

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ - ФИЛИАЛ ФГБОУ ВО
УЛЬЯНОВСКИЙ ГАУ

И.И. Шигапов

Курс лекций
По дисциплине «Биология»



Димитровград -2020

УДК 54
ББК 24.1

Шигапов И.И. Биология: краткий курс лекций для студентов направления 19.03.03. Продукты питания животного происхождения.- Димитровград: Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2020 . — 93 с.

Данный сборник лекций предназначен для обучающихся направления 19.03.03 Продукты питания животного происхождения. В данном пособии изложен полный материал по строению и функциям клетки, генетике и селекции, макроэволюции. В конце каждой лекции даны задания для закрепления темы.

© Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО УлГАУ им. П.А. Столыпина»

© Шигапов Ильяс Исхакович

Содержание

Введение.....	5
Раздел 1. Биология- наука о жизни	
Лекция №1 Разделы биологии. Методы изучения биологии и значение.....	6
Раздел 2. Химический состав клетки.	
Лекция № 2 Наука цитология. Предмет и задачи цитологии. Основные положения клеточной теории.....	10
Лекция № 3 Неорганические составляющие клетки: вода и ее свойства. Минеральные соли.....	17
Лекция № 4 Органические соединения клетки. Липиды. Белки. Углеводы.....	19
Раздел 3. Обмен веществ и энергии в клетке.	
Лекция №5 Метаболизм, анаболизм, катаболизм. Дыхание организма. Синтез АТФ.....	27
Лекция № 6 Фотосинтез. Автотрофные и гетеротрофные клетки.....	29
Лекция № 7 Биосинтез белка. Транскрипция и трансляция. Роль ДНК в наследственности	34
Раздел 4. Основы генетики	
Лекция № 8 История развития генетики. Г. Мендель и его труды. Доминантные и рецессивные признаки.....	39
Лекция № 9 Аллельные гены. Фенотип и генотип. Причины расщепления признаков.....	49
Лекция №10 Законы Г. Менделя.....	52
Лекция №11-12 Генетика пола. Скрепленное с полом наследование. Влияние внешней среды на генотип. Предупреждение наследственных заболеваний человека, их профилактика.....	56
Раздел 5. Селекция животных и растений	
Лекция № 13 Генетические основы селекции. Подбор и оценка первичных материалов для селекции.....	63
Лекция № 14 Селекция растений и животных. Мутагенез. Достижения в селекции животных и растений в РК.....	65
Раздел 6. Учение о микроэволюции.	
Лекция № 15 Вид- основной этап эволюции. Критерии вида. Структура вида.....	73
Лекция № 16 Естественный отбор- движущая сила эволюции. Борьба за существование, ее виды.....	76
Раздел 7. Закономерности и пути развития органического мира.	
Лекция № 17 Основные пути и направления эволюции. Биологический прогресс и регресс.....	81
Лекция № 18 Аллогенез, арогенез, категенез.....	83

Раздел 8. Основы учения о биосфере.

Лекция № 19 Биосфера и свойства биомассы планеты Земля.

В.И.Вернадский и его учения.....85

Лекция №20 Возникновение и развитие биосферы. Ноосфера.....91

Литература.....94

Введение.

Анализ учебной литературы студентов по биологии, представленной на книжном рынке, показывает, что имеется широкий спектр учебных пособий и учебников соответствующей тематики. Большинство учебных пособий и учебников имеет стандартную форму представления учебного материала – описание отдельных тематических блоков дисциплины. В связи с этим достаточно широкий спектр учебной литературы не решает проблему студентов в использовании конспективных материалов, кратко, но полно излагающих теоретический материал. Актуальным остается разработка учебных материалов обобщающего характера, учитывающего межпредметные связи учебных дисциплин. В своем сборнике лекций я попыталась избежать дублирования учебного материала (например, химические процессы в биологии), но способствовала формированию целостного восприятия естественно-научной картины мира. В содержании лекций прослеживаются межпредметные связи биологии не только с химией, но и с физикой, математикой, историей, медициной. В конце каждой лекции дан перечень вопросов для закрепления, ответы на которые учащиеся могут найти, внимательно изучив содержание лекции. Поэтому их выполнение не затруднит студента, но даст возможность осуществить самоконтроль усвоения теории.

Лекция № 1. Биология – наука о жизни. Методы изучения биологии. Значение биологии.

Биология — наука о живой природе и закономерностях, ею управляющих. Биология изучает все проявления жизни, строение и функции живых существ, а также их сообществ. Она выясняет происхождение, распространение и развитие живых организмов, связи их друг с другом и с неживой природой. Как особая наука биология выделилась из естественных наук в XIX веке, когда учёные обнаружили, что живые организмы обладают некоторыми общими для всех характеристиками. Термин «биология» был введён независимо несколькими авторами: Фридрихом Бурдахом в 1800 году, в 1802 году Г. Р. Тревиранусом и Жаном Батистом Ламарком. В основе современной биологии лежат пять фундаментальных принципов: клеточная теория, эволюция, генетика, гомеостаз и энергия.

Живому миру характерно необычайное разнообразие. В настоящее время обнаружено и описано примерно 500 тыс. видов растений и более 1 млн. видов животных, более 3 тыс. видов бактерий и сине-зеленых водорослей, сотни тысяч грибов. Число еще не описанных видов оценивается по меньшей мере в 1—2 млн. Выявление и объяснение общих явлений и процессов для всего многообразия организмов — задача общей биологии.

Основные признаки живого. Каждый организм представляет собой *совокупность упорядоченные взаимодействующих структур*, образующих единое целое, т. е. является *системой*. Живые организмы обладают признаками, которые отсутствуют у большинства неживых систем. Однако среди этих признаков нет ни одного такого, который был бы присущ только живому. Возможный способ описать жизнь — это перечислить основные свойства живых организмов.

1. Одна из наиболее примечательных особенностей живых организмов — это их *сложность и высокая степень организации*. Они характеризуются усложненным внутренним строением и содержат множество различных сложных молекул.

2. Любая составная часть организма имеет *специальное назначение и выполняет определенные функции*. Это относится не только к органам (почки, легкие, сердце и т. д.) и клеткам, но и к внутриклеточным структурам и молекулам.

3. Живые организмы *обладают способностью извлекать, преобразовывать и использовать* энергию окружающей среды - либо в форме органических питательных веществ, либо в виде энергии солнечного излучения. Благодаря этой энергии и веществам, поступающим из окружающей среды, организмы поддерживают свою целостность (упорядоченность) и осуществляют различные функции, возвращают же в природу продукты распада и преобразованную энергию в виде тепла, т. е. *организмы способны к обмену веществом и энергией*.

4. Организмы *способны специфически реагировать на изменения окружающей среды*. Способность реагировать на внешнее раздражение — универсальное свойство живого.

5. Живые организмы *хорошо приспособлены к среде обитания*. Они прекрасно соответствуют своему образу жизни. Достаточно ознакомиться со строением крота, рыбы, паразитического червя, чтобы представить в общих чертах, как они живут. Особенности строения, функций и поведения данного организма, отвечающие его образу жизни, называются *адаптациями (приспособлениями)*.

6. Самая поразительная особенность живых организмов - *способность к воспроизведению, т. е. размножению*. Потомство всегда сходно с родителями. Существуют механизмы передачи информации о признаках, свойствах и функциях организмов из поколения в поколение. В этом проявляется *наследственность*. Как установлено, механизмы хранения и передачи наследственных свойств одинаковы для всех видов. Однако сходство родителей и потомков никогда не бывает полным: потомки, будучи похожи на родителей, всегда в чем-то отличаются от них. В этом состоит явление *изменчивости*, основные законы которой также общие для всех видов. Таким образом, живым организмам свойственны размножение, наследственность и изменчивость.

7. Для живого характерна *способность к историческому развитию и изменению от простого к сложному*. Этот процесс называют *эволюцией*. В результате эволюции возникло все многообразие живых организмов, приспособленных к определенным условиям существования.

Уровни организации жизни. Для живой природы характерны разные уровни организации ее структур, между которыми существует сложное соподчинение. Жизнь на каждом уровне изучают соответствующие разделы биологии: молекулярная биология, цитология, генетика, анатомия, физиология, эволюционное учение, экология.

Самый нижний, наиболее древний уровень жизни — это *уровень молекулярных структур*. Здесь проходит граница между живым и неживым. Выше находится *клеточный уровень* жизни. И клетка, и заключенные в ней молекулярные структуры в главных чертах строения у всех организмов сходны.

Органно-тканевый уровень характерен только для многоклеточных организмов, у которых клетки и образованные из них части организма достигли высокой степени структурной и функциональной специализации.

Следующий уровень — это *уровень целостного организма*. Как бы ни различались организмы между собой, их объединяет то, что они все состоят из клеток.

Вид, объединяющий сходные в основных чертах организмы, составляет *более сложный уровень организации жизни*. Здесь

действуют свои законы - законы внутривидовых отношений организмов.

Наконец, еще более высоким уровнем является *уровень биоценозов*, т. е. сообществ всех видов, населяющих ту или иную территорию или акваторию. На этом уровне действуют законы межвидовых отношений.

Совокупность всего живого, населяющего Землю, составляет *биосферу*. Это *высший уровень* организации жизни. Законы, характерные для более высоких уровней организации живого мира, не исключают действия законов, присущих более низким уровням.

Общая биология изучает законы, характерные для всех уровней организации жизни.

Методы изучения биологии. Для изучения живой природы биологи применяют различные методы. *Наблюдение* позволяет выявить объекты и явления. *Сравнение* дает возможность установить закономерности, общие для разных явлений в живой природе. В *эксперименте* или в *опыте* создается ситуация, помогающая выявить те или иные свойства биологических объектов. *Исторический метод* позволяет на основе данных о современном органическом мире и его прошлом познавать процессы развития живой природы. *Экспериментальный метод* был сформулирован английским ученым Френсисом Бэконом. Он дает возможность проникнуть в тайны живой материи. Эксперимент позволяет раскрыть тайны строения и закономерности взаимодействия не только органов и тканей, но и отдельных клеток и даже отдельных молекул. Кроме этих основных методов применяется много других.

При изучении биологических объектов используется самая различная техника: микроскопы, ультрацентрифуги, разнообразные химические анализаторы, компьютеры и множество других приборов, позволяющих раскрыть тайны живой материи. Свой вклад в изучение биологии вносят специалисты, казалось бы, далекие от биологии: химики, физики, математики, инженеры и многие другие.

Значение биологии. Биологические знания лежат в основе медицинских и сельскохозяйственных наук. Биология решает важнейшие практические задачи. Одна из них— производство продовольствия. Для того чтобы обеспечить питанием все увеличивающееся население нашей планеты, необходимо иметь высокопродуктивные сорта сельскохозяйственных растений и породы животных, а также совершенные методы их выращивания. Эти проблемы нельзя решить, не зная законов биологии, прежде всего законов наследственности, и не опираясь на них в агрономии и зоотехнике.

Очень важна задача разработки методов предупреждения и лечения болезней человека, особенно таких тяжелых, как сердечно-сосудистые, рак, СПИД. Решение этой задачи требует глубокого исследования жизненных процессов и механизмов, ими управляющих, как в отдельных клетках, так и в организмах и сообществах.

Важнейшая задача нашего времени, которая встала перед человечеством,— охрана природы и приумножение ее богатств. Эта

задача продиктована тем, что под влиянием хозяйственной деятельности человека идет процесс загрязнения окружающей среды, вследствие чего происходит сокращение численности и даже гибель видов животных и растений. Загрязнение окружающей среды отрицательно влияет на здоровье человека.

Остановить развитие промышленности и рост городов невозможно. Но совершенно необходимо предотвратить угрозу, которую несет этот процесс природе и самому человеку, что также требует глубокого знания законов общей биологии.

Прогресс биологии в XX в., ее возросшая роль среди других наук и для существования человечества определяют и ее значительно более высокий уровень сравнительно с тем, какой она имела 30—40 лет назад. По уровню биологических исследований можно судить о материально-техническом развитии общества, так как биология становится реальной производительной силой, а также научной основой рациональных отношений между человеком и природой. Большинство биологических наук является *дисциплинами* с более узкой специализацией. Традиционно они группируются по типам исследуемых организмов: ботаника изучает растения, зоология — животных, микробиология — одноклеточные микроорганизмы. Области внутри биологии далее делятся либо по масштабам исследования, либо по применяемым методам: биохимия изучает химические основы жизни, молекулярная биология — сложные взаимодействия между биологическими молекулами, клеточная биология и цитология — основные строительные блоки многоклеточных организмов, клетки, гистология и анатомия — строение тканей и организма из отдельных органов и тканей, физиология — физические и химические функции органов и тканей, этология — поведение живых существ, экология — взаимозависимость различных организмов и их среды. Передачу наследственной информации изучает генетика. Развитие организма в онтогенезе изучается биологией развития. Зарождение и историческое развитие живой природы — палеобиология и эволюционная биология. На границах со смежными науками возникают: биомедицина, биофизика (изучение живых объектов физическими методами), биометрия и т. д. В связи с практическими потребностями человека возникают такие направления, как космическая биология, социобиология, физиология труда, бионика.

Вопросы для закрепления темы:

1. Что изучает наука биология?
2. Кто впервые ввел термин биология?
3. Как подразделяется биология?
4. Какие методы исследования живых организмов существуют в биологии?
5. Какие уровни организации жизни вы знаете?
6. Какие основные признаки живого вы знаете?
7. В чем заключается значение биологии?

**Лекция № 2: Химический состав клетки.
Наука цитология. Предмет и задачи цитологии. Основные
положения клеточной теории.**

Цитология - наука о клетке (греч. "цитос"-клетка, "логос"-наука). Предмет цитологии - клетки многоклеточных животных и растений, а также одноклеточных организмов, к числу которых относятся бактерии, простейшие и одноклеточные водоросли. Цитология изучает строение и химический состав клеток, функции внутриклеточных структур, функции клеток в организме животных и растений, размножение и развитие клеток, приспособления клеток к условиям окружающей среды. Современная цитология - наука комплексная. Она имеет самые тесные связи с другими биологическими науками, например с ботаникой, зоологией, физиологией, учением об эволюции органического мира, а также с молекулярной биологией, химией, физикой, математикой. Цитология - одна из относительно молодых биологических наук, ее возраст около 100 лет. Возраст же термина "клетка" насчитывает свыше 300 лет. Впервые название "клетка" в середине XVII века применил Р.Гук. Рассматривая тонкий срез пробки с помощью микроскопа, Гук увидел, что пробка состоит из ячеек - клеток.

Клеточная теория. В середине XIX столетия на основе уже многочисленных знаний о клетке Т. Шванн сформулировал клеточную теорию (1838). Он обобщил имевшиеся знания о клетке и показал, что клетка представляет основную единицу строения всех живых организмов, что клетки животных и растений сходны по своему строению. Эти положения явились важнейшими доказательствами единства происхождения всех живых организмов, единство всего органического мира. Т. Шванн внес в науку правильное понимание клетки как самостоятельной единицы жизни, наименьшей единицы живого: вне клетки нет жизни.

Изучение химической организации клетки привело к выводу, что именно химические процессы лежат в основе ее жизни, что клетки всех организмов сходны по химическому составу, у них однотипно протекают основные процессы обмена веществ. Данные о сходстве химического состава клеток еще раз подтвердили единство всего органического мира.

Современная клеточная - теория включает следующие положения:

клетка - основная единица строения и развития всех живых организмов, наименьшая единица живого;

клетки всех одноклеточных и многоклеточных организмов сходны (гомологичны) по своему строению, химическому составу, основным проявлениям жизнедеятельности и обмену веществ;

размножение клеток происходит путем их деления, и каждая новая клетка образуется в результате деления исходной (материнской) клетки;

в сложных многоклеточных организмах клетки специализированы по выполняемой ими функции и образуют ткани; из тканей состоят органы, которые тесно связаны между собой и подчинены нервным и гуморальным системам регуляции.

Исследования клетки имеют большое значение для разгадки заболеваний. Именно в клетках начинают развиваться патологические изменения, приводящие к возникновению заболеваний. Чтобы понять роль клеток в развитии заболеваний, приведем несколько примеров. Одно из серьезных заболеваний человека - сахарный диабет. Причина этого заболевания - недостаточная деятельность группы клеток поджелудочной железы, вырабатывающих гормон инсулин, который участвует в регуляции сахарного обмена организма. Злокачественные изменения, приводящие к развитию раковых опухолей, возникают также на уровне клеток. Возбудители кокцидиоза - опасного заболевания кроликов, кур, гусей и уток - паразитические простейшие - кокцидии проникают в клетки кишечного эпителия и печени, растут и размножаются в них, полностью нарушают обмен веществ, а затем разрушают эти клетки. У больных кокцидиозом животных сильно нарушается деятельность пищеварительной системы и при отсутствии лечения животные погибают. Вот почему изучение строения, химического состава, обмена веществ и всех проявлений жизнедеятельности клеток необходимо не только в биологии, но также в медицине и ветеринарии.

Изучение клеток разнообразных одноклеточных и многоклеточных организмов с помощью светоптического и электронного микроскопов показало, что по своему строению они разделяются на две группы. Одну группу составляют бактерии и сине-зеленые водоросли. Эти организмы имеют наиболее простое строение клеток. Их называют доядерными (**прокариотами**), так как у них нет оформленного ядра (греч. "картон"-ядро) и нет многих структур, которые называют органоидами. Другую группу составляют все остальные организмы: от одноклеточных зеленых водорослей и простейших до высших цветковых растений, млекопитающих, в том числе и человека. Они имеют сложно устроенные клетки, которые называют ядерными (**эукариотическими**). Эти клетки имеют ядро и органоиды, выполняющие специфические функции.

Особую, неклеточную форму жизни составляют вирусы, изучением которых занимается вирусология.

Строение и функции оболочки клетки.

Клетка любого организма, представляет собой целостную живую систему. Она состоит из трех неразрывно связанных между собой частей: оболочки, цитоплазмы и ядра. Оболочка клетки осуществляет непосредственное взаимодействие с внешней средой и взаимодействие с соседними клетками (в многоклеточных организмах).

Оболочка клеток. Оболочка клеток имеет сложное строение. Она состоит из наружного слоя и расположенной под ним плазматической

мембраны. Клетки животных и растений различаются по строению их наружного слоя. У растений, а также у бактерий, сине-зеленых водорослей и грибов на поверхности клеток расположена плотная оболочка, или клеточная стенка. У большинства растений она состоит из клетчатки. Клеточная стенка играет исключительно важную роль: она представляет собой внешний каркас, защитную оболочку, обеспечивает тургор растительных клеток: через клеточную стенку проходит вода, соли, молекулы многих органических веществ.

Наружный слой поверхности клеток животных в отличие от клеточных стенок растений очень тонкий, эластичный. Он не виден в световой микроскоп и состоит из разнообразных полисахаридов и белков. Поверхностный слой животных клеток получил название **гликокаликс**.

Гликокаликс выполняет прежде всего функцию непосредственной связи клеток животных с внешней средой, со всеми окружающими ее веществами. Имея незначительную толщину (меньше 1 мкм), наружный слой клетки животных не выполняет опорной роли, какая свойственна клеточным стенкам растений. Образование гликокаликса, так же как и клеточных стенок растений, происходит благодаря жизнедеятельности самих клеток.

Плазматическая мембрана. Под гликокаликсом и клеточной стенкой растений расположена плазматическая мембрана (лат. "мембрана"-кожица, пленка), граничащая непосредственно с цитоплазмой. Толщина плазматической мембраны около 10 нм, изучение ее строения и функций возможно только с помощью электронного микроскопа.

В состав плазматической мембраны входят белки и липиды. Они упорядочены, расположены и соединены друг с другом химическими взаимодействиями. По современным представлениям молекулы липидов в плазматической мембране расположены в два ряда и образуют сплошной слой. Молекулы белков не образуют сплошного слоя, они располагаются в слое липидов, погружаясь в него на разную глубину.

Молекулы белка и липидов подвижны, что обеспечивает динамичность плазматической мембраны. Плазматическая мембрана выполняет много важных функций, от которых зависит жизнедеятельность клеток. Одна из таких функций заключается в том, что она образует барьер, отграничивающий внутреннее содержимое клетки от внешней среды. Но между клетками и внешней средой постоянно происходит обмен веществ. Из внешней среды в клетку поступает вода, разнообразные соли в форме отдельных ионов, неорганические и органические молекулы. Они проникают в клетку через очень тонкие каналы плазматической мембраны. Во внешнюю среду выводятся продукты, образованные в клетке. Транспорт веществ - одна из главных функций плазматической мембраны. Через плазматическую мембрану из клетки выводятся продукты обмена, а также вещества, синтезированные в клетке. К числу их относятся разнообразные белки, углеводы, гормоны, которые вырабатываются в клетках различных желез и выводятся во внеклеточную среду в форме мелких капель.

Клетки, образующие у многоклеточных животных разнообразные ткани (эпителиальную, мышечную и др.), соединяются друг с другом плазматической мембраной. В местах соединения двух клеток мембрана каждой из них может образовывать складки или выросты, которые придают соединениям особую прочность.

Соединение клеток растений обеспечивается путем образования тонких каналов, которые заполнены цитоплазмой и ограничены плазматической мембраной. По таким каналам, проходящим через клеточные оболочки, из одной клетки в другую поступают питательные вещества, ионы, углеводы и другие соединения.

На поверхности многих клеток животных, например, различных эпителиев, находятся очень мелкие тонкие выросты цитоплазмы, покрытые плазматической мембраной, - микроворсинки. Наибольшее количество микроворсинок находится на поверхности клеток кишечника, где происходит интенсивное переваривание и всасывание переваренной пищи.

Фагоцитоз. Крупные молекулы органических веществ, например белков и полисахаридов, частицы пищи, бактерии поступают в клетку путем фагоцита (греч. "фагео" - пожирать). В фагоците непосредственное участие принимает плазматическая мембрана. В том месте, где поверхность клетки соприкасается с частицей какого-либо плотного вещества, мембрана прогибается, образует углубление и окружает частицу, которая в "мембранной упаковке" погружается внутрь клетки. Образуется пищеварительная вакуоль и в ней перевариваются поступившие в клетку органические вещества.

Цитоплазма. Отграниченная от внешней среды плазматической мембраной, цитоплазма представляет собой внутреннюю полужидкую среду клеток. В цитоплазму эукариотических клеток располагаются ядро и различные органоиды. Ядро располагается в центральной части цитоплазмы. В ней сосредоточены и разнообразные включения - продукты клеточной деятельности, вакуоли, а также мельчайшие трубочки и нити, образующие скелет клетки. В составе основного вещества цитоплазмы преобладают белки. В цитоплазме протекают основные процессы обмена веществ, она объединяет в одно целое ядро и все органоиды, обеспечивает их взаимодействие, деятельность клетки как единой целостной живой системы.

