие наследственного заболевания арахнодактилии (паучьи пальцы), вызывает также искривление хрусталика, патологии многих внутренних органов.

Каждый ген занимает в хромосоме строго определенное место — *локус*. Так как в соматических клетках большинства эукариотических организмов хромосомы парные (гомологичные), то в каждой из парных хромосом находится по одной копии гена, отвечающего за определенный признак. Такие гены называются *аллельными*.

Аллельные гены чаще всего существуют в двух вариантах — доминантном и рецессивном. *Доминантной* называют аллель, которая проявляется вне зависимости от того, какой ген находится в другой хромосоме, и подавляет развитие признака, кодируемого рецессивным геном. Доминантные аллели обозначаются обычно прописными буквами латинского алфавита (А, В, С и др.), а рецессивные — строчными (а, b, с и др.). *Рецессивные* аллели могут проявляться только в том случае, если они занимают локусы в обеих парных хромосомах.

Организм, у которого в обеих гомологичных хромосомах находятся одинаковые аллели, называется *гомозиготным* по данному гену, или *гомозиготой* (АА, аа, ААВВ, ааbb и т. д.), а организм, у которого в обеих гомологичных хромосомах находятся разные варианты гена — доминантный и рецессивный — называется *гетерозиготным* по данному гену, или *гетерозиготой* (Аа, АаВb и т. д.).

Ряд генов может иметь три и более структурных варианта, например группы крови по системе АВ0 кодируются тремя аллелями — I^A , I^B , i . Такое явление называется *множественным аллелизмом*. Однако даже в этом случае каждая хромосома из пары несет только одну аллель, то есть все три варианта гена у одного организма не могут быть представлены.

Геном — совокупность генов, характерная для гаплоидного набора хромосом.

Генотип — совокупность генов, характерная для диплоидного набора хромосом.

Фенотип — совокупность признаков и свойств организма, которая является результатом взаимодействия генотипа и окружающей среды.

Поскольку организмы отличаются между собой многими признаками, установить закономерности их наследования можно только при анализе двух и более признаков в потомстве. Скрещивание, при котором рассматривается наследование и проводится точный количественный учет потомства по одной паре альтернативных признаков, называется *моногибридным*, по двум парам — *дигибридным*, по большему количеству признаков — *полигибридным*.

По фенотипу особи далеко не всегда можно установить ее генотип, поскольку как гомозиготный по доминантному гену организм (AA), так и гетерозиготный (Aa) будет иметь в фенотипе проявление доминантной аллели. Поэтому для проверки генотипа организма с перекрестным оплодотворением применяют *анализирующее скрещивание* — скрещивание, при котором организм с доминантным признаком скрещивается с гомозиготным по рецессивному гену. При этом гомозиготный по доминантному гену организм не будет давать расщепления в потомстве, тогда как в потомстве гетерозиготных особей наблюдается равное количество особей с доминантным и рецессивным признаками.

Для записи схем скрещиваний чаще всего применяются следующие условные обозначения:

P (от лат. *парента* — родители) — родительские организмы;

♀ (алхимический знак Венеры — зеркало с ручкой) — материнская особь;

♂ (алхимический знак Марса — щит и копье) — отцовская особь;

× — знак скрещивания;

F₁, F₂, F₃ и т. д. — гибриды первого, второго, третьего и последующих поколений;

F_a — потомство от анализирующего скрещивания.

Хромосомная теория наследственности

Основоположник генетики Г. Мендель, равно как и его ближайшие последователи, не имели ни малейшего представления о материальной основе наследственных задатков, или генов. Однако уже в 1902–1903 годах немецкий биолог Т. Бовери и американский студент У. Сэттон независимо друг от друга предположили, что поведение хромосом при созревании клеток и оплодотворении позволяет объяснить расщепление наследственных факторов по Менделю, т. е., по их мнению, гены должны быть расположены в хромосомах. Данные предположения стали краеугольным камнем хромосомной теории наследственности.

В 1906 году английские генетики У. Бэтсон и Р. Пеннет обнаружили нарушение менделевского расщепления при скрещивании душистого горошка, а их соотечественник Л. Донкастер в экспериментах с бабочкой крыжовенной пяденицей открыл сцепленное с полом наследование. Результаты этих экспериментов явно противоречили менделевским, но если учесть, что к тому времени уже было известно о том, что количество известных признаков для экспериментальных объектов намного превышало количество хромосом, а это наводило на мысль, что каждая хромосома несет более одного гена, а гены одной хромосомы наследуются совместно.

В 1910 году начинаются эксперименты группы Т. Моргана на новом экспериментальном объекте — плодовой мушке дрозофиле. Результаты этих экспериментов позволили к середине 20-х годов XX века сформулировать основные положения хромосомной теории наследственности, определить порядок расположения генов в хромосомах и расстояния между ними, т. е. составить первые карты хромосом.

Основные положения хромосомной теории наследственности:

1. Гены расположены в хромосомах. Гены одной хромосомы наследуются совместно, или сцепленно, и называются *группой сцепления*. Число групп сцепления численно равно гаплоидному набору хромосом.
2. Каждый ген занимает в хромосоме строго определенное место — локус.
3. Гены в хромосомах расположены линейно.
4. Нарушение сцепления генов происходит только в результате кроссинговера.
5. Расстояние между генами в хромосоме пропорционально проценту кроссинговера между ними.
6. Независимое наследование характерно только для генов негомологичных хромосом.

Современные представления о гене и геноме

В начале 40-х годов XX века Дж. Бидл и Э. Тейтум, анализируя результаты генетических исследований, проведенных на грибе нейроспоре, пришли к выводу, что каждый ген контролирует синтез какого-либо фермента, и сформулировали принцип «один ген — один фермент».

