

КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ БИОЛОГИЯ

ВВЕДЕНИЕ

План:

1. Уровни организации живой материи
2. Критерии живых систем
3. Методы познания
4. Роль биологии

Первые живые существа появились на нашей планете около 3 млрд лет назад. От ранее существовавших форм произошли и современные организмы, образующие четыре царства живой природы: более 1,5 млн. видов животных, 350 тыс. видов растений, значительное количество разнообразных грибов, а также множество прокариотических организмов.

Известно, что все живые организмы состоят из клеток. Клетка, например, может быть и отдельным организмом, и частью многоклеточного растения или животного. Она бывает довольно просто устроенной, как бактериальная, или значительно более сложно, как клетки одноклеточных животных – Простейших. Как бактериальная клетка, так и клетка Простейших представляет целый организм, способный выполнять все функции, необходимые для обеспечения жизнедеятельности. А вот клетки, входящие в состав многоклеточного организма, специализированы, то есть могут

осуществлять только одну какую-либо функцию и не способны самостоятельно существовать вне организма. Элементы организма – клетки, ткани и органы – в сумме еще не представляют собой целостный организм. Лишь соединение их в исторически сложившемся в процессе эволюции порядке, их взаимодействие, образует целостный организм, которому присущи определенные свойства.

1. Уровни организации живой материи

Живая природа представляет собой сложно организованную иерархическую систему. Ученые-биологи на основании особенностей проявления свойств живого выделяют несколько уровней организации живой материи.

Молекулярный. Любая живая система, как бы сложно она ни была организована, осуществляется на уровне взаимодействия биологических макромолекул: нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов, а также других важных органических веществ.

Клеточный. Клетка – структурная и функциональная единица, а также единица размножения и развития всех живых организмов, обитающих на Земле. Неклеточных форм жизни нет, а существование вирусов лишь подтверждает это правило, так как они могут проявлять свойства живых систем только в клетках.

Тканевый. Ткань представляет собой совокупность сходных по строению клеток и межклеточного вещества, объединенных выполнением общей функции.

Органный. У большинства животных орган – это структурно-функциональное объединение нескольких типов тканей. Например, кожа человека как орган включает эпителий и соединительную ткань, которые вместе выполняют целый ряд функций.

Организменный. Организм представляет собой целостную одноклеточную или многоклеточную живую систему, способную к самостоятельному существованию. Многоклеточный организм образован совокупностью тканей и органов, специализированных на выполнении различных функций.

Популяционно-видовой. Совокупность организмов одного и того же вида, объединенная общим местом обитания, создает популяцию как систему надорганизменного порядка. В этой системе осуществляются простейшие, элементарные эволюционные преобразования.

Биогеоценотический. Биогеоценоз – совокупность организмов разных видов и различной сложности организации со всеми факторами конкретной среды их обитания – компонентами атмосферы, гидросферы и литосферы.

Биосферный. Биосфера – самый высокий уровень организации жизни на нашей планете. В ней выделяют *живое вещество* – совокупность всех живых организмов, *неживое*, или *косное*, вещество и *биокосное вещество*. По ориентировочным оценкам биомасса живого вещества составляет око-

ло $2,5 \cdot 10^{12}$ т. Причем биомасса организмов, обитающих на суше, на 99,2% представлена зелеными растениями. На биосферном уровне происходят круговорот веществ и превращение энергии, связанные с жизнедеятельностью всех живых организмов, обитающих на Земле.

2. Критерии живых систем

Рассмотрим подробнее критерии, отличающие живые системы от объектов неживой природы, и основные характеристики процессов жизнедеятельности, выделяющие живое вещество в особую форму существования материи.

Особенности химического состава. В состав живых организмов входят те же химические элементы, что и в объекты неживой природы. Однако соотношение различных элементов в живом и неживом неодинаково. В живых организмах 98 % химического состава приходится на четыре элемента – углерод, кислород, азот и водород. Подавляющее большинство органических молекул окружающей среды представляют собой продукты жизнедеятельности организмов.

Метаболизм. Все живые организмы способны к обмену веществ с окружающей средой, поглощая из нее вещества, необходимые для питания, и выделяя продукты жизнедеятельности.

Живые организмы поглощают из окружающей среды различные вещества. Вследствие целого ряда сложных химических превращений вещества из окружающей среды уподобляются веществам живого организма и из них строится его тело. Эти процессы называют *ассимиляцией* или *пластическим обменом*.

Другая сторона обмена веществ – процессы *диссимиляции*, в результате которых сложные органические соединения распадаются на простые, при этом утрачивается их сходство с веществами организма и выделяется энергия, необходимая для реакций биосинтеза. Поэтому диссимиляцию называют *энергетическим обменом*.

Единый принцип структурной организации. Все живые организмы, к какой бы систематической группе они ни относились, имеют клеточное строение. Клетка, как уже указывалось выше, является единой структурно-функциональной единицей, а также единицей развития всех обитателей Земли.

Репродукция. На организменном уровне самовоспроизведение, или репродукция, проявляется в виде бесполого или полового размножения особей. При размножении живых организмов потомство обычно похоже на родителей: кошки воспроизводят котят, собаки – щенят. Из семян тополя опять вырастает тополь. Деление одноклеточного организма – амебы – приводит к образованию двух амев, полностью схожих с материнской клеткой. Таким образом, *размножение* – это свойство организмов воспроизводить себе подобных.

Наследственность. Наследственность заключается в способности ор-

организмов передавать свои признаки, свойства и особенности развития из поколения в поколение. Признаком называют любую особенность строения на самых различных уровнях организации живой материи, а под свойствами понимают функциональные особенности, в основе которых лежат конкретные структуры.

Изменчивость. Это свойство как бы противоположно наследственности, но вместе с тем тесно связано с ней, так как при этом изменяются наследственные задатки – гены, определяющие развитие тех или иных признаков.

Изменчивость – это способность организмов приобретать новые признаки и свойства, в результате изменений структуры наследственного материала или возникновения новых комбинаций генов.

Рост и развитие. Способность к развитию – всеобщее свойство материи. Под развитием понимают необратимое направленное закономерное изменение объектов живой и неживой природы. В результате развития возникает новое качественное состояние объекта, вследствие которого изменяется его состав или структура. Развитие живой формы существования материи представлено *индивидуальным развитием, или онтогенезом.*

Раздражимость. Любой организм неразрывно связан с окружающей средой: извлекает из нее питательные вещества, подвергается воздействию неблагоприятных факторов среды, вступает во взаимодействие с другими организмами и т. д. В процессе эволюции у живых организмов выработалось и закрепилось свойство избирательно реагировать на внешние воздействия. Это свойство носит название раздражимости.

3. Методы познания

Методы познания живой природы. Как 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

ется 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 даже 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. Оптические части участвуют в построении изображения, а механические служат для удобства пользования оптическими частями.

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.

4. Роль биологии

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 историче-

ского 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 сам 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. Бэрром. 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.

Вопросы для самоконтроля:

1. Почему существует множество определений понятия «жизнь»?
2. Как вы считаете, в чем заключается необходимость выделения различных уровней организации живой материи?
3. Как проявляются свойства живого на различных уровнях организации?

ТЕМА 1. УЧЕНИЕ О КЛЕТКЕ

План:

1. Химический состав клетки.
2. Неорганические вещества, их функции и роль в клетке.
3. Органический состав клетки

1. Химический состав клетки. Краткое изложение теоретических вопросов:

В земной коре встречается около сотни химических элементов. Из них в организмах обнаружено 60, но только 16 элементов являются необходимыми для жизни. Более 99 % органической массы приходится на долю четырёх веществ – водорода, углерода, кислорода и азота. Важное значение также имеют фосфор, сера, натрий, магний, железо, хлор, калий, кальций, марганец, медь, кобальт и цинк.

Содержание химических элементов в теле человека. Химические элементы входят в состав соединений, которые можно разбить на две группы:

- неорганические (вода, соли и т. д.);
- органические (белки, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты и т. д.).

2. Неорганические вещества, их функции и роль в клетке. От 60 % до 95 % общей массы организма составляет вода. Наличие воды – обязательное условие жизненной активности клетки; все физиологические процессы происходят только в водной среде. Для многих организмов вода является также средой обитания. Значение воды определяется её необычными свойствами: малыми размерами молекул, их полярностью и способностью образовывать водородные связи друг с другом. Важные свойства воды:

- вода является универсальным растворителем для полярных веществ. Это свойство также означает, что вода служит средой для транспорта различных веществ внутри организма;

- вода обладает большой теплоёмкостью; благодаря этому биохимические процессы идут в малом диапазоне температур;

- вода имеет большую теплоту испарения; это используется при терморегуляции у животных (потоотделение) и растений (охлаждение листьев);

- у воды большая теплота плавления; это препятствует образованию кристаллов льда в клетках при понижении температуры;

- плотность льда меньше плотности воды, поэтому он не тонет, и водоёмы промерзают сверху вниз. В противном случае реки и озера холодных и умеренных поясов промёрзли бы за зиму насквозь;

- значительное поверхностное натяжение играет важную роль при движении воды по капиллярам организмов;

- вода является необходимым компонентом метаболических реакций

(например, в процессе фотосинтеза).

Также в клетке содержится много различных солей в диссоциированном состоянии. Для процессов жизнедеятельности из входящих в состав солей катионов наиболее важны K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , из анионов – $НРО_4^{2-}$, $Н_2РО_4^-$, $Сl^-$, $НСО_3^-$.

3. Органический состав клетки. *Углеводы*, вступая в химические реакции, углерод образует прочные ковалентные связи, обобществляя четыре электрона. Атомы углерода, соединяясь между собой, способны образовывать стабильные цепи и кольца, служащие скелетами макромолекул. Углерод также может образовывать кратные ковалентные связи с другими углеродными атомами, а также с азотом и кислородом. Все эти свойства обеспечивают уникальное разнообразие органических молекул.

Макромолекулы, составляющие около 90 % массы обезвоженной клетки, синтезируются из более простых молекул, называемых *мономерами*. Существуют три основных типа макромолекул: полисахариды, белки и нуклеиновые кислоты; мономерами для них являются, соответственно, моносахариды, аминокислоты и нуклеотиды.

Углеводами называют вещества с общей формулой $C_x(H_2O)_y$, где x и y – натуральные числа. Название «углеводы» говорит о том, что в их молекулах водород и кислород находятся в том же отношении, что и в воде.

В животных клетках содержится небольшое количество углеводов, а в растительных – почти 70 % от общего количества органических веществ.

Углеводы делятся на простые (моносахариды) и сложные (дисахариды и полисахариды). Моносахариды имеют общую формулу $(CH_2O)_n$, где n изменяется от 3 до 9.

Самые распространённые *моносахариды* – *глюкоза* и *фруктоза*, имеющие формулу $(CH_2O)_6$. Все моносахариды имеют сладкий вкус, кристаллизуются и легко растворяются в воде.

Моносахариды играют роль промежуточных продуктов в процессах дыхания и фотосинтеза, участвуют в синтезе нуклеиновых кислот, коферментов, АТФ и полисахаридов, служат источниками энергии, высвобождаемой при окислении в процессе дыхания. Производные моносахаридов – сахарные спирты, сахарные кислоты, дезоксисахара и аminosахара – имеют важное значение в процессе дыхания, а также используются при синтезе липидов, ДНК и других макромолекул.

Дисахариды образуются в результате реакции конденсации между двумя моносахаридами. Иногда они используются в качестве запасных питательных веществ. Наиболее распространёнными из них являются *мальтоза* (глюкоза + глюкоза), *лактоза* (глюкоза + галактоза) и *сахароза* (глюкоза + фруктоза).

Лактоза содержится только в молоке. *Сахароза* (тростниковый сахар) наиболее распространена в растениях; это и есть тот самый «сахар», который мы обычно употребляем в пищу.

Полисахариды состоят из моносахаридов. Большие размеры делают их молекулы практически нерастворимыми в воде; они не оказывают влияние на клетку и потому удобны в качестве запасных веществ. При необходимости они могут быть превращены обратно в сахара путём гидролиза.

Липиды. Липидами обычно называют нерастворимые в воде органические вещества, являющиеся сложными эфирами жирных кислот и спиртов (например, глицерола). Жирные кислоты имеют общую формулу $R \cdot COOH$, где R – атом водорода или радикал типа $-CH_3$. В липидах радикал обычно представлен длинной углеводородной цепью; этот «хвост» гидрофобен, что и определяет плохую растворимость липидов в воде. Липиды, образующиеся из глицерола, называются *глицеридами*.

Триацилглицеролы – самые распространённые из природных липидов. Они делятся на *жиры*, остающиеся твёрдыми при $20\text{ }^\circ\text{C}$, и *масла*, находящиеся при этой температуре в жидкой фазе. Масла включают ненасыщенные жирные кислоты, имеющие в своём составе одну или несколько двойных связей $C=C$, жиры – в основном насыщенные жирные кислоты (без двойных связей). Калорийность липидов выше калорийности углеводов, поэтому они откладываются в организме животных как запасное питательное вещество. Жир также служит для теплоизоляции и обеспечивают плавучесть. Одним из продуктов окисления жиров является вода; некоторые пустынные животные запасают жир в организме именно для этой цели. Масла чаще всего накапливаются в растениях (семена подсолнечника, кокосовой пальмы и т. п.).

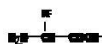
Фосфолипиды – группа глицеролов, включающая остатки жирных кислот и фосфорной кислоты. Благодаря наличию полярной фосфатной группы часть молекулы приобретает способность растворяться в воде, другая же часть молекулы остаётся нерастворимой. Из фосфолипидов строятся все плазматические мембраны живых клеток.

Воска – сложные эфиры жирных кислот и длинноцепочечных спиртов. Они используются животными и растениями в качестве водоотталкивающего покрытия (пчелиные соты, покрытие перьев птиц, эпидермис некоторых плодов и семян).

Химический состав клетки - Биополимеры. Белки, их состав и строение

Основные понятия: белки, состав, строение, структура, денатурация.

Среди органических веществ клетки белки занимают первое место как по количеству, так и по значению. У животных на них приходится около 50% сухой массы клетки. В организме человека встречаются 5 млн. типов белковых молекул, отличающихся не только друг от друга, но и от белков других организмов. Несмотря на такое разнообразие и сложность строения они построены всего из 20 различных аминокислот. Общая формула их выглядит так:



В левой части молекулы расположены группа $\text{H}_2\text{N}-$, которая обладает свойствами основания; справа - группа $-\text{COOH}$ - кислотная, характерная для всех органических кислот.

Благодаря пептидным связям аминокислоты образуют белки. Часть белков образует комплексы с молекулами, содержащими серу, фосфор, железо, цинк и медь. Молекулярная масса белковых цепей колеблется от нескольких тысяч до нескольких миллионов (в вирусе табачной мозаики – около 40 000 000 молекул); в их состав входят сотни (иногда – сотни тысяч) аминокислотных остатков.

Классификация белков крайне затруднена их многообразием и сложностью молекул. К простым белкам, состоящим только из аминокислот, относят альбумины (яичный альбумин и сывороточный альбумин крови), глобулины (антитела в крови, фибрин), гистоны, склеропроотеины (кератин волос, кожи и перьев, коллаген сухожилий, эластин связок). По структуре белки делятся на фибриллярные (третичная структура почти не выражена, нерастворимы, представляют собой длинные полипептидные цепи), глобулярные (третичная структура хорошо выражена, растворимы) и промежуточные (фибриллярные, но растворимые). Первые входят в состав соединительных тканей, вторые играют роль ферментов, гормонов, антител.

Функционально белки могут быть структурными (компоненты соединительных тканей, слизистых секретов), транспортными (перенос крови, липидов), защитными (антитела, тромбообразование), сократительными (в мышечных тканях), запасными (молоко, белок), ферментами, гормонами, токсинами (змеиный яд).

Каждому белку свойственна особая геометрическая структура. При описании пространственной структуры обычно описывают четыре разных уровня организации.

Под первичной структурой белка обычно понимают последовательность аминокислот.

Обычно белковая молекула имеет форму спирали. Это так называемая вторичная структура, стабилизируемая водородными связями, возникающими между $\text{CO}-$ и $\text{NH}-$ группами. На один виток спирали приходится 3,6 аминокислотного остатка. Существуют и другие формы вторичной структуры, например, тройная спираль коллагена и складчатый слой фибрина.