Эндоплазматическая сеть. Вся внутренняя зона цитоплазмы заполнена многочисленными мелкими каналами и полостями, стенки которых представляют собой мембраны, сходные по своей структуре с плазматической мембраной. Эти каналы ветвятся, соединяются друг с другом и образуют сеть, получившую название эндоплазматической сети.

Эндоплазматическая сеть неоднородна по своему строению. Известны два ее типа - гранулярная и гладкая. На мембранах каналов и полостей гранулярной сети располагается множество мелких округлых телец - рибосом, которые придают мембранам шероховатый вид. Мембраны гладкой эндоплазматической сети не несут рибосом на своей поверхности.

Эндоплазматическая сеть выполняет много разнообразных функций. Основная функция гранулярной эндоплазматической сети - участие в синтезе белка, который осуществляется в рибосомах.

На мембранах гладкой эндоплазматической сети происходит синтез липидов и углеводов. Все эти продукты синтеза накапливаются в каналах и полостях, а затем транспортируются к различным органоидам клетки, где потребляются или накапливаются в цитоплазме в качестве клеточных включений. Эндоплазматическая сеть связывает между собой основные органоиды клетки.

Рибосомы. Рибосомы обнаружены в клетках всех организмов. Это микроскопические тельца округлой формы диаметром 15-20 нм. Каждая рибосома состоит из двух неодинаковых по размерам частиц, малой и большой.

В одной клетке содержится много тысяч рибосом, они располагаются либо на мембранах гранулярной эндоплазматической сети, либо свободно лежат в цитоплазме. В состав рибосом входят белки и РНК. Функция рибосом - это синтез белка. Синтез белка - сложный процесс, который осуществляется не одной рибосомой, а целой группой, включающей до нескольких десятков объединенных рибосом. Такую группу рибосом называют **полисомой**. Синтезированные белки сначала накапливаются в каналах и полостях эндоплазматической сети, а затем транспортируются к органоидам и участкам клетки, где они потребляются. Эндоплазматическая сеть и рибосомы, расположенные на ее мембранах, представляют собой единый аппарат биосинтеза и транспортировки белков.

Митохондрии. В цитоплазме большинства клеток животных и растений содержатся мелкие тельца (0,2-7 мкм) - митохондрии (греч. "митос" - нить, "хондрион" - зерно, гранула).

Митохондрии хорошо видны в световой микроскоп, с помощью которого можно рассмотреть их форму, расположение, сосчитать количество. Внутреннее строение митохондрий изучено с помощью электронного микроскопа. Оболочка митохондрии состоит из двух мембран - наружной и внутренней. Наружная мембрана гладкая, она не образует никаких складок и выростов. Внутренняя мембрана, напротив, образует многочисленные складки, которые направлены в полость митохондрии. Складки внутренней мембраны называют **кристами** (лат. "крита" - гребень, вырост) Число крист неодинаково в митохондриях разных клеток. Их может быть от нескольких десятков до нескольких сотен, причем особенно много крист в митохондриях активно функционирующих клеток, например мышечных.

Митохондрии называют "силовыми станциями" клеток, так как их основная функция - синтез аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Эта кислота синтезируется в митохондриях клеток всех организмов и представляет собой универсальный источник энергии, необходимый для осуществления процессов жизнедеятельности клетки и целого организма.

Новые митохондрии образуются делением уже существующих в клетке митохондрий.

Пластиды. В цитоплазме клеток всех растений находятся пластиды. В клетках животных пластиды отсутствуют. Различают три основных типа пластид: зеленые - хлоропласты; красные, оранжевые и желтые - хромопласты; бесцветные - лейкопласты.

Хлоропласт. Эти органоиды содержатся в клетках листьев и других зеленых органов растений, а также у разнообразных водорослей. Размеры хлоропластов 4-6 мкм, наиболее часто они имеют овальную форму. У высших растений в одной клетке обычно бывает несколько десятков хлоропластов. Зеленый цвет хлоропластов зависит от содержания в них пигмента хлорофилла. Хлоропласт - основной органоид клеток растений, в котором происходит фотосинтез, т. е. образование органических веществ (углеводов) из неорганических (CO_2 и H_2O) при использовании энергии солнечного света.

По строению хлоропласты сходны с митохондриями. От цитоплазмы хлоропласт отграничен двумя мембранами - наружной и внутренней. Наружная мембрана гладкая, без складок и выростов, а внутренняя образует много складчатых выростов, направленных внутрь хлоропласта. Поэтому внутри хлоропласта сосредоточено большое количество мембран, образующих особые структуры - граны. Они сложены наподобие стопки монет.

В мембранах гран располагаются молекулы хлорофилла, потому именно здесь происходит фотосинтез. В хлоропластах синтезируется и АТФ. Между внутренними мембранами хлоропласта содержатся ДНК, РНК и рибосомы. Следовательно, в хлоропластах, так же как и в митохондриях, происходит синтез белка, необходимого для деятельности этих органоидов. Хлоропласты размножаются делением.

Хромопласты находятся в цитоплазме клеток разных частей растений: в цветках, плодах, стеблях, листьях. Присутствием хромопластов объясняется желтая, оранжевая и красная окраска венчиков цветков, плодов, осенних листьев.

Лейкопласты находятся в цитоплазме клеток неокрашенных частей растений, например в стеблях, корнях, клубнях. Форма лейкопластов разнообразна.

Хлоропласты, хромопласты и лейкопласты способны к взаимному переходу. Так при созревании плодов или изменении окраски листьев осенью хлоропласты превращаются в хромопласты, а лейкопласты могут превращаться в хлоропласты, например, при позеленении клубней картофеля.

Аппарат Гольджи. Во многих клетках животных, например в нервных, он имеет форму сложной сети, расположенной вокруг ядра. В клетках растений и простейших аппарат Гольджи представлен отдельными тельцами серповидной или палочковидной формы. Строение этого органоида

сходно в клетках растительных и животных организмов, несмотря на разнообразие его формы.

В состав аппарата Гольджи входят: полости, ограниченные мембранами и расположенные группами (по 5-10); крупные и мелкие пузырьки, расположенные на концах полостей. Все эти элементы составляют единый комплекс.

Аппарат Гольджи выполняет много важных функций. По каналам эндоплазматической сети к нему транспортируются продукты синтетической деятельности клетки - белки, углеводы и жиры. Все эти вещества сначала накапливаются, а затем в виде крупных и мелких пузырьков поступают в цитоплазму и либо используются в самой клетке в процессе ее жизнедеятельности, либо выводятся из нее и используются в организме. Например, в клетках поджелудочной железы млекопитающих синтезируются пищеварительные ферменты, которые накапливаются в полостях органоида. Затем образуются пузырьки, наполненные ферментами. Они выводятся из клеток в проток поджелудочной железы, откуда перетекают в полость кишечника. Еще одна важная функция этого органоида заключается в том, что на его мембранах происходит синтез жиров и углеводов (полисахаридов), которые используются в клетке и которые входят в состав мембран. Благодаря деятельности аппарата Гольджи происходят обновление и рост плазматической мембраны.

Лизосомы. Представляют собой небольшие округлые тельца. От цитоплазмы каждая лизосома отграничена мембраной. Внутри лизосомы находятся ферменты, расщепляющие белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты.

К пищевой частице, поступившей в цитоплазму, подходят лизосомы, сливаются с ней, и образуется одна пищеварительная вакуоль, внутри которой находится пищевая частица, окруженная ферментами лизосом. Вещества, образовавшиеся в результате переваривания пищевой частицы, поступают в цитоплазму и используются клеткой.

Обладая способностью к активному перевариванию пищевых веществ, лизосомы участвуют в удалении отмирающих в процессе жизнедеятельности частей клеток, целых клеток и органов. Образование новых лизосом происходит в клетке постоянно. Ферменты, содержащиеся в лизосомах, как и всякие другие белки синтезируются на рибосомах цитоплазмы. Затем эти ферменты поступают по каналам эндоплазматической сети к аппарату Гольджи, в полостях которого формируются лизосомы. В таком виде лизосомы поступают в цитоплазму.

Клеточный центр. В клетках животных вблизи ядра находится органоид, который называют клеточным центром. Основную часть клеточного центра составляют два маленьких тельца - центриоли, расположенные в небольшом участке уплотненной цитоплазмы. Каждая центриоль имеет форму цилиндра длиной до 1 мкм. Центриоли играют

важную роль при делении клетки; они участвуют в образовании веретена деления.

Клеточные включения. К клеточным включениям относятся углеводы, жиры и белки. Все эти вещества накапливаются в цитоплазме клетки в виде капель и зерен различной величины и формы. Они периодически синтезируются в клетке и используются в процессе обмена веществ.

Ядро. Каждая клетка одноклеточных и многоклеточных животных, а также растений содержит ядро. Форма и размеры ядра зависят от формы и размера клеток. В большинстве клеток имеется одно ядро, и такие клетки называют одноядерными. Существуют также клетки с двумя, тремя, с несколькими десятками и даже сотнями ядер. Это - многоядерные клетки.

Ядерный сок - полужидкое вещество, которое находится под ядерной оболочкой и представляет внутреннюю среду ядра.

Вопросы для закрепления темы:

1. Кем, когда и как была открыта клетка?
2. Что изучает клеточная биология и какое значение имеет клеточная теория для науки?
3. Какие процессы происходят в митохондриях?
4. Каково строение и назначение аппарата Гольджи?
5. Какова функция лизосом в животной клетке?
6. Какие процессы происходят в хлоропластах?
7. Каково строение и функции ядра?
8. Что такое клеточные включения?
9. Какую функцию выполняют рибосомы?
10. Какова роль цитоплазмы в клетке?
11. Каковы строение и функции эндоплазматической сети?

Лекция №3 Неорганические составляющие клетки: вода и ее свойства. Минеральные соли.

Атомный состав: в состав клетки входит около 70 элементов Периодической системы элементов Менделеева, причем 24 из них присутствуют во всех типах клеток.

Макроэлементы — Н, О, N, С, микроэлементы — Mg, Na, Ca, Fe, K, P, Cl, S, ультрамикроэлементы — Zn, Cu, I, F, Mn, Co, Si и др.

Молекулярный состав: в состав клетки входят молекулы неорганических и органических соединений.

Вода. Молекула воды имеет нелинейную пространственную структуру и обладает полярностью. Между отдельными молекулами образуются водородные связи, определяющие физические и химические свойства воды.

Физические свойства воды:

- вода может находиться в трех состояниях — жидком, твердом и газообразном;

- вода — растворитель. Полярные молекулы воды растворяют полярные молекулы других веществ. Вещества, растворимые в воде, называют **гидрофильными**. Вещества, не растворимые в воде, — **гидрофобными**;

- высокая удельная теплоемкость. Для разрыва водородных связей, удерживающих молекулы воды, требуется поглотить большое количество энергии. Это свойство воды обеспечивает поддержание теплового баланса в организме;

- высокая теплота парообразования. Для испарения воды необходима достаточно большая энергия. Температура кипения воды выше, чем у многих других веществ. Это свойство воды предохраняет организм от перегрева;

- молекулы воды находятся в постоянном движении, они сталкиваются друг с другом в жидкой фазе, что немаловажно для процессов обмена веществ;

- сцепление и поверхностное натяжение. Водородные связи обуславливают вязкость воды и сцепление ее молекул с молекулами других веществ (когезия). Благодаря силам сцепления молекул на поверхности воды создается пленка, которую характеризует поверхностное натяжение;

- плотность. При охлаждении движение молекул воды замедляется. Количество водородных связей между молекулами становится максимальным. Наибольшую плотность вода имеет при 4°C. Замерзая, вода расширяется (необходимо место для образования водородных связей), и ее плотность уменьшается, поэтому лед плавает на поверхности воды, что защищает водоем от промерзания;

- способность к образованию коллоидных структур. Молекулы воды образуют вокруг нерастворимых молекул некоторых веществ оболочку, препятствующую образованию крупных частиц. Такое состояние этих молекул называется дисперсным (рассеянным). Мельчайшие частицы веществ, окруженные молекулами воды, образуют коллоидные растворы (цитоплазма, межклеточные жидкости).

Биологические функции воды:

- транспортная — вода обеспечивает передвижение веществ в клетке и организме, поглощение веществ и выведение продуктов метаболизма. В природе вода переносит продукты жизнедеятельности в почвы и к водоемам;

- метаболическая — вода является средой для всех биохимических реакций и донором электронов при фотосинтезе, она необходима для гидролиза макромолекул до их мономеров;

- участвует в образовании:

1) смазывающих жидкостей, которые уменьшают трение (синовиальная — в суставах позвоночных животных, плевральная, в плевральной полости, перикардиальная — в околосердечной сумке);

2) слизей, которые облегчают передвижение веществ по кишечнику, создают влажную среду на слизистых оболочках дыхательных путей;

3) секретов (слюна, слезы, желчь, сперма и т.д.) и соков в организме.

Неорганические ионы. Неорганические ионы клетки представлены: катионами K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_3 и анионами Cl^- , NO_3^- , $H_2PO_4^-$, HCO_3^- , HPO_4^{2-} .

Разность между количеством катионов и анионов на поверхности и внутри клетки обеспечивает возникновение потенциала действия, что лежит в основе нервного и мышечного возбуждения.

Анионы фосфорной кислоты создают фосфатную буферную систему, поддерживающую рН внутриклеточной среды организма на уровне 6—9.

Угольная кислота и ее анионы создают бикарбонатную буферную систему и поддерживают рН внеклеточной среды (плазмы крови) на уровне 4—7.

Соединения азота служат источником минерального питания, синтеза белков, нуклеиновых кислот. Атомы фосфора входят в состав нуклеиновых кислот, фосфолипидов, а также костей позвоночных, хитинового покрова членистоногих. Ионы кальция входят в состав вещества костей, они также необходимы для осуществления мышечного сокращения, свертывания крови.

Вопросы для закрепления темы:

1. Какие химические элементы входят в состав клетки?
2. Какую роль играют содержащиеся в клетке элементы?
3. Каковы особенности строения и функции воды?
4. Какие соединения называются гидрофобными и гидрофильными соединениями?
5. Назовите ионы неорганических веществ, содержащиеся в клетке.
6. Каково значение для клетки солей фосфора, калия и натрия?
7. Какое свойство воды предохраняет организм от перегрева?

Лекция №4: Органические соединения клетки. Липиды. Углеводы. Белки.

Аминокислоты — структурные компоненты *белков*. *Белки*, или *протеины* (греч. *protos* — первостепенный), — это биологические гетерополимеры, мономерами которых являются аминокислоты. Аминокислоты представляют собой низкомолекулярные органические соединения, содержащие карбоксильную ($-COOH$) и аминную ($-NH_2$) группы, которые связаны с одним и тем же атомом углерода. К атому углерода

присоединяется боковая цепь — какой-либо радикал, придающий каждой аминокислоте определенные свойства. У большинства белков спиральные и неспиральные участки полипептидной цепи складываются в трехмерное образование шаровидной формы — глобулу (характерна для глобулярных белков). Глобула определенной конфигурации является *третичной структурой* белка. Такая структура стабилизируется ионными, водородными, ковалентными дисульфидными связями (образуются между атомами серы, входящими в состав цистеина, цистина и метионина), а также гидрофобными взаимодействиями. Наиболее важными в возникновении третичной структуры являются гидрофобные взаимодействия; белок при этом свертывается таким образом, что его гидрофобные боковые цепи скрыты внутри молекулы, т. е. защищены от соприкосновения с водой, а гидрофильные боковые цепи, наоборот, выставлены наружу. Многие белки с особо сложным строением состоят из нескольких полипептидных цепей (субъединиц), образуя *четвертичную структуру* белковой молекулы. Такая структура имеется, например, у глобулярного белка гемоглобина. Его молекула состоит из четырех отдельных полипептидных субъединиц (протомеров), находящихся в третичной структуре, и небелковой части — гема. Только в такой структуре гемоглобин способен выполнять свою транспортную функцию. Под влиянием различных химических и физических факторов (обработка спиртом, ацетоном, кислотами, щелочами, высокой температурой, облучением, высоким давлением и т. д.) происходит изменение вторичной, третичной и четвертичной структур белка вследствие разрыва водородных и ионных связей. Процесс нарушения нативной (естественной) структуры белка называется *денатурацией*. При этом наблюдается уменьшение растворимости белка, изменение формы и размеров молекул, потеря ферментативной активности и т. д. Процесс денатурации может быть полным или частичным. В некоторых случаях переход к нормальным условиям среды сопровождается самопроизвольным восстановлением естественной структуры белка. Такой процесс называется *ренатурацией*.

Простые и сложные белки. По химическому составу выделяют белки простые и сложные. *К простым* относятся белки, состоящие только из аминокислот, а *к сложным* — белки, содержащие белковую часть и небелковую (простетическую); простетическую группу могут образовывать ионы металлов, остаток фосфорной кислоты, углеводы, липиды и др. Простыми белками являются сывороточный альбумин крови, фибрин, некоторые ферменты (трипсин) и др. К сложным белкам относятся все протеолипиды и гликопротеины; сложными белками являются, например, иммуноглобулины (антитела), гемоглобин, большинство ферментов и т. д.

Функции белков.

1. *Структурная.* Белки входят в состав клеточных мембран и матрикса органелл клетки. Стенки кровеносных сосудов, хрящи,

сухожилия, волосы, ногти, когти у высших животных состоят преимущественно из белков.

2. *Каталитическая (ферментативная)*. Белки-ферменты катализируют протекание всех химических реакций в организме. Они обеспечивают расщепление питательных веществ в пищеварительном тракте, фиксацию углерода при фотосинтезе и т. д.

3. *Транспортная*. Некоторые белки способны присоединять и переносить различные вещества. Альбумины крови транспортируют жирные кислоты, глобулины - ионы металлов и гормоны, гемоглобин - кислород и углекислый газ. Молекулы белков, входящие в состав плазматической мембраны, принимают участие в транспортировке веществ в клетку.

4. *Защитная*. Ее выполняют иммуноглобулины (антитела) крови, обеспечивающие иммунную защиту организма. Фибриноген и тромбин участвуют в свертывании крови и предотвращают кровотечение.

5. *Сократительная*. Благодаря скольжению относительно друг друга актиновых и миозиновых протофибрилл происходит сокращение мышц, а также немышечные внутриклеточные сокращения. Движение ресничек и жгутиков связано со скольжением относительно друг друга микротрубочек, имеющих белковую природу.

6. *Регуляторная*. Многие гормоны являются олигопептидами или белками (например, инсулин, глюкагон (антагонист инсулина), адренокортикотропный гормон и др.).

7. *Рецепторная*. Некоторые белки, встроенные в клеточную мембрану, способны изменять свою структуру под воздействием внешней среды. Так происходит прием сигналов извне и передача информации в клетку. Примером может служить *фито-хром-светочувствительный белок*, регулирующий фотопериодическую реакцию растений, и *опсин* - составная часть *родопсина*, пигмента, находящегося в клетках сетчатки глаза.

8. *Энергетическая*. Белки могут служить источником энергии в клетке (после их гидролиза). Обычно белки расходуются на энергетические нужды в крайних случаях, когда исчерпаны запасы углеводов и жиров.

Ферменты (энзимы). Это специфические белки, которые присутствуют во всех живых организмах и играют роль биологических катализаторов.

Химические реакции в живой клетке протекают при определенной температуре, нормальном давлении и соответствующей кислотности среды. В таких условиях реакции синтеза или распада веществ протекали бы в клетке очень медленно, если бы они не подвергались воздействиям ферментов. Ферменты ускоряют реакцию без изменения ее общего результата за счет снижения *энергии активации*, т. е. при их присутствии требуется значительно меньше энергии для придания реакционной

способности молекулам, которые вступают в реакцию, или реакция идет по другому пути с меньшим энергетическим барьером.

Все процессы в живом организме прямо или косвенно осуществляются с участием ферментов. Например, под их действием составные компоненты пищи (белки, углеводы, липиды и др.) расщепляются до более простых соединений, а из них уже затем синтезируются новые, свойственные данному виду макромолекулы. Поэтому нарушения образования и активности ферментов нередко ведут к возникновению тяжелых болезней.

По пространственной организации ферменты состоят из нескольких пол и пептидных цепей и обычно обладают четвертичной структурой. Кроме того, ферменты могут включать и небелковые структуры. Белковая часть носит название *апофермент*, а небелковая — *кофактор* (если это катионы или анионы неорганических веществ, например, Zn^{2+} , Mg^{2+} и т. д.) или *кофермент (коэнзим)* (если это низкомолекулярное органическое вещество).

Предшественниками или составными частями многих коферментов являются витамины. Так, пантотеновая кислота — составная часть коэнзима А, никотиновая кислота (витамин РР) — предшественник НАД и НАДФ и т. д.

Ферментативный катализ подчиняется тем же законам, что и неферментативный катализ в химической промышленности, однако в отличие от него характеризуется необычайно *высокой степенью специфичности* (фермент катализирует только одну реакцию или действует только на один тип связи). Этим обеспечивается тонкая регуляция всех жизненно важных процессов (дыхание, пищеварение, фотосинтез и др.), протекающих в клетке и организме. Например, фермент уреазы катализирует расщепление лишь одного вещества — мочевины ($H_2N-CO-NH_2 + H_2O \rightarrow 2NH_3 + CO_2$), не оказывая каталитического действия на структурно-родственные соединения.

Липиды

Липиды — это жироподобные органические соединения, нерастворимые в воде, но хорошо растворимые в неполярных растворителях (эфире, бензине, бензоле, хлороформе). Липиды принадлежат к простейшим биологическим молекулам.

В химическом отношении большинство липидов представляет собой сложные эфиры высших карбоновых кислот и ряда спиртов. Наиболее известны среди них *жиры*. Каждая молекула жира образована молекулой трехатомного спирта глицерола и присоединенными к ней эфирными связями трех молекул высших карбоновых кислот. Согласно принятой номенклатуре, жиры называют *триацилглицеролами*.

Атомы углерода в молекулах высших карбоновых кислот могут быть соединены друг с другом как простыми, так и двойными связями. Из предельных (насыщенных) высших карбоновых кислот наиболее часто в состав жиров входят пальмитиновая, стеариновая, арахидоновая; из непредельных (ненасыщенных) — олеиновая и линолевая.

Степень ненасыщенности и длина цепей высших карбоновых кислот (т. е. число атомов углерода) определяют физические свойства того или иного жира.

Жиры с короткими и непредельными кислотными цепями имеют низкую температуру плавления. При комнатной температуре это жидкости (масла) либо мазеподобные вещества (жиры). И наоборот, жиры с длинными и насыщенными цепями высших карбоновых кислот при комнатной температуре становятся твердыми. Вот почему при гидрировании (насыщении кислотных цепей атомами водорода по двойным связям) жидкое арахисовое масло, например, становится мазеобразным, а подсолнечное масло превращается в твердый маргарин. По сравнению с обитателями южных широт в организме животных, обитающих в холодном климате (например, у рыб арктических морей), обычно содержится больше ненасыщенных триацилглицеролов. По этой причине тело их остается гибким и при низких температурах.