Однако уже в 1961 году Ф. Жакобу, Ж. Л. Моно и А. Львову удалось расшифровать структуру гена кишечной палочки и исследовать регуляцию его активности. За это открытие им в 1965 году была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине.

В процессе исследования, кроме структурных генов, контролирующих развитие определенных признаков, им удалось выявить и регуляторные, основной функцией которых является проявление признаков, кодируемых другими генами.

Структура прокариотического гена. Структурный ген прокариот имеет сложное строение, поскольку в его состав входят регуляторные участки и кодирующие последовательности. К регуляторным участкам относятся промотор, оператор и терминатор. *Промотором* называют участок гена, к которому прикрепляется фермент РНК-полимераза, обеспечивающий синтез иРНК в процессе транскрипции. С *оператором*, располагающимся между промотором и структурной последовательностью, может связываться *белок-репрессор*, не позволяющий РНК-полимеразе начать считывание наследственной информации с кодирующей последовательности, и только его удаление позволяет начать транскрипцию. Структура репрессора закодирована обычно в регуляторном гене, находящемся в другом участке хромосомы. Считывание информации заканчивается на участке гена, который называется *терминатором*.

Кодирующая последовательность структурного гена содержит информацию о последовательности аминокислот в соответствующем белке. Кодирующую последовательность у прокариот называют *цистроном*, а совокупность кодирующих и регуляторных участков гена прокариот — *опероном*. В целом прокариоты, к которым относится и кишечная палочка, имеют сравнительно небольшое количество генов, расположенных в единственной кольцевой хромосоме.



Схема строения оперона:

1 — промотор; 2 — оператор; 3 — структурная последовательность; 4 — терминатор; 5 — РНК-полимераза; 6 — репрессор

Цитоплазма прокариот может содержать также дополнительные небольшие кольцевые или незамкнутые молекулы ДНК, которые называются плазмидами. Плазмиды способны встраиваться в хромосомы и передаваться от одной клетки к другой. Они могут нести информацию о половых признаках, патогенности и устойчивости к антибиотикам.

Структура эукариотического гена. В отличие от прокариот, гены эукариот не имеют оперонной структуры, поскольку не содержат оператора, и каждый структурный ген сопровождается только промотором и терминатором. Кроме того, в генах эукариот значащие участки (*экзоны*) чередуются с незначащими (*интронами*), которые полностью переписываются на иРНК, а затем вырезаются в процессе их созревания. Биологическая роль интронов состоит в снижении вероятности мутаций в значащих участках. Регуляция генов эукариот намного сложнее, нежели описанная для прокариот.

Геном человека. В каждой клетке человека в 46 хромосомах находится около 2 м ДНК, плотно упакованной в двойную спираль, которая состоит примерно из $3,2 \times 10^9$ нуклеотидных пар, что обеспечивает около $10^{1900000000}$ возможных уникальных комбинаций. К концу 80-х годов XX века было известно расположение примерно 1500 генов человека, однако их общее количество оценивали примерно в 100 тыс., поскольку только наследственных болезней у человека имеется примерно 10 тыс., не говоря уже о количестве разнообразных белков, содержащихся в клетках.

В 1988 году стартовал международный проект «Геном человека», который к началу XXI века закончился полной расшифровкой последовательности нуклеотидов. Он дал возможность понять, что два разных человека на 99,9 % имеют сходные последовательности нуклеотидов, и лишь остающиеся 0,1 % определяют нашу индивидуальность. Всего было обнаружено примерно 30–40 тыс. структурных генов, однако затем их количество было снижено до 25–30 тыс. Среди этих генов имеются не только уникальные, но и повторяющиеся сотни и тысячи раз. Тем не менее данные гены кодируют гораздо большее количество белков, например десятки тысяч защитных белков — иммуноглобулинов.

97 % нашего генома является генетическим «мусором», который существует только потому, что умеет хорошо воспроизводиться (РНК, которые транскрибируются на этих участках, никогда не покидают ядро). Например, среди наших генов есть не только «человеческие» гены, но и 60 % генов, похожих на гены мушки дрозофилы, а с шимпанзе нас роднит до 99 % генов.

Параллельно с расшифровкой генома происходило и картирование хромосом, вследствие этого удалось не только обнаружить, но и определить расположение некоторых генов, отвечающих за развитие наследственных заболеваний, а также генов-мишеней лекарственных препаратов.

Расшифровка генома человека пока не дает прямого эффекта, поскольку мы получили своеобразную инструкцию по сборке такого сложного организма, как человек, но не научились изготавливать его или хотя бы исправлять погрешности в нем. Тем не менее эра молекулярной медицины уже на пороге, во всем мире

идет разработка так называемых генопрепаратов, которые смогут блокировать, удалять или даже замещать патологические гены у живых людей, а не только в оплодотворенной яйцеклетке.

Не следует забывать и о том, что в эукариотических клетках ДНК содержится не только в ядре, но также в митохондриях и пластидах. В отличие от ядерного генома, организация генов митохондрий и пластид имеет много общего с организацией генома прокариот. Несмотря на то что эти органеллы несут менее 1 % наследственной информации клетки и не кодируют даже полного набора белков, необходимых для их собственного функционирования, они способны существенно влиять на некоторые признаки организма. Так, пестролистность у растений хлорофитума, плюща и других наследует незначительное число потомков даже при скрещивании двух пестролистных растений. Это обусловлено тем, что пластиды и митохондрии передаются большей частью с цитоплазмой яйцеклетки, поэтому такая наследственность называется материнской, или цитоплазматической, в отличие от генотипической, которая локализуется в ядре.