Дисульфидные, ионные и водородные связи, а также гидрофобное взаимодействие заставляют большинство белковых цепей сворачиваться в компактную глобулу. Это так называемая третичная структура белка. Наконец, многие белки с особо сложным строением состоят из нескольких полипептидных цепей – способ их упаковки называется четвертичной структурой.

Ряд причин (нагревание, воздействие каких-либо излучений, сильные

кислоты и щелочи, тяжёлые металлы, органические растворители) могут вызвать денатурацию белка. Молекула временно или постоянно теряет свою третичную структуру и «сворачивается» или выпадает в осадок. Использование спирта в качестве дезинфицирующего средства связано именно с тем, что он вызывает денатурацию белка любых бактерий.

Действие повышенной температуры, а также обезвоживание, изменение рН и другие воздействия вызывают разрушение структурной организации белков. Вначале разрушается самая слабая структура – четвертичная, затем третичная, вторичная и при более жестких условиях – первичная. Утрата белковой молекулой своей структурной организации называется *денатурацией*.

Функции белков. Функции белков в клетке чрезвычайно многообразны. Одна из важнейших – *пластическая (строительная) функция*: белки участвуют в образовании всех клеточных мембран и органоидов клетки, а также внеклеточных структур.

Исключительно важное значение имеет *каталитическая роль белков*. Все биологические катализаторы – *ферменты* – вещества белковой природы, они ускоряют химические реакции, протекающие в клетке, в десятки и сотни тысяч раз.

Температура всегда влияет на скорость химических реакций. Большинство реакций с неорганическими катализаторами идет при очень высоких температурах. При повышении температуры скорость реакции, как правило, увеличивается. Для ферментативных реакций это увеличение ограничено определенной (оптимальной) температурой. Дальнейшее повышение температуры вызывает изменения в структуре молекулы фермента (см. денатурация белков), ее активность снижается, а затем прекращается. Однако некоторые ферменты микроорганизмов, обнаруженных в водах горячих природных источников, не только выдерживают температуры, близкие к точке кипения воды, но даже проявляют в этих условиях свою максимальную активность.

Но и для них температурные рамки довольно узки и определяются температурой среды, в которой обитают микроорганизмы. Для большинства же ферментов температурный оптимум близок к 35 – 40 °С.

Двигательная функция живых организмов обеспечивается специальными *сократительными белками*. Эти белки участвуют во всех видах движения, к которым способны клетки и организмы: мерцание ресничек и биение жгутиков у простейших, сокращение мышц у многоклеточных животных, движение листьев у растений и др.

Транспортная функция белков заключается в присоединении химических элементов (например, кислорода гемоглобином) или биологически активных веществ (гормонов) и переносе их к различным тканям и органам тела. Специальные транспортные белки перемещают РНК, синтезированные в клеточном ядре, в цитоплазму. Широко представлены транспортные белки в наружных мембранах клеток; они переносят различные веще-

ства из окружающей среды в цитоплазму.

При поступлении в организм чужеродных белков или микроорганизмов в белых кровяных тельцах – лейкоцитах образуются особые белки – *антитела*. Они связываются с несвойственными организму веществами (*антигенами*) по принципу соответствия пространственных конфигураций молекул (принцип – «ключ-замок»). В результате этого образуется безвредный, нетоксичный комплекс – «*антиген-антитело*», который впоследствии фагоцитируется и переваривается другими формами лейкоцитов – это *защитная функция*. Белки могут служить и одним из источников энергии в клетке, то есть выполняют *энергетическую функцию*. При полном расщеплении 1 г белка до конечных продуктов выделяется 17,6 кДж энергии. Однако белки в таком качестве используются редко. Аминокислоты, высвобождающиеся при расщеплении белковых молекул, участвуют в реакциях пластического обмена для построения новых белков.

Нуклеиновые кислоты содержат в себе генетический материал всех живых организмов. Выяснение их структуры открыло новую эру в наших знаниях о природе.

Составными частями нуклеиновых кислот являются нуклеотиды. Молекула нуклеотида состоит из пентозы, азотистого основания и фосфорной кислоты. В зависимости от типа сахара различают *рибонуклеиновую кислоту (РНК; в её состав входит рибоза)* и *дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК; в её состав входит сахар дезоксирибоза, у которого на один атом кислорода меньше)*. В обоих типах нуклеиновых кислот содержатся четыре типа оснований: *аденин (А), гуанин (Г), цитозин (Ц), тимин (Т; в РНК вместо него содержится урацил (У))*. Первые два основания относятся к классу *пуринов*, остальные – к пиримидинам. Фосфорная кислота определяет кислотные свойства нуклеиновых кислот.

Соединяясь друг с другом фосфодиэфирной связью (3'-фосфатная группа одного и 5'-сахар другого нуклеотида), два нуклеотида образуют динуклеотид. При синтезе полинуклеотидов этот процесс повторяется миллионы раз. Фосфодиэфирный мостик является прочной ковалентной связью, обеспечивая всей цепи стабильность и уменьшая риск «поломок» ДНК.

Выяснить структуру ДНК удалось в 1953 году английским ученым Д. Уотсону и Ф. Крику. Они показали, что ДНК состоит из двух полинуклеотидных цепей. Каждая цепь закручена в спираль вправо, и обе цепи свиты вместе, образуя двойную спираль. Шаг спирали составляет 3,4 нм (по 10 пар оснований в витке), а диаметр витка – 2 нм. Фосфатные группировки находятся снаружи спирали, а азотистые основания – внутри. ДНК – очень хрупкая молекула, простое перемешивание её раствора может привести к разрыву цепей на более мелкие куски.

Число адениновых оснований в любой ДНК равно числу тиминовых оснований, число гуаниновых оснований всегда равно числу цитозиновых оснований. Никаких ограничений относительно последовательности нук-

леотидов в одной цепи не существует, но эта последовательность в одной цепи полностью определяет собой последовательность нуклеотидов в другой. Пары соединяются водородными связями между основаниями в строго определённом порядке (аденин с тиминном, гуанин с цитозином). Таким образом, цепи двойной спирали *комплементарны* друг другу.

Для того, чтобы ДНК являлась генетическим материалом, она должна быть способна нести в себе закодированную информацию и точно воспроизводиться (*реплицироваться*). Последующие исследования доказали, что ДНК действительно содержит в себе генетическую информацию.

Молекула РНК в отличие от ДНК состоит, как правило, из одной цепи и имеет гораздо меньшие размеры. Существует три основных вида РНК: транспортная (т-РНК), информационная (и-РНК) и рибосомная (р-РНК). Информационная РНК (и-РНК) является матрицей, которую рибосомы используют при синтезе белка. Её нуклеотидная последовательность комплементарна сообщению, содержащемуся в определённом участке ДНК. Транспортные РНК переносят аминокислоты к месту синтеза. Несколько видов р-РНК являются основным компонентом рибосом. Нуклеотидные последовательности т-РНК и р-РНК также определяются определёнными участками ДНК.

ДНК находится, главным образом, в ядре клетки (у прокариот распределена по клетке), являясь основным веществом хромосом. РНК сконцентрирована в ядрышке, цитоплазме и частично в хромосомах. Молекул РНК в клетке значительно больше (иногда их десятки тысяч), чем молекул ДНК.

Роль нуклеотидов заключается не только в синтезе нуклеиновых кислот. Некоторые нуклеотиды играют важную роль в жизнедеятельности организмов, являясь коферментами. Примером могут служить *аденозинфосфорные кислоты*, содержащие аденин, рибозу и несколько остатков фосфорной кислоты. Присоединение каждой новой фосфатной группы к кислоте сопровождается аккумуляцией энергии, а их отщепление – выделением. Превращение аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) в аденозиндифосфорную (АДФ) является основой энергетического обмена внутри клетки.

Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислите биоэлементы и объясните, каково их значение в образовании живой природы?
2. Как отразится на жизнедеятельности клетки и организма недостаток какого-либо элемента?
3. Какова роль липидов в обеспечении жизнедеятельности клетки?
4. Дать определение белкам;
5. Перечислить и охарактеризовать функции белков в клетке;
6. Какова роль ферментов в каталитической функции белков?
7. Как влияет температура на скорость биохимических реакций?
8. Что собой представляют антитела и антигены?

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ КЛЕТКИ

План:

1. Основные положения клеточной теории.
2. Органоиды клетки.
3. Эукариотические и прокариотические клетки, вирусы, бактерии.

1. Основные положения клеточной теории – это структурные единицы организмов. Впервые этот термин употребил Роберт Гук в 1665 году. Её основными положениями были следующие утверждения:

- клетка – основная единица строения и развития всех живых организмов;
- клетки всех организмов сходны по своему строению, химическому составу, основным проявлениям жизнедеятельности;
- каждая новая клетка образуется в результате деления исходной (материнской) клетки; в многоклеточных организмах клетки специализированы по выполняемой ими функции и образуют ткани. Из тканей состоят органы, которые тесно связаны между собой и подчинены системам регуляции.

Мелкие организмы могут состоять всего лишь из сотен клеток. Организм человека включает в себя 10¹⁴ клеток. Самая маленькая из известных сейчас клеток имеет размер 0,2 мкм, самая большая – неоплодотворенное яйцо эпиорниса – весит около 3,5 кг. Типичные размеры растительных и животных клеток составляют от 5 до 20 мкм. При этом между размерами организмов и размерами их клеток прямой зависимости обычно нет.

70–80 % массы клетки – это вода.

Для того, чтобы поддерживать в себе необходимую концентрацию веществ, клетка должна быть физически отделена от своего окружения. Вместе с тем, жизнедеятельность организма предполагает интенсивный обмен веществ между клетками. Роль барьера между клетками играет плазматическая мембрана.

Внутреннее строение клетки долгое время было загадкой для ученых; считалось, что мембрана ограничивает протоплазму – некую жидкость, в которой и происходят все биохимические процессы. Благодаря электронной микроскопии тайну протоплазмы удалось раскрыть, и сейчас известно, что внутри клетки имеются цитоплазма, в которой присутствуют различные органоиды, и генетический материал в виде ДНК, собранный, в основном, в ядре (эукариот).

Строение клетки является одним из важных принципов классификации организмов. В последующих параграфах мы сначала рассмотрим структуры, общие для растительных и животных клеток, затем характерные особенности клеток растений и доядерных организмов. Закончится этот раздел рассмотрением принципов деления клетки.

Изучением клеток занимается *цитология*.

2. Органоиды клетки. *Эндоплазматическая сеть* – это сеть мембран, пронизывающих цитоплазму эукариотических клеток. Её можно наблюдать только при помощи электронного микроскопа. Эндоплазматическая сеть связывает органеллы между собой, по ней происходит транспорт питательных веществ. Гладкая ЭПС имеет вид трубочек, стенки которых представляют собой мембраны, сходные по своей структуре с плазматической мембраной. В ней осуществляется синтез липидов и углеводов. На мембранах каналов и полостей гранулярной ЭПС расположено множество рибосом; данный тип сети участвует в синтезе белка.

мелкие (15–20 нм в диаметре) органеллы, состоящие из р-РНК и полипептидов. Важнейшая функция рибосом – синтез белка. Их количество в клетке весьма велико: тысячи и десятки тысяч. Рибосомы могут быть связаны с эндоплазматической сетью или находиться в свободном состоянии. В процессе синтеза обычно одновременно участвуют множество рибосом, объединённых в цепи, называемые полирибосомами.

Аппарат Гольджи представляет собой стопку мембранных мешочков (цистерн) и связанную с ними систему пузырьков. На наружной, вогнутой стороне стопки из пузырьков (отпочковывающихся, по-видимому, от гладкой эндоплазматической сети) постоянно образуются новые цистерны, на внутренней стороне цистерны превращаются обратно в пузырьки. Основной функцией аппарата Гольджи является транспорт веществ в цитоплазму и внеклеточную среду, а также синтез жиров и углеводов, в частности, гликопротеина муцина, образующего слизь, а также воска, камеди и растительного клея. Аппарат Гольджи участвует в росте и обновлении плазматической мембраны и в формировании лизосом.

Лизосомы представляют собой мембранные мешочки, наполненные пищеварительными ферментами. Особенно много лизосом в животных клетках, здесь их размер составляет десятые доли микрометра. Лизосомы расщепляют питательные вещества, переваривают попавшие в клетку бактерии, выделяют ферменты, удаляют путём переваривания ненужные части клеток.

Цитоплазма. В цитоплазме находится целый ряд оформленных структур, имеющих закономерные особенности строения и поведения в разные периоды жизнедеятельности клетки. Каждая из этих структур несёт определённую функцию. В цитоплазме откладываются различные вещества - включения (гликоген, капли жира, пигменты).

Ядро - важнейшая составная часть клетки. Оно содержит молекулы ДНК и поэтому выполняет две главные функции: 1) хранение и воспроизведение генетической информации, 2) регуляция процессов обмена веществ, протекающих в клетке. Клетка утратившая ядро, не может существовать. Ядро также неспособно к самостоятельному существованию. Большинство клеток имеет одно ядро, но можно наблюдать 2-3 ядра в одной клетке, например в клетках печени. Известны многоядерные клетки с числом ядер в несколько десятков. Формы ядер зависят от формы клетки.

Ядра бывают шаровидные, многолопастные. Главную роль в жизнедеятельности ядра играет обмен веществ между ядром и цитоплазмой. Содержимое ядра включает ядерный сок, или кариоплазму, хроматин и ядрышко. В состав ядерного сока входят различные белки, в том числе большинство ферментов ядра, свободные нуклеотиды, аминокислоты, продукты деятельности ядрышка и хроматина, перемещающиеся из ядра в цитоплазму. Хроматин содержит ДНК, белки и представляет собой спирализованные и уплотненные участки хромосом. Ядрышко представляет собой плотное округлое тельце, располагающееся в ядерном соке. Число ядрышек колеблется от 1 до 5-7 и более. Ядрышки есть только в неделящихся ядрах, во время митоза они исчезают, а после завершения деления образуются вновь. Ядрышко не является самостоятельным органоидом клетки, оно лишено мембраны и образуется вокруг участка хромосомы, в котором закодирована структура рРНК. В ядрышке формируются рибосомы, которые затем перемещаются в цитоплазму. Хроматином называют гранулы и сетевидные структуры ядра, интенсивно окрашивающиеся некоторыми красителями и отличные по форме от ядрышка.

Митохондрии. Всеобщее распространение митохондрий в животном и растительном мире указывают на важную роль, которую митохондрии играют в клетке. Митохондрии имеют форму сферических, овальных и цилиндрических телец, могут быть нитевидной формы. Размеры митохондрий 0,2-1мкм в диаметре, до 5-7мкм в длину. Длина нитевидных форм достигает 15-20мкм. Количество митохондрий в клетках различных тканей неодинаково, их больше там, где интенсивны синтетические процессы (печень) или велики затраты энергии. Основная функция митохондрий – синтез АТФ.

Пластиды являются основными цитоплазматическими органеллами клеток автотрофных растений.

Классификация пластид по окраске и выполняемой функции подразумевает деление этих органоидов на три типа: хлоропласты, лейкопласты и хромопласты.

Хлоропласты – это зеленые пластиды высших растений, содержащие хлорофилл – фотосинтезирующий пигмент.

Хромопласты – пластиды, окраска которых бывает желтого, оранжевого или красного цвета, что обусловлено накоплением в них каротиноидов.

Лейкопласты представляют собой бесцветные пластиды, основная функция которых обычно запасная.

Все виды пластид имеют общее происхождение и способны переходить из одного вида в другой.

3. Эукариотические и прокариотические клетки, вирусы, бактерии.

Бактерии представляют собой типичные прокариотические клетки. Они живут повсюду: в воде, в почве, в пищевых продуктах. Они обитают в

самой глубокой котловине в океане и на высочайшей горной вершине Земли – Эвересте, их находят во льдах Арктики и Антарктиды, в подземных источниках горячих вод, верхних слоях атмосферы. Уже этот перечень условий обитания показывает, какой высокой степенью приспособленности обладают прокариотические организмы, несмотря на простоту своего строения. Бактерии представляют собой примитивные формы жизни, и можно предположить, что они относятся к тому типу живых существ, которые появились на самых ранних этапах развития жизни на Земле. По-видимому, первоначально бактерии жили в морях; от них, вероятно, и произошли современные микроорганизмы. Человек познакомился с миром микробов сравнительно недавно, лишь после того, как научился изготавливать линзы (XVII в.), дающие достаточно сильное увеличение.