В *фосфолипидах* одна из крайних цепей высших карбоновых кислот триацилглицерола замещена на группу, содержащую фосфат. Фосфолипиды имеют полярные головки и неполярные хвосты. Группы, образующие полярную головку, гидрофильны, а неполярные хвостовые группы гидрофобны. Двойственная природа этих липидов обуславливает их ключевую роль в организации биологических мембран.

Еще одну группу липидов составляют *стероиды (стеролы)*. Эти вещества построены на основе спирта холестерина. Стероиды плохо растворимы в воде и не содержат высших карбоновых кислот. К ним относятся желчные кислоты, холестерин, половые гормоны, витамин D и др.

К липидам также относятся *терпены* (ростовые вещества растений — гиббереллины; каротиноиды - фотосинтетические пигменты; эфирные масла растений, а также воска).

Липиды могут образовывать комплексы с другими биологическими молекулами - белками и сахарами.

Функции липидов следующие:

1. *Структурная.* Фосфолипиды вместе с белками образуют биологические мембраны. В состав мембран входят также стеролы.

2. *Энергетическая.* При окислении жиров высвобождается большое количество энергии, которая идет на образование АТФ. В форме липидов хранится значительная часть энергетических запасов организма, которые расходуются при недостатке питательных веществ. Животные, впадающие в спячку, и растения накапливают жиры и масла и расходуют их на поддержание процессов жизнедеятельности. Высокое содержание липидов в семенах растений обеспечивает развитие зародыша и проростка до их перехода к самостоятельному питанию. Семена многих растений (кокосовой пальмы, клещевины, подсолнечника, сои, рапса и др.) служат сырьем для получения растительного масла промышленным способом.

3. *Защитная и теплоизоляционная.* Накапливаясь в подкожной клетчатке и вокруг некоторых органов (почек, кишечника), жировой слой защищает организм животных и его отдельные органы от механических повреждений. Кроме того, благодаря низкой теплопроводности слой подкожного жира помогает сохранить тепло, что позволяет, например, многим животным обитать в условиях холодного климата. У китов, кроме того, он играет еще и другую роль — способствует плавучести.

4. *Смазывающая и водоотталкивающая.* Воск покрывает кожу, шерсть, перья, делает их более эластичными и предохраняет от влаги. Восковой налет имеют листья и плоды многих растений.

5. *Регуляторная.* Многие гормоны являются производными холестерина, например половые (тестостерон у мужчин и прогестерон у женщин) и кортикостероиды (альдостерон). Производные холестерина, витамин D играют ключевую роль в обмене кальция и фосфора. Желчные кислоты участвуют в процессах пищеварения (эмульгирование жиров) и всасывания высших карбоновых кислот.

Углеводы

Общая характеристика. *Углеводами* называют вещества с общей формулой $C_n(H_2O)_m$, где n и m могут иметь разные значения. Само название «углеводы» отражает тот факт, что водород и кислород присутствуют в молекулах этих веществ в том же соотношении, что и в молекуле воды. Кроме углерода, водорода и кислорода, производные углеводов могут содержать и другие элементы, например азот.

Углеводы — одна из основных групп органических веществ клеток. Они представляют собой первичные продукты фотосинтеза и исходные продукты биосинтеза других органических веществ в растениях (органические кислоты, спирты, аминокислоты и др.), а также входят в состав клеток всех других организмов. В животной клетке содержится 1-2% углеводов, в растительных в некоторых случаях — 85-90%.

Выделяют три группы углеводов:

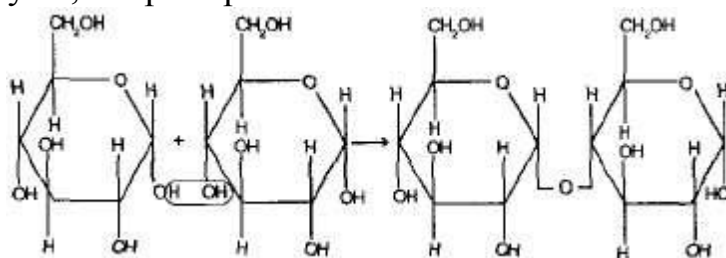
- моносахариды, или простые сахара;
- олигосахариды (греч. *oligos* — немногочисленный) — соединения, состоящие из 2—10 последовательно соединенных молекул простых Сахаров;
- полисахариды, состоящие более чем из 10 молекул простых Сахаров или их производных.

Моносахариды-это соединения, в основе которых лежит неразветвленная углеродная цепочка, в которой при одном из атомов углерода находится карбонильная группа ($C=O$), а при всех остальных — по одной гидроксильной группе. В зависимости от длины углеродного скелета (количества атомов углерода) моносахариды разделяют на триозы (C_3), гетрозы (C_4), пентозы (C_5), гексозы (C_6), гептозы (C_7). Примерами пентоз являются рибоза, дезоксирибоза, гексоз-глюкоза, фруктоза, галактоза.

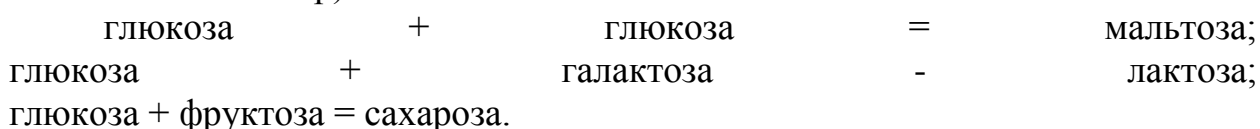
Моносахариды хорошо растворяются в воде, они сладкие на вкус. В водном растворе моносахариды, начиная с пентоз, приобретают кольцевую форму.

Циклические структуры пентоз и гексоз — их обычные формы; в любой данный момент лишь небольшая часть молекул существует в виде «открытой цепи». В состав олиго- и полисахаридов также входят циклические формы моносахаридов. Кроме Сахаров, у которых все атомы углерода связаны с атомами кислорода, есть частично восстановленные сахара, важнейшим из которых является дезоксирибоза.

Олигосахариды. При гидролизе олигосахариды образуют несколько молекул простых Сахаров. В олигосахариде молекулы простых Сахаров соединены так называемыми *гликозидными связями*, соединяющими атом углерода одной молекулы через кислород с *атомом* углерода другой молекулы, например:



К наиболее важным олигосахаридам относятся мальтоза (солодовый сахар), лактоза (молочный сахар) и сахароза (тростниковый или свекловичный сахар):



Эти сахара называют также дисахаридами. Мальтоза образуется из крахмала в процессе его расщепления под действием ферментов амилаз. Лактоза содержится только в молоке. Сахароза наиболее распространена в растениях.

По своим свойствам дисахариды близки к моносахаридам. Они хорошо растворяются в воде и имеют сладкий вкус.

Полисахариды. Это высокомолекулярные (до 10 000 000 Да) биополимеры, состоящие из большого числа мономеров — простых Сахаров и их производных.

Полисахариды могут состоять из моносахаридов одного или разных типов. В первом случае они называются *гомополисахариды* (крахмал, целлюлоза, хитин и др.), во втором — *гетерополисахариды* (гепарин).

Полисахариды могут иметь линейную, неразветвленную структуру (целлюлоза) либо разветвленную (гликоген). Все полисахариды не растворимы в воде и не имеют сладкого вкуса. Некоторые из них способны набухать и ослизняться.

Наиболее важными полисахаридами являются следующие:

Целлюлоза — линейный полисахарид, состоящий из нескольких прямых параллельных цепей, соединенных между собой водородными связями. Каждая цепь образована 3—10 тыс. остатков Р-D-туктозы. Такая структура препятствует проникновению воды, очень прочна на разрыв, что обеспечивает устойчивость оболочек клеток растений, в составе которых 26—80% целлюлозы.

Целлюлоза служит пищей для многих животных, бактерий и грибов. Однако большинство животных, в том числе и человек, не могут усваивать целлюлозу, поскольку железы желудочно-кишечного тракта не образуют фермента целлюлазы, расщепляющей целлюлозу до глюкозы. В то же время целлюлозные волокна играют важную роль в питании, так как они придают пище грубую консистенцию, объемность и стимулируют перистальтику кишечника.

Крахмал (у растений) и *гликоген* (у животных, человека и грибов) являются основными запасными полисахаридами по ряду причин: будучи нерастворимыми в воде, они не оказывают на клетку ни осмотического, ни химического влияния, что важно при длительном нахождении их в живой клетке. Твердое, обезвоженное состояние полисахаридов способствует увеличению полезной массы продукта запаса за счет экономии объема, причем существенно уменьшается вероятность потребления этих продуктов болезнетворными бактериями, грибами и другими микроорганизмами. И наконец, при необходимости запасные полисахариды легко могут быть превращены в простые сахара путем гидролиза.

Хитин образован молекулами рVD-глюкозы, в которой гидроксильная группа при втором атоме углерода замещена азотсодержащей группой NHCOCH_3 . Его длинные параллельные цепи так же, как и цепи целлюлозы, собраны в пучки. Хитин — основной структурный элемент покровов членистоногих и клеточных стенок грибов.

Функции углеводов:

1. *Энергетическая.* Глюкоза — основной источник энергии, высвобождаемой в клетках живых организмов в ходе клеточного дыхания. Крахмал и гликоген составляют энергетический запас в клетках.

2. *Структурная.* Целлюлоза входит в состав клеточных оболочек растений; хитин служит структурным компонентом покровов членистоногих и клеточных стенок многих грибов. Некоторые олигосахариды — составная часть цитоплазматической мембраны клетки (в виде гликопротеинов и гликолипидов), образующая гликокаликс. Пентозы участвуют в синтезе нуклеиновых кислот (рибоза входит в состав РНК, дезоксирибоза — в состав ДНК), некоторых коферментов (например, НАД, НАДФ, кофермента А, ФАД), АМФ; принимают участие в фотосинтезе (рибулозо-дифосфат является акцептором CO_2 в темновой фазе фотосинтеза).

3. *Защитная.* У животных гепарин препятствует свертыванию крови, у растений камеди и слизи, образующиеся при повреждении тканей, выполняют защитную функцию.

Вопросы для закрепления темы:

1. Какова биологическая роль жиров в организме?
2. Каковы основные функции углеводов?
3. Какую роль играют витамины в жизни человека?
4. Что такое авитаминоз?
5. Какие функции выполняют белки в организме?
6. Что такое ферменты?
7. Как подразделяются углеводы?
8. Что такое гормоны? Объясните механизм действия гормонов.

Лекция №5: Метаболизм, анаболизм, катаболизм. Дыхание организма. Синтез АТФ.

Метаболизм или **обмен веществ** — набор химических реакций, которые возникают в живом организме для поддержания жизни. Эти процессы позволяют организмам расти и размножаться, сохранять свои структуры и отвечать на воздействия окружающей среды. Метаболизм обычно делят на две стадии: в ходе **катаболизма** сложные органические вещества деградируют до более простых; в процессах **анаболизма** с затратами энергии синтезируются такие вещества, как белки, сахара, липиды и нуклеиновые кислоты.

Обмен веществ происходит между клетками организма и межклеточной жидкостью, постоянство состава которой поддерживается кровообращением: за время прохождения крови в капиллярах через проницаемые стенки капилляров плазма крови 40 раз полностью обновляется с интерстициальной жидкостью. Серии химических реакций обмена веществ называют **метаболическими путями**, в них при участии ферментов одни биологически значимые молекулы последовательно превращаются в другие. Ферменты играют важную роль в метаболических процессах потому, что:

- действуют как биологические катализаторы и снижают энергию активации химической реакции;
- позволяют регулировать метаболические пути в ответ на изменения среды клетки или сигналы от других клеток.

Особенности метаболизма влияют на то, будет ли пригодна определенная молекула для использования организмом в качестве источника энергии. Так, например, некоторые прокариоты используют сероводород в качестве источника энергии, однако этот газ ядовит для животных. Скорость обмена веществ также влияет на количество пищи, необходимой для

организма. В ходе катаболизма образуются более простые органические молекулы, необходимые для реакций анаболизма (биосинтеза). Часто, именно в ходе реакций катаболизма организм мобилизует энергию, переводя энергию химических связей органических молекул, полученных в процессе переваривания пищи, в доступные формы: в виде АТФ, восстановленных коферментов и трансмембранного электрохимического потенциала. Термин катаболизм не является синонимом «энергетического обмена»: у многих организмов (например, у фототрофов) основные процессы запасания энергии не связаны напрямую с расщеплением органических молекул. Классификация организмов по типу метаболизма может быть основана на источнике получения энергии и углерода. Органические молекулы используются в качестве источника энергии органотрофами, литотрофы используют неорганические субстраты, а фототрофы потребляют энергию солнечного света. Однако, все эти различные формы обмена веществ зависят от окислительно-восстановительных реакций, которые связаны с передачей электронов от восстановленных доноров молекул, таких как органические молекулы, вода, аммиак, сероводород, на акцепторные молекулы, такие как кислород, нитраты или сульфат. У животных эти реакции сопряжены с расщеплением сложных органических молекул до более простых, таких как двуокись углерода и воду. В фотосинтезирующих организмах — растениях и цианобактериях — реакции переноса электрона не высвобождают энергию, но они используются как способ запасания энергии, поглощаемой из солнечного света. Совокупность биохимических реакций, результатом которых является утилизация энергии химических связей органических веществ, называется **дыханием**. Если этот процесс идет без участия молекулярного кислорода, то это **анаэробное дыхание**, если с участием кислорода — **аэробное дыхание**. Аэробное дыхание происходит в митохондриях в **особых органеллах**, называемых **энергетическими станциями** клетки. Аэробное дыхание состоит из двух процессов. Первый процесс происходит без участия кислорода и носит название **цикла Кребса**, по имени английского ученого, открывшего этот процесс. Цикл Кребса протекает в жидкой внутренней фазе митохондрий, называемых **матриксом**. Анаэробное дыхание менее эффективно, чем аэробное при расщеплении молекулы глюкозы при анаэробном дыхании выделяется 27 ккал, а при аэробном дыхании — 674 ккал. В результате окисления биологических молекул клетка получает энергию, необходимую для ее жизнедеятельности. Это окисление происходит в последовательной цепи реакций, сопряженных с образованием макроэргического соединения — аденозинтрифосфорной кислоты. Дыхательная цепь или цепь переноса электронов, является главной системой превращения энергии. Согласно хемиосмотической гипотезе окислительного фосфорилирования при транспорте электронов по дыхательной цепи протоны «откачиваются» из матрикса в межмембранное пространство, что вызывает возникновение электрохимического протонного градиента по обеим сторонам внутренней митохондриальной мембраны. При

возникновении большого протонного градиента протоны начинают перемещаться через АТФ-синтетазу в матрикс и энергия их обратного тока расходуется для синтеза АТФ. **Молекула АТФ** (аденозинтрифосфорной кислоты) состоит из азотистого основания аденина, пятиуглеродного сахара рибозы и трех остатков фосфорной кислоты, соединенных между собой макроэргической связью. АТФ образуется в митохондриях в процессе фосфорилирования из АДФ и неорганического фосфата. При ее гидролизе высвобождается большое количество энергии. АТФ является основным макроэргом клетки- аккумулятором энергии в виде энергии высокоэнергетических химических связей. Полное окисление двух молекул пировиноградной кислоты, возникших при гликолитическом расщеплении одной молекулы глюкозы, приводит к синтезу 36 молекул АТФ.
 $2C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 36H_3PO_4 + 36ADP \rightarrow 6CO_2 + 42H_2O + 36ATP$ В процессе полного расщепления одной молекулы глюкозы образуется 38 молекул АТФ:
 $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 38 H_2O + 38ADP \rightarrow 6CO_2 + 2H_2O + 38 ATP$

Вопросы для закрепления темы:

1. Что называется метаболизмом?
2. Что такое анаболизм и катаболизм?
3. Что такое АТФ и каково его значение?
4. Какие виды дыхания клетки вы знаете?
5. В чем суть аэробного дыхания?
6. Что называется анаэробным дыханием?
7. Что называется матриксом?
8. Какие энергетические органеллы клетки вы знаете?
9. В чем суть цикла Кребса? Где он происходит?

Лекция №6: Автотрофные и гетеротрофные клетки. Фотосинтез. Хемосинтез

Автотрофные клетки. По способу получения органических соединений все клетки делятся на две группы. Одна группа клеток способна синтезировать органические вещества из неорганических соединений (CO_2 и H_2O и т. д.). Из этих бедных энергией соединений клетки синтезируют глюкозу, аминокислоты, а затем и более сложные органические соединения: сложные углеводы, белки и т. д. Клетки, способные синтезировать органические соединения из неорганических, называются **автотрофными** или автотрофами. Главными автотрофами на Земле являются клетки зеленых растений. Автотрофное питание присуще также небольшой группе микроорганизмов.

Гетеротрофные клетки. Другая группа клеток не способна синтезировать органические вещества из неорганических соединений. Эти клетки нуждаются в доставке уже готовых органических соединений. Животные поедают других животных и растения и получают с пищей

готовые углеводы, жиры, белки. В ходе жизнедеятельности происходит расщепление этих веществ. Из части освободившихся при этом веществ - глюкозы, аминокислот и др. - синтезируются более сложные, присущие данной клетке вещества: гликоген, жиры, белки; другая часть расщепляется, и освобождающаяся при этом энергия используется для жизнедеятельности.

Клетки, не способные к синтезу органических соединений из неорганических веществ и нуждающиеся, поэтому в доставке готовых органических веществ извне, называются **гетеротрофными** клетками или гетеротрофами. Клетки всех животных, человека, большинства микроорганизмов, а также некоторых растений (например, грибов) являются гетеротрофами.

Фотосинтез. Синтез органических соединений из простых, бедных энергией веществ нуждается в притоке энергии извне. Зеленые растения используют для этой цели световую энергию Солнца. Растительные клетки обладают специальным механизмом, позволяющим им преобразовывать световую энергию в энергию химических связей. Этот процесс называется фотосинтезом.

Процесс фотосинтеза выражается следующим суммарным уравнением:
$$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$$

В ходе этого процесса вещества, бедные энергией (CO_2 и H_2O), переходят в углевод - сложное богатое энергией органическое вещество. В результате фотосинтеза выделяется также молекулярный кислород.

Суммарное уравнение фотосинтеза не дает представления о его механизме. Это сложный, многоступенчатый процесс. Центральная роль в нем принадлежит хлорофиллу - органическому веществу зеленого цвета.

В зеленых листьях содержится примерно 1% хлорофилла от сухого веса. Хлорофилл растворяется в спирте, и его можно извлечь настаиванием листьев в спирте. Раствор хлорофилла имеет зеленый цвет и флуоресцирует.

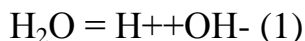
Флуоресценция хлорофилла в растворе объясняется тем, что электроны в молекуле хлорофилла поглощают световую энергию, в результате они покидают орбиту, соответствующую их исходному состоянию, и перескакивают на высшую орбиту, соответствующую их «возбужденному» состоянию. Затем электроны возвращаются обратно на свою первоначальную орбиту, и при этом переходе они отдают поглощенную ими энергию в виде света флуоресценции. Хлорофилл в растворе не способен запастись энергией света. Другая картина наблюдается в клетке, где молекулы хлорофилла встроены в структуру хлоропласта и находятся в соединении с молекулами ферментов, липоидов и других веществ. Хлорофилл в зеленом листе при освещении не флуоресцирует. Поглощенная хлорофиллом энергия света здесь не рассеивается, а преобразуется в энергию химических связей.

Для того чтобы разобраться в механизме этого преобразования, обратимся к схеме фотосинтеза.

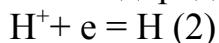
Процесс фотосинтеза начинается с освещения хлоропласта видимым светом. Фотон «ударяет» в электрон молекулы хлорофилла, сообщает ему

энергию, и электрон переходит в «возбужденное» состояние: он покидает основную орбиту и перескакивает на высшую орбиту. После этого он сразу же падает обратно. При этом избыточная энергия электрона частично переходит в тепло (около 25%), а большей частью передается соединениям, находящимся в клетке, вызывая их превращения.

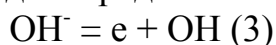
Часть «падающих» электронов захватывается ионами водорода. В клетке всегда имеется некоторое количество H^+ и OH^- -ионов, так как в водном растворе часть молекул воды находится в диссоциированном состоянии:



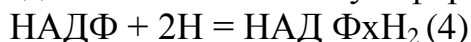
Ион водорода присоединяет электрон и превращается в атом водорода:



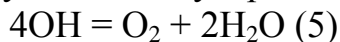
Ион гидроксила, оставшийся без своего противоиона, немедленно же передает свой электрон другим молекулам или ионам и превращается в свободный радикал OH^\cdot :



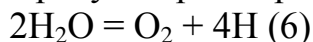
Свободные атомы водорода и OH^\cdot -радикалы в химическом отношении весьма активны. Атомы водорода присоединяются к органическому веществу, имеющему сложную структуру и соответственно довольно громоздкое название: никотинамидди-нуклеотидфосфат (сокращенно НАДФ). НАДФ всегда содержится в клетке; присоединив водород, он переходит в восстановленную форму:



Свободные OH^\cdot -радикалы взаимодействуют друг с другом, причем образуется молекулярный кислород, выделяющийся в атмосферу, и вода:

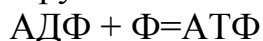


Просуммировав реакции 1, 2, 3 и 5, получим:



Таким образом, молекулярный кислород, образующийся при фотосинтезе, возникает в результате разложения (фотолиза) воды. Это не ферментативный процесс. По своему механизму фотолиз воды сходен с электролизом воды. Вспомните, что при пропускании электрического тока через водный раствор ионы водорода получают электроны от катода и превращаются в атомы водорода (если бы в растворе находился НАДФ, он присоединил бы эти атомы водорода и перешел в НАДФХН₂), а OH^- -ионы, отдав электроны аноду, превращаются в свободные OH^\cdot -радикалы, из которых образуется молекулярный кислород и вода.

Энергия другой части «падающих» электронов, а также электронов, отделяющихся от ионов гидроксила и обладающих еще некоторым запасом энергии, преобразуется в энергию макроэргической фосфатной связи: из АДФ (всегда присутствующей в клетке) и неорганического фосфата (Ф) синтезируется АТФ:



Таким образом, избыточная энергия возбужденных электронов при переходе их в исходное состояние порождает три процесса:

Фотолиз воды с образованием молекулярного кислорода.

Восстановление НАДФ с образованием НАДФхН₂.

Синтез АТФ.

Эти реакции идут только на свету. Их осуществление является непосредственным результатом поглощения хлорофиллом лучистой энергии. Поэтому данная стадия фотосинтеза называется световой фазой. Дальнейшие синтетические процессы фотосинтеза протекают как на свету, так и в темноте. Поэтому комплекс этих реакций называется темновой фазой.

Темновая фаза фотосинтеза представляет собой ряд последовательных ферментативных реакций. В осуществлении этих реакций принимают участие синтезированные в световую фазу АТФ и НАДФхН₂. Центральное место среди реакций темновой фазы занимает реакция связывания углекислоты: СО₂ диффундирует в лист из атмосферы и включается в состав одного из промежуточных соединений. В конечном итоге образуются углеводы -- сначала моносахариды, затем ди- и полисахариды.

Итак, в световую фазу фотосинтеза световая энергия Солнца преобразуется в энергию химических связей НАДФхН₂ и АТФ. В темповую фазу энергия этих веществ (НАДФхН₂ и АТФ) расходуется на синтез углеводов.

Процесс фотосинтеза представляет основной механизм, при помощи которого зеленые растения производят органические вещества. Все вещества растения, любая его «урожайная» часть -- плоды, семена, корнеплоды, древесина и т. д. -- образуются из веществ, порожденных в результате фотосинтетической активности его клеток.

Продуктивность фотосинтеза составляет примерно 1 г органических веществ на 1 м² площади листьев в 1 час. Таким образом, при прочих равных условиях урожай тем выше, чем больше поверхность листьев выросших растений и чем дольше они функционируют как фотосинтетические системы.

В изучение роли света и хлорофилла в процессе усвоения СО₂ при фотосинтезе большой вклад внес крупнейший русский ученый К. А. Тимирязев. Тимирязеву принадлежат и непревзойденные работы по популяризации знаний по фотосинтезу, о котором он писал так: «Это процесс, от которого в конечной инстанции зависят все проявления жизни на нашей планете». Это вполне обоснованное утверждение, так как фотосинтез не только основной поставщик органических соединений, но и единственный источник свободного кислорода на Земле.

Растительные клетки, как и все другие клетки, постоянно дышат, т. е. поглощают кислород и выделяют СО₂. Днем же наряду с дыханием с помощью хлорофилла содержащего механизма растительные клетки преобразуют световую энергию в химическую: они синтезируют органические вещества. При этом в качестве побочного продукта реакции

выделяется молекулярный кислород. Количество кислорода, выделяемого растительной клеткой в процессе фотосинтеза, в 20--30 раз больше, чем поглощение его в одновременно идущем процессе дыхания. Понятно поэтому, что днем, когда растения и дышат, и фотосинтезируют, они обогащают воздух кислородом, а ночью, когда фотосинтез прекращается, они только дышат, т. е. поглощают кислород и выделяют углекислоту.

Хемосинтез

Кроме клеток зеленых растений, автотрофность свойственна также некоторым бактериям, у которых нет хлорофилла. Способ, с помощью которого они мобилизуют энергию для синтетических реакций, принципиально иной, нежели у растительных клеток. Этот тип автотрофов был открыт русским ученым-микробиологом С.Н. Виноградским. Для синтезов бактерии используют энергию химических реакций. Они обладают специальным ферментным аппаратом, позволяющим им преобразовывать энергию химических реакций, в частности энергию реакций окисления неорганических веществ, в химическую энергию синтезируемых органических соединений. Этот процесс называется хемосинтезом.

Наиболее известные автотрофы-хемосинтетики - нитрифицирующие бактерии. Источником энергии у одной группы этих бактерий служит реакция окисления аммиака в азотистую кислоту; другая группа нитрифицирующих бактерий использует энергию, выделяющуюся при окислении азотистой кислоты в азотную. Автотрофами-хемосинтетиками являются железобактерии и серобактерии. Первые из них используют энергию, выделяющуюся при окислении двухвалентного железа в трехвалентное, вторые окисляют сероводород до серной кислоты.

Роль автотрофов-хемосинтетиков очень велика, особенно нитрифицирующих бактерий. Они имеют важное значение для повышения урожайности, так как в результате их жизнедеятельности азот, находящийся в виде соединений, недоступных для усвоения растениями, превращается в соли азотной кислоты, которые хорошо ими усваиваются.

Вопросы для закрепления темы:

1. Что такое фотосинтез и каково его значение?
2. Что такое световая фаза фотосинтеза?
3. Что такое темновая фаза фотосинтеза?
4. Какова продуктивность фотосинтеза?
5. Как взаимосвязаны фотосинтез и дыхание растений?
6. Какое открытие сделал С.Н.Виноградский?
7. Каково значение хемосинтезирующих микроорганизмов для человека?

Лекция №7: Биосинтез белков. Транскрипция и трансляция. Роль ДНК в наследственности.

Любая живая клетка способна синтезировать белки, и эта способность представляет одно из наиболее важных и характерных ее свойств. С особенной энергией идет биосинтез белков в период роста и развития клеток. В это время активно синтезируются белки для построения клеточных органоидов, мембран. Синтезируются ферменты и белки. Биосинтез белков идет интенсивно и у многих взрослых, т. е. закончивших рост и развитие клеток, например у клеток пищеварительных желез, синтезирующих белки-ферменты (пепсин, трипсин) или у клеток желез с внутренней секрецией, синтезирующих белки-гормоны (инсулин, тироксин). Способность к синтезу белков присуща, впрочем, не только растущим или секреторным клеткам: любая клетка в течение всей жизни постоянно синтезирует белки, так как в ходе нормальной жизнедеятельности молекулы белков постепенно изнашиваются, структура и функции их нарушаются. Такие пришедшие в негодность молекулы белков удаляются из клетки. Взамен синтезируются новые полноценные молекулы, состав и деятельность клетки не нарушаются.

Любая клетка по внешнему виду и по свойствам похожа на материнскую. Так как свойства клетки зависят от ее белков, то ясно, что клетка способна синтезировать белки такие же, какие синтезировала материнская клетка. Следовательно, способность к синтезу белка передается по наследству от клетки к клетке и сохраняется ею в течение всей жизни.

Вопросы о том, как происходит синтез столь большой и сложной молекулы белка, как отбираются нужные аминокислоты, расставляются и соединяются в определенном и строгом порядке, еще сравнительно недавно представляли неразрешимую загадку. Эти вопросы в настоящее время в основном выяснены, и решение их представляет величайшее достижение биологии и биохимии XX в.

Основная роль в определении структуры белка принадлежит ДНК. Мы уже знаем, что молекулы ДНК очень велики. Их длина в десятки и сотни раз превышает длину самых крупных молекул белков: по длине цепочки ДНК можно было бы уложить одну за другой десятки, а то и сотни молекул белков. В настоящее время установлено, что разные участки ДНК определяют синтез различных белков. Одна молекула ДНК участвует в синтезе нескольких десятков белков.

Каждый участок ДНК, определяющий синтез одной молекулы белка, называется геном. Каждый ген - участок двойной спирали ДНК, на котором содержится информация о структуре какого-то одного белка.

Чтобы разобраться в том, каким образом структура ДНК определяет структуру белка, приведем такой пример. Многие знают об азбуке Морзе, при помощи которой передают сигналы и телеграммы. По азбуке Морзе все

буквы алфавита обозначены сочетаниями коротких и длинных сигналов - точками и тире. Собрание условных обозначений называется кодом или шифром. Азбука Морзе представляет собой пример кода. Получив телеграфную ленту с точками и тире, знающий код Морзе легко расшифрует (раскодирует) написанное.

Макромолекула ДНК, состоящая из нескольких тысяч последовательно расположенных четырех видов нуклеотидов, представляет собой код, определяющий структуру белка. Так же как в коде Морзе каждой букве соответствует определенное сочетание точек и тире, так в коде ДНК каждой аминокислоте соответствует определенное сочетание последовательно связанных нуклеотидов.

Код ДНК

Код ДНК удалось расшифровать почти полностью. Сущность кода ДНК состоит в следующем. Каждой аминокислоте соответствует участок цепи ДНК из трех рядом стоящих нуклеотидов. Например, участок Т-Т-Т соответствует аминокислоте лизину, отрезок А-Ц-А-цистеину, Ц-А-А - валину и т. д.

Допустим, что в гене нуклеотиды следуют в таком порядке:

А--Ц--А--Т--Т--Т--А--А--Ц--Ц--А--А-- Г-- Г.

Разбив этот ряд на тройки (триплеты), мы сразу же расшифруем, какие аминокислоты и в каком порядке следуют в молекуле белка:

А--Ц--А Т--Т--Т А--А--Ц- Ц--А--А --Г--Г

Цистеин Лизин Лейцин Валин Пролин

В коде Морзе всего два знака. Для обозначения всех букв, всех цифр и знаков препинания приходится брать на некоторые буквы или цифры до 5 знаков. В коде ДНК проще. Разных нуклеотидов 4. Число возможных комбинаций из 4 элементов по 3 равно 64. Разных же аминокислот всего 20. Таким образом, различных триплетов нуклеотидов с избытком хватает для кодирования всех аминокислот.

Транскрипция. Установлено, что сами ДНК непосредственного участия в синтезе белка не принимают, ДНК находятся в ядре клетки, а синтез белка происходит в рибосомах - мельчайших структурах, находящихся в цитоплазме. В ДНК только содержится и хранится информация о структуре белков. Для синтеза белка в рибосомы направляются точные копии этой информации. Это осуществляется с помощью РНК, которые синтезируются на ДНК и точно копируют ее структуру. Последовательность нуклеотидов РНК точно повторяет последовательность нуклеотидов в одной из цепей гена. Таким образом, информация, содержащаяся в структуре данного гена, как бы переписывается на РНК. Этот процесс называется транскрипцией («транскрипция» -- переписывание, лат.). С каждого гена можно снять любое число копий РНК. Эти РНК, несущие в рибосомы информацию о составе белков, называются информационными (и - РНК).

Для того, чтобы понять, каким образом состав и последовательность расположения нуклеотидов в гене могут быть «переписаны» на РНК, вспомним принцип комплементарности, на основании которого построена двуспиральная молекула ДНК. Нуклеотиды одной цепи обуславливают характер противоположащих нуклеотидов другой цепи. Если на одной цепи находится А, то на том же уровне другой цепи стоит Т, а против Г всегда находится Ц. Других комбинаций не бывает. Принцип комплементарности действует и при синтезе информационной РНК. Против каждого нуклеотида одной из цепей ДНК встает комплементарный к нему нуклеотид информационной РНК. Таким образом, против Гднк встает Црнк против Цднк -- Грнк, против Аднк -- Урнк, против Тднк -- Арнк. В результате образующаяся цепочка РНК по составу и последовательности своих нуклеотидов представляет собой точную копию состава и последовательности нуклеотидов одной из цепей ДНК. Молекулы информационной РНК направляются к месту, где происходит синтез белка, т. е. к рибосомам. Туда же идет из цитоплазмы поток материала, из которого строится белок, т. е. аминокислоты. В цитоплазме клеток всегда имеются аминокислоты, образующиеся в результате расщепления белков пищи.

Транспортные РНК

Аминокислоты попадают в рибосому не самостоятельно, а в сопровождении особых молекул РНК, специально приспособленных для транспорта аминокислот к рибосомам. Они так и называются: транспортные РНК (т - РНК). Транспортные РНК - это сравнительно короткие цепочки, состоящие всего из нескольких десятков нуклеотидов. На одном конце их молекулы имеется структура, к которой может присоединиться аминокислота. На другом конце транспортной РНК находится триплет нуклеотидов, который соответствует по коду данной аминокислоте. Например, молекула транспортной РНК для аминокислоты лизина на одном конце имеет «площадку» для «посадки» лизина, а на другом конце - триплет нуклеотидов: У-У-У. Так как существует не менее 20 различных аминокислот, то, очевидно, существует не менее 20 различных транспортных РНК. На каждую аминокислоту имеется своя транспортная РНК.

Реакция матричного синтеза. Для изучавшего неорганическую и органическую химию привычны, реакции, протекающие в растворах, в которых молекулы веществ находятся в хаотическом движении. Реакции в таких системах осуществляются в результате случайного столкновения молекул. Чем концентрация веществ выше, тем больше вероятность столкновения, тем выше скорость реакции. Напротив, при понижении концентрации веществ вероятность встречи молекул невелика и скорость реакции может быть ничтожной.

В живых системах мы встречаемся с новым типом реакций, наподобие описанной выше реакции редупликации ДНК или реакции синтеза РНК. Такие реакции неизвестны в неживой природе. Они называются реакциями матричного синтеза.

Термином «матрица» в технике обозначают форму, употребляемую для отливки монет, медалей, типографского шрифта: затвердевший металл в точности воспроизводит все детали формы, служившей для отливки. Матричный синтез напоминает отливку на матрице: новые молекулы синтезируются в точном соответствии с планом, заложенным в структуре уже существующих молекул. Матричный принцип лежит в основе важнейших синтетических реакций клетки, таких, как синтез нуклеиновых кислот и белков. В этих реакциях обеспечивается точная, строго специфичная последовательность мономерных звеньев в синтезируемых полимерах. Здесь происходит направленное стягивание мономеров в определенное место клетки - на молекулы, служащие матрицей, где реакция и осуществляется. Если бы такие реакции происходили путем случайного столкновения молекул, они протекали бы бесконечно медленно. Синтез сложных молекул на основе матричного принципа осуществляется быстро и точно.

Роль матрицы в матричных реакциях играют макромолекулы нуклеиновых кислот - ДНК или РНК. Мономерные молекулы, из которых синтезируется полимер, - нуклеотиды или аминокислоты – в соответствии с принципом комплементарности располагаются и фиксируются на матрице в строго определенном, наперед заданном порядке. Затем происходит «сшивание» мономерных звеньев в полимерную цепь, и готовый полимер сбрасывается с матрицы. После этого матрица готова к сборке новой полимерной молекулы. Понятно, что, как на данной форме может производиться отливка только какой-то одной монеты, или медали, или какой-то одной буквы, так и на данной матричной молекуле может идти «сборка» только какого-то одного полимера.

Матричный тип реакций - специфическая особенность химизма живых систем. Они являются основой фундаментального свойства всего живого - его способности к воспроизведению себе подобного.

Кроме живой клетки, матричный тип реакций нигде в природе обнаружен не был.

Трансляция

Информация о структуре белка, записанная в и-РНК в виде последовательности нуклеотидов, переносится далее в виде последовательности аминокислот в синтезируемой полипептидной цепи. Этот процесс называется трансляцией («трансляция»- перенесение, перевод, лат.). Для того чтобы разобраться в том, как в рибосомах происходит трансляция, т. е. перевод информации с языка нуклеиновых кислот на язык белков. Рибосомы изображены в виде яйцевидных тел, унизирующих и-РНК. Первая рибосома вступает на нитевидную молекулу и-РНК с левого конца и начинает синтез белка. По мере сборки белковой молекулы рибосома ползет по и-РНК. Когда рибосома продвинется вперед на 50-100 А, с того же конца на и-РНК входит вторая рибосома, которая, как и первая, начинает синтез и движется вслед за первой рибосомой. Затем на и-РНК вступает третья

рибосома, четвертая и т. д. Все они выполняют одну и ту же работу: каждая синтезирует один и тот же белок, запрограммированный на данной и-РНК. Чем дальше вправо продвинулась рибосома по и-РНК, тем больший отрезок белковой молекулы «собран». Когда рибосома достигает правого конца и-РНК, синтез окончен и рибосома вместе со своим «изделием» сваливается в окружающую среду. Здесь они расходятся: рибосома - на любую и-РНК (так как она способна к синтезу любого белка; характер белка зависит от матрицы), белковая молекула - в эндоплазматическую сеть и по ней перемещается в тот участок клетки, где требуется данный вид белка. Через короткое время заканчивает работу вторая рибосома, затем третья и т. д. А с левого конца и-РНК на нее вступают все новые и новые рибосомы, и синтез белка идет непрерывно. Число рибосом, умещающихся одновременно на молекуле и-РНК, зависит от длины и-РНК. Так, например, на молекуле и-РНК, программирующей синтез белка-гемоглобина, длина которой около 1500 \AA , помещается до 5 рибосом (диаметр рибосомы приблизительно 230 \AA). Группа рибосом, помещающихся одновременно на одной молекуле и-РНК, называется полирибосомой или, сокращенно, полисомой.

Теперь остановимся подробнее на механизме работы рибосомы. Рибосома во время своего движения по и-РНК в каждый данный момент находится в контакте с небольшим участком ее молекулы. Возможно, что размер этого участка составляет всего один триплет нуклеотидов. Рибосома передвигается по и-РНК не плавно, а прерывисто, «шажками» - триплет за триплетом. На некотором, расстоянии от места контакта рибосомы с и-РНК находится пункт «сборки» белка: здесь помещается и работает фермент белок-синтетаза, создающий полипептидную цепь, т. е. образующий пептидные связи между аминокислотами.

Сам механизм «сборки» белковой молекулы в рибосомах осуществляется следующим образом. В каждую рибосому, входящую в состав полисомы, т.е. движущуюся по и-РНК, из окружающей среды непрерывным потоком идут молекулы т-РНК с «навешанными» на них аминокислотами. Они проходят, задевая своим кодовым концом место контакта рибосомы с и-РНК, дотрагиваются до триплета нуклеотидов и-РНК, который в данный момент находится в рибосоме. Противоположный конец т-РНК (несущий аминокислоту) оказывается при этом вблизи пункта «сборки» белка. Однако только в том случае, если кодовый триплет т-РНК окажется комплементарным к триплету и-РНК (находящемуся в данный момент в рибосоме), аминокислота, доставленная т-РНК, попадет в состав молекулы белка и отделится от т-РНК. Тотчас же рибосома делает «шаг» вперед по и-РНК на один триплет, а свободная т-РНК выбрасывается из рибосомы в окружающую среду. Здесь она захватывает новую молекулу аминокислоты и несет ее в любую из работающих рибосом. Так постепенно, триплет за триплетом, движется по и-РНК рибосома и растет звено за звеном - полипептидная цепь. Так работает рибосома - этот удивительный органоид

клетки, который с полным правом называют «молекулярным автоматом» синтеза белка.

Искусственный синтез белка требует огромных усилий, много времени и средств. А в живой клетке синтез одной молекулы белка завершается в 3-4 секунды.

Роль ферментов в биосинтезе белка

Не следует забывать, что ни один шаг в процессе синтеза белка не идет без участия ферментов. Все реакции белкового синтеза катализируются специальными ферментами. Синтез информационной РНК ведет фермент, который «ползет» вдоль молекулы ДНК от начала гена до его конца и оставляет позади себя готовую молекулу информационной РНК. Ген в этом процессе дает только программу для синтеза, а сам процесс осуществляет фермент. Без участия ферментов не происходит и соединения аминокислот с транспортной РНК.

Существуют особые ферменты, обеспечивающие захват и соединение аминокислот с их транспортными РНК. Наконец, в рибосоме в процессе сборки белка работает фермент, сцепляющий аминокислоты между собой.

Энергетика биосинтеза белка

Еще одной очень важной стороной биосинтеза белка является его энергетика. Мы уже упоминали, что любой синтетический процесс представляет собой эндотермическую реакцию и, следовательно, нуждается в затрате энергии. Биосинтез белка представляет цепь синтетических реакций: 1) синтез и-РНК, 2) соединение аминокислот с т-РНК и 3) «сборку» белка. Все эти реакции требуют энергетических затрат. Энергия для синтеза белка доставляется реакцией расщепления АТФ. Каждое звено биосинтеза всегда сопряжено с распадом 2 АТФ.

Вопросы для закрепления темы:

1. Что является строительным материалом для организма?
2. Сколько молекул АТФ необходимо для биосинтеза одного звена белка?
3. Как подразделяются РНК?
4. Что называется трансляцией?
5. Что называется транскрипцией белка?
6. Как вы понимаете реакцию матричного синтеза?
7. Где используется принцип комплементарности? Объясните на примере.

Лекция № 8: История развития генетики

Понять природу передачи признаков по наследству от родителей детям предпринимались ещё в древности. Размышления на эту тему встречаются в

сочинениях Гиппократы, Аристотеля и остальных мыслителей. В XVII -XVIII гг., когда биологи начали разбираться в процессе осеменения и находить, с каким началом - мужским либо с дамским - связана тайна осеменения, споры о природе наследственности возобновились с новой силой.

В 1694 году Р.Я. Каммерариусом было найдено, что для завязывания плодов нужно опыление. Тем самым к концу XVII в. была подготовлена научная почва для начала опытов по гибридизации растений. Первые успехи в этом направлении были достигнуты в начале XVIII в. Первый межвидовой гибрид получил англичанин Т. Фэйрчайлд при скрещивании гвоздик. В 1760 г. Кельрейтер начал первый тщательно продумывать опыты по исследованию передачи признаков при скрещивании растений. В 1761 - 1766 гг., практически за четверть века до Л. Спалланцани, Кельрейтер в опытах с табаком и гвоздикой показал, что после переноса пыльцы одного растения на пестик отличающегося по своим морфологическим признакам растения образуются завязи и семечки, дающие растения с качествами, промежуточных по отношению к обоим родителям. Чёткий способ, разработанный Кельрейтером, обусловил стремительный прогресс в исследовании наследственной передачи признаков.

В конце XVIII -начала XIX в. английский селекционер - растениевод Т. Э. Найт, проводя скрещивание разных видов, делает принципиальный вывод. Принципиальный вывод Найта явилось обнаружение неделимости маленьких признаков при разных скрещиваниях. Дискретность наследственного материала, провозглашенная ещё в древности, получила в его исследованиях первое научное обоснование. Найту принадлежит награда открытия **"элементарных наследственных признаков"**.

Дальнейшие значительные успехи в развитии способов скрещиваний связаны с О. Сажрэ и Ш. Нодэном. Наикрупнейшее достижение Саржэ явилось обнаружение парадокса доминантности. При скрещивании видов он часто следил угнетение признака одного родителя признаком другого. Это явление в наибольшей степени проявляется в первом поколении после скрещивания, а потом подавленные признаки опять выявлялись у части потомков следующего поколения. Тем самым Саржэ подтвердил, что элементарные наследственные признаки при скрещивании не исчезают. К этому выводу пришел и Нодэн в 1852 - 1869 гг. Но Нодэн пошел ещё дальше, приступив к количественному исследованию пере композиции наследственных задатков при скрещиваниях. Но на этом пути его ждало разочарование. Неверный методический прием - сразу исследование огромного количества признаков - привел к большой путанице в результатах, и он обязан был отрешиться от собственных опытов. Недочеты присущие опытам Нодэна и его предшественников, были устранены в работе Г. Менделя.

Развитие практики гибридизации повело к дальнейшему скоплению сведений о природе скрещиваний. Практика требовала решения вопроса о сохранении постоянными параметров " не плохих растений, а также

выяснения способов сочетания в одном растении подходящих признаков, присущих нескольким родителям». Экспериментально решить этот вопрос не представлялось ещё вероятным. В таких условиях появлялись разные умозрительные гипотезы о природе наследственности.

Умозрительные гипотезы о природе наследственности.