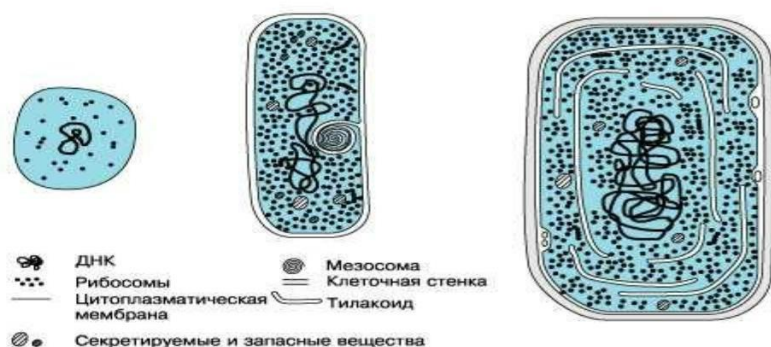


Рисунок 1.1 – Схема строения прокариотических клеток

Остановимся на особенностях строения клетки бактерий (рис. 1.1). По форме выделяют шаровидные клетки – кокки, вытянутые – палочки, или бациллы, и извитые – спираиллы (рис. 1). В зависимости от того, к какому виду относятся микроорганизмы, они существуют или по отдельности, или образуют характерные скопления. Например, стрептококк, вызывающий воспалительные заболевания у человека и животных, образует цепочки из нескольких бактериальных клеток, стафилококк, поражающий дыхательные пути у детей, растет в виде образований, напоминающих кисть винограда.

По своим физиологическим свойствам бактерии довольно разнообразны. Они могут жить или только в аэробных, или только в анаэробных условиях, или в тех и других. Необходимую им энергию они получают в процессе дыхания, брожения или фотосинтеза. Многие бактерии паразитируют в организме животных или растений, вызывая у них заболевания. Сравнительно недавно были открыты бактерии, паразитирующие на других бактериях (рис. 1.2).

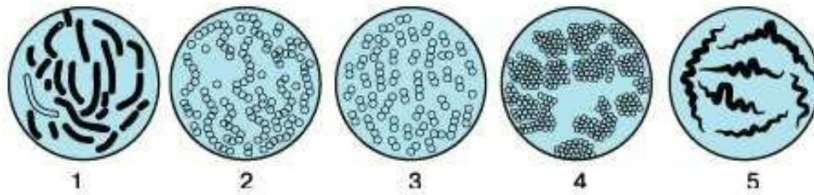


Рисунок 1.2 – Форма и взаимное расположение бактерий:

1 – палочки, 2-4 – кокки, 5 – спириллы

Основная особенность строения бактерий – отсутствие ядра, ограниченного оболочкой. Наследственная информация у бактерий заключена в одной хромосоме. Бактериальная хромосома, состоящая из одной молекулы ДНК, имеет форму кольца и погружена в цитоплазму. ДНК у бактерий не образует комплексов с белками, и поэтому подавляющее большинство наследственных задатков – генов, входящих в состав хромосомы, «работает», то есть с них непрерывно считывается наследственная информация.

Бактерии размножаются *делением надвое*. После редупликации кольцевой хромосомы и удлинения клетки постепенно образуется поперечная перегородка, а затем дочерние клетки расходятся или остаются связанными в характерные группы – цепочки, пакеты и т. д. Иногда размножению предшествует половой процесс, сущность которого заключается в возникновении новых комбинаций генов в бактериальной хромосоме.

Многим бактериям свойственно *спорообразование*. Споры возникают, как правило, когда ощущается недостаток в питательных веществах или когда в среде в избытке накапливаются продукты обмена. Спорообразование начинается с отшнуровывания части цитоплазмы от материнской клетки. Отшнуровавшаяся часть содержит хромосому и окружена мембраной. Затем спора окружается клеточной стенкой, нередко многослойной. Процессы жизнедеятельности внутри спор практически прекращаются. Споры бактерий в сухом состоянии очень устойчивы. В таком состоянии они сохраняют жизнеспособность многие сотни и даже тысячи лет, выдерживая резкие колебания температуры. Примером этого могут служить споры, обнаруженные в древних захоронениях (мумии древних египтян, запасы пищевых продуктов в различных пещерах), при стерильном бурении льдов, окружающих Южный полюс. Попадая в благоприятные условия, споры преобразуются в активную бактериальную клетку. Ученые-микробиологи вырастили колонии микроорганизмов из спор, оказавшихся в образце льда, возраст которого 10–12 тыс. лет.

Споры болезнетворных бактерий, в покоящемся состоянии пролежавшие многие годы в земле, попадая в воду, они могут служить причиной возникновения вспышек инфекционных заболеваний. Так, например, па-

лочки сибирской язвы сохраняют жизнеспособность, оставаясь в виде спор в течение более чем 30 лет. Таким образом, спорообразование у прокариот является этапом жизненного цикла, обеспечивающим переживание неблагоприятных условий окружающей среды. Кроме этого в состоянии спор может происходить распространение микроорганизмов при помощи ветра и другими способами.

Эукариотическая клетка. Эукариотические клетки самых разнообразных организмов – от простейших (корненожки, жгутиковые, инфузории и др.) до высших растений и животных – отличаются и сложностью и разнообразием строения (рис. 1.3). На рисунке представлены эукариотические клетки как одноклеточных (14 – амеба, 15 – сувойка, 16 – эвглена зеленая), так и многоклеточных – растений (1–6) и животных (7–13). Типичной клетки в природе не существует, но все эукариотические клетки гомологичны и у тысяч различных типов клеток можно выделить общие черты строения, характерные для клеток представителей различных царств живой природы. Каждая клетка состоит из двух важнейших, неразрывно связанных между собой частей – цитоплазмы и ядра.

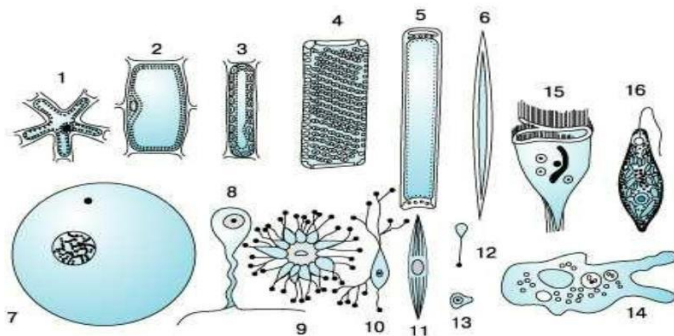


Рисунок 1.3 – Клеточная теория строения организмов

Клетка служит основой строения растений и животных. Клетка – это элементарная биологическая система, способная к самообновлению, самовоспроизведению и развитию. Сама клетка, точнее клеточная оболочка, была открыта в XVII в. английским физиком Р. Гуком. Рассматривая под микроскопом срез пробки, Гук обнаружил, что она состоит из ячеек, разделенных перегородками. Эти ячейки он назвал клетками. Долгое время главной частью клетки считали ее оболочку. Лишь в XIX в. ученые обратили внимание на полужидкое студенистое содержимое, заполняющее клетку. В 1831 г. английский ботаник Б. Броун обнаружил в клетках ядро. Это открытие послужило важной предпосылкой для установления сходства между клетками растений и животных. Немецкий ботаник М. Шлейден доказал, что в любой растительной клетке есть ядро. В конце 30-х годов XIX в. немецкий физиолог Т. Шванн, тщательно исследовав строе-

ние живых организмов, обнаружил, что, хотя клетки животных очень разнообразны и отличаются от растительных, ядра всех клеток очень сходны. Обобщив имевшиеся в то время данные о строении животных и растений, Шванн пришел к заключению, что клетка – главная структурная единица всех живых организмов и что образование клеток обуславливает рост и развитие тканей. Клеточная теория строения была сформулирована и опубликована Т. Шванном в 1839 г. В настоящее время основные положения клеточной теории формулируются следующим образом:

- 1) клетка является структурно-функциональной единицей, а также единицей развития всех живых организмов;
- 2) клеткам присуще мембранное строение;
- 3) ядро – главная составная часть клетки;
- 4) клетки размножаются только делением;
- 5) клеточное строение организма – свидетельство того, что растения и животные имеют единое происхождение.

Клеточный цикл. В жизни клетки наступает рано или поздно момент, когда она начинает делиться. Правда, некоторые клетки со временем утрачивают эту способность, в частности, клетки центральной нервной системы, но все же это исключение из правила.

Время существования клетки от окончания одного деления до начала нового деления называют клеточным циклом. Смысл клеточного деления состоит в равномерном распределении наследственного материала между двумя новыми клетками.

У прокариотических организмов – бактерий и цианобактерий – после удвоения, молекулы ДНК разносятся в разные участки клетки. Затем образуется клеточная перетяжка и каждая молекула ДНК, (кольцевая хромосома) оказывается в новой клетке.

У ядерных, эукариотических организмов сложился более сложный тип деления – *митоз*. В ряде случаев, главным образом, при раковом перерождении, клетка делится без образования хромосом. Такой тип деления называется *амитоз*. Для образования половых клеток существует особый процесс деления *мейоз*.

Митоз характерен для большинства эукариотических клеток. При этом процессе хроматин вначале упаковывается в хромосомы. В полном хромосомном наборе большинства эукариотических организмов каждая хромосома представлена дважды. Одна получена от отца, а другая – от матери. Стало быть, у человека 23 хромосомы получены от отца, а другие 23 – от матери. Хромосомы содержат гены. В данном случае, *гены – это участки хромосом, отвечающие за какую-нибудь деталь строения тела, биохимический или физиологический процесс.*

Сходные по строению и составу генов хромосомы называются гомологичными. Хромосомный набор, содержащий по две гомологичные хро-

мосомы, называется *диплоидным*.

Митоз. Период между делениями клетки называется *интерфаза*. Непосредственно делению клетки предшествует подготовительный период, во время которого происходит синтез белков и удвоение ДНК.

Процесс митоза проходит несколько фаз. Первая фаза митоза называется – *профаза*. На стадии профазы хромосомы в ядре становятся различными в световом микроскопе. Они вначале представляют собой тонкие двойные нити, которые постепенно укорачиваются и утолщаются. Каждая хромосома состоит из двух *хроматид*, которые соединяются перетяжкой – *центромерой*.

Вторая стадия митоза называется *метафаза*. Хромосомы выстраиваются по экватору деления. В метафазе происходит удвоение центромеры. Это тем более важно, так как центромера – это часть хромосомы, которая контролирует её движение во время деления.

Третья стадия называется *анафаза*. На этой стадии центромеры отталкиваются, а хромосомы, ставшие дочерними хромосомами расходятся к полюсам деления. Движение это осуществляется с помощью *веретена деления*. Это нити, состоящие из сократительных белков. Они образуются из клеточного органоида, называемого *клеточный центр*.

Четвертая стадия называется *телофаза*. Дочерние хромосомы деспирализуются разбухают и постепенно становятся невидимыми. Каждый набор дочерних хромосом окружается ядерной мембраной и становится ядром дочерней клетки.

Биологический смысл митоза в том, что в результате этого процесса образуются две дочерние клетки с абсолютно идентичными наборами хромосом. Таким образом, генетическая информация передается от родительской клетки к дочерней.

Продолжительность митоза различна в различных тканях и клетках одного и того же организма и колеблется от 10 минут до нескольких часов.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем заключается принципиальное отличие в строении прокариотических и эукариотических клеток?
2. Какова роль бактерий в природе?
3. В чем заключается значение и экологическая роль прокариот?

ТЕМА 2 ОРГАНИЗМ. РАЗМНОЖЕНИЕ И ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ.

План:

1. Способы размножения организмов: бесполое, вегетативное и половое
2. Значение размножения для вида в целом

1. Способы размножения организмов: бесполое, вегетативное и половое. Способность к размножению – одна из важнейших особенностей

живого. В процессе размножения происходит передача генетического материала от родителей потомкам. Значение размножения для вида в целом состоит в непрерывном восполнении количества особей данного вида, умирающих по различным причинам. Кроме того, размножение позволяет в благоприятных условиях увеличить количество особей.

В одних случаях размножение происходит непрерывно в течении всей жизни организма, в других – только один раз. Иногда размножение начинается после прекращения роста особи, а иногда оно возможно и в процессе роста. Способы размножения можно разделить на три группы: бесполое, вегетативное и половое. Нередко первые две формы объединяют в бесполое размножение в общем смысле этого слова.

При бесполом размножении имеется только один родитель. В результате образуется потомство (клон), генетически идентичное родителю; только в результате случайных мутаций генетический материал может измениться.

Одноклеточные организмы размножаются посредством деления (митоза). У споровиков практикуется множественное деление (шизогония), когда одна клетка образует множество дочерних клеток. Бактерии, протисты, грибы и растения могут образовывать споры – одноклеточные репродуктивные единицы. Они могут развиваться внутри особых спорангиев (у водорослей и низших грибов) или на поверхности ответвления таллома (у высших грибов). У водных растений споры подвижны. Спора состоит из ядра и цитоплазмы и содержит лишь минимально необходимый запас питательных веществ; из-за этого споры часто гибнут, попадая в неблагоприятные условия. Однако это с лихвой компенсируется огромным количеством образующихся спор и их микроскопическими размерами, благодаря которым они легко переносятся ветром, водой и животными. Отметим также, что многие организмы способны производить и половые споры.

Вегетативное размножение отличается от бесполого тем, что начало новому организму даёт не одна клетка, а многоклеточные зачатки, иногда сложно дифференцированные. Вегетативное размножение осуществляется в самых различных формах.

Почкование. Новая особь образуется в виде выроста (почки) на теле родителя, а затем отделяется от него, превращаясь в самостоятельный организм. Почкование встречается у губок, кишечнополостных, мшанок, некоторых растений, одноклеточных дрожжей.

Фрагментация. Разделение особи на несколько частей, каждая из которых растёт и образует новую особь. Тесно связана с **регенерацией** – способностью восстанавливать утраченные органы и части тела. Фрагментами могут размножаться нитчатые водоросли, многие черви, иглокожие, оболочники.

Собственно вегетативное размножение. От растения отделяется относительно большая дифференцированная часть, которая развивается в самостоятельное растение. Обычно растение образует структуры, специально

предназначенные для вегетативного размножения; нередко в них запасаются питательные вещества, позволяющие растению перезимовать или перенести засуху. Среди подобных структур можно выделить следующие:

луковица (лук, тюльпан) состоит из короткого стебля и мясистых листьев, а сверху покрыта остатками прошлогодних листьев; содержит в себе одну или несколько дочерних луковиц, каждая из которых может образовывать побег;

клубнелуковица (гладиолус, крокус) в отличие от луковицы представляет собой вздутое основание стебля; мясистые листья отсутствуют;

клубень (картофель, георгины) – это корневое или стеблевое утолщение; из пазушных почек на них развиваются новые особи. В отличие от клубнелуковиц клубни зимуют только один раз, после чего ссыхаются;

корневище (валериана, астра) – это подземный стебель, растущий горизонтально; он может быть толстым и коротким, может быть тонким и длинным. Корневище несёт на себе листья и почки;

корнеплод (репа, морковь) представляет собой утолщённый главный корень, в котором содержится большое количество питательных веществ;

столон (крыжовник, смородина) – это ползучий горизонтальный стебель, стелющийся по почве. Столон не предназначен для зимовки;

ус (земляника, лютик) – разновидность stolона; ус растёт относительно быстро и несёт листья с почками, которые дают начало придаточным корням и новым растениям;

В вегетативном размножении могут участвовать и неспециализированные структуры, например, черенки. Это части растения, которые в подходящих условиях могут пускать корни, превращаясь в самостоятельные растения.

2. Значение размножения для вида в целом. Как уже упоминалось выше, существуют две основные формы размножения

При *половом размножении* образуются особые клетки – гаметы. Гаметы отличаются от клеток тела тем, что имеют гаплоидный, то есть половинный набор хромосом. Например, если в клетках тела человека содержится 46 хромосом, то в гаметах их всего – 23. Биологический смысл полового размножения состоит в создании новых комбинаций генов.