Более базовой гипотезой такого рода послужившей в известной мере прототипом для аналогичных построений остальных биологов, явилась "временная гипотеза пангенезиса" Ч. Дарвина, изложенная в последней главе его труда "Изменение домашних животных и культурных растений" (1868). Согласно его представлениям, в каждой клеточке хоть какого организма образуются в большом числе особенные частицы - геммулы, которые владеют способностью распространяться по организму и собираться в клеточках, служащих для полового либо вегетативного размножения. Дарвин допускал, что геммулы отдельных клеток могут изменяться в ходе онтогенеза каждого индивида и давать начало измененным потомкам. Тем самым присоединился к сторонникам наследования обретенных признаков.

Предположение Дарвина о наследии обретенных признаков было экспериментально опровергнуто Ф. Гальтоном (1871).

Умозрительная гипотеза о природе наследственности была предложена ботаником К. Нэгели в работе "Механико-физиологическая теория эволюции" (1884). Нэгели предположил, что наследственные задатки передаются только частью вещества клеточки, названного им идиоплазмой. Остальная часть (стереоплазма), согласно его представлению, наследственных признаков не несет. Он предположил, что идиоплазма состоит из молекул, соединенных друг с другом в крупные нитевидные структуры - мицеллы, группирующиеся в пучки и образующие сеть, пронизывающие все клеточки организма. Гипотеза Нэгели подготавливала биологов к мысли о структурированности материальных носителей наследственности.

В первый раз мысль о дифференцирующих делениях ядра клеток развивающегося зародыша была высказана В. Ру. В 1883 г. выводы Ру послужили отправной точкой для сотворения теории зародышевой плазмы, получившей окончательное оформление в 1892 г. Вейсман верно указал на носителей наследственных факторов - хромосомы.

Сначала Ру (1883 г.), а потом и Вейсман высказали предположение о линейном расположении в хромосомах наследственных факторов (хромативных зерен, по Ру, и по Вейсману) и их продольном расщеплении во время митоза, чем во многом предвосхитили будущую хромосомную теорию наследственности.

Развивая идею о неравно наследственном делении, Вейсман логично пришел к выводу о существовании в организме двух верно разграниченных клеточных полосы - зародышевых и соматических. Первые, обеспечивая непрерывность передачи наследственной информации, "потенциально бессмертны" и способны дать начало новому организму. Вторые таковыми

качествами не владеют. Такое выделение двух категорий клеток имело огромное положительное значение для последующего развития генетики.

В. Вальдейер в 1888 г. предложил термин хромосома. Работы ботаников и животноводов подготовили почву быстрого признания законов Г. Менделя после их переоткрытия в 1900 г.

Открытие Г. Менделем законов наследования.

Чсть открытия количественных закономерностей, провождающих формирование гибридов, принадлежит чешскому ботанику-любителю Иоганну Грегору Менделю. В собственных работах, выполнявшихся в период с 1856 по 1863г. Он раскрыл базы законов наследственности.

Первое его внимание было обращено на выбор объекта. Для собственных исследований Мендель избрал горох. Основанием для такого выбора послужило, во-первых, то, что горох - серьезный самоопылитель, и это резко снижало возможность заноса нежелательной пыльцы; во-вторых, в то время имелось достаточное число видов гороха, различавшихся по нескольким наследуемым признакам.

Мендель получил от разных ферм 34 сорта гороха. После двух годовых проверки, сохраняют ли они свои признаки постоянными при размножении без скрещивания, он отобрал для экспериментов 22 сорта.

Мендель начал с опытов по скрещиванию видов гороха, различающихся по одному признаку (моногибридное скрещивание). Во всех опытах с 7 парами видов было доказано явление доминирования в первом поколении гибридов, обнаруженное Сажрэ и Нодэном. Мендель ввел понятие **доминантного и рецессивного признаков**, определив **доминантными признаками**, которые переходят в гибридные растения совсем постоянными либо практически постоянными, а **рецессивными** те, которые становятся при гибридизации скрытыми. Потом Мендель в первый раз смог дать количественную оценку частотам появления рецессивных форм среди общего числа потомков при скрещиваниях.

Для дальнейшего анализа природы наследственности, Мендель изучил ещё несколько поколений гибридов, скрещиваемых меж собой. В итоге получили прочное научное обоснование следующие обобщения базовой значимости:

1. Явление неравнозначности наследственных признаков.
2. Явление расщепления признаков гибридных организмов в итоге их последующих скрещиваний. Были установлены количественные закономерности расщепления.
3. Обнаружение не лишь количественных закономерностей расщепления по внешним, морфологическим признакам, но и определение соотношения доминантных и рецессивных задатков среди форм, с виду не хороших от доминантных, но являющимися смешанными по собственной природе.

Таковым образом, Мендель вплотную подошел к проблеме соотношения меж наследственными **задатками** и определяемыми ими признаками организма. За счет перекомпозиции **задатков** (потом эти задатки В. Иоганнсен назвал генами), при скрещивании образуются зиготы, несущие новое сочетание задатков, чем и обуславливаются различия меж индивидуумами. Это положение легло в базу фундаментального закона Менделя - **закона чистоты гамет**.

Экспериментальные исследования и теоретический анализ результатов скрещиваний, выполненные Менделем, определили развитие науки более чем на четверть века.

Развитие биометрических способов исследования наследственности.

Личные различия даже меж близкородственными организмами совсем не непременно соединены с различием в генетической структуре этих особей; они могут быть связаны с неодинаковыми условиями жизни. Поэтому делать заключения о генетических различиях можно лишь на основании анализа огромного числа особей. Первым, кто привлек внимание к математическим закономерностям в индивидуальной изменчивости, был бельгийский математик и антрополог А. Кэтлэ. Он явился одним из основоположников статистики и теории вероятностей.

В то время принципиальный вопрос был о способности передачи по наследству отклонений от средней количественной свойства признака, наблюдаемых у отдельных индивидуумов. Выяснением этого вопроса занялись несколько исследователей. По собственной значимости выделились работы Гальтона, который собрал данные о наследовании роста у человека. Потом Гальтон изучил наследование величины венчика цветка у душистого горошка и пришел к выводу, что потомству передается только маленькая часть отклонений, наблюдаемых у родителей. Гальтон попытался придать своему наблюдению математическое выражение, положив начало большой серии работ по математико-статистическим основам наследования.

Последователь Гальтона К. Пирсон продолжил эту работу в более широких масштабах. Более серьезное и ставшее классическим исследование вопросов, поднимавшихся Гальтоном и Пирсоном и их последователей, было выполнено в 1903 -1909 гг.

В. Иоганнсен, обратившим основное внимание на исследование генетически однородного материала. Исходя из полученных анализов, Иоганнсен дал четкое определение генотипа и фенотипа и заложил базы современного понимания роли индивидуальной изменчивости.

Цитологические базы генетики

В 70 - 80-х годах XIX в. Были описаны митоз и поведение хромосом во время деления клетки, что навело на мысль, что эти структуры ответственны за передачу наследственных потенций от материнской клетки дочерним. Деление материала хромосом на две равные частицы свидетельствовало в пользу гипотезы, **что конкретно в хромосомах**

сосредоточена генетическая память. Исследование хромосом у животных и растений привело к выводу, что каждый вид животных существ характеризуется строго определенным числом хромосом.

Открытый Э. Ван Бенедоном (1883) факт, что число хромосом в клеточках тела вдвое больше, чем в половых клеточках, можно объяснить: поскольку при оплодотворении ядра половых клеток соединяются и поскольку число хромосом в соматических клеточках остается константным, то неизменному удвоению числа хромосом при последовательных осеменениях обязано противостоять процесс, приводящий к сокращению их числа в гаметах ровно вдвое.

В 1900 г. независимо друг от друга К. Корренс в Германии, Г. Де Фриз в Голландии и Э. Чермак в Австрии нашли в собственных опытах открытые ранее закономерности и, натолкнувшись на его работу, вновь выпустили ее в 1901 г. Эта публикация вызвала глубочайший энтузиазм к количественным закономерностям наследственности. Цитологи нашли материальные структуры, роль и поведение которых могли быть однозначно соединены с менделевскими закономерностями. Такую связь усмотрел в 1903 г. В. Сэттон - юный сотрудник известного американского цитолога Э. Вильсона. Гипотетические представления о наследственных факторах, о наличии одинарного комплекса факторов в гаметах, и двойного - в зиготах получили обоснование в исследованиях хромосом. Т. Бовери (1902) представил подтверждения в пользу роли хромосом в процессе наследственной передачи, показав, что обычное развитие морского ежа может быть лишь при наличии всех хромосом.

Установлением того факта, что конкретно хромосомы несут наследственную информацию, Сэттон и Бровери положили начало новому направлению генетики - **хромосомной теории наследственности.**

Обоснование хромосомной теории наследственности

После переоткрытия менделевских закономерностей развернулось исследование этих закономерностей у всевозможных видов животных и растений.

В 1909 г. к детальному исследованию этого вопроса приступил Т. Г. Морган. До этого всего он верно определил начальную гипотезу. На вопрос, постоянно ли будут выполняться численные закономерности, установленные Менделем, Мендель совсем справедливо считал, что такие закономерности верны лишь тогда, когда изучаемые причины будут комбинироваться при образовании зигот независимо друг от друга. Но так как число хромосом по сравнению с количеством генов невелико, то следовало ждать, что гены, расположенные в одной хромосоме, будут переходить из гамет в зиготы вместе. Следовательно, соответствующие признаки будут наследоваться группами.

Проверку этой догадки выполнил Морган и его сотрудники К. Бриджес и А. Стертевант в исследованиях с дрозофилой. Выбор этого объекта по многим причинам можно считать крупной фортуной, так как дрозофила

имеет маленький период развития , владеет высокой плодовитостью и имеет всего четыре пары хромосом.

скоро у дрозофилы было найдено огромное количество разнообразных мутации, т.Е. Форм, характеризующихся различными наследственными признаками. Это позволило Моргану приступить к генетическим опытам. Он доказал, что гены, находящиеся в одной хромосоме, передаются при скрещивании вместе. Одна группа сцепления генов расположена в хромосоме. Веское доказательство гипотезы о сцеплении генов в хромосомах Морган получил при исследовании так называемого сцепленного с полом наследия.

Благодаря цитолого-генетическим экспериментам (А. Стертевант, К. Бриджес, Г. ДЖ. Меллер,1910) удалось установить роль неких хромосом в определении пола. Половые хромосомы оказались двух типов: X-хромосомы, Y- хромосомы. Сочетание двух X-хромосом приводит к формированию дамского пола, а одной X-хромосомы и Y-хромосомы дает начало мужской особи, такое сочетание присуще большинству млекопитающих(в том числе человек), амфибиям, растениям, рыбам. Проследив за поведением генов в потомстве определенных самцов и самок, Морган получил убедительное доказательство догадки о сцеплении генов.

таковым образом, в развитии генетики выделяются два принципиальных этапа. Первый этап, базирующийся на гибридологических исследованиях, связан с открытием Менделя. Второй, связанный с фуррорами цитологических исследований, завершился подтверждением того, что носителями наследственных факторов являются хромосомы. Морган определил и экспериментально доказал положение о сцеплении генов в хромосомах.

Исследование генетических основ эволюции.

В 1904 г. К. Пирсон обосновал так называемый закон стабилизирующего скрещивания, согласно которому в условиях свободного скрещивания при любом исходном соотношении численности гомозиготных и гетерозиготных родительских форм в итоге первого же скрещивания внутри общества устанавливается состояние равновесия. В 1908 г. английский математик Г. Харди пришел к выводу, что в неограниченно огромных популяциях при наличии свободного скрещивания, при отсутствии давления мутаций, миграция и отбор относительная численность гомозиготных (как доминантных, так и рецессивных) и гетерозиготных особей будет сохраняться неизменной при условии равенства произведения числа гомозиготных (как доминантных, так и рецессивных) особей квадрату половины числа гетерозиготных форм. Эти закономерности долгое время не были признаны биологами-эволюционистами.

Только в 1926 г. С.С Четвериковым была опубликована крупная работа, привлекающая внимание к общебиологическому значению выкладок Пирсона и Харди. Четвериков подробно разглядел биолого-генетические базы эволюции и заложил базы новой научной дисциплины -популяционной

генетики. Дальнейшее развитие популяционной генетики связано с работами С. Райта, Р. Фишера, Н.П.Дубининым и др.

Четвериков и его ученики Н.К. Беляев, С.М. Гершензон П.Ф. Рокицкий и Д.Д. Ромашов в первый раз выполнили экспериментально-генетический анализ природных популяций дрозофилы, полностью подтвердивший их насыщенность рецессивными мутациями. Было также установлено, что сохранение и распространение мутаций в популяции определяется генетико-автоматическими действиями. Детализированный анализ этих действий был проведен Ромашовым (1931), Дубининым (1931) и Райтом (1921, 1931). Последний назвал их "явление дрейфа генов в популяции", а Четвериков - "генетико-стохастическими", выделив их вероятностно-статистическую природу. Статистический анализ, показал, что в итоге генетико-автоматических действий уничтожаются множество появившихся мутации и только некие доводятся до уровня заметных концентраций. В силу вероятностной природы генетико-автоматических действий они могут то устранять отдельные мутации, то поднимать их численность, позволяя отбору осуществлять механизм "проб и ошибок". Генетико-автоматические процессы постоянно выносят редкие мутации до уровня действия отбора и этим помогают последнему скоро "пересмотреть" новейшие варианты мутантов. Таким образом генетико-автоматические процессы ускоряют эволюцию новейших мутаций за счет сокращения ранешних этапов размножения вновь появившихся мутации

детализированное исследование генетических структур природных популяций и скорости распространения мутаций в природе превратилось сейчас в область биологии, активно разрабатываемую на базе математических способов.

Неувязка дробимости гена.

К началу 30-х годов XX в. сложились базы теории гена. Уже первые заслуги гибридологического анализа поставили делу дискретности наследственного материала. Числилось, что ген отвечает за развитие одного признака и передается при скрещиваниях как неделимое целое. Открытие мутации и кроссинговера (нарушения сцепления генов в итоге обмена участками меж хромосомами, названное так Морганом.) Подтверждали неделимость генов. В итоге обобщения всех данных определение гена получило следующую формулировку: ген - это элементарная единица наследственности, характеризующаяся вполне определенной функцией, мутирующая во время кроссинговера как целое. По другому говоря, **ген** - единица генетической функции, мутации и кроссинговера.

В 1928 г. в лаборатории А.С. Серебровского в Биологическом институте им. К.А. Тимирязева Н.П. Дубинин начал изучать действие рентгеновых лучей на дрозофил и нашел необычную мутацию. Образование щетинок на теле мухи контролируется особым геном *scute*. Мутация гена *scute*, в первый раз обнаруженная американским генетиком Пейном (1920), не раз возникала в опытах, и при ее появлении подавлялось развитие девяти

щетинок. Выявленная Дубининым мутация, подавляла развитие всего четырех щетинок. После дальнейших экспериментов стало ясно, что ген не является неделимой генетической структурой, представляет собой область хромосомы, отдельные участки которой могут мутировать независимо друг от друга. Это явление было названо Серебровским **ступенчатым аллеломорфизмом**.

Одним из больших достоинств работ по исследованию ступенчатых аллеломорфов был количественный способ учета мутантов. Разработав систему, позволяющую количественно оценивать итог каждой мутации, Серебровский, Дубинин и остальные авторы тогда же раскрыли явление дополнения одного мутантного гена иным. Это явление было потом переоткрыто на микроорганизмах и получило заглавие комплементации. За цикл работ по хромосомной теории наследственности и теории мутаций Дубинин был удостоен в 1966 г. Ленинской премии.

Показав мутационную дробимость гена, Серебровский и остальные сотрудники его лаборатории, тем не менее, длительное время не могли подтвердить дробимость гена при помощи кроссинговера. Чтоб найти разрыв гена, требовалось проверить большее число мух. Организовать таковой опыт удалось лишь в 1938 г., Когда Дубинин, Н.Н. Соколов и Г.Г. Тиняков смогли разорвать ген *scute* и проверить свой итог цитологически на гигантских хромосомах слюнных желез дрозофилы. Окончательное решение вопроса, делим ли ген не лишь мутационно, но и механически, было достигнуто в работах М. Грина(1949), Э. Льюиса(1951) и Г. Понтекорво (1952). Было совсем установлено, что считать ген неделимым неправильно. Далее требовалось создать новенькую теорию гена, определив конкретные физические структуры, ответственные за реализацию разных генетических функций. Решить этот вопрос, на многоклеточных организмах, было нереально. На помощь пришли микроорганизмы.

Переход к генетическим исследованиям на микроорганизмах явился наикрупнейшим шагом вперед в исследовании генетических заморочек. С развитием экспериментов на микроорганизмах генетика перешла на молекулярный уровень исследований.

Молекулярная генетика. Генетический код.

Одно из более существенных достижений молекулярной генетике заключается в установлении малых размеров участка гена, передающихся при кроссинговере (в молекулярной генетике вместо термина "кроссинговера» принят термин "рекомбинация", который все еще начинают употреблять и в генетике высших существ) , подвергающихся мутации и осуществляющих одну функцию. Оценки этих величин были получены в 50-е годы С. Бензером.

посреди разных внутригенных мутаций Бензер выделил два класса: точечные мутации (мутации малой протяженности) и делеции (мутации, занимающие довольно широкую область гена). Установив факт

существования точечных мутаций, Бензер задался целью найти минимальную длину участка ДНК, передаваемую при рекомбинации. Оказалось, что эта величина составляет не более нескольких нуклеотидов. Бензер назвал эту величину реконом.

Следующим этапом было установление малой длины участка, конфигурации которого довольно для возникновения мутации (мутона). По мнению Бензера, эта величина равна нескольким нуклеотидам. Но в дальнейших тщательных определениях было выявлено, что длина одного мутона не превосходит размер одного нуклеотида.

Следующим принципиальным этапом в исследовании генетического материала было подразделение всех генов на два типа: **регуляторные** гены, дающие информацию о строении регуляторных белков и **структурные** гены, кодирующие строение других полилипидных цепей. Эта мысль и экспериментальное подтверждение было создано исследователями Ф. Жакобом и Ж. Моно (1961).

Выяснение основной функции гена как хранителя информации о строении определенной полипептидной цепи поставило перед молекулярной генетикой вопрос : каким образом осуществляется перенос информации от генетических структур (ДНК) к морфологическим структурам, другими словами, каким образом записана генетическая информация и как она реализуется в клеточке.

Согласно модели Уотсона - Крика, генетическую информацию в ДНК несет последовательность расположения оснований. Таким образом, в ДНК заключены четыре элемента генетической информации. В тоже время в белках было найдено 20 главных аминокислот. Нужно было выяснить, как язык четырехбуквенной записи в ДНК может быть переведен на язык двадцати буквенной записи в беках. Решающий вклад в разработку этого механизма был внесен Г. Гамовым(1954,1957). Он предположил, что для кодировки одной аминокислоты. Употребляется сочетание из трех нуклеотидов ДНК

(нуклеотидом называют соединение, состоящее из сахара {дезоксирибоза}, фосфата и основания и образующее элементарный мономер ДНК). Эта элементарная единица наследственного материала, кодирующая одну аминокислоту, получила заглавие **кодона**.

Предположение Гамова о трехнуклеотидном составе кодона смотрелось логически, доказать его экспериментально длительное время не удавалось. Лишь в конце 1961 г., Когда многим стало казаться, что этот вопрос не будут решен, была опубликована работа кембриджской группой исследователей (Ф. Крик, Л. Барнет, С. Берннер и Р. Ваттс - Тобин), выяснившие тип кода и установивших его общую природу. Принципиальным в их работе было то, что они с самого начала строго поставили вопрос о роли начальной , стартовой точки в гене. Они доказали, что в каждом гене есть строго фиксированная начальная точка, с которой фермент, синтезирующий РНК, начинает " чтение " гена, причем читает его в одном направлении и

непрерывно. Авторы так же доказали. Что размер кодона вправду равен трем нуклеотидам и что наследственная информация, записанная в ДНК, читается от начальной точки гена "без запятых и промежутков".

Репликация ДНК

Уотсона и Крика предложили гипотезу строения ДНК, согласно которой, последовательность оснований в одной нити ДНК однозначно задавала последовательность оснований другой нити. Далее они предположили, что две нити ДНК раскручиваются и на каждой из них в согласовании с правилами комплиментарности синтезируются дочерние нити. Таким образом, любая новая молекула ДНК обязана содержать одну родительскую и одну дочернюю. Этот тип (полуконсервативный) репликации к концу 50 годов был экспериментально обоснован в опытах на бактериях. Опыты на высших организмах также косвенно говорили о правильности этого вывода. В это же время А. Корнберг выделил фермент, который, как он считал, осуществляет синтез белка. Для работы фермента было нужно наличие затворочной ДНК и всех четырех предшественников ДНК (дезоксорибонуклеозидтрифосфатов). В последующем десятилетии биохимии получили большее количество фактов о характере протекания репликационного процесса. Было выделено и охарактеризовано несколько типов ферментов, осуществляющих репликацию (ДНК-полимераз).

Вопросы для закрепления темы:

1. Что исследует наука генетика?
2. Что называется наследственностью? Как вы это понимаете?
3. Какие существуют теории о наследственности?
4. Какие признаки называются доминантными, какие рецессивными?
5. Что называется геном?
6. Кто впервые ввел термин «ген»?
7. Как вы понимаете понятие «хромосомная теория наследственности»?

Лекция № 9: Аллельные гены. Фенотип и генотип. Причины расщепления признаков.

Аллельные гены - различные формы одного и того же гена, расположенные в одинаковых участках (локусах) гомологических хромосом. Аллели определяют варианты развития одного и того же признака. В нормальной диплоидной клетке могут присутствовать не более двух аллелей одного локуса одновременно. В одной гамете два аллеля находиться не могут.

Понятия **генотип** и **фенотип** - очень важные в биологии. Совокупность всех генов организма составляет его генотип. Совокупность всех признаков организма (морфологических, анатомических, функциональных и др.) составляет фенотип. На протяжении жизни организма его фенотип может изменяться, однако генотип при этом остается неизменным. Это объясняется тем, что фенотип формируется под влиянием генотипа и условий среды.

Слово генотип имеет два смысла. В широком смысле - это совокупность всех генов данного организма. Но применительно к опытам того типа, которые ставил Мендель, словом генотип обозначают сочетание аллелей, которые контролируют данный признак (например, организмы могут иметь генотип AA, Aa или aa).

Термин "генотип" был введен в науку Иоганнсенем в 1909 г.