Гаметы образуются в процессе гаметогенеза. В основе этого процесса лежит особый способ деления *мейоз*. Мейоз – это способ деления, в результате которого число хромосом, свойственное клеткам тела, уменьшается вдвое.

Мейозу предшествует *интерфаза*, в результате которой количество ДНК в клетке возрастает вдвое. Каждая хромосома удваивается и состоит из двух хроматид. Хроматиды впоследствии станут сестринскими хромосомами.

Мейоз состоит из двух последовательных делений. Чтобы отличить первое деление от второго, фазы первого деления обозначают цифрой 1, а

второго деления цифрой 2. Таким образом, первое деление мейоза состоит из *профазы 1*, *метафазы 1*, *анафазы 1* и *телофазы 1*.

Профаза 1 очень сложна и состоит из ряда последовательных стадий подготовки хромосом к делению. Во время профазы 1 происходит синхронизация гомологичных хромосом. Результатом этого процесса является обмен участками между гомологичными хромосомами, называемый **перекрестом** или *кроссинговером*. При этом гомологичные хромосомы образуют так называемые тетрады, когда обмен идет фактически между 4 хромосомами.

В *метафазе 1* хромосомы выстраиваются по экватору. При этом расположение материнских и отцовских хромосом гомологичных пар и по отношению к полюсам деления часто случайно и не зависит от положения других пар.

В *анафазе 1* гомологичные хромосомы отделяются друг от друга и расходятся к противоположным полюсам. Каждая хромосома на этой стадии состоит из двух дочерних хроматид. Причем, направление движения каждой гомологичной пары не зависит от направления других. Это способствует комбинированию хромосом отцовского и материнского наборов.

Телофаза 1 завершает первый этап мейоза. Образовавшиеся ненадолго дочерние ядра несут гаплоидный набор хромосом. При этом каждая хромосома все ещё состоит из двух хроматид. Сущность второго деления мейоза, как раз и состоит, в разделении этих хроматид.

В промежутке между первым и вторым делением мейоза, называемом интеркиномом, удвоения ДНК не происходит. После очень короткой *профазы 2* наступает *метафаза 2*, где хромосомы выстраиваются по экватору. Они представляют собой гаплоидный набор хромосом, но все ещё состоят из двух сестринских хроматид. В *анафазе 2* происходит разделение сестринских хроматид и они, наконец, становятся отдельными хромосомами. Эти хромосомы расходятся к полюсам деления. Второе деление мейоза завершается образованием гаплоидных ядер и половых клеток *гамет*.

Таким образом, в процессе мейоза происходит *редукция хромосомного набора*. Этот процесс необходим для того, чтобы при оплодотворении и слиянии гамет происходило восстановление исходного набора хромосом, характерного для клеток тела. Мейоз обеспечивает также расширение спектра комбинативной изменчивости.

У особей мужского пола все четыре гаплоидные клетки, образовавшиеся в результате мейоза, в дальнейшем преобразуются в гаметы – сперматозоиды. У особей женского пола вследствие неравномерного мейоза лишь из одной клетки получается жизнеспособное яйцо. Три другие дочерние клетки гораздо мельче, они превращаются в так называемые направительные тельца, вскоре погибающие.

Биологический смысл образования только одной яйцеклетки и гибели трех направительных телец обусловлен необходимостью сохранения в одной клетке всех запасных питательных веществ, которые понадобятся для развития будущего зародыша.

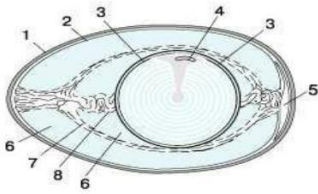


Рисунок 2.1 – Схема строения куриного яйца:
 1 – скорлупа, 2 – подскорлуповая оболочка,
 3 – желток, 4 – зародышевый диск,
 5 – воздушная камера, 6 – белковая оболочка,
 7 – балбовые волокна, 8 – халаза (канатик)

В зависимости от количества желтка в яйцеклетке женские гаметы подразделяют на ряд типов. У ланцетника желтка мало и он практически равномерно распределяется по всей цитоплазме, а у рептилий и птиц желтка очень много, и он сконцентрирован у одного из полюсов клетки. Этот полюс получил название *вегетативного* (питающего). Другой полюс, где желтка мало, несет ядро клетки и называется *анимальным*.

Период формирования состоит в приобретении клетками определенной формы и размеров, соответствующих их специфической функции.

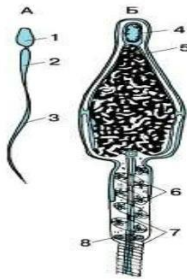


Рисунок 2.2 – Строение сперматозоида млекопитающего:

А – общий вид, Б – схема строения:

1 – головка, 2 – шейка, 3 – хвост, 4 – аппарат Гольджи,
 5 – ядро, 6 – митохондрии, 7 – жгутик, 8 – центриоль

Женские половые клетки в процессе созревания покрываются оболочками и готовы к оплодотворению непосредственно после завершения мейоза, а часто и до полного его окончания. Во многих случаях, например у пресмыкающихся и птиц, за счет деятельности клеток, окружающих яйцеклетку, вокруг нее возникает ряд дополнительных оболочек (рис. 2.1). Их функция заключается в защите яйцеклетки и развивающегося зародыша от внешних неблагоприятных воздействий. Через наружные оболочки свободно проникает внутрь воздух, но вирусы и бактерии, в особенности через оболочки птичьих яиц, не проходят.

Функция сперматозоидов состоит в доставке в яйцеклетку генетической информации и стимуляции ее развития. В связи с этим после завершения мейоза половая клетка подвергается и глубокой перестройке. Аппарат Гольджи располагается на переднем конце головки, преобразуясь в концевое тельце – *акросому*, выделяющую *ферменты*, растворяющие мембрану яйца. Митохондрии компактно упаковываются вокруг появившегося жгутика, образуя шейку. Сформированный сперматозоид содержит также *центриоль* (рис. 2.2).

Сперматозоиды животных, относящихся к другим классам, могут

иметь иные особенности строения в отдельных деталях, однако общий принцип организации у них един.

Осеменение и оплодотворение. Большинству водных животных и организмам, размножение которых неразрывно связано с водной средой, например рыбам и амфибиям, свойственно внешнее осеменение. Эти животные в период размножения выделяют половые продукты – яйцеклетки и сперматозоиды – в воду, где происходит оплодотворение. У животных, обитающих на суше, развиваются наружные половые органы, обеспечивающие перенос семенной жидкости из половых путей самца в половые пути самки, где и наступает оплодотворение. Это внутреннее осеменение.

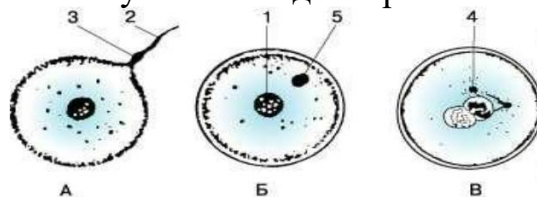


Рисунок 2.3 – Схема оплодотворения: А – слияние сперматозоида с яйцеклеткой, Б – ядро сперматозоида в цитоплазме зиготы: 1 – женское ядро, 2 – сперматозоид, 3 – воспринимающий бугорок, 4 – центриоль, 5 – мужское ядро, В – первое деление зиготы

При осеменении всегда выделяется большое количество сперматозоидов. Необходимость избыточного количества сперматозоидов, участвующих в осеменении, заключается в том, что сперма создает определенную химическую среду, без которой оплодотворение становится невозможным.

Оплодотворение представляет собой процесс слияния сперматозоида с яйцеклеткой, в результате чего возникает первая – одноклеточная стадия развития зародыша – стадия *зиготы*. При этом в зиготе восстанавливается характерный для данного вида диплоидный набор хромосом. Очень часто оплодотворение наступает сразу после осеменения. Однако известны случаи, когда между этими событиями проходит значительное время. У летучих мышей при осеннем спаривании яйца не оплодотворяются и сперматозоиды перезимовывают в половых путях самки. Оплодотворение осуществляется весной, когда созревают яйцеклетки. Иногда после оплодотворения развитие зиготы быстро прекращается и возобновляется лишь через несколько месяцев. Это связано с тем, что период деторождения и воспитания молодых животных приурочен, как правило, к наиболее благоприятному сезону – концу весны и началу лета.

Необычные формы полового размножения у животных.

Однако у некоторых видов животных воспроизведение нового поколения осуществляется с помощью необычных разновидностей полового размножения: *гиногенеза, андрогенеза и партеногенеза*.

Гиногенез и андрогенез – это формы полового размножения, при которых происходит сингамия и не происходит кариогамия.

При гиногенезе сперматозоид после проникновения в клетку гибнет, и развитие происходит за счет ядра яйцеклетки. Так происходит размножение, например, у рыбки молинезии. При андрогенезе, напротив сохраняется ядро сперматозоида и за счет него идет развитие зародыша. Такой тип развития известен у некоторых видов тутового шелкопряда.

Партеногенез – это форма полового размножения, при котором зародыш развивается вовсе без оплодотворения. Такой тип размножения называют также девственным размножением. Надо отметить, что речь идет именно о половом типе размножения, так как размножение происходит из половых клеток.

Различают партеногенез естественный и искусственный.

У многих видов животных и растений естественный партеногенез может быть случайной формой размножения, при которой зародыш оказывается мало жизнеспособным и редко достигает взрослого состояния. У некоторых видов живых существ существуют популяции, состоящие только из особей женского пола, которые размножаются путем партеногенеза. Наблюдается также чередование партеногенетических поколений и обычных. Например, у тлей поколения, состоящие только из самок, чередуются с поколениями состоящими из самцов и самок.

Цитологические механизмы партеногенеза различны. У одних видов яйцеклетка образуется обычным путем, и все клетки партеногенетического организма состоят из гаплоидных клеток. Так, например, у пчел развиваются самцы-трутни. Есть виды, у которых гаплоидная яйцеклетка сливается с одной из клеток тела и приобретает диплоидный набор хромосом. У третьих яйцеклетка образуется без мейоза и сохраняет диплоидный, а иногда и полиплоидный набор хромосом.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие два основных типа размножения существуют в природе?
2. Докажите, что размножение – одно из важнейших свойств живого?
3. Каково значение в природе полового и бесполого размножения?
4. У каких организмов существует двойное оплодотворение?
5. Каково значение искусственного оплодотворения в растениеводстве и животноводстве?
6. Какие существуют примеры постэмбрионального развития организма?
7. Как образ жизни матери во время беременности влияет на здоровье будущего ребенка?

ТЕМА 3. ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ

План:

1. Рождение генетики. Законы Менделя.
2. Хромосомная теория наследственности.
3. Основные методы генетики человека.

1. Рождение генетики. Законы Менделя. Наиболее удивительное свойство живой клетки – это её способность к передаче наследственных признаков потомству. *Наука, изучающая материальные основы наследственности и изменчивости называется генетикой.* Основателем генетики является чешский ученый *Грегор Мендель*. В 1865 году Мендель сформулировал законы, которые затем были названы его именем.

До Менделя были известны методы скрещивания живых существ, когда в результате получались животные и растения с признаками обоих родителей. Такие живые существа назывались и называются, по сей день - *гибридами*. Раньше считалось, что в гибридах признаки родителей просто и равномерно перемешаны.

Мендель усовершенствовал гибридологический метод: во-первых, он применил впервые математические методы обработки данных, что было не характерно для биологии 19 века; во-вторых, он очень удачно выбрал объект исследований – горох. Горох – самоопылитель, поэтому многие его сорта являются весьма чистыми генетическими линиями.

В своих опытах Мендель использовал сорта гороха, которые отличались по хорошо различимым признакам: цвет и форма семян, длина стебля, цвет и форма цветов и другие. Главное, что он изучал, как наследуется каждый конкретный признак, а не все сразу.

Он обнаружил следующее. В первом поколении гибридов(F1) все растения походили на одного из родителей. Например, при скрещивании сортов с зелёными и желтыми семенами все растения имели желтый цвет. Признак, который проявлялся в первом поколении гибридов, Мендель назвал *доминантным*, а который не проявлялся – *рецессивным*.

Смысл этих результатов стал ясен, когда Мендель получил второе поколение гибридов(F2), скрестив растения первого поколения. При этом оказалось, что во втором поколении у 75% потомков проявились доминантные признаки, у 25% - рецессивные. По каждому из семи изученных признаков во втором поколении гибридов было получено соотношение доминантных признаков к рецессивным **3:1**. От скрещивания растений второго поколения с рецессивными признаками в третьем поколении(F3) были получены растения только с рецессивными признаками. Потомство растений с доминантными признаками расщепилось по проявлению при-

знаков: $1/3$ дала потомство исключительно с доминантными признаками, а $2/3$ – смешанное потомство, в котором соотношение числа растений с доминантными и рецессивными признаками составило 3:1.

Первый закон Менделя формулируется так. В потомстве, полученном от скрещивания гибридов первого поколения, наблюдается явление расщепления: четверть гибридов имеет рецессивный признак, три четверти – доминантный.

Гипотеза чистоты гамет. В науке важно не только получить данные, но и правильно их объяснить. Заслуга Г. Менделя в том, что он правильно интерпретировал полученные результаты, опередив современную ему науку на 35 лет. Объяснение Менделя называют часто «*гипотезой чистоты гамет*», чем подчеркивают главную идею, положенную в это объяснение. В современных терминах основные положения этой гипотезы звучат так.

1. Из поколения в поколение передаются не признаки, а гены, контролирующие их развитие.

2. Развитие каждого признака контролируется двумя генами: один из них от отца, а другой от матери. Два таких гена называют *аллельными*. Аллели могут быть тождественными, как это имеет место у родителей, происходящих из стабильных и проверенных в течение многих поколений чистых линий. Особи, у которых аллельные гены одинаковы, называются *гомозиготными*. Гены гибрида различны, чаще всего проявляется только один из них - доминантный, реже возможно промежуточное наследование. Особи, у которых аллельные гены различны, называют – *гетерозиготами*.

1. Два различных гена гибрида – доминантный и рецессивный – существуют в нём, не сливаясь, не смешиваясь и не разбавляясь. Передача генов последующим поколениям не зависит от того, осуществил ли ген свое действие в развитии особи или контролируемый им признак оказался подавленным.

2. При образовании половых клеток гибрида в каждую гамету попадает только один ген из каждой аллельной пары. Гаметы с рецессивными и доминантными генами образуются в равном числе и обладают равной жизнеспособностью. Встреча и слияние гамет при оплодотворении не зависят от задатков, которые они несут.

Совокупность внешних признаков, которыми проявляются гены, называют *фенотипом*, а генетическую конституцию *генотипом*.

Второй закон Менделя. Мендель провел опыты по скрещиванию сортов гороха, отличающихся более чем одним признаком. Если первую серию опытов принято называть *моногибридным* скрещиванием, то эти опыты принято называть *дигибридным* скрещиванием. Как и в первой серии опытов, он использовал две чистые линии, которые при самоопылении давали потомство тождественное родительской форме. Одна из скрещиваемых линий имела круглые желтые семена, а другая – морщинистые, зелёные. Поскольку гены, определяющие круглую форму и желтый цвет семян, доминируют, то всё потомство в первом поколении гибридов имело жел-

тые и круглые семена. Однако при скрещивании гибридов первого поколения между собой во втором поколении происходило расщепление признаков и наряду с исходными формами – желтыми, гладкими и зелеными, морщинистыми – появились смешанные фенотипы – желтые, морщинистые и зеленые, гладкие.

И эти результаты Мендель смог объяснить, исходя из предположения о существовании генов. Для этого ему пришлось сделать допущение, что при образовании половых клеток гены разных аллельных пар передаются независимо друг от друга. Соотношение между фенотипами во втором поколении дигибридного скрещивания было следующим: 9 (круглые, желтые): 3 (круглые, зеленые): 3 (морщинистые, желтые): 1 (зеленые, морщинистые).

Этот феномен независимого распределения получил название *второго закона Менделя*. Его формулируют так. *Расщепление в каждой паре генов идет независимо от других пар генов.*

Поэтому дигибридное скрещивание можно рассматривать как два независимых моногибридных. Правда в дальнейшем мы сможем убедиться, что существует масса исключений из этого правила, которые подтверждают этот закон.

Генетическая терминология. Разберемся теперь с терминами и символами, которые используют в современной генетике. Доминантные гены принято обозначать большими буквами латинского алфавита, а рецессивные - малыми. Например, ген, контролирующий желтую окраску семян, обозначается буквой **A**, а ген, контролирующий зеленую окраску **a**. Доминантный генотип будет обозначаться, соответственно, **AA**, а рецессивный – **aa**. Родители в генетике обозначаются латинской буквой **P**, гибриды первого поколения, соответственно, **F1**, а второго – **F2**.

Схема моногибридного скрещивания, характерного для первого закона Менделя будет выглядеть так.

Моногибридное скрещивание.

P **AA X aa**
 A ↓ a
F1 **Aa**

F2

гаметы	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Показанная выше схема была предложена английским математиком Пеннетом и называется решеткой Пеннета. Исходные формы, имеющие одинаковые аллели называются гомозиготными, а гибриды гетерозиготными.

Нетрудно убедиться, что по фенотипу мы будем наблюдать типичное менделевское распределение 3:1, а по генотипам 1:2:1. Такое распределе-

ние наблюдается и по фенотипам в случае неполного доминирования, когда гетерозиготы имеют свои фенотипы.

Для дигибридного скрещивания схема выглядит сложнее.

Дигибридное скрещивание.

P **AABB * aabb**
G **AB ↓ ab**
F1 **AaBb**

F2

Гаметы	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Из данной схемы видно, что распределение по фенотипам 9:3:3:1, а по генотипам 1:2:2:4:1:2:1:2:1. *Рекомендуемые темы для семинарских занятий*

1. Гибридологический метод. Первый закон Менделя.
2. Гипотеза чистоты гамет.
3. Второй закон Менделя.

2. Хромосомная теория наследственности. *Работы Т. Моргана и его школы.* Впервые идею связи между хромосомами и генами выдвинул в 1903 году американский ученый Сэттон. Он предположил, что диплоидные наборы хромосом состоят из двух сходных гаплоидных наборов, и что в процессе мейоза каждая гамета получает только одну хромосому из каждой пары гомологов. Сэттон считал, что гены являются частью хромосом, и с этой точки зрения истолковал результаты Менделя.

Дальнейшее развитие классической генетики связано со школой знаменитого американского биолога Томаса Моргана. Существование разных форм одного и того же гена – аллелей – заставило исследователей задуматься над вопросом, как эти формы возникают. Одна из гипотез утверждает, что гены могут изменяться, то есть мутировать, в результате чего и появляются новые (мутантные) аллели. Эту гипотезу и подвергли серьезной проверке Т. Морган и его ученики.

Объектом их исследований стала плодовая мушка дрозофила. Она, как объект исследований имеет ряд особенностей, выгодных для генетиков. Во-первых, она очень быстро размножается в лабораторных условиях, давая раз в две недели новое поколение особей. Во-вторых, эти мухи имеют большое число хорошо заметных мутаций. В-третьих, число хромосом у этих мух в диплоидном наборе всего 8, что облегчает создание генных карт. В-четвертых, в слюнных железах этих мух были обнаружены гигантские хромосомы, благодаря которым удалось изучить структуру хромосом.

Морган и его ученики, прежде всего, показали, что Сэттон прав, что гены, действительно, находятся в хромосомах. Пожалуй, самыми впечатляющим открытием, сделанным Морганом было открытие явления кроссинговера.

В основе второго закона Менделя лежит механизм независимого распределения хромосом в процессе мейоза. Гены, содержащиеся в разных хромосомах, могут попасть в разные гаметы и поэтому наследуются случайным образом, давая классическое распределение 9:3:3:1. Однако когда исследователям удалось выделить достаточное количество мутантных генов, они обнаружили, что второй закон Менделя исполняется далеко не всегда. В тех случаях, когда гены находились в одной хромосоме, классическое распределение нарушалось. В то же время Морган показал, что сцепление генов в одной хромосоме не всегда полное. Вероятность того, что два гена разойдутся в процессе мейоза, колеблется от 100% до 50%. Это обстоятельство прямо указывает на наличие механизма, с помощью которого гомологичные хромосомы могут обмениваться генами. Такой механизм получил название *кроссинговера*. Кроссинговер происходит в первой профазе мейоза во время конъюгации. Цитологический механизм кроссинговера еще до конца не ясен, но Морган показал, что чем ближе на хромосоме расположены два гена, тем теснее они сцеплены между собой. Естественно, чем дальше друг от друга гены, тем меньше сцепление. При этом было сделано предположение, что гены в хромосомах расположены линейно. Это дало возможность построить своеобразные генные карты хромосом, на которых указано взаимное расположение генов. За единицу расстояния на этой карте принимается 1% рекомбинации или 1 морганида. Таким образом, были составлены полные генные карты дрозофилы и некоторых других видов живых существ.

Взаимодействие генов. Другое существенное отклонение от 2 закона Менделя наблюдается при взаимодействии генов, Геном – это не отдельные гены, составляющие механическую смесь, а единая и сложная система взаимозависимых единиц наследственности.

В случае взаимодействия генов между собой наблюдаются изменения классического соотношения по фенотипам 9:3:3:1.

Существуют разные формы взаимодействия генов между собой: комплементарность (дополнительность), эпистаз, полимерия, и множественное действие гена – плеiotропный эффект.

Комплементарным или дополнительным называется такое взаимодействие неаллельных генов, в результате которого появляется совсем новый признак не определявшийся ни одним, ни другим геном. Например, при скрещивании двух рас белоцветного гороха появляется потомство с пурпурными цветами. Причем, в первом поколении наблюдаются растения только с пурпурными цветками, а во втором поколении наблюдалось необычное соотношение 9 пурпуроцветных к 7 белоцветным растениям. Это может наблюдаться только в том случае, когда за появление пурпурной

окраски отвечают два гена, причем, оба в доминантном состоянии. Отсутствие одного из этих генов в доминантном состоянии или обоих генов вызывает белую окраску.

Эпистаз – это явление, при котором наблюдается подавление одного гена другим ($A > B$). Классический пример окраска белых кур. В первом поколении все куры были белыми, а во втором наблюдалось соотношение 13 белых к 3 окрашенным курам. У этих последних ген, подавляющий окраску был в рецессивном состоянии.

Полимерия или полимерное действие гена заключается в воздействии нескольких генов на проявление одного признака. Чем больше таких генов в доминантном состоянии, тем сильнее проявление признака. Такого рода действие генов характерно для так называемых количественных признаков: *рост, вес, яйценоскость кур* и т. д. Многие морфологические признаки: окраска кожи у человека, форма стручков у пастушьей сумки – зависят от полимерии. Соотношение во втором поколении может быть 15: 1.

Множественное действие генов или плейотропный эффект – это действие одного гена на разные признаки. Ген белых глаз у дрозофилы влияет на развитие крыльев и полового аппарата. Чем раньше в процессе онтогенеза включается данный ген, тем сильнее его плейотропный эффект.

Генетика пола. Основные положения хромосомной теории. В 1890 году была обнаружена т. н. добавочная хромосома, которую мы называем Х. Биологическое значение этой хромосомы было выяснено американскими цитологами Вильсоном и Стивенсом. Оказалось, что эта хромосома определяет пол у многих живых существ. Наличие двух XX хромосом определяет женский пол у человека и других млекопитающих, а наличие в геноме особой хромосомы Y определяет мужской пол. Пол с одинаковыми половыми хромосомами называется *гомогаметным*, а с разными – *гетерогаметным*. Однако есть животные, у которых всё наоборот, то есть гетерогаметным является как раз женский пол, например, у птиц у самок хромосомы WZ, а у самцов ZZ. Первым мутантом, исследованным Морганом, были мухи с белыми глазами. опыты с этими мухами показали, что это признак передается потомству так же, как и X-хромосома. Оказалось, что ген, определяющий цвет глаз, находится в этой хромосоме. Так были открыты гены, сцепленные с полом. Поскольку ген «белых глаз» рецессивный, он проявляется главным образом у самцов, так как Y-хромосома не содержит альтернативного гена. Так же наследуется у человека, например, гемофилия и дальтонизм.

Кроме признаков, сцепленных с полом, существуют признаки, определяемые полом. Например, никогда не бывает безрогих быков, а коровы бывают. Ген «комолости» не сцеплен с половыми хромосомами, но зато выражается почти исключительно у самок. То же самое, но только в обратном смысле можно продемонстрировать на примере «гена лысости» у человека.

Результатом усилий различных школ генетиков явилось создание

хромосомной теории наследственности. Вот её главные положения.

1. Ген – единица наследственности и изменчивости, локализованная главным образом в хромосомах, а также иногда в цитоплазме.

2. Хромосомы сохраняют структурную и генетическую индивидуальность в течение всего жизненного цикла организма.

3. Гомологичные хромосомы в мейозе попадают в разные гаметы.

4. В зиготах хромосомный набор состоит из двух гомологичных групп материнского и отцовского происхождения.

5. Каждая хромосома играет специфическую роль в развитии особи. Гены в них расположены линейно и существуют в аллельных формах, по-разному влияя на фенотипическое проявление признака.

3. Основные методы генетики человека. Человек, как и все живые существа, подчиняется генетическим законам. Пример – это болезнь не свертывания крови – гемофилия. Она проявляется у мальчиков, а попадает к ним с X хромосомой матери. К наследнику русского престола царевичу Алексею этот ген попал от королевы Великобритании Виктории через императрицу Александру Федоровну.

Поскольку человек существо социальное, то и методы, которые обычно используют в генетике – скрещивание и гибридологический анализ – к нему применять нельзя. Поэтому в генетике человека пользуются косвенными методами. Рассмотрим их сущность.

1. *Генеалогический метод* заключается в изучении наследования свойств человека по родословным. Применим, если у исследуемого человека, называемого пробандом, имеются данные о предках. Его основное назначение – это установление типа наследования. При доминантном типе наследования, и если ген расположен в неполовых хромосомах – аутосомах, ген патологии реализуется в каждом поколении. Так проявляются болезни глаукома, косоглазие, отосклероз, кариес и другие. В случае рецессивного типа наследования патологический ген проявляется в гомозиготном генотипе через несколько поколений. Так наследуются диабет и шизофрения. Некоторые типы патологии сцеплены с полом.

2. *Близнецовый метод* особенно хорош при изучении взаимодействия генотипа и среды в формировании нормальных и патологических признаков. Известно, что существуют однояйцовые и разнояйцовые близнецы. Первые – в генетическом смысле почти одинаковые, а вторые похожи как обычные погодки. Во всяком случае, среда на однояйцовых близнецов оказывает почти одинаковое влияние, а на разнояйцовых это действие более разнообразно.

3. *Цитогенетический метод.* Этот метод основан на изучении кариотипа, то есть хромосомного набора и состояния хроматина. При помощи этого метода, например, показано, что болезнь Дауна (отставание в развитии, идиотия) связана с наличием в кариотипе лишней 21 хромосомы. Хорошо изучены патологии, связанные с половыми хромосомами: син-

дром Шерешевского- Тернера, синдром «агрессивности» и другие.

4. *Популяционный метод.* Задача этого метода изучить распространение генов в популяциях, основанное на математической обработке данных, Например, в 30-х годах в Москве среди мужчин было обнаружено 7% дальтоников, а среди женщин 0,5%, причем 13% женщин были носителями этого гена.

5. *Биохимический метод.* Этот метод основан на определении генетических нарушения метаболизма. Он особенно хорош в сочетании с методом забора околоплодной жидкости, что позволяет вовремя устранить заболевание.

6. *Генно-инженерный метод.* Эти методики позволяют выделять и манипулировать с генами. Во многих странах предлагают ввести запрет на эти эксперименты. Однако 23 января 2001 года Палата лордов английского парламента дала разрешение на такие опыты. Этим открывается новая страница в генетических исследованиях человека. Уже близок тот момент, когда многие неизлечимые ныне болезни будут побеждены человеческим разумом. Однако существует и явная опасность использования этих открытий в других целях.

Вопросы для самоконтроля?

1. Благодаря каким особенностям организации работы Г. Менделю удалось открыть законы наследования признаков?

2. Охарактеризуйте с генетических позиций понятия «гомозиготный» и «гетерозиготный» организм?

3. Каково биологическое значение обмена аллельными генами между гомологичными хромосомами?

4. Основные методы генетики человека.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ

План:

1. Различия наследственной и ненаследственной изменчивости.
2. Модификационная изменчивость
3. Мутационная изменчивость
4. Комбинативная изменчивость.
5. Генетика и селекция

1. Различия наследственной и ненаследственной изменчивости.

Изменчивость – процесс возникновения различий между особями одного или разных поколений. Различают изменчивость наследственную (генетическую) и ненаследственную (модификационную). Наследственная изменчивость проявляется во всём разнообразии индивидуальных различий – качественных и количественных – независимых друг от друга и

взаимосвязанных, приспособительных или вредных для организма.

Ненаследственная изменчивость возникает под непосредственным воздействием внешней среды, не приводящим к изменению генотипа. Пределы ненаследственной изменчивости определены нормой реакции организмов.

Таблица 3.1 – Формы изменчивости

Наследственная	Ненаследственная
Неопределенность – один и тот же фактор может вызвать изменения разных признаков в разных направлениях, разные внешние факторы могут вызвать одинаковые изменения.	Определенность – каждый внешний фактор вызывает изменения определенных признаков в определенных направлениях.
Степень изменения признака не зависит от силы или длительности действия внешнего фактора, вызвавшего изменение.	Степень изменения признака прямо пропорциональна силе и длительности действия внешнего фактора, вызвавшего изменение.
За редким исключением не имеют приспособительного значения.	Большая часть имеют адаптивное значение.
Постоянны – не исчезают в течение жизни.	Нередко обратимые изменения в течение жизни особи.
Наследуются	Не наследуются

2. Модификационная изменчивость. Модификационная изменчивость определяется нормой реакции. Крайние пределы модификационной изменчивости, её крайние проявления называются **нормой реакции**. Надо отметить, что пределы модификационной изменчивости могут быть достаточно широки, и иногда довольно трудно отличить их от наследственных изменений, особенно, если эти последние носят количественный характер (масса семян, размеры листьев, длина шерсти).

Чтобы определить пределы модификационной изменчивости используют методы количественного математического анализа. Для этого проводят измерения количественного признака и определяют так называемые варианты. Затем строят вариационную кривую на основе всех вариантов. Крайние варианты отбрасывают и ограничивают пределы вариационной изменчивости или норму реакции.

Существует и прямой способ определить является ли данное изменение модификацией или мутацией. Таким способом является, когда это возможно, изменение внешних условий. Например, примула при пониженной температуре до 30 градусов Цельсия цветёт красными цветками, а выше 30 градусов – белыми.

Если признак не изменяется при внешних воздействиях или изменяется незначительно, то считается, что признак является наследственным. Правда, такой прямой способ проверки доступен далеко не всегда.

3. Мутационная изменчивость. Термин «мутация» был введен в генетику известным ученым Гуго де Фризом.

Мутация, по его определению, - это явление скачкообразного, прерывистого изменения наследственного признака.

Положения его теории мутирования не утратили значения до сих пор.

1. Мутация возникает внезапно, без всяких переходов.
2. Новые формы вполне устойчивы.
3. Мутации – это качественные изменения.
4. Они идут во всех направлениях и могут быть вредными, полезными и нейтральными.
5. Выявление мутаций зависит от количества особей, проанализированных для обнаружения мутаций.

6. Одни и те же мутации могут возникать повторно.

Де Фриз, к сожалению, противопоставил свою теорию теории Дарвина, считая мутации новыми видами. Это было ошибочное представление, которое было использовано врагами генетики и стоило жизни многим великим советским ученым в 40-х годах XX века. Существуют разные классификации мутаций.

1. *По фенотипу.* Это классификация мутаций по внешним проявлениям. По этой классификации мутации бывают *морфологические, физиологические, биохимические.* Такой классификацией в наше время пользуются редко.

2. *По характеру изменений генотипа.* По этой классификации мутации бывают: *генные или точковые, внутрихромосомные и межхромосомные перестройки и изменение числа хромосом.* Различают два вида изменений количества хромосом. Увеличение или уменьшение полных наборов хромосом называется *полиплоидия или гаплоидия.* Изменение числа хромосом в диплоидном наборе называется *анеуплоидия.*

3. *Генеративные и соматические мутации.* Первые – происходят в половых клетках, а вторые – в клетках тела.