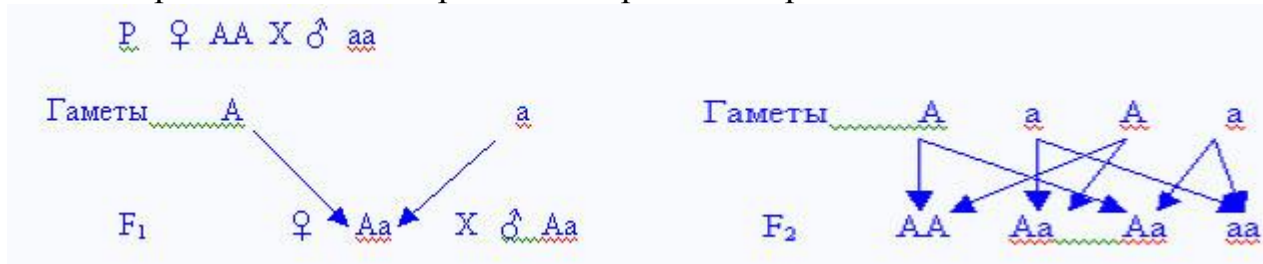
Фенотип от греч. (phaino - являю, обнаруживаю и typos - отпечаток, форма, образец) - результат взаимодействия всех генов организма друг с другом и различными факторами среды, совокупность признаков, присущих данному организму.

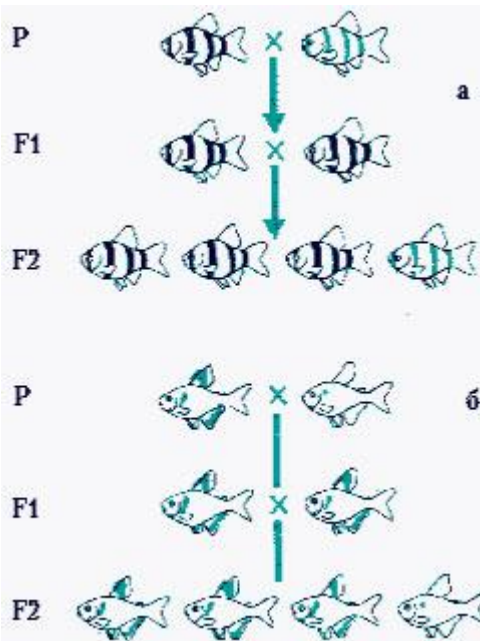
Термин "фенотип", как и генотип, используется в двух смыслах. В широком смысле - это совокупность всех признаков организма. Но применительно к моногибридному скрещиванию словом фенотип обычно обозначают тот признак, который в этом скрещивании изучается, например высокое растение имеет один фенотип, а карликовое - другой.

Причина расщепления признаков у гибридов. Какова причина расщепления признаков в потомстве гибридов? Почему в первом, втором и последующих поколениях возникают особи, дающие в результате скрещивания потомство с доминантным и рецессивным признаками? Обратимся к схеме, на которой символами записаны результаты опыта по моногибридному скрещиванию. Символы P, F1, F2 и т.д. обозначают соответственно родительское, первое и второе поколения. Значок X указывает скрещивание, символ > обозначает мужской пол (щит и копьё Марса), а + - женский пол (зеркало Венеры).

Ген, отвечающий за доминантный желтый цвет семян, обозначим большой буквой, например A; ген, отвечающий за рецессивный зеленый цвет, - малой буквой a. Поскольку каждая хромосома представлена в соматических клетках двумя гомологами, каждый ген также присутствует в двух экземплярах, как говорят генетики, в виде двух аллелей. Буква A обозначает доминантный аллель, а a - рецессивный.

Схема образования зигот при моногибридном скрещивании такова:





где P – родители, F1 – гибриды первого поколения, F2 – гибриды второго поколения. Для дальнейших рассуждений необходимо вспомнить основные явления, происходящие в мейозе. В первом делении мейоза происходит образование клеток, несущих гаплоидный набор хромосом (n). Такие клетки содержат только одну хромосому из каждой пары гомологических хромосом, в дальнейшем из них образуются гаметы. Слияние гаплоидных гамет при оплодотворении ведет к образованию гаплоидной (2n) зиготы. Процесс образования гаплоидных гамет и восстановление диплоидности при оплодотворении обязательно происходит в каждом поколении организмов, размножающихся половым способом. Исходные родительские растения в рассматриваемом опыте были гомозиготными. Следовательно, скрещивание можно записать так: P (AA X aa). Очевидно, что оба родителя способны производить гаметы только одного сорта, причем растения, имеющие два доминантных гена AA, дают только гаметы, несущие ген A, а растения с двумя рецессивными генами aa образуют половые клетки с геном a. В первом поколении F1 все потомство получается гетерозиготным Aa и имеет семена только желтого цвета, так как доминантный ген A подавляет действие рецессивного гена a. Такие гетерозиготные растения Aa способны производить гаметы двух сортов, несущие гены A и a.

При оплодотворении возникают четыре типа зигот – AA + Aa + aA + aa, что можно записать как AA + 2Aa + aa. Поскольку в нашем опыте гетерозиготные семена Aa также окрашены в желтый цвет, в F2 получается соотношение желтых семян к зеленым, равное 3:1. Понятно, что 1/3 растений которые выросли из желтых семян, имеющих гены AA, при самоопылении снова дает только желтые семена. У остальных 2/3 растений с генами Aa, так же, как у гибридных растений из F1, будут формироваться два разных типа гамет, и в следующем поколении при самоопылении произойдет

расщепление признака окраски семян на желтые и зеленые в соотношении 3:1.

Таким образом, было установлено, что расщепление признаков в потомстве гибридных растений – результат наличия у них двух генов – А и а, ответственных за развитие одного признака, например окраски семян.

Вопросы для закрепления темы:

1. Какие гены называются аллельными?
2. Сколько аллелей может присутствовать в диплоидной клетке?
3. Что называется генотипом?
4. Что называется фенотипом?
5. Какова причина расщепления признаков у гибридов?
6. Что называется зиготой? Когда она образуется?
7. В каком соотношении происходит расщепление признаков?

Лекция №10: Законы Г.Менделя.

Законы Менделя — это принципы передачи наследственных признаков от родительских организмов к их потомкам, вытекающие из экспериментов Грегора Менделя. Эти принципы послужили основой для классической генетики и впоследствии были объяснены как следствие молекулярных механизмов наследственности. Хотя в русскоязычных учебниках обычно описывают три закона, «первый закон» не был открыт Менделем. Особое значение из открытых Менделем закономерностей имеет «гипотеза чистоты гамет».

Закон единообразия гибридов первого поколения

Проявление у гибридов признака только одного из родителей Мендель назвал доминированием.

При скрещивании двух гомозиготных организмов, относящихся к разным чистым линиям и отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных признаков, всё первое поколение гибридов (F1) окажется единообразным и будет нести признак одного из родителей

Этот закон также известен как «закон доминирования признаков». Его формулировка основывается на понятии *чистой линии* относительно исследуемого признака — на современном языке это означает гомозиготность особей по этому признаку. Мендель же формулировал чистоту признака как отсутствие проявлений противоположных признаков у всех потомков в нескольких поколениях данной особи при самоопылении.

При скрещивании чистых линий гороха с пурпурными цветками и гороха с белыми цветками Мендель заметил, что взошедшие потомки растений были все с пурпурными цветками, среди них не было ни одного белого. Мендель не раз повторял опыт, использовал другие признаки. Если он скрещивал горох с жёлтыми и зелёными семенами, у всех потомков

семена были жёлтыми. Если он скрещивал горох с гладкими и морщинистыми семенами, у потомства были гладкие семена. Потомство от высоких и низких растений было высоким. Итак, гибриды первого поколения всегда единообразны по данному признаку и приобретают признак одного из родителей. Этот признак (более сильный, **доминантный**), всегда подавлял другой (**рецессивный**).

Кодоминирование и неполное доминирование

Некоторые противоположные признаки находятся не в отношении полного доминирования (когда один всегда подавляет другой у гетерозиготных особей), а в отношении **неполного доминирования**. Например, при скрещивании чистых линий львиного зева с пурпурными и белыми цветками особи первого поколения имеют розовые цветки. При скрещивании чистых линий андалузских кур чёрной и белой окраски в первом поколении рождаются куры серой окраски. При неполном доминировании гетерозиготы имеют признаки, промежуточные между признаками рецессивной и доминантной гомозигот.

При кодоминировании, в отличие от неполного доминирования, у гетерозигот признаки проявляются одновременно (смешанно). Типичный пример кодоминирования — наследование групп крови системы АВ0 у человека, где А и В — доминантные гены, а 0 — рецессивный. По этой системе генотип 00 определяет первую группу крови, АА и А0 — вторую, ВВ и В0 — третью, а АВ будет определять четвёртую группу крови. Таким образом, всё потомство людей с генотипами АА (вторая группа) и ВВ (третья группа) будет иметь генотип АВ (четвёртая группа). Их фенотип не является промежуточным между фенотипами родителей, так как на поверхности эритроцитов присутствуют оба агглютиногена (А и В).

Явления кодоминирования и неполного доминирования признаков слегка видоизменяет первый закон Менделя: «Гибриды первого поколения от скрещивания чистых линий особей с противоположными признаками всегда одинаковы по этому признаку: проявляют доминирующий признак, если признаки находятся в отношении доминирования, или смешанный (промежуточный) признак, если они находятся в отношении кодоминирования (неполного доминирования)».

Закон расщепления, или второй закон Менделя: при скрещивании двух гетерозиготных потомков первого поколения между собой во втором поколении наблюдается расщепление в определенном числовом отношении: по фенотипу 3:1, по генотипу 1:2:1.

Скрещивание организмов двух чистых линий, различающихся по проявлениям одного изучаемого признака, за которые отвечают аллели одного гена, называется **моногибридное скрещивание**. Явление, при котором скрещивание гетерозиготных особей приводит к образованию потомства, часть которого несёт доминантный признак, а часть — рецессивный, называется **расщеплением**. Следовательно, расщепление — это распределение доминантных и рецессивных признаков среди потомства в

определённом числовом соотношении. Рецессивный признак у гибридов первого поколения не исчезает, а только подавляется и проявляется во втором гибридном поколении.

Закон чистоты гамет: в каждую гамету попадает только одна аллель из пары аллелей данного гена родительской особи.

В норме гамета всегда чиста от второго гена аллельной пары. Этот факт, который во времена Менделя не мог быть твердо установлен, называют также гипотезой чистоты гамет. В дальнейшем эта гипотеза была подтверждена цитологическими наблюдениями. Из всех закономерностей наследования, установленных Менделем, данный «Закон» носит наиболее общий характер (выполняется при наиболее широком круге условий).

Гипотеза чистоты гамет. Мендель предположил, что при образовании гибридов наследственные факторы не смешиваются, а сохраняются в неизменном виде. У гибрида присутствуют оба фактора — доминантный и рецессивный, но проявление признака определяет доминантный наследственный фактор, рецессивный же подавляется. Связь между поколениями при половом размножении осуществляется через половые клетки — гаметы. Следовательно, необходимо допустить, что каждая гамета несет только один фактор из пары. Тогда при оплодотворении слияние двух гамет, каждая из которых несет рецессивный наследственный фактор, будет приводить к образованию организма с рецессивным признаком, проявляющимся фенотипически. Слияние же гамет, каждая из которых несет доминантный фактор, или же двух гамет, одна из которых содержит доминантный, а другая рецессивный фактор, будет приводить к развитию организма с доминантным признаком. Таким образом, появление во втором поколении рецессивного признака одного из родителей может быть только при двух условиях: 1) если у гибридов наследственные факторы сохраняются в неизменном виде; 2) если половые клетки содержат только один наследственный фактор из аллельной пары. Расщепление потомства при скрещивании гетерозиготных особей Мендель объяснил тем, что гаметы генетически чисты, то есть несут только один ген из аллельной пары. Гипотезу (теперь ее называют законом) чистоты гамет можно сформулировать следующим образом: при образовании половых клеток в каждую гамету попадает только один аллель из пары аллелей данного гена. Известно, что в каждой клетке организма в большинстве случаев имеется совершенно одинаковый диплоидный набор хромосом. Две гомологичные хромосомы обычно содержат каждая по одному аллелю данного гена.

В процессе образования гамет у гибрида гомологичные хромосомы во время первого мейотического деления попадают в разные клетки. При слиянии мужских и женских гамет получается зигота с диплоидным набором хромосом. При этом половину хромосом зигота получает от отцовского организма, половину — от материнского. По данной паре хромосом (и данной паре аллелей) образуются два сорта гамет. При оплодотворении гаметы, несущие одинаковые или разные аллели, случайно встречаются друг

с другом. В силу статистической вероятности при достаточно большом количестве гамет в потомстве 25 % генотипов будут гомозиготными доминантными, 50 % — гетерозиготными, 25 % — гомозиготными рецессивными, то есть устанавливается отношение 1AA:2Aa:1aa (расщепление по генотипу 1:2:1). Соответственно по фенотипу потомство второго поколения при моногибридном скрещивании распределяется в отношении 3:1 (3/4 особей с доминантным признаком, 1/4 особей с рецессивным). Таким образом, при моногибридном скрещивании цитологическая основа расщепления признаков — расхождение гомологичных хромосом и образование гаплоидных половых клеток в мейозе.

Закон независимого наследования (третий закон Менделя) — при скрещивании двух гомозиготных особей, отличающихся друг от друга по двум (и более) парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях (как и при моногибридном скрещивании). Когда скрещивались растения, отличающиеся по нескольким признакам, таким как белые и пурпурные цветы и желтые или зелёные горошины, наследование каждого из признаков следовало первым двум законам и в потомстве они комбинировались таким образом, как будто их наследование происходило независимо друг от друга. Первое поколение после скрещивания обладало доминантным фенотипом по всем признакам. Во втором поколении наблюдалось расщепление фенотипов по формуле 9:3:3:1, то есть 9:16 были с пурпурными цветами и желтыми горошинами, 3:16 с белыми цветами и желтыми горошинами, 3:16 с пурпурными цветами и зелёными горошинами, 1:16 с белыми цветами и зелёными горошинами.

Менделю попались признаки, гены которых находились в разных парах гомологичных хромосом гороха. При мейозе гомологичные хромосомы разных пар комбинируются в гаметах случайным образом. Если в гамету попала отцовская хромосома первой пары, то с равной вероятностью в эту гамету может попасть как отцовская, так и материнская хромосома второй пары. Поэтому признаки, гены которых находятся в разных парах гомологичных хромосом, комбинируются независимо друг от друга. (Впоследствии выяснилось, что из исследованных Менделем семи пар признаков у гороха, у которого диплоидное число хромосом $2n=14$, гены, отвечающие за одну из пар признаков, находились в одной и той же хромосоме. Однако Мендель не обнаружил нарушения закона независимого наследования, так как сцепления между этими генами не наблюдалось из-за большого расстояния между ними).

Основные положения теории наследственности Менделя:

В современной интерпретации эти положения следующие:

- За наследственные признаки отвечают дискретные (отдельные, не смешивающиеся) наследственные факторы — гены (термин «ген» предложен в 1909 г. В.Иоганнсенем)

- Каждый диплоидный организм содержит пару аллелей данного гена, отвечающих за данный признак; один из них получен от отца, другой — от матери.
- Наследственные факторы передаются потомкам через половые клетки. При формировании гамет в каждую из них попадает только по одному аллелю из каждой пары (гаметы «чисты» в том смысле, что не содержат второго аллеля).

Вопросы для закрепления темы:

1. В чем суть первого закона Менделя?
2. Как гласит закон чистоты гамет?
3. Что такое моногибридное скрещивание?
4. Дайте объяснение следующим терминам: гомозигота, гетерозигота, доминантный признак, рецессивный признак.
5. Каково значение генетических символов при скрещивании?
6. Какими будут генотип и фенотип гибридов первого поколения исходных родительских форм при моногибридном скрещивании?

Лекция № 11-12: Генетика пола. Скрепленное с полом наследование. Влияние внешней среды на генотип. Предупреждение наследственных заболеваний человека.

Пол — это совокупность признаков и свойств организма, определяющих его участие в размножении. Пол особи может определяться:

- а) до оплодотворения яйцеклетки сперматозоидом (прогамное определение пола)

- б) в момент оплодотворения (сингамное определение пола);
- в) после оплодотворения (эпигамное определение пола).

До оплодотворения пол определяется у некоторых организмов в результате деления яйцеклеток на быстро и медленно растущие. Первые (более крупные) после слияния с мужской гаметой дают самок, а вторые (мелкие) — самцов. У коловраток, способных размножаться помимо обычного полового размножения с оплодотворением, партеногенетически, часть партеногенетических яйцеклеток во время развития лишается половины хромосом. Из таких яиц развиваются самцы, а остальная часть дает начало самкам.

У морского кольчатого червя бонеллия определение пола происходит в процессе онтогенеза: если личинка садится на дно, из нее развивается самка, а если прикрепляется к хоботку взрослой самки, то самец.

У подавляющего же большинства эукариот пол закладывается в момент

оплодотворения и определяется генотипически хромосомным набором, который зигота получает от родителей. Клетки мужских и женских особей животных организмов различаются по паре хромосом. Эту пару называют **половыми хромосомами (гетеросомами)** в противоположность остальным — **аутосомам**. Половые хромосомы принято обозначать как X- и Y-хромосомы. В зависимости от их сочетания у ♀ и ♂ организмов различают 5 типов хромосомного определения пола:

- 1) ♀XX, ♂XO (O обозначает отсутствие хромосом) встречается у видов Protenor (насекомые);
- 2) ♀XX, ♂XY — он характерен, например, для дрозофилы, млекопитающих (в том числе и для человека);
- 3) ♀XY, ♂XX — этот тип определения пола характерен для бабочек, птиц, рептилий;
- 4) ♀XO, ♂XX — наблюдается у тли;
- 5) гапло-диплоидный тип (♀ 2n, ♂ n) встречается, например, у пчел: самцы развиваются из неоплодотворенных гаплоидных яйцеклеток, самки — из оплодотворенных диплоидных.

Конкретные механизмы, связывающие развитие мужского или женского пола с определенным сочетанием половых хромосом у разных организмов различен. У человека, например, пол определяется наличием Y-хромосомы: в ней есть ТДФ-ген, он кодирует тестикул - детерминирующий фактор, который определяет развитие мужского пола.

У дрозофилы же в Y-хромосоме находится ген фертильности, ответственный за плодовитость самца, а пол определяется балансом числа X-хромосом и числа наборов аутосом (обычный диплоидный организм содержит, соответственно, два набора аутосом). В X-хромосомах расположены гены, определяющие развитие по пути самки, а в аутосомах — по пути самца.

Если отношение количества X-хромосом к количеству наборов аутосом равно 0,5, то развивается самец, а если — 1, то самка.

Помимо нормальных самцов и самок иногда появляются **интерсексы** — особи, по своим половым признакам занимающие промежуточное положение между мужским и женским полом (**не путать с гермафродитами!**). Это может быть вызвано как анеуплоидией по половым хромосомам в гаметах, так и различными нарушениями (например, гормональными) в процессе дифференцировки пола.

У большинства организмов среди потомков получается 50 % самцов и 50 % самок, так как в норме расщепление по полу подчиняется законам обычного моногибридного скрещивания между гомо- и гетерозиготой, для гибридов которого характерно расщепление в соотношении 1:1.

Наследование

и

пол

В половых хромосомах, помимо генов, определяющих развитие пола,

локализируются «обычные» фенотипические гены. Особенности их наследования определяются тем, что они составляют группу сцепления гетеросом. Явление **сцепленного с полом наследования** было открыто Т. Х. Морганом, который обнаружил, что наследование окраски глаз у дрозофилы находится во взаимосвязи с полом родителей — результаты прямого и обратного скрещивания были неодинаковы. Проведя ряд экспериментов, ученый пришел к выводу, что в Y-хромосоме самца не содержится участка, кодирующего окраску глаз.



У человека сцепленными с полом являются такие аномалии, как дальтонизм и гемофилия. Поскольку рецессивные гены этих заболеваний локализованы в X-хромосомах, ими чаще болеют мужчины; женщины же обычно гетерозиготны и по этой причине не болеют.

Если ген локализован в Y-хромосоме, ему в клетке нет гомологичной аллели, такой организм называют гемизиготой.

Некоторые гены могут находиться и не в половых хромосомах, однако их проявление будет зависеть от пола особи: у одного пола признак проявится, у другого — нет. Такие признаки называют признаками, ограниченными полом. К ним относятся, например, наличие рогов у оленей (самцы рогаты, а самки безроги) или яйценоскость птиц, которая проявляется только у самок. Обычно проявление признака, ограниченного полом, зависит от гормонального статуса организма, в первую очередь, от соотношения половых гормонов.

Воздействие внешней среды на генотип

Мутационная изменчивость проявляется в фенотипе, и по сути дела лишь по наличию качественно новых признаков и свойств организма можно предполагать ее возникновение. Изменения фенотипа вызываются нарушением наследственных структур, которое обуславливается влиянием различных факторов внешней среды.

Иными словами, внешняя среда, воздействуя на генотип, вызывает его структурные изменения, приводящие к формированию новых признаков и свойств организма.

В связи с этим исследование мутаций должно вестись с разных позиций: с точки зрения характера изменений в генотипе, локализации их в различных клетках и тканях, фенотипического выражения и эволюционной роли

мутаций, а также с точки зрения природы причинного фактора. Существует много классификаций мутаций. Наиболее удобна классификация, разработанная польским исследователем С. Мушинским в 1972 г. Пользуясь этой классификацией, можно получить представление о мутации на молекулярном и цитологическом уровнях, о ее локализации в клетках и тканях, о фенотипическом проявлении и судьбе в популяции. **Молекулярный механизм мутаций.** Мутации, связанные с изменением структуры молекулы ДНК, называются **генными**. Они представляют собой выпадение или вставку одного или нескольких азотистых оснований либо то и другое одновременно, а также замену азотистых оснований. Последние описаны Э. Фризом (1963). Он различал два типа замен: **транзиции и трансверзии**.

При транзиции одно пуриновое или пиримидиновое основание заменяется соответственно другим пуриновым или пиримидиновым основанием. Трансверзии встречаются чаще транзиций. Все генные мутации приводят к изменению смысла кодона и к нарушению считывания информации в цепи ДНК. Различают следующие типы таких изменений.

Миссенс-мутации, т. е. мутации, изменяющие смысл кодона, вследствие чего в белковую молекулу в момент ее синтеза вставляется другая аминокислота.

Нонсенс-мутации — образование бессмысленных кодонов, не кодирующих никакой аминокислоты (УАА — охра-мутация; УАГ — амбер, или янтарная мутация; УГА — опал-мутация). Такие мутации приводят к обрыву чтения генетического текста и прекращению синтеза молекулы белка. Миссенс и нонсенс-мутации обычно происходят при замене азотистых оснований. К изменению смысла кодонов приводят и выпадения или вставки азотистых оснований. Все эти мутации возникают спонтанно и могут быть вызваны любыми мутагенными факторами среды. Мутации сдвига чтения наблюдаются при выпадении или вставке нуклеотидов в цепи ДНК и вызывают смещение чтения генетического кода. При этом рано или поздно образуются бессмысленные кодоны, на которых чтение прерывается.