Мутационный процесс происходит в природе под действием мутагенов, возникающих в самом организме в процессе обмена веществ и имеющих в окружающей среде. Считается, что каждая пятидесятая или сотая гамета несет мутацию какого-либо гена.

4. *Комбинативная изменчивость. Закон гомологических рядов Н. И. Вавилова.*

4. Комбинативная изменчивость – это форма наследственной изменчивости, при которой изменяются не сами гены, а их сочетания и взаимодействие в генотипе.

Цитологическая основа комбинаций – распределение по гаметам одних отцовских и материнских хромосом независимо от других в процессе мейоза и их случайное сочетание при оплодотворении, а также кроссинговер хромосом при мейозе и обмен генами между гомологическими хромосомами. Потенциально, число комбинаций необозримо велико. Например, если генотип какого-либо организма содержит всего 1000 генов, и каждый

ген способен только к 10 различным мутациям, то число возможных вариантов составит астрономическую цифру 10^{1000} степени, что значительно больше количества атомов в нашей Галактике.

Многие комбинации оказываются нежизнеспособными и отмирают естественным отбором. Однако есть и полезные мутации и комбинации, которые закрепляются партеногенезом, вегетативным размножением и т. д.

По-видимому, свой вклад в комбинационную изменчивость вносят и подвижные генетические элементы, молекулярная природа которых активно изучается в последнее время.

Закон гомологических рядов. Прежде чем закончить разговор об изменчивости, следует вспомнить еще один закон, открытый великим русским генетиком Н. И. Вавиловым в далеком 1920 году. *Суть этого закона состоит в том, что близкие по происхождению и генетической конституции виды изменяются параллельно. Близкородственные виды и роды, благодаря большому сходству их генотипов обладают сходной наследственной изменчивостью.* Закон Н. И. Вавилова позволяет целенаправленно искать и находить нужные признаки у различных видов в огромном многообразии диких и культурных форм. Он демонстрирует тот факт, что изменения в генах идут по определенным законам, а не случайно и хаотически. Открытие Н. И. Вавилова одно из выдающихся достижений в генетике.

5. Генетика и селекция. Задачи и методы селекции. *Селекция* – это наука о выведении новых и улучшении существующих сортов растений, пород животных, и штаммов микроорганизмов.

В основе селекции лежат генетические знания, а именно, о наследственности и изменчивости.

Специфическими методами селекции являются – *гибридизация или скрещивание и отбор или селекция*, которые используются также и в генетике. *Таким образом, селекция – это прикладная генетика.*

Исходным материалом для селекции могут быть виды живых существ, только вводимые в культуру, а также культурные живые существа, нуждающиеся в улучшении. Поиск исходного материала направляется учением, созданным Н. И. Вавиловым о центрах происхождения культурных растений, а также учением академика Д. К. Беляева о центрах одомашнивания животных.

Основными методами селекции являются *гибридизация и отбор*. Методы селекции различных групп определяются их биологическими особенностями.

Существуют две системы гибридизации – *инбридинг и аутбридинг*. Инбридинг – это система близкородственных скрещиваний типа брат – сестра, отец – дочь, мать – сын, двоюродные братья и сестры. Эта система скрещиваний широко используется в селекции с древнейших времён. Яркий пример инбридинга - это самооплодотворение, в результате которого

происходит слияние гамет, образованных одним и тем же организмом. В результате инбридинга в каждом новом поколении половина генов, бывшая в гетерозиготном состоянии, переходит в гомозиготное. При этом часто появляются особи гомозиготные по вредным генам с пониженной жизнеспособностью. Это явление получило название – *инбредная депрессия*. Инбредная депрессия особенно ярко проявляется в первых поколениях инбридинга. Затем она постепенно затухает, по мере того, как популяция освобождается от рецессивных генов. Скрещивание двух или нескольких стабильных инбредных линий широко применяется в селекции для получения эффекта *гетерозиса*.

Гетерозис или гибридная сила – это свойство гибридов первого поколения превосходить по совокупности признаков лучшую из родительских форм. Этот эффект при половом размножении постепенно затухает во втором и третьем поколениях, но может быть сохранен при вегетативном размножении. Механизм гетерозиса остается до сих пор загадкой.

Кроме различных систем скрещивания существуют две системы отбора: *индивидуальный и массовый*. Массовый отбор базируется на внешних (фенотипических) показателях. Этот тип отбора, вследствие отсутствия прямой оценки наследственных свойств, приводит к медленным темпам селекции.

В отличие от массового отбора при индивидуальном отборе, прежде всего, учитываются свойства потомства отдельного живого существа, что увеличивает темп селекции в несколько раз. Однако этот подход применим далеко не во всех случаях.

Селекция растений. Селекционная работа направлена на создание новых сортов растений. Сорт – это группа организмов одной сельскохозяйственной культуры, родственных по происхождению, обладающих комплексом хозяйственно ценных признаков, отобранных и размноженных для возделывания в определенных природных и производственных условиях.

Методы селекции растений те же самые, что описаны выше. Здесь широко используется инбридинг с последующим получением гетерозиса. Используются самые разнообразные методы отбора.

Большой вклад в развитие селекции растений внес И. В. Мичурин, который помимо традиционных методов селекции, применял и другие методы. Одним из этих методов является метод «ментора». Для воспитания в гибридном сеянце желательных качеств его прививают к растению, обладающему этими качествами. Правда, этой работе часто предшествует предварительная гибридизация, призванная сблизить эти растения. Дальнейшее развитие гибрида идет под влиянием веществ, вырабатываемых растением-воспитателем (ментором). У гибрида-привоя усиливаются искомые качества, например, зимостойкость. В данном случае в процессе развития гибридов происходит изменение свойств доминантности, хотя механизм этого явления до конца не понятен. Интересно, что ментором

может быть и привой и подвой.

У Мичурина были и другие специфические методы: метод посредника, опыления смесью пыльцы, метод предварительного вегетативного сближения и другие. И. В. Мичурин вывел сотни сортов растений.

К специфическим методам селекции растений следует отнести методы, способствующие получению полиплоидных гибридов. Они основаны на обработке клеток веществами, например колхицином, с помощью которых достигается нарасхождение хромосом в мейозе и кратное увеличение гаплоидного набора хромосом. С помощью колхицина выдающемуся отечественному генетику Г. Д. Карпеченко удалось получить межвидовые гибриды редьки и капусты, названные им рафанобрасика.

Селекция животных. Методы селекции микроорганизмов. Методы селекции животных характеризуются индивидуальным характером при подборе пар и отборе потомства. Используется метод искусственного осеменения. Отличительной чертой животных является невозможность вегетативного размножения у них, поэтому для поддержания эффекта гетерозиса необходимо постоянное межлинейное скрещивание. При индивидуальном отборе особи оцениваются не только по фенотипу, но и по генотипу.

Среди отечественных селекционеров-животноводов наиболее известным является академик М. Ф. Иванов, который вывел прекрасную белую украинскую степную породу свиней на основе чистопородных английских свиней.

Селекция микроорганизмов имеет свои особенные методы. Поскольку микробы – это одноклеточные организмы, на них можно оказывать прямое действие мутагенами. Для получения мутантов исходный материал расщепляется на 100-200 клонов-колоний, состоящих из потомства единичных клеток, далее следует отбор, по типу являющийся индивидуальным, поскольку каждая колония, по сути, является однородной популяцией. Отбор идет по повышению биохимической активности. Новые колонии вновь подвергаются мутагенезу и отбирают ещё более активные. Так можно получить штаммы микроорганизмов, отличающиеся по активности от исходных форм в 100-200 раз.

Классические методы селекции не потеряли актуальности и в наше время, хотя их потеснили современные методы, основанные на генно-инженерных методиках. Однако отбор не может быть заменен полностью этими методами.

Генная инженерия и селекция. Современные методики, заимствованные селекционерами из молекулярной биологии и генетики открыли новую страницу в развитии этой науки. Эти прикладные методы называют *биотехнологией*. В основе биотехнологических методов лежат хромосомная, клеточная и генная инженерия. Работ в этих областях сделано немало. Ещё в конце 70-х годов во Всесоюзном научно-исследовательском институте генетики и селекции микроорганизмов были проведены работы по по-

лучению с помощью генной инженерии высокопродуктивных штаммов кишечной палочки для производства аминокислоты треонина. Вначале был клонирован ген этой аминокислоты. А затем с помощью специальной плазмиды-вектора этот ген введен в разные штаммы кишечной палочки. В результате дальнейшей селекционной работы были получены высокопродуктивные штаммы, которые к тому же могли выделять эту аминокислоту в окружающую среду, что облегчает её очистку. За эту работу коллектив авторов получил в дальнейшем Государственную премию.

Нужно отметить, что новейшие методы селекции, вовсе не заменяют старые. Главное, что они дают селекционерам – это облегчают им поиск исходного материала для селекции. После появления этих методов многим, в том числе и серьезным ученым, казалось, что скоро вся селекция сведется к биотехнологии. Однако, вряд ли, когда-нибудь такое время наступит, так как, чтобы получить новый сорт или породу их нужно провести через отбор. Поэтому новые методы позволяют селекционерам быстро получить материал для селекции, причем, получить его более целенаправленно. В целом это ускоряет работу, но вывести новый сорт растения за несколько месяцев все равно нельзя.

Новые так называемые трансгенные организмы имеют более высокую плодовитость, урожайность, быстрее растут. Некоторые считают, что потребление их пищу вредит здоровью. Думается, эти опасения сильно преувеличены, так как чаще всего для получения этих организмов ученые используют гены этих же организмов, а эффекта добиваются за счет увеличения количества копий гена, отвечающего за рост или плодовитость.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие виды изменчивости вам известны?
2. Что такое норма реакции?
3. Что такое мутации? Охарактеризуйте основные свойства мутаций?
4. Назовите основные группы мутагенных факторов?

ТЕМА 4. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ. ЭВОЛЮЦИОННОЕ УЧЕНИЕ. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

План:

1. История развития эволюционных идей.
2. Возникновение жизни на Земле.
3. Макроэволюция. Развитие органического мира на Земле.

1. История развития эволюционных идей. *Эволюция* – необратимое историческое развитие живой природы.

Додарвиновский период. Античность III — II век до нашей эры - Эмпедокл, Гераклит, Лукреций — идея изменяемости природы в времени (Все течет, все меняется). Идея умозрительная, как таковая эволюцию не рассматривала, основывалась на фактических изменениях в природе

IV век до нашей эры — Аристотель — классифицировал организмы по степени усложнения организации (принцип градации, лестница существ). Применил сравнительный метод, изучал внешнее и внутреннее строение, описал стадии развития цыпленка

Эпоха Возрождения 14 — 16 века — интенсивно накопление фактического описательного материала. Открытие новых земель, наблюдение и описание новых видов, изобретение микроскопа, применение экспериментального метода и сравнительного. В плане эволюции метафизические идеи (неизменяемость мира, наличие творца, изначальная целесообразность)

18 век. Возникло 2 течения: креационизм и трансформизм

Креационизм — К. Линней, Ж Кювье — возникновение земли, мира, человека в результате божественного творения, отрицали эволюционное преобразование.

Трансформизм — Ж. Б. Ламарк — признавали естественное возникновение мира и изменение видов под воздействием естественных причин.

Значение работ К. Линнея

- Дал определение вида
- Ввел бинарную номенклатуру вида
- Ввел латинские названия
- Описал 10 000 видов растений и 4200 видов животных
- Ввел порядка тысячи биологических терминов
- Пытался классифицировать организмы
- Ввел понятие вид, род, отряд класс

Разработал первую относительно удачную искусственную систему органического мира. За основу своей системы он принял вид и его считал элементарной единицей живой природы. Близкие виды объединились им в роды, роды в отряды, отряды в классы. Ввел в систематику принцип бинарной номенклатуры.

Недостатки системы Линнея состояли в том, что при классификации он учитывал лишь 1-2 признака (у растений — число тычинок, у животных — строение дыхательной и кровеносной системы), не отражающих подлинного родства, поэтому далекие роды оказались в одном классе, а близкие — в разных. Виды в природе Линней считал неизменными, созданными Творцом.

Учение Ж.Б. Ламарка в развитии эволюционных идей в биологии

Создал первую эволюционную теорию (виды находятся в постоянном движении, изменяясь, превращаясь в другие виды).

1. Первые организмы произошли из неорганической природы путем самозарождения. Их дальнейшее развитие привело к усложнению живых существ.

2. У всех организмов существует стремление к совершенствованию, изначально заложенное в них Богом. Этим объясняется механизм усложнения живых существ.

3. Процесс самозарождения жизни продолжается постоянно, что объясняет одновременное наличие в природе и простых, и более сложных организмов.

4. Закон упражнения и неупражнения органов: постоянное употребление органа ведет к его усиленному развитию, а неупотребление — к ослаблению и исчезновению.

5. Закон наследования благоприобретенных признаков: изменения, возникшие под действием постоянных упражнений и неупражнений органов, наследуются. Так, считал Ламарк, сформировалась, например, длинная шея жирафа и слепота крота.

6. Главным фактором эволюции считал прямое воздействие среды.

Ламарк ошибочно полагал, что изменение среды всегда вызывает у организмов полезные изменения. Кроме того, он не мог объяснить, откуда у организмов возникает «стремление к прогрессу», и почему следует считать наследственным свойство организмов целесообразно реагировать на внешние воздействия.

Какие прогрессивные черты усматривают современные ученые-эволюционисты в теории Ж. Б. Ламарка?

В книге «Философия зоологии» Ламарк предположил, что в течение жизни каждая особь изменяется, приспосабливается к окружающей среде. Он утверждал, что разнообразие животных и растений есть результат исторического развития органического мира — эволюции, которую понимал как ступенчатое развитие, усложнение организации живых организмов от низших форм к высшим. Он предложил своеобразную систему организации мира, расположив в ней родственные группы в восходящем порядке — от простых к более сложным, в виде «лестницы».

Предпосылки возникновения теории Дарвина:

1. Ч. Лаэль (геолог) разработал теорию эволюции Земли

2. Э. Кант создал теорию о естественном, а не божественном возникновении космических тел

3. Берцелиус доказал единство химического состава живой и неживой природы

4. 1838-1839 — создание клеточной теории

5. Открытие закона Бэра — развитие начинается с оплодотворенного яйца и схоже у всех живых организмов

6. Палеонтологические находки, в том числе Кювье — конечности позвоночных схожи по строению

7. Введение понятия борьбы за существование Т. Мальтусом

8. Развитие селекции, промышленности НТП

Эволюционное учение Ч. Дарвина (положения теории)

Все виды, населяющие землю никем не созданы, а возникли естественным путем, преобразовываясь в соответствии с соответствием с внешними условиями среды.

Движущими силами эволюции являются наследственная изменчи-

вость, естественный отбор и борьба за существование.

результатом эволюции являются многообразие видов, постепенное повышение и усложнение организации видов, относительная приспособленность к условиям существования

Роль эволюционной теории в формировании современной естественнонаучной картины мира.

Дарвин установил механизмы эволюции, который объяснял многообразие видов и их приспособленность к условиям существования

Сформулировал закон развития природы

Подвел под биологию научную основу

Сформулируйте основные положения эволюционного учения Ч. Дарвина.

1. Организмы изменчивы. Трудно найти такое свойство, по которому особи, принадлежащие к данному виду, были бы полностью тождественны.

2. Различия между организмами, хотя бы частично, передаются по наследству.

3. Теоретически популяции растений и животных стремятся размножиться в геометрической прогрессии, и теоретически любой организм может заполнить Землю очень быстро. Но этого не случается, так как жизненные ресурсы ограничены, и в борьбе за существование выживает сильнейший.

4. В результате борьбы за существование происходит естественный отбор – выживают особи с полезными в данных условиях свойствами. Выжившие передают эти свойства своему потомству, то есть свойства эти закрепляются в череде последующих поколений.

Учение Дарвина позволило привести в гармонию разрозненные знания о законах, которым подчиняется организация жизни на нашей планете. В прошедшем столетии эволюционное учение Дарвина было развито и конкретизировано благодаря созданию хромосомной теории наследственности, развитию молекулярно-генетических исследований, систематики, палеонтологии, экологии, эмбриологии и многих других областей биологии.

Борьба за существование – это один из движущих факторов эволюции, наряду с естественным отбором и наследственной изменчивостью, совокупность многообразных и сложных взаимоотношений, существующих между организмами и условиями среды.

Внутривидовая борьба протекает наиболее остро, так как у особей совпадает экологическая ниша. Организмы конкурируют за ограниченные ресурсы — пищевые, территориальные, самцы некоторых животных конкурируют между собой за оплодотворение самки, а также другие ресурсы. Для снижения остроты внутривидовой борьбы организмы вырабатывают различные приспособления — разграничение индивидуальных участков, сложные иерархические отношения. У многих видов организмы на разных этапах развития занимают разные экологические ниши, например, личинки

жесткокрылых обитают в почве, а стрекоз — в воде, в то время как взрослые особи заселяют наземно-воздушную среду. Внутривидовая борьба приводит к гибели менее приспособленных особей, способствуя этим естественному отбору.

Естественный отбор – это избирательное воспроизведение генотипов, которые в наилучшей степени отвечают сложившимся условиям жизни популяции. То есть, основной эволюционный процесс, в результате действия которого в популяции увеличивается число особей, обладающих максимальной приспособленностью (наиболее благоприятными признаками), в то время, как количество особей с неблагоприятными признаками уменьшается.

Изменение состава генофонда, удаление из популяции особей, свойства которых не дают преимуществ в борьбе за существование. Возникновение адаптаций организмов к условиям внешней среды.

Роль естественного отбора заключается не только в отсеке нежизнеспособных особей. Движущая его форма сохраняет не отдельные признаки организма, а весь их комплекс, все присущие организму комбинации генов. Отбор создает приспособления и виды, убирая из генофонда популяции, неэффективные с точки зрения выживания генотипы. Результатом его действия являются новые виды организмов, новые формы жизни.

Вопросы для самоконтроля:

1. Охарактеризуйте верные и ошибочные положения теории эволюции Ж.Б.Ламарка?

2. Могут ли наследоваться признаки приобретенные в течении жизни организма?

3. Как объяснял Ж.Кювье палеонтологические данные о смене форм животных на Земле?

4. Естественно научные предпосылки формирования эволюционных взглядов Дарвина?

5. Следствием каких взаимоотношения является естественный отбор?

6. Какова роль естественного отбора в эволюции?

Каковы сильные и слабые стороны системы органического мира К. Линнея?

ТЕМА 6. ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

План:

1. Экологические факторы.
2. Экологические системы.
3. Пищевые связи, круговорот веществ и превращение энергии в экосистемах.

4. Межвидовые взаимоотношения в экосистеме
5. Искусственные сообщества - агроэкосистемы и урбоэкосистемы.

1. Экологические факторы. С экологических позиций **среда** - это природные тела и явления, с которыми организм находится в прямых или косвенных отношениях. Окружающая организм среда характеризуется огромным разнообразием, слагаясь из множества динамичных во времени и пространстве элементов, явлений, условий, которые рассматриваются в качестве факторов.

Экологический фактор - это любое условие среды, способное оказывать прямое или косвенное влияние на живые организмы. В свою очередь организм реагирует на экологический фактор приспособительными реакциями.

Экологические факторы среды, с которыми связан любой организм, делятся на 2 категории:

- 1) Факторы неживой природы (*абиотические*)
- 2) Факторы живой природы (*биотические*)

Абиотические:

- климатические (свет, влага, давление, температура, движение воздуха)
- почвенные (состав, влагоемкость, плотность, воздухопроницаемость)
- орографические (рельеф, высота над уровнем моря, экспозиция склона)
- химические (составы газового воздуха, солевой состав воды, кислотность)

Биотические:

- фитогенные (растения)
- зоогенные (животные)
- микробиогенные (вирусы, бактерии)
- антропогенные (деятельность человека).

Экологические взаимодействия организмов. В природных условиях каждый живой организм живет не изолированно. Его окружает множество других представителей живой природы. И все они взаимодействуют друг с другом. Взаимодействия между организмами, а также влияние их на условия жизни представляют собой совокупность биотических факторов среды. Наиболее ярко экологические взаимодействия организмов проявляются в пищевых и пространственных связях.

Все биотические взаимодействия можно разделить на 6 групп:

- (0 0) — организмы не оказывают влияния друг на друга;
- (+ +) — между организмами существуют взаимовыгодные полезные связи — так называемые симбиотические отношения;
- (—) — отношения, вредные для обоих организмов;
- (+ —) — один из организмов получает выгоду, другой испытывает угнетение;

- (+0) — один вид получает пользу, другой не испытывает вреда;
- (— 0) — один вид угнетается, другой не извлекает пользы.

Типы экологических взаимодействий. Рассмотрим в общих чертах основные типы взаимодействий.

Если организмы не влияют друг на друга, то имеет место *нейтрализм*, (0 0). В природе истинный нейтрализм очень редок, поскольку между всеми видами возможны опосредованные, или косвенные, взаимодействия, эффекта которых мы не видим просто в силу неполноты наших знаний.

Для одного из совместно обитающих видов влияние другого отрицательно (он испытывает угнетение), в то время как угнетающий не получает ни вреда, ни пользы, — это *аменсализм* (греч. а — отрицательная частица и лат. тепза — стол, трапеза) (- 0). Пример амен-сализма — светлюбивые травы, растущие под елью, страдают от сильного затенения, тогда как самому дереву это безразлично.

Форма взаимоотношений, при которой один вид получает какое-либо преимущество, выгоду, не принося другому ни вреда, ни пользы, называется *комменсализмом* (лат. сот — с, вместе и тепза — стол, трапеза) (+ 0). Отношения такого типа широко распространены в природе. Например, крупные млекопитающие (собаки, олени) разносят плоды и семена с зацепками (вроде репейника), не получая от этого ни вреда, ни пользы. Комменсализм — одностороннее использование одного вида организма другим без нанесения ему ущерба. Различают несколько разновидностей комменсализма.

Нахлебничество — потребление остатков пищи хозяина. Песцы в тундре следуют за белым медведем и доедают остатки его пищи.

Сотрапезничество — потребление разных веществ или частей из одного и того же ресурса. Примером являются взаимоотношения между различными видами почвенных бактерий-сапрофитов, перерабатывающих разные органические вещества из перегнивших растительных остатков, и высшими растениями, которые потребляют образовавшиеся при этом минеральные соли.

Квартирантство — использование одними видами других (их тел или их жилищ) в качестве убежища или жилища. Такой тип взаимоотношений широко распространен у растений — примером могут служить лианы и эпифиты (орхидеи, лишайники, мхи), поселяющиеся непосредственно на стволах и ветвях деревьев. В гнездах птиц и в норах грызунов обитает множество видов членистоногих; некоторые рыбы прячутся среди щупалец медуз и актиний со стрекательными

Хищничество (+ -) — такой тип взаимоотношения популяций, при котором представители одного вида поедают (уничтожают) представителей другого, т. е. организмы одной популяции служат пищей для организмов другой. Хищник обычно сам ловит и умерщвляет свою жертву, после чего съедает ее полностью или частично. Для таких хищников характерно охотничье поведение. Но кроме хищников-охотников, существует еще и боль-

шая группа хищников-собирателей, способ питания которых заключается в простом поиске и сборе добычи. Таковы, например, многие насекомоядные птицы, собирающие пищу на земле, в траве или на деревьях.

Структурой сообщества обычно называют соотношение различных групп организмов, различающихся по систематическому положению, по роли, которую они играют в процессах переноса энергии и вещества, по месту, занимаемому в пространстве в пищевой, или трофической, цепи, либо по иному признаку, существенному для понимания закономерностей функционирования естественных экосистем.

Видовая структура. Одним из важнейших показателей структуры сообщества является число видов — видовой состав входящих в него организмов и количественное соотношение видовых популяций. В сообществе, как правило, имеется сравнительно мало видов, представленных большим числом особей, или большой биомассой, и сравнительно много видов, встречающихся редко.

Видовое разнообразие — признак экологического разнообразия: чем больше видов, тем больше экологических ниш, т. е. выше богатство среды. Видовое разнообразие связано также с устойчивостью сообщества: чем больше разнообразие, тем шире возможность адаптации сообщества к изменившимся условиям, будь это изменения климата или других факторов. **Морфологическая структура.** Важным экологическим свойством и признаком сообщества является его пространственное сложение — морфологическая структура. Это относится в первую очередь к растительным сообществам (фитоценозам), но также опосредованно и к населяющим их животным (зооценозам). Совместное существование разных видов и жизненных форм в сообществе приводит к их пространственному обособлению. Это выражается в горизонтальном и вертикальном расчленении фитоценоза на отдельные элементы, каждый из которых играет свою роль в накоплении и преобразовании вещества и энергии.

По вертикали растительное сообщество разделяется на **ярусы**, в которых располагаются надземные или подземные части растений определенных жизненных форм. Эта ярусность особенно ярко выражена в лесных фитоценозах. Здесь насчитывается обычно пять-шесть ярусов: древесные ярусы (высоких и низких деревьев), кустарниковый (подлесок), травяно-кустарничковый, моховой (или лишайниковый), подстилка (опад листвы). Малоярусные сообщества — луг, степь, болото — имеют по два-три яруса.

Ярусное строение фитоценоза дает растениям возможность более полно использовать ресурсы среды, прежде всего свет, тепло и влагу. Растения разных ярусов живут в разных экологических условиях, что уменьшает конкуренцию между ними и способствует увеличению видового разнообразия. Чем благоприятнее условия местообитания, тем сложнее ярусы. Животное население биоценоза, «привязанное» к растениям, также распределено по ярусам. Например, микрофауна почвенных животных наиболее богата в подстилке. Достаточно четко приурочены к ярусам опреде-

ленные группы насекомых. Разные виды птиц строят гнезда и кормятся в разных ярусах на земле, в кустарниках, в кронах деревьев.

По горизонтали сообщество также расчленяется на отдельные элементы — микрогруппировки, расположение которых отражает неоднородность условий жизни.

Трофическая структура. Любое сообщество можно представить в виде *пищевой сети* и, т. е. схемы всех пищевых, или *трофических* (от греч. — питание), взаимосвязей между видами этого сообщества. Пищевая сеть (ее переплетения бывают очень сложными) обычно состоит из нескольких *пищевых цепей*, каждая из которых является отдельным каналом, по которому передаются вещество и энергия.

Вопросы для самоконтроля:

1. Объясните происхождение слова экология?
2. Как вы думаете, почему при постоянном направленном изменении абиотических условий среды приспособление живых организмов к этим условиям не может быть бесконечным?
3. Участвуют ли организмы в формировании абиотической среды?

БИОСФЕРА - ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОСИСТЕМА БИОСФЕРА И ЧЕЛОВЕК

План:

1. Учение В. И. Вернадского о биосфере.
2. Роль живых организмов в биосфере.
3. Биосфера и человек.
4. Глобальные экологические проблемы и пути их решения.

1. Учение В. И. Вернадского о биосфере. Перед современным обществом стоит задача сохранить природные богатства сегодня и предупредить отрицательные последствия в будущем. Для этого необходимо изучить многообразные процессы, постоянно протекающие в природе. Основой является учение о биосфере Земли.

Биосфера (био - жизнь) - часть Земли, в которой развивается жизнь организмов, населяющих поверхность суши, нижние слои атмосферы, и гидросферу.

Биосфера включает в себя:

- 1) Живые организмы (растения, животные, микроорганизмы).
- 2) Тропосфера (нижний слой атмосферы).
- 3) Гидросфера (океаны, моря, реки и т.д.).
- 4) Литосфера (верхняя часть земной коры).

Возраст биосферы приблизительно 4млрд. лет.

Термин "биосфера" введен в 1875 г. австрийским геологом Зюссом. Основоположник современного учения - русский ученый Вернадский Вла-

димир Иванович (1863 -1945 гг.). Суть этого учения: биосфера - это качественно своеобразная оболочка Земли, развитие которой в значительной мере определяется деятельностью живых организмов. Биосфера представляет собой результат взаимодействия живой и неживой природы.

Элементы неживой природы связаны воедино с помощью живых организмов (рис.6.1).

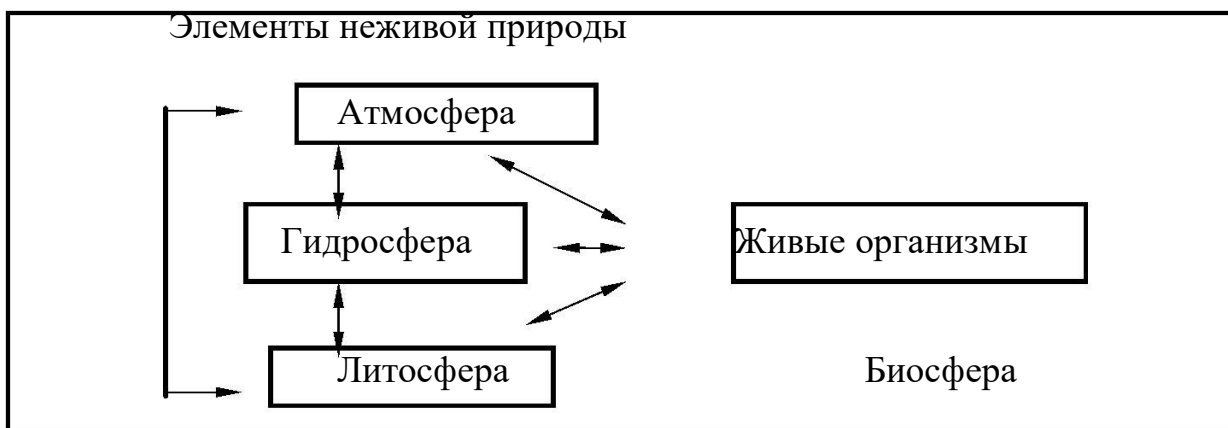


Рисунок 6.1 – Схема строения биосферы

Нижняя часть биосферы опирается на 3 км на суше и на 2 км ниже дна океана. Верхняя граница - озоновый слой, выше которого УФ излучения солнца исключают органическую жизнь. Толщина - несколько мм. Основной органической жизни является углерод (С). Решающее значение в истории образования биосферы имело появление на Земле растений, которые в процессе фотосинтеза синтезируют органические вещества из и под действием солнечного света. В результате фотосинтеза ежегодно образуется 100 млрд. тонн органического вещества. Именно благодаря растениям на Земле получили развитие различные виды животных, и осуществляется обмен веществом и энергией между живой и неживой природой.

Основой динамического равновесия и устойчивости биосферы являются кругооборот веществ и превращение энергии.

Вернадский выделяет в *биосфере* глубоко отличных и в то же время генетически связанных частей:

- 1) Живое вещество - живые организмы.
- 2) Биогенное вещество - продукты жизнедеятельности живых организмов (каменный уголь, нефть и т.п.).
- 3) Косное вещество - горные породы (минералы, глины...).
- 4) Биокосное вещество - продукты распада и переработки горных и осадочных пород живыми организмами (почвы, ил, природные воды).
- 5) Радиоактивные вещества, получающиеся в результате распада радиоактивных элементов (радий, уран, торий и т.д.).
- 6) Рассеянные атомы (химические элементы), находящиеся в земной коре в рассеянном состоянии.
- 7) Вещество космического происхождения - метеориты, протоны, нейтроны, электроны.

2. Роль живых организмов в биосфере. *Живое вещество* - это совокупность и биомасса живых организмов в биосфере.

Таблица 6.1 – Биомасса организмов Земли

Среда	Организмы	Масса, 10^{12} т	%
Суша	Растения	2,4	99,04
	Животные	0,02	0,825
Океаны	Растения	0,0002	0,008
	Животные	0,003	0,124
Суммарный	Общая биомасса	2,4232	100

Живое вещество нашей планеты существует в виде огромного множества организмов разнообразных форм и размеров. В настоящее время на Земле существует более 2 млн. организмов, из них 0,5 - растения, 1,5 - растения и микроорганизмы (из них 1 млн. насекомых).

3. Биосфера и человек

В процессе развития биосферы выделяют 3 этапа :

1) *Биосфера* (где человек воздействовал на природу незначительно. Возраст человечества примерно 1,5 млн. лет).