Хромосомные мутации. В клетке под обычным световым микроскопом можно рассмотреть хромосомные мутации, или аберрации. Они являются более грубыми нарушениями наследственных структур, чем генные мутации, и касаются структуры и количества хромосом в клеточном наборе. Структурные хромосомные мутации связаны с нарушением целостности структуры хромосомы, групп сцепления генов, с процессом ее фрагментации. Эти мутации бывают двух типов: **внутрихромосомные**, изменяющие порядок расположения генов в хромосоме, и **межхромосомные**, заключающиеся во взаимном обмене фрагментов хромосом. Обычно для формирования структурной мутации требуются два и более разрыва хромосомы, в некоторых случаях достаточно одного. Различают

хромосомные и хроматидные абберрации. Если разрыв затрагивает одну хроматиду, перестройка называется хроматидной, но после репликации она может стать хромосомной.

К **внутрихромосомным** перестройкам относятся делеции, дупликации, инверсии и инсерции.

Делеция — это потеря (нехватка) среднего участка хромосомы вследствие ее разрыва в двух точках. Если происходит отрыв дистального, концевого, фрагмента, нехватка называется **дефишенси**. При потере хроматидами двух таких районов последние соединяются в местах повреждения и образуют кольцевую хромосому. Дефишенси встречаются редко, так как после потери дистального района хромосома неспособна к дальнейшему существованию. Судьба делеции и дефишенси зависит также от того, теряется ли центромерный район. Без центромера хромосома в процессе деления элиминируется. При конъюгации хромосом в мейозе или при соматической конъюгации в полигенных хромосомах двукрылых нормальная хромосома образует над участком делеции абберрантной хромосомы петлю, поскольку ее фрагмент не имеет в данном случае гомолога. Нехватки обычно понижают жизнеспособность и плодовитость особи. Часто клетка с делецией гибнет на ранних стадиях развития. Мелкие нехватки могут сохраняться в гомозиготном состоянии, проявляя фенотипическое тождество с генной мутацией. Вместе с тем в случае делеции невозможен возврат гена к исходному состоянию, т. е. обратная мутация исключается.

Дупликация — удвоение фрагмента хромосомы — процесс, противоположный делеции. При конъюгации дублированная хромосома также делает над нормальной хромосомой петлю, которая в отличие от делеции несет дублированные гены. Примером дупликации является усиление признака Ваг (полосковидные глаза) у дрозофилы при увеличении числа генов, контролирующих его. Явление дупликации генов сравнительно часто встречается в природе, и ему приписывается определенная эволюционная роль. Нередко при разрывах хромосомы ее фрагменты не утрачиваются, а, повернувшись на 180° , встраиваются в то же место. Такая мутация называется **инверсией**. Интересным примером инверсий служат различия хромосомных наборов в семействе кошачьих. Все его представители имеют 36 хромосом, но кариотипы разных видов отличаются наличием инверсии в различных хромосомах. Инверсии приводят к изменению ряда морфологических и физиологических признаков организма, могут явиться фактором биологической изоляции популяции. Процесс конъюгации хромосомы с инверсией затрудняется, что вызывает нарушения мейоза и тормозит кроссинговер. Поэтому инверсии часто служат «запирателями» кроссинговера.

Инсерция — перемещение фрагментов хромосомы по ее длине, замена локализации генов. Такая абберрация часто сопровождается эффектом положения генов.

Межхромосомные перестройки представляют собой еще один тип мутаций — **транслокации**. Они возникают при одновременном разрыве в разных хромосомах, которые затем обмениваются фрагментами. При взаимном обмене примерно равными участками двух гомологичных хромосом происходит **реципрокная транслокация**. При одностороннем переносе фрагмента одной хромосомы на другую возникает **нереципрокная транслокация**. Грубые транслокации могут привести к резкому снижению жизнеспособности клетки и организма в целом. Однако нередко встречаются организмы, несущие транслокации, но сохраняющие жизнеспособность. Наличие в природных популяциях особей с инверсией или транслокацией препятствует получению нормального потомства при скрещивании их с нормальными особями и является генетическим фактором изоляции популяции.

Профилактика наследственных заболеваний. Евгеника – наука об улучшении признаков и свойств, наследуемых человеком, и недопустимости браков, от которых рождается неполноценное потомство. Этот термин был введен в 1883 году английским ученым Ф.Гальтоном. Евгеника начала развиваться в Европе и США. В некоторых штатах Америки были введены законы евгеники. Использование современных геномных технологий для **профилактики наследственных заболеваний** привело, с одной стороны, к повышению эффективности медико-генетической помощи, а с другой - к необходимости решения ряда биоэтических проблем. Это связано с тем, что в генетическом исследовании бывает задействовано много сторон: исследователь, врач-клиницист, испытуемый, донор, реципиент, пациент и члены его семьи. Косвенно в этих исследованиях могут участвовать и некоторые социальные службы: образования, трудоустройства, страхования (жизни, здоровья, имущества) и прочие, где люди вступают в отношения друг с другом в связи с проведением генетических исследований или приложением их результатов в своей сфере практической жизни. При этом люди могут по-разному работать с образцами биоматериала: осуществлять их забор и изучение, технологически трансформировать, передавать их другим лицам (исследователям, врачам, кому-либо еще), вводить в организм реципиента образцы, содержащие генетическую информацию. Причем информацию они тоже могут использовать по-разному: хранить, передавать, распространять, уничтожать. Но к данной генетической информации причастны и те лица, которые являются испытуемыми, пациентами, членами их семей и т.д. При этом у этики генетики есть одно отличие от многих других разделов биомедицинской этики, а именно: не только сам испытуемый, но и его прямые потомки в нескольких поколениях могут оказаться объектами воздействия измененной генетической информации. В основе решения проблем, возникающих при получении и использовании генетической информации обследуемого индивида должны лежать следующие принципы:

1. **Признание автономии личности.** Важно, что все виды процедур должны осуществляться с информированного согласия объекта, которое означает, что человек вступает в контакт с генетиком, врачом или иным исследователем добровольно. При этом профессионал обязан обеспечить его в доступной форме адекватной информацией, чтобы она была и необходима, и достаточна, и понятна, и помогала бы автономной личности принимать самостоятельное решение о том, на что (на какие процедуры) она (личность) согласна пойти, а на что - не согласна. Приоритеты в этическом решении о проведении генетических процедур убывают в таком направлении: индивид, семья и кровные родственники, общество.

2. **Гиппократовское «не вреди» и «сотвори благо»**, направленное на сохранение конфиденциальности информации. Это правило проходит через все документы по биоэтической регламентации любой медицинской деятельности. Согласно этому правилу информация о генетическом статусе человека может быть сообщена только ему, его опекунам или иным легальным представителям и пользующим его врачам. Недопустима передача профессионалом какой-либо информации без санкции тестируемого или его законных опекунов любой третьей стороне (органам образования, трудоустройства, страхования, социальным службам и т.д.), так как это может повлечь за собой дискриминацию такого лица на основании сведений о его генетическом статусе, что равносильно своего рода «генетическому шовинизму».

3. **Справедливость**, которая подразумевает равные возможности **генетического тестирования** за счет общественных фондов для всех членов общества.

Вопросы для закрепления темы:

1. Каким способом можно определить пол человека?
2. Что такое аутосомы, половые хромосомы?
3. Какие перестройки относятся к внутривхромосомным?
4. Какие генные мутации вы знаете? Как они подразделяются?
5. Какими значками обозначаются хромосомы?
6. Какое влияние оказывает внешняя среда на изменение генотипа?
7. Как предотвратить передачу наследственных заболеваний?
8. Возможно ли заболевание гемофилией у женщин?
9. Какому поколению передается крисс-кросс наследование?
10. Как вы понимаете гомогаметность и гетерогаметность?
11. Что изучает наука евгеника?

Лекция № 13: Генетические основы селекции. Подбор и оценка первичных материалов для селекции.

Селекцией (лат. *selectio* отбор) называют комплексную биологическую дисциплину, направленную на выведение сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов с нужными человеку признаками. Все современные сорта растений и породы домашних животных, на использовании которых основана жизнь цивилизации, созданы с помощью селекции. Появление этих культурных форм оказалось возможным в основном благодаря свойственной природным организмам комбинативной наследственной изменчивости, заключающейся в перекомбинации генов при скрещивании. Понять суть явлений, происходящих при селекции, можно лишь на основе генетических знаний. Поэтому селекция как наука возникла относительно недавно.

Выдающийся русский генетик и селекционер Н. И. Вавилов указывал, что для успешной селекционной работы необходимо изучать и анализировать:

- исходное сортовое разнообразие культурных растений и видовое разнообразие диких растений, являющихся объектами селекции;
- закономерности наследственной изменчивости при гибридизации и мутациях;
- роль среды в развитии изучаемых признаков;
- формы искусственного отбора, направленные на усиление и закрепление желательных признаков.

Что же такое сорт или порода? Под **сортом, породой, штаммом** понимают группу организмов с определенным генотипом, искусственно выведенных человеком и обладающих заданными наследственными свойствами: продуктивностью, морфологическими и физиологическими признаками. Причем свойства сорта или породы проявляются наиболее полно лишь при правильном культивировании (удобрении, поливке и пр.), содержании (кормлении, уходе) и благоприятных внешних условиях.

Ценность породы животных определяется количеством и качеством получаемого продукта. Для крупного рогатого скота важны живой вес, величина удоя, жирность молока и содержание в нем белка. Ценность сорта культурного растения определяется урожайностью, пищевыми свойствами, качеством получаемого сырья для промышленности (хлопок, лен) и пр.

Продуктивность культурных растений намного выше продуктивности диких видов, но вместе с тем культурные растения лишены защитных горьких и ядовитых веществ, колючек и шипов. Преобразование диких животных и растений в культурные формы называют одомашниванием. Из многих тысяч видов позвоночных человеку удалось одомашнить только 20. Издавна одомашнены овца, коза, лошадь, собака, индейка, свинья, а в XX в. с развитием пушных хозяйств одомашнены и пушные звери.

У культурных форм организмов искусственно развиты полезные для человека признаки, которые в природных условиях бесполезны или даже вредны. Способность кур давать по 300—400 яиц в год в дикой природе лишена смысла, поскольку такое количество яиц они не смогут насиживать. Коровам для кормления телят хватает десятков-сотен килограммов молока, а удои современных пород между отелами составляет до 15 000 кг.

Из сотен тысяч видов высших растений человек окультурил только 150, причем некоторые совсем недавно. Так, подсолнечник и сахарную свеклу стали выращивать лишь в XIX веке, а мяту — в XX.

Прежде чем начать выведение нового сорта, селекционер подбирает из диких видов и культурных сортов экземпляры, наделенные интересующими его свойствами. Успех селекционной работы во многом зависит от степени разнообразия исходных растений.

Решая проблему генетического материала для селекции, Н. И. Вавилов с коллективом сотрудников в многочисленных экспедициях обследовал земной шар и собрал около 250 тыс. образцов культурных растений. В результате выявилось восемь районов с наибольшим их разнообразием. Географически они совпали с очагами древних цивилизаций. Дальнейшие исследования ученых выявили еще четыре района: Австралийский, Африканский, Североамериканский и Европейско-Сибирский.

Если ранее предполагалось, что возделывание окультуренных сортов началось в плодородных долинах Нила, Тигра, Евфрата и других крупных рек, то после исследований Вавилова стало понятно, что все культурные растения появились в горных районах тропиков, субтропиков и умеренной зоны.

Родиной картофеля считается Южная Америка, риса — Китай и Япония, кукурузы — Мексика, пшеницы и ржи — Средняя Азия и Закавказье. С этими же территориями, как показали археологические исследования, связаны и районы одомашнивания животных. В Индии и Южном Китае впервые одомашнены куры, утки, гуси и свиньи, а на территории Малой и Средней Азии и Афганистана были одомашнены овцы. Предком свиньи считается дикий кабан, домашней курицы — дикая красная курица джунглей, а домашней кошки — дикая африканская кошка. Всего Вавилов выделил семь основных центров, называемых центрами доместики (лат. domesticus домашний).

Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. Изучая богатейшую коллекцию растений, Н. И. Вавилов обнаружил, что ряды изменчивости разных видов похожи между собой. Одни и те же признаки в этих рядах устойчиво повторяются. У мягкой пшеницы существуют сорта с остистыми, безостыми и полустистыми колосьями, присутствуют и вариации цвета: белоколосые, красноколосые, черноколосые. Родственные мягкой пшенице виды имеют те же вариации. Свои обобщения Вавилов сформулировал в виде закона: "Виды и роды, генетически близкие, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой

правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов и родов".

Закон гомологических рядов позволяет на основе изучения изменчивости какого-либо вида предсказать наличие похожих признаков у родственных видов и добиваться их получения методами селекции. Точно так же периодическая система элементов Д. И. Менделеева предсказывала наличие еще не открытых элементов и их свойства. Высоко оценивая открытие Вавилова, коллеги назвали его Менделеевым в биологии.

Н. И. Вавилов указывал на применимость открытой им закономерности и к животным. Так, у грызунов существуют гомологические ряды изменчивости по окраске шерсти. Параллелизм наследственной изменчивости прослеживается и между далекими видами, хотя выражен менее полно. У млекопитающих наблюдается альбинизм и отсутствие шерсти, у птиц — альбинизм и отсутствие перьев, у рыб — отсутствие чешуи. У животных обнаружены многие наследственные заболевания и уродства, сходные с наблюдаемыми у человека. На животных с такими аномалиями изучают болезни человека. Гемофилия бывает у кошек и мышей; катаракта глаз — у собак, лошадей, мышей и крыс; врожденная глухота — у собак, мышей и морских свинок.

Сходство наследственной изменчивости самых разнообразных растений и животных, в том числе далеких видов, по мнению ряда ученых, может свидетельствовать о наличии единого творческого замысла Создателя. Принцип, по которому был составлен ряд свойств растений или животных одного вида, проявился в строении и внешней форме множества других видов.

Вопросы для закрепления темы:

1. Что изучает наука селекция?
2. Почему генетику считают научной основой селекции?
3. Каково практическое значение закона гомологических рядов наследственной изменчивости?
4. Что такое центры распространения и центры происхождения культурных растений?
5. Почему эти центры соответствуют горным районам и древним центрам земледелия?
6. Перечислите основные методы селекции.

Лекция №14: Селекция растений и животных. Мутагенез. Достижения в селекции животных и растений в РК.

Методы селекции растений. Основными методами селекции растений являются отбор и гибридизация. Однако методом отбора нельзя

получить формы с новыми признаками и свойствами; он позволяет только выделить генотипы, уже имеющиеся в популяции. Для обогащения генофонда создаваемого сорта растений и получения оптимальных комбинаций признаков применяют гибридизацию с последующим отбором.

В селекции различают два основных вида *искусственного отбора*: массовый и индивидуальный.

Табл. 1. Центры происхождения культурных растений (по И. Я Вавилову).

Центры происхождения	Местоположение	Культурные растения
Южноазиатский тропический	Тропическая Индия, Индокитай, Южный Китай	Рис, сахарный тростник, цитрусовые, огурец, баклажан и др. (50% культурных растений)
Восточно-азиатский	Центральный и Восточный Китай, Япония, Корея, Тайвань	Соя, просо, гречиха, плодовые и овощные культуры — слива, вишня и др. (20% культурных растений)
Юго-Западно-азиатский	Маяя и Средняя Азия, Иран, Афганистан, Юго-Западная Индия	Пшеница, рожь, бобовые культуры, лен, конопля, репа, морковь, виноград, чеснок, груша, абрикос и др. (14% культурных растений)
Средиземноморский	Страны по берегам Средиземного моря	Капуста, сахарная свекла, маслины, кормовые травы (11% культурных растений)
Абиссинский	Абиссинское	Твердая

	нагорье Африки	пшеница, ячмень, сорго, кофейное дерево, банан
Центральноамериканский	Южная Мексика	Кукуруза, какао, тыква, табак, хлопчатник
Южноамериканский	Западное побережье Южной Америки	Картофель, ананас

Массовый отбор — это выделение группы особей, сходных по одному или комплексу желаемых признаков, без проверки их генотипа. Например, из всей популяции злаков того или иного сорта для дальнейшего размножения оставляют только те растения, которые отличаются устойчивостью к возбудителям болезней и полеганию, имеют крупный колос с большим числом колосков и т. д. При их повторном посеве снова отбирают растения с нужными качествами. Сорт, полученный таким способом, генетически однороден, и отбор периодически повторяют.

Основным достоинством данного метода является то, что он технически прост, экономичен и позволяет сравнительно быстро улучшать местные сорта, а его недостаток состоит в невозможности индивидуальной оценки по потомству, в силу чего результаты отбора неустойчивы.

При *индивидуальном отборе* (по генотипу) получают и оценивают потомство каждого отдельного растения в ряду поколений при обязательном контроле наследования интересующих селекционера признаков. В результате индивидуального отбора увеличивается число гомозигот, т. е. полученное поколение становится генетически однородным. Подобный отбор обычно применяют среди самоопыляемых растений (пшеницы, ячменя и др.) для получения чистых линий. *Чистая линия* — это группа растений, являющихся потомками одной гомозиготной самоопыляемой особи. Они обладают максимальной степенью гомозиготности и представляют очень ценный исходный материал для селекции.

Отбор в селекции отличается наибольшей эффективностью в том случае, если сочетается с определенными типами скрещиваний.

Методы гибридизации (типы скрещивания) в селекции. Все разнообразие типов скрещивания сводится к инбридингу и аут-бридингу. **Инбридинг** — это близкородственное (внутрисортовое), а **аутбридинг** — неродственное (межсортовое) скрещивание. При инбридинге, т. е. в случае принудительного самоопыления перекрестноопыляющихся форм, происходит гомозиготизация потомков, а при аутбридинге — их гетерозиготизация.

Родственное скрещивание применяют в тех случаях, когда желают перевести большинство генов сорта в гомозиготное состояние и, как следствие, закрепить хозяйственно ценные признаки, сохраняющиеся у потомков.

Вместе с тем чистые линии, полученные в результате инбридинга, отличаются не только различными признаками, но и степенью снижения жизнеспособности (часто наблюдается ослабление организмов, их постепенное вырождение), обусловленной переходом в гомозиготное состояние всех рецессивных мутаций, которые преимущественно являются вредными. Если эти чистые линии скрещиваются между собой, то обычно наблюдается эффект гетерозиса.

Гетерозис, или *гибридная мощь*, — это явление повышенной жизнеспособности и продуктивности гибридов первого поколения по сравнению с обеими родительскими формами. В дальнейших поколениях его эффект ослабляется и исчезает. Предполагается, что гетерозис связан с высоким уровнем гетеро-зиготности межлинейных гибридов.

Кукуруза была первым растением, у которого получение высокопродуктивных гетерозисных гибридов было поставлено на промышленную основу. Валовые сборы зерна такого гибрида были на 20—30% выше, чем у родительских организмов. Однако нередко сочетание разных признаков у чистых линий оказывается неблагоприятным; поэтому, создав большое количество чистых линий, экспериментально определяют наилучшие комбинации гибридизации, которые затем используются в производстве.

Полиплоидия и отдаленная гибридизация. При создании новых сортов растений селекционеры широко используют метод *автополиплоидии*, который приводит к увеличению размеров клеток и всего растения вследствие умножения числа наборов хромосом. Кроме того, избыток хромосом повышает их устойчивость к патогенным организмам (вирусам, грибам, бактериям) и ряду других неблагоприятных факторов, например к радиации: при повреждении одной или даже двух гомологичных хромосом аналогичные остаются неповрежденными. Полиплоидные особи жизнеспособнее диплоидных.

Ценные результаты дает также использование в селекции явления *аллополиплоидии*, в основе которого лежит метод отдаленной гибридизации, т. е. скрещивания организмов, относящихся к разным видам и даже родам. Например, выведены межвидовые полиплоидные гибриды капусты и редьки, ржи и пшеницы. Гибридизация пшеницы (*Triticum*) и ржи (*Secale*) позволила получить ряд форм, объединенных общим названием *тритикале*. Они обладают высокой урожайностью пшеницы и зимостойкостью и неприхотливостью ржи, устойчивостью ко многим болезням, в том числе к линейной ржавчине, являющейся одним из главных факторов, ограничивающих урожайность пшеницы.

На основе гибридизации пшеницы и пырея российским академиком Н. В. Цициным получены пшенично-пырейные гибриды, отличающиеся высокой урожайностью и устойчивостью к полеганию. Однако отдаленные гибриды, как правило, бесплодны. Это связано с содержанием в геноме различных хромосом, которые в мейозе не конъюгируют. Для

восстановления плодовитости у межвидовых гибридов в 1924 г. советский генетик Г. Д. Карпеченко предложил использовать у отдаленных гибридов удвоение числа хромосом, которое приводит к образованию *амфидиплоидов*.

Г. Д. Карпеченко проводил скрещивание редьки и капусты. Число хромосом у этих растений одинаково ($2n = 18$). Соответственно, их гаметы несут по 9 хромосом. Гибрид капусты и редьки имеет 18 хромосом, но он бесплоден, так как хромосомы этих растений в мейозе не конъюгируют, поэтому процесс образования гамет не может протекать нормально. В результате удвоения числа хромосом в бесплодном гибриде оказалось 36 хромосом, слагающихся из двух полных диплоидных наборов редьки и капусты. Это создало нормальные возможности для мейоза: хромосомы капусты и хромосомы редьки конъюгировали между собой. Каждая гамета несла по одному гаплоидному набору редьки и капусты ($9 + 9 = 18$). В зиготе вновь оказалось 36 хромосом; межвидовой гибрид стал плодовитым. По фенотипу новый растительный организм совмещал признаки редьки и капусты, например в строении стручка.

Особенности селекции животных. Основные принципы селекции животных не отличаются от принципов селекции растений. Однако селекция животных имеет некоторые особенности: для них характерно только половое размножение; в основном очень редкая смена поколений (у большинства животных через несколько лет); количество особей в потомстве невелико. Поэтому в селекционной работе с животными важное значение приобретает анализ совокупности внешних признаков, или экстерьера, характерного для той или иной породы.

Одомашнивание животных. Одним из важнейших достижений человека на заре его становления и развития (10—12 тыс. лет назад) было создание постоянного и достаточно надежного источника продуктов питания путем одомашнивания диких животных. Главным фактором одомашнивания служит искусственный отбор организмов, отвечающих требованиям человека. У домашних животных весьма развиты отдельные признаки, часто бесполезные или даже вредные для их существования в естественных условиях, но полезные для человека. Например, способность некоторых пород кур давать более 300 яиц в год лишена биологического смысла, поскольку такое количество яиц курица не сможет высидеть. Поэтому в естественных условиях одомашненные формы существовать не могут.

Одомашнивание привело к ослаблению действия стабилизирующего отбора, что резко повысило уровень изменчивости и расширило его спектр. При этом одомашнивание сопровождалось отбором, вначале *бессознательным* (отбор тех особей, которые лучше выглядели, имели более спокойный нрав, обладали другими ценными для человека качествами), затем *осознанным, или методическим*. Широкое использование методического отбора направлено на формирование у животных определенных качеств, удовлетворяющих человека.