2) *Биотехносфера*

Современная биосфера - это результат длительной эволюции органического мира и неживой природы. Человеческое общество - это один из этапов развития жизни на Земле. Деятельность человека следует рассматривать как составную часть биосферы. Техника - это качественно новый этап ее развития. Возникает вопрос - каким путем пойдет развитие человека и биосферы в будущем, какими средствами избежать необратимых последствий в природе. Предотвратить изменения невозможно. Очевидно, что следует научиться управлять процессами между человеком и природой так, чтобы они были взаимовыгодны.

3) *Ноосфера* - сфера разума.

Это понятие ввел французский математик и философ Ле-Руа в 1927 году, а обосновал Вернадский в 1944 г. Это высшая стадия развития биосферы, когда разумная деятельность человека становится главным, определяющим фактором развития. В ноосфере человек становится крупной геологической силой, он перестраивает своим трудом и мыслью область своей жизни. Человек неразрывно связан с биосферой, уйти из нее не может. Его существование - есть функция биосферы, которую он неизбежно изменяет.

4. Глобальные экологические проблемы и пути их решения. *Биосфера и человек.* Изменения в биосфере. Последствия деятельности человека в окружающей среде. Воздействие производственной деятельности на окружающую среду в области своей будущей профессии. Глобальные экологические проблемы и пути их решения. Экология как теоретическая основа рационального природопользования и охраны природы. Ноосфера.

Правила поведения людей в окружающей природной среде. Бережное отношение к биологическим объектам (растениям и животным и их сообществам) и их охрана.

Вопросы для самоконтроля:

1. Роль живых организмов в формировании биосферы?
2. Можно ли предотвратить экологическую катастрофу на Земле?
3. Предложите возможные пути решения экологических проблем нашего региона?

ТЕМА 7. БИОНИКА

План:

1. Бионика как одно из направлений биологии и кибернетики.
2. Принципы бионики и медицина.
3. Бионика и техника.

1. Бионика как одно из направлений биологии и кибернетики.
Формальной датой рождения одной из новых наук, возникшей в современном нам XX в., бионики, принято считать 13 сентября 1960 г. — день открытия первого американского национального симпозиума на тему «Живые прототипы искусственных систем — ключ к новой технике». Однако, само собой разумеется, что проведение такого симпозиума стало возможным только потому, что к этому времени было накоплено большое количество данных о принципах организации и функционирования живых систем, а также появились возможности практического использования добытых знаний для решения ряда актуальных задач техники.

Бионика (от греч. βίον — элемент жизни, буквально — живущий) — прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы, то есть формы живого в природе и их промышленные аналоги.

Единого мнения о содержании бионики — едва ли не самой популярной из молодых наук, возникших в XX в., — до сих пор нет. Многие специалисты считают бионику новой ветвью кибернетики, другие относят ее к биологическим наукам, но, судя по всему, наиболее правы те, кто выделяет бионику в самостоятельную науку.

Обращаясь к наиболее устоявшемуся определению, можно сказать, что бионика — это наука, занимающаяся изучением принципов построения и функционирования биологических систем и их элементов и применением полученных знаний для коренного усовершенствования существующих и создания принципиально новых машин, приборов, аппаратов, строительных конструкций и технологических процессов. Бионику также можно назвать наукой о построении технических устройств, характери-

ки которых максимально приближены к характеристикам живых систем.

Различают:

- биологическую бионику, базирующуюся на самых разных разделах биологии и медицины, использует их достижения для выявления определенных принципов живой природы, которые могут быть положены в основу решения тех или иных проблем инженерного плана.

- теоретическую бионику, которая разрабатывает математический аппарат биологического моделирования, а также математические модели явлений и процессов, протекающих в живых организмах, живых системах или даже в обществах организмов.

- техническую бионику, реализует математические модели или иные стороны деятельности живых организмов, часто полученных в ходе исследований биологической и теоретической бионики, с целью усовершенствования существующих и создания совершенно новых технических средств и систем, превосходящих по своим техническим характеристикам уже созданные ранее и действующих по биологическому принципу.

Бионика тесно связана с биологией, физикой, химией, кибернетикой и инженерными науками: электроникой, навигацией, связью, морским делом и другими. Примеры: мы все знаем самолёт. Но не догадываемся как придумали самолёт. А его придумали так: люди увидели птицу и решили собрать свою птицу. Люди увидели рыбу и решили создать подводную лодку.

Идея применения знаний о живой природе для решения инженерных задач принадлежит Леонардо да Винчи, который пытался построить летательный аппарат с машущими крыльями, как у птиц: орнитоптер.

Появление кибернетики, рассматривающей общие принципы управления и связи в живых организмах и машинах, стало стимулом для более широкого изучения строения и функций живых систем с целью выяснения их общности с техническими системами, а также использования полученных сведений о живых организмах для создания новых приборов, механизмов, материалов и т. п.

В 1963 г. на Всесоюзной конференции по бионике академик А.И. Берг, один из создателей и идеологов бионики, отметил, что в природе существует много лишнего и несовершенного, избыточного и с технической точки зрения неоправданного. Поэтому бионика не слепо копирует природу, она лишь заимствует у нее совершенные конструктивные схемы и механизмы биологических систем, обеспечивающие в сложных условиях существования особую гибкость и живучесть, выработанные живыми системами за время эволюционного развития.

Основные направления работ по бионике охватывают следующие проблемы:

· изучение нервной системы человека и животных и моделирование нервных клеток (нейронов) и нейронных сетей для дальнейшего совершенствования вычислительной техники и разработки новых элементов и уст-

ройств автоматике и телемеханики (нейробионика);

- исследование органов чувств и других воспринимающих систем живых организмов с целью разработки новых датчиков и систем обнаружения;

- изучение принципов ориентации, локации и навигации у различных животных для использования этих принципов в технике;

- исследование морфологических, физиологических, биохимических особенностей живых организмов для выдвижения новых технических и научных идей.

Многие медицинские инструменты имеют прообраз среди представителей живого мира. Игла-скарifikатор, служащая для забора периферической крови (например, с целью выполнения общего анализа крови, неоднократно назначаемого каждому из нас врачами всех профилей), сконструирована по принципу, полностью повторяющему строение зуба-резца летучей мыши, укус которой, с одной стороны, отличается безболезненностью, а с другой — всегда сопровождается достаточно сильным кровотечением.

Привычный всем поршневой шприц во многом имитирует кровососущий аппарат насекомых — комара и блохи, с укусом которых гарантированно знаком каждый человек. Применяемая во время хирургической операции игла, используемая для наложения швов на внутренние органы и ткани человека, за несколько веков не изменила своей первоначальной формы — формы реберных костей крупных рыб, а скальпель до сих пор повторяет форму тростникового листа с его природной режущей кромкой.

Но это лишь самые простые примеры, дошедшие до нас буквально из глубины веков, а современное развитие бионики касается множества высокоразвитых медицинских технологий. Типичным примером является современная технология реконструкции и наращивания зубной эмали, являющаяся одним из «китов» нынешней стоматологии и применяющаяся в косметологии технология наращивания ногтей и волос. Основой для этих технологий является принцип построения морских губок, а также техника строения гнезд стрижей-саланганов. Оба эти строительных принципа основаны на химиоотвердевающей и светоотвердевающей методиках.

2. Принципы бионики и медицина. Не менее актуальным достижением бионики в медицине является использование биотоков. Когда в конце XVIII в. итальянский физиолог Луиджи Гальвани в качестве побочного результата опытов по анатомированию лягушек открыл биотоки, возникающие в мышцах при движении, будущее применение биотоков представлялось крайне ограниченным. Однако результаты современных исследований утверждают прямо противоположное. Мозг, командуя движениями руки, продолжает посылать к мышцам руки биотоки — слабый электрический сигнал — и тогда, когда нижний сегмент руки ампутирован. Разумеется, движения в этом случае нет, т. к. импульсы, попадая в нервное окон-

чание усеченной мышцы культи, дают лишь ощущение тех или иных движений, а материальный субстрат движений (мышцы) отсутствует.

Первая модель искусственной руки, управляемой биопотенциалом, была изготовлена в 1957 г. Она имела электромагнитный привод и весьма громоздкую систему усиления и преобразования снимаемых с какой-либо мышцы биоэлектрических сигналов. Первая искусственная рука воспринимала только общие сигналы типа «сжать пальцы», «разжать пальцы» и простейшее чередование этих команд, без восприятия сигналов регулирующего типа, сообщающих, с какой силой должно производиться движение. Попытка поздороваться с человеком, обладающим такой «железной рукой», неизбежно заканчивалась бы травмой.

Совершенствование протезов, управляемых биотоками, шло поистине «семимильными шагами», и уже летом 1960 г. участники I Международного конгресса Федерации по автоматическому управлению, проходившему в Москве, увидели, как мальчик, не имеющий кисти руки, взял искусственной рукой кусочек мела и написал на доске ясно и четко: «Привет участникам конгресса». Кистью протеза, которая четко сжималась и разжималась, управляли биотоки. Была достигнута четкость движений, достаточная для адекватного функционирования протеза, и следующей целью ученых было становление обратной связи, возможности ощущать протез.

Чуть позже, на конференции по бионике, проходившей в Баку, был продемонстрирован макет руки с чувствительными к давлению датчиками, укрепленными на кончиках пальцев, созданными из токопроводящей резины или тонкой проволоки. Под влиянием давления на датчики сигналы от них изменяют частоту вибраций зуммера, который укреплен на руке вблизи нерва, идущего в мозг. В настоящее время наиболее перспективными представляются датчики с использованием костно-вибрационных и электрокостных раздражений, однако для уточнения параметров сигналов, а также конструкции воздействующих элементов необходимо еще значительное время, заполненное экспериментами и научно-исследовательской работой.

Другим аспектом применения биотоков в медицине является их использование в лечении парезов и параличей, коррекции ряда патологических состояний при беременности, а возможно, и для облегчения состояния больных полиомиелитом и детским церебральным параличом, сколько-нибудь адекватного лечения которых в настоящее время не существует.

Проведение обширнейших и сложнейших операций на сердце и головном мозге стало возможным благодаря введению в медицинскую практику метода управляемой гипотермии (т. е. осознанного переохлаждения тела оперируемого для замедления обменных процессов в тканях и органах). Но мало кто знает, что именно гипотермия является основой анабиоза и паробиоза — состояния глубокой спячки — многих насекомых и некоторых мелких грызунов в неблагоприятное зимнее время. У этих животных гипотермия также направлена на замедление обменных процессов в орга-

нах и тканях, обуславливающее меньшее, чем в активном состоянии, потребление энергетических субстратов.

Метод передвижения некоторых простейших стал прообразом для создания автоматического желудочно-кишечного зонда, являющегося наиболее интересной и многообещающей перспективой инструментальных исследований в гастроскопии.

Возвращаясь к протезированию конечностей, следует отметить, что еще один современный тип протезов, применяющихся в основном для протезирования нижних конечностей, а точнее — протезы на силиконовой основе, также содержит в основе своей природный принцип — принцип гидравлического строения ходильных ножек паука, движения которых основаны на переходе состояния биологического коллоида по типу «гель-золь».

В какой-то степени достижения бионики в области медицины основаны на строении самого человека. Так, перфузионные пленки, накладываемые на обширные ожоговые поверхности и служащие для предупреждения раневой инфекции, практически полностью имитируют строение поверхностных слоев неповрежденной человеческой кожи, обладающей бактерицидными свойствами и характеризующейся полупроницаемостью.

Достижения бионики во многом подают надежды некоторого улучшения состояния или практически полной компенсации качества жизни для больных, положение которых ранее расценивалось как практически безнадежное. Одним из первых шагов на этом пути является создание аппаратов, способных слышать. Потеря слуха является существенной и опасной для человека и приводит к полной или практически полной инвалидизации. Эта проблема остается одной из крайне сложных и практически неразрешимых проблем медицины. Сравнительно недавно многие глухие люди получили реальную возможность слышать с помощью аппарата, созданного на основе новейшего открытия ученых-физиологов: низкочастотные колебания, воспринимаемые человеческим ухом, могут восприниматься и живым нервом зуба, и передаваться в мозг. Радиоинженеры создали так называемый «радиозуб» — систему, с помощью которой ранее не слышавшие люди могут слышать. Для установления такого прибора необходимо наличие одного-единственного живого зубного нерва, а полное отсутствие живых зубных нервов не характерно даже для тотально пораженной ротовой полости.

Конструкцию аппарата можно описать приблизительно следующим образом: миниатюрный микрофон, который можно носить на руке как часы, связан с таким же миниатюрным передатчиком, преобразующим звук в радиосигналы, которые улавливает приемник, смонтированный в зуб. Приемник представляет собой тонкий слой полупроводникового сплава, наложенного на свободные нервные окончания, находящиеся в зубном канале. Этот полупроводниковый сплав образует пьезоэлектрический элемент, сверху покрытый слоем золота или серебра, который служит антенной. По внешнему виду такая конструкция практически ничем не отлича-

ется от привычных в современной ортопедической стоматологии металлизированных пломб и коронок.

Сигнал радиопередатчика, принятый такой антенной, попадает в пьезоэлемент; в пьезоэлементе возникают колебания, которые возбуждая свободные нервные окончания в зубе, передаются в виде нервных импульсов в корковые и подкорковые слуховые центры головного мозга. Таким образом человек, который до этого момента жил в мире без звуков, начинает слышать. Конечно, в реальной жизни для человека, снабженного таким аппаратом, остается значительное количество ограничений, например в использовании мобильных телефонов, а также при работе с так называемыми генераторами шума, но что значат эти ограничения в сравнении с полной глухотой, не дающей человеку полной социальной реабилитации.

В последнее время в ряде стран получили широкое распространение исследования так называемого квазислухового опознания, имеющие целью создание устройств, моделирующих слуховой аппарат. Некоторые устройства, воспроизводящие функции органов слуха, уже созданы и испытаны. Так, в лейденском университете в связи с исследованиями механизма восприятия звуков человеком разработана электронная модель уха (в виде системы фильтров), воспроизводящая частотные характеристики уха. Моделирование позволило уточнить модель слуха и в частности объединить такие явления, как восприятие тембра и звуков в их динамике.

Модель американских ученых В. Колдуэлла, Э. Гленера, Дж. Стюарта предназначена для анализа зависимости интенсивности звучания разных частот в произносимых человеком звуках от времени с целью выявления признаков, по которым человек опознает звуки, фонемы и слова, произносимые разными людьми. Эти исследования могут послужить как для медицинских целей в плане создания более совершенных слуховых аппаратов, так и для совершенствования компьютерной техники.

3. Бионика и техника. Снегоходная машина, имитирующая принцип передвижения пингвинов по рыхлому снегу, была разработана в Горьковском политехническом институте под руководством А.Ф. Николаева. Пингвины передвигаются по снегу, отталкиваясь лапами, подобно лыжникам, использующим для этой цели палки. Основанная на этом принципе снегоходная машина «Пингвин», лежа на снегу широким днищем, способна двигаться со скоростью до 50 км/ч. В подобных машинах нуждаются исследователи Арктики и Антарктиды, а также жители наших северных регионов – охотники, оленеводы и т.д. Здесь тягачи, тракторы и снегоходы при своем движении по снегу образуют глубокую колею, буксуют и увязают. Подобные машины могут использоваться и на мелководных озерах, где обычные плавсредства чаще всего не могут применяться.

Судостроители во всем мире давно уже обратили внимание на грушеобразную форму головы кита, более приспособленную к перемещению в воде, нежели ножеобразные носы современных судов. Японский ученый

Тако Инуи учел это при создании модели пассажирского парохода «Куренай Маару». По сравнению с обычными судами китообразный пароход оказался более экономичным. При уменьшении мощности двигателей на 25% он сохранил прежнюю скорость и грузоподъемность. Американская подводная лодка «Скипджек», корпус которой по форме напоминает тунца, имеет более высокую скорость, повышенную маневренность по сравнению с другими подводными судами.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое биотехнология?
 2. Какие проблемы решает генная инженерия?
 3. Почему селекция микроорганизмов приобретает в настоящее время первостепенное значение?
 4. Какие организмы называются трансгенными?
 5. В чем преимущества клонирования?
-