Процесс одомашнивания новых животных для удовлетворения потребностей человека продолжается и в наше время. Например, для получения модной и высококачественной пушнины создана новая отрасль животноводства — пушное звероводство.

Отбор и типы скрещивания. Отбор родительских форм и типы скрещивания животных проводятся с учетом цели, поставленной селекционером. Это может быть целенаправленное получение определенного экстерьера, повышение молочности, жирности молока, качества мяса и т. д. Разводимые животные оцениваются не только по внешним признакам, но и по происхождению и качеству потомства. Поэтому необходимо хорошо знать их родословную. В племенных хозяйствах при подборе производителей всегда ведется учет родословных, в которых оцениваются экстерьерные особенности и продуктивность родительских форм в течение ряда поколений. По признакам предков, особенно по материнской линии, можно судить с известной вероятностью о генотипе производителей.

В селекционной работе с животными применяют в основном два способа скрещивания: аутбридинг и инбридинг.

Аутбридинг, или неродственное скрещивание между особями одной породы или разных пород животных, при дальнейшем строгом отборе приводит к поддержанию полезных качеств и к усилению их в ряду следующих поколений.

При **инбридинге** в качестве исходных форм используются братья и сестры или родители и потомство (отец—дочь, мать—сын, двоюродные братья—сестры и т. д.). Такое скрещивание в определенной степени аналогично самоопылению у растений, которое также приводит к повышению гомозиготности и, как следствие, к закреплению хозяйственно ценных признаков у потомков. При этом гомозиготизация по генам, контролирующим изучаемый признак, происходит тем быстрее, чем более близкородственное скрещивание используют при инбридинге. Однако гомозиготизация при инбридинге, как и в случае растений, ведет к ослаблению животных, снижает их устойчивость к воздействию среды, повышает заболеваемость. Во избежание этого необходимо проводить строгий отбор особей, обладающих ценными хозяйственными признаками.

В селекции инбридинг обычно является лишь одним из этапов улучшения породы. За ним следует скрещивание разных межлинейных гибридов, в результате которого нежелательные рецессивные аллели переводятся в гетерозиготное состояние и вредные последствия близкородственного скрещивания заметно снижаются.

У домашних животных, как и у растений, наблюдается явление гетерозиса: при межпородных или межвидовых скрещиваниях у гибридов первого поколения происходит особенно мощное развитие и повышение жизнеспособности. Классическим примером проявления гетерозиса является мул — гибрид кобылы и осла. Это сильное, выносливое животное, которое

может использоваться в значительно более трудных условиях, чем родительские формы.

Гетерозис широко применяют в промышленном птицеводстве (пример — бройлерные цыплята) и свиноводстве, так как первое поколение гибридов непосредственно используют в хозяйственных целях.

Отдаленная гибридизация. Отдаленная гибридизация домашних животных менее

эффективна, чем растений. Межвидовые гибриды животных часто *бывают* бесплодными. При этом восстановление плодовитости у животных представляет более сложную задачу, поскольку получение полиплоидов на основе умножения числа хромосом у них невозможно. Правда, в некоторых случаях отдаленная гибридизация сопровождается нормальным слиянием гамет, обычным мейозом и дальнейшим развитием зародыша, что позволило получить некоторые породы, сочетающие ценные признаки обоих использованных в гибридизации видов. Например, в Казахстане на основе гибридизации тонкорунных овец с диким горным бараном архаром создана новая порода тонкорунных архамериносов, которые, как и архары, пасутся на высокогорных пастбищах, недоступных для тонкорунных мериносов. Улучшены породы местного крупного рогатого скота путем скрещивания его с зебу и яками.

Мутагенез — это внесение изменений в нуклеотидную последовательность ДНК (мутаций). Различают естественный (спонтанный) и искусственный (индуцированный) мутагенез.

Естественный, или спонтанный, мутагенез происходит вследствие воздействия на генетический материал живых организмов мутагенных факторов окружающей среды, таких как ультрафиолет, радиация, химические мутагены.

Спонтанный и индуцированный мутагенез. Спонтанные мутанты используются преимущественно в селекции растений. Так, на основе мутанта желтого безалколоидного люпина получено несколько сортов сладкого люпина, которые выращивают на корм скоту. Люпин, содержащий алкалоиды, для этой цели непригоден, поскольку животные его не едят.

Большое число мутантов известно у плодовых культур, которые используются как новые сорта или как гибриды с другими формами. Один из наиболее известных спонтанных мутантов кукурузы — *ораче*, отличающийся высоким содержанием аминокислоты лизина в зерне, подходит для создания так называемых высоколизиновых гибридов кукурузы.

В последние десятилетия во многих странах мира развернуты работы по получению индуцированных мутантов. Индуцированные рентгеновыми лучами мутанты были выделены у многих злаков (ячменя, пшеницы, ржи и др.). Они отличаются не только повышенной урожайностью, но и укороченным побегом. Такие растения устойчивы к полеганию и имеют заметные преимущества при машинной уборке. Кроме того, наличие

короткой и прочной соломины позволяет вести дальнейшую селекцию по увеличению размера колоса и массы семян без опасения, что повышение урожая зерна приведет к полеганию растений.

Мутационная теория составляет одну из основ генетики. Она зародилась вскоре после переоткрытия Т. Морганом законов Менделя в начале 20 столетия. Можно считать, что она почти одновременно зародилась в умах голландца Хуго Де Фриза (1903) и отечественного ученого-ботаника С. И. Коржинского (1899). Однако приоритет в первенстве и в большем совпадении изначальных положений принадлежит российскому ученому. Признание основного эволюционного значения за дискретной изменчивостью и отрицание роли естественного отбора в теориях Коржинского и Де Фриза было связано с неразрешимостью в то время противоречия в эволюционном учении Ч. Дарвина между важной ролью мелких уклонений и их «поглощением» при скрещиваниях (см. кошмар Дженкина).

Основные положения мутационной теории Коржинского-Де Фриза можно свести к следующим пунктам:

1. Мутации внезапны, как дискретные изменения признаков
2. Новые формы устойчивы
3. В отличие от наследственных изменений, мутации не образуют непрерывных рядов, не группируются вокруг какого-либо среднего типа. Они являют собой качественные скачки изменений
4. Мутации проявляются по-разному и могут быть как полезными, так и вредными
5. Вероятность обнаружения мутаций зависит от числа исследуемых особей
6. Сходные мутации могут возникать неоднократно

Механизм мутагенеза

Последовательность событий, приводящая к мутации (внутри хромосомы) выглядит следующим образом:

-Происходит повреждение ДНК.

-В случае, если повреждение произошло в незначащем (интрон) фрагменте ДНК, то мутации не происходит.

-В случае если повреждение произошло в значащем фрагменте (экзон), и произошла корректная репарация ДНК, или вследствие вырожденности генетического кода не произошло нарушения, то мутации не происходит.

- Только в случае такого повреждения ДНК, которое произошло в значащей части, которое не было корректно репарировано, которое изменило кодировку аминокислоты, или которое привело к выпадению части ДНК и соединению ДНК вновь в единую цепь — то оно приведет к мутации.

Мутагенез на уровне генома также может быть связан с инверсиями, делециями, транслокациями, полиплоидией, и анеуплоидией, удвоением, утроением (множественной дубликацией) некоторых хромосом.

В Казахстане есть крупные научно-исследовательские институты, которые занимаются селекцией пшеницы и других зерновых культур. К ним относятся: Казахский НИИ земледелия им. А.И.Бараева (Акмолинская область, п.Шортанды), Казахский НИИ растениеводства им. В.Р.Вильямса (Алматинская область). Академик Р.А.Оразалиев со своими учениками за последние 20 лет вывел и районировал около 30 сортов озимой мягкой пшеницы. Основоположник современной селекции животных ученый М.Ф.Иванов создал высокопродуктивную породу свиней, высокошерстную породу овец(аскания-рамбулье) и молочную породу коров. Казахстанскими селекционерами были выведены породы лошадей: костанайская порода (В.А.Хитенов, А.Моторико), кочевая лошадь(С.С.Рзабаев, А.Жумагулов, Г.Бегимбетов). в настоящее время в Казахстане выведено более 200 сортов растений- высокоурожайных, морозостойких.

Вопросы для закрепления темы:

1. Почему в селекции животных и растений используют различные методы?
2. Приведите примеры получения новых сортов растений и пород животных.
3. Каковы достижения казахстанских селекционеров?
4. Что такое мутагенез?
5. В чем суть теории Коржинского-Де Фриза?
6. Какие способы скрещивания животных вы знаете?
7. В чем суть массового отбора?
8. В чем заключается суть индивидуального отбора?
9. Какие виды искусственного отбора вы знаете? В чем их значение?
10. как используют явление полиплоидии в селекции?
11. Почему мутации понижают жизнестойкость организмов?

Лекция №15: Вид - основной этап эволюции. Критерии вида. Структура вида.

Несмотря на различное морфофизиологическое «содержание» вида разных групп организмов, вид — центральный и главнейший качественный этап процесса эволюции. Вид может и должен рассматриваться как качественный этап эволюционного процесса, потому что это наименьшая неделимая генетически устойчивая система в живой природе. Основной биологический смысл вида состоит в том, что он образует защищенный генофонд (благодаря развитию разнообразных изолирующих механизмов, защищающих его от возможного потока генов из других генофондов).

Вид как качественный этап эволюционного процесса внутренне противоречив. С одной стороны, вид как результат эволюции целостен, приспособлен к данной среде, генетически обособлен от всех других таких же видов, стабилен; с другой стороны, как этап эволюционного процесса он динамичен, имеет расплывчатые границы, лабилен.

Эта противоречивая, диалектическая, по существу, специфика вида — объективная реальность, которую необходимо учитывать при любом изучении видов и процесса видообразования в природе. Для наблюдателя в природе любой вид как бы «рассыпается» на множество составляющих его популяций, каждая из которых входит в свои конкретные биогеоценозы, занимает определенное место в цепях питания и потоках энергии. Но эти, казалось бы, дискретные, совершенно самостоятельные, с собственной эволюционной судьбой популяции невидимыми, но теснейшими генетическими «нитями» связаны друг с другом и время от времени (пусть даже не в каждом поколении, а через несколько поколений) обмениваются генетическим материалом в результате миграции отдельных особей или других зачатков. Этот незначительный на первый взгляд поток генов цементирует вид в единую сложную иерархическую систему популяций, не позволяет накопиться серьезным различиям между популяциями и их группами. Если же эти связывающие отдельные популяции и группы популяций эволюционно-генетические «мостики» рушатся и не восстанавливаются на протяжении длительного периода (т. е. возникает непреодолимый изоляционный барьер), то внутри одной генетически открытой популяционной системы возникают две, каждая из которых оказывается генетически устойчивой по отношению к другой. Так, с возникновением нового вида завершается один этап грандиозного и постоянно текущего в живой природе процесса эволюции и начинается новый этап.

Поэтому и можно сказать, что любой вид — качественный этап эволюционного процесса.

Основной критерий вида — устойчивое генетическое единство, существование вида как единой интегрированной в процессе эволюции генетической системы. Любой вид представляет собой репродуктивно изолированный генофонд. Эта интегрированная система всегда занимает в биосфере определенное, присущее только данному виду место.

Основной критерий вида — устойчивое генетическое единство, существование вида как единой интегрированной в процессе эволюции генетической системы.

Критерии вида:

Морфологический — определяет сходство внешнего и внутреннего строения особей одного вида.

Генетический — одинаковый, типичный для вида набор хромосом и возможность особей скрещиваться и давать плодовитое потомство.

Физиологический — сходство жизненных процессов.

Биохимический – способность образовывать специфические белки и другие органические вещества.

Экологический – приспособленность к определенным условиям среды.

Географический – распространение в природе в определенном ареале.

Для определения вида необходимо учитывать совокупность всех критериев.

Структура вида.

В природе виды изолированы друг от друга. Однако особи каждого вида внутри ареала распространены неравномерно. В его пределах, места благоприятные для их обитания, чередуются с участками, непригодными для их жизни. Внутри ареала вид распадается на более мелкие единицы – **популяции** – совокупность свободно скрещивающихся особей одного вида, занимающих определенную часть ареала. Популяция состоит из особей разного возраста и пола, характеризуется наибольшим числом связей между ними. Особи одной популяции имеют больше сходства, чем особи разных популяций одного вида, в ней надежнее встречи самцов и самок. Численность особей в ней резко колеблется в связи с численностью других видов, стихийными бедствиями и другими причинами. Границы популяций часто совпадают с границами биогеоценозов (озеро, болото, лес). Смешиванию популяций мешают географическая изоляция (горы, реки, пустыни) и биологическая (различия в строении полового аппарата, сроках и поведенческих реакциях спаривания у животных, несовместимость рыльца и пыльцы, разные сроки цветения у растений). Популяция является **основной единицей эволюции**, так как в ней совершаются все первичные эволюционные процессы.

Основными признаками вида являются дискретность, целостность, устойчивость, численность и историчность. **Дискретность** показывает факт существования обособленности рассматриваемого вида от других видов в соответствии с критериями.

Целостность демонстрирует сложную внутреннюю структуру вида, представляющую собой хорошо организованную систему, в которой внутривидовые формы объединены внутривидовыми адаптациями. **Численность** демонстрирует, что вид состоит не из одной особи, а из множества. **Устойчивость** показывает способность вида существовать длительное время. Причиной этому служит смена поколений, при этом продолжительность жизни особи ограничена, но после нее остается потомство, которое также участвует в размножении. **Историчность** показывает относительность устойчивости вида. На земле существовало много видов растений, животных и других организмов, которые не сохранились до наших дней. Также непостоянны и ныне живущие виды. Именно устойчивость и историчность вида вызывают наибольший интерес среди эволюционистов.

Вопросы для закрепления темы:

1. Что называется видом?
2. Какие критерии вида вы знаете?
3. Что характеризует морфологический критерий вида?
4. Что демонстрирует физиологический критерий вида?
5. Какие признаки вида вы знаете?
6. Что показывает устойчивость вида?
7. Как вы понимаете выражение историчность вида?
8. Что такое популяция? Приведите примеры.
9. Почему вид характеризуется экологическим и географическим критериями?

**Лекция № 16: Естественный отбор - движущая сила эволюции.
Борьба за существование, ее виды.**

Естественный отбор - основной движущий фактор эволюции живых организмов. К мысли о существовании естественного отбора пришли независимо друг от друга и почти одновременно несколько английских натуралистов: В. Уеллс (1813г.), П. Мэтью (1831г.), Э. Блайт (1835, 1837гг.), А. Уоллес (1858г.), Ч. Дарвин (1858, 1859гг.); но только Дарвин сумел вскрыть значение этого явления как главного фактора эволюции и создал теорию естественного отбора. В отличие от проводимого человеком искусственного отбора, естественный отбор обуславливается влиянием на организмы окружающей среды. Согласно Дарвину, естественный отбор - это “ переживание наиболее приспособленных ” организмов, вследствие которого на основе неопределённой наследственной изменчивости в ряду поколений происходит эволюция.

Каким образом борьба за существование влияет на изменчивость? Может ли искусственный отбор, которым управляет человек, быть применённым к природе?

Может, и в очень действительной форме. Достаточно вспомнить бесчисленные незначительные изменения и индивидуальные различия, представляемые нашими домашними расами и в меньшей степени встречаемые в естественных условиях, а равно и силу наследственности. Но изменчивость не создана непосредственно человеком; он не может ни вызвать новые разновидности, ни предупредить их возникновение, он может только сохранять и накапливать изменения, которые появляются. Без всякого намерения со своей стороны ставит он организмы в новые и меняющиеся условия жизни, и в результате появляется изменчивость; но сходные изменения условий могут появляться, и действительно появляются, и в природе. Не следует также упускать из виду, как сложны и тесно переплетены взаимоотношения всех организмов друг с другом и с физическими условиями жизни, а отсюда понятно, как бесконечно

разнообразны те различия в строении, которые могут оказаться полезными всякому существу при меняющихся условиях жизни. Можно ли видеть несомненное появление изменений, полезных для человека, считать невероятным, чтобы другие изменения, полезные в каком-нибудь отношении для существ, в их великой и сложной битве, появлялись в длинном ряде последовательных поколений? Но если такие изменения появляются, то можно ли сомневаться в том, что особи, обладающие хотя бы самым незначительным преимуществом перед остальными, будут иметь более шансов на выживание и продолжение своего рода? С другой стороны всякое вредное изменение будет подвергаться истреблению.

Сохранение благоприятных индивидуальных различий и изменений и уничтожение вредных - есть Естественный отбор, или переживание наиболее приспособленных. Действие естественного отбора не распространяется на изменения бесполезные, безвредные, они представляют либо колеблющийся элемент, вроде изменений наблюдаемый у некоторых полиморфных видов, либо закрепляются в зависимости от природы организма и свойств окружающих условий. Лучшее всего понятен вероятный ход естественного отбора, взяв страну, в которой происходит некоторое физическое изменение, например климата. Относительные количества её обитателей немедленно подвергнутся изменению, а некоторые виды вымрут. На основании этого следует, что всякое изменение относительной численности одних обитателей глубоко повлияет на других обитателей независимо от изменения самого климата. В таких случаях ничтожные изменения, в каком-либо отношении полезные для особей того или иного вида в смысле лучшего приспособления их к изменившимся условиям, стремились бы сохраниться, и естественный отбор имел бы полный простор для своего улучшающего действия.

Подобно тому, как человек достиг значительных результатов, накапливая в каком-нибудь данном направлении индивидуальные различия, того же мог достигнуть и естественный отбор, но намного легче, так как действовал в течение несравненно более продолжительных периодов времени. Человек может влиять только на наружные и видимые признаки; природа заботится о внешних признаках лишь в той степени, в какой они полезны существу. Она может влиять на всякий внутренний орган, на каждый оттенок конституционных особенностей, на весь жизненный механизм. Человек отбирает для своей пользы, природа - только ради пользы организма. Каждая особенность строения, подвергаясь отбору, утилизируется ею вполне, это вытекает из самого факта отбора данной особенности.

В общем, можно сказать, что естественный отбор ежедневно и ежечасно расследует по всему свету мельчайшие изменения, отбрасывая дурные, сохраняя и слагая хорошие, работая неслышно и невидимо, где бы и когда бы не ни представился к этому случай, над усовершенствованием каждого органического существа, в связи с условиями его жизни, органическими и неорганическими. Человек не видит этих медленно

совершающихся изменений в их движении вперёд и успевают только замечать несходство современных форм жизни с когда-то существовавшими.

Хотя естественный отбор может действовать только на пользу данного организма и только в силу этой пользы, тем не менее признаки и строение, которые кажутся совершенно незначительными, могут войти в круг действия отбора. Когда насекомые, питающиеся листьями-зелёного цвета, а питающиеся корой - пятнисто-серые, альпийская куропатка зимой - белая, а красный тетерев окрашен под цвет вереска, надо полагать, что эти окраски приносят пользу этим птицам и насекомым, предохраняя их от опасностей. Рассматривая эти различия между видами, которые кажутся несущественными, нельзя забывать, что на них прямым образом влияли климат, пища и пр. Также в силу закона корреляции надо отметить, что когда изменяется одна часть и изменения накапливаются путём естественного отбора, возникают и другие изменения, нередко самого неожиданного свойства.

Если изменения, проявляющиеся при одомашнении в известном периоде жизни, стремятся проявиться у потомства в том же периоде, - то и в природном состоянии естественный отбор будет действовать на организмы и видоизменять их во всяком возрасте путём выгодных для этого возраста изменений и путём их унаследования в соответствующем же возрасте. Естественный отбор может изменить и приспособить личинку насекомого к многочисленным условиям, совершенно отличным от тех, в которых живёт взрослое насекомое; а эти изменения, в силу закона корреляции, могут воздействовать и на взрослую форму. Точно также и обратно: изменения у взрослых насекомых могут и отразиться на строении личинки; но во всяком случае естественный отбор обеспечит их безвредность, потому что в противном случае обладающий ими вид подвергнется вымиранию. Естественный отбор изменяет строение детёнышей сравнительно с родителями и родителей сравнительно с детёнышами. У общественных животных он приспособляет строение каждой особи к потребностям всей общины, если только община вынесет пользу из этого подвергшегося отбору изменения особи. Чего не может естественный отбор - это изменить строение какого-нибудь вида без всякой пользы для него самого, но на пользу другому виду.

Особенность, используемая животным только раз в жизни, но имеющая для него очень существенное значение, может быть изменена отбором до любой степени совершенства: таковы, например большие челюсти, служащие некоторым насекомым только для вскрытия кокона, или твёрдый кончик клюва у не вылупившегося ещё птенца, служащий для проламывания яичной скорлупы. Но все существа в значительной мере подвергаются и чисто случайному истреблению, почти или вовсе не имеющему отношения к естественному отбору. Но пусть уничтожение взрослых особей будет сколь угодно сильным, лишь бы количество, которое может существовать в данной местности, не было до крайности сокращено такого рода причинами, или же

пусть уничтожение яиц и семян будет так велико , что только сотая или тысячная часть их разовьётся , - и тем не менее из числа тех, которые выживут, наиболее приспособленные особи , - предполагая, что существуют отклонения в благоприятном направлении, - будут размножаться в большем числе, чем особи, менее приспособленные. Если же количество особей будет сокращено до крайности указанными только что причинами, - что часто бывает, - естественный отбор окажется бессильным оказать своё действие в известных благоприятных направлениях, но это не может служить возражением против его действительности в другое время или в ином направлении.

Для того, чтобы выяснить действие естественного отбора, достаточно представить один-два воображаемых примера. Остановимся на примере волка, питающегося различными животными и одолевающего одних силой, других хитростью, третьих- быстротой ; представим ,что самая быстрая добыча , олени, например увеличились в числе вследствие каких-нибудь перемен, происшедших в данной местности, или, наоборот другая добыча уменьшилась в числе , как раз в то время года, когда волки наиболее терпят от недостатка в пище. При таких обстоятельствах самые быстрые и поджарые волки будут иметь больше шансов выжить и, таким образом, сохраниться или быть отобранными. Можно привести ещё один более сложный пример, поясняющий способ действия естественного отбора. Некоторые растения выделяют сладкий сок для того, чтобы удалить из своих соков нечто вредное. Этот сок, хотя и незначительный по количеству, жадно высасывается насекомыми, но они не приносят своими посещениями никакой пользы растению. Теперь представим, что сок или нектар начал выделяться внутри цветков некоторого количества экземпляров растений некоторого вида. Насекомые в поисках нектара будут осыпаться пылью и очень часто будут переносить её с цветка на цветок. Таким путём происходило бы скрещивание между цветками, принадлежащими двум различным особям, а этот процесс скрещивания даст начало более могучим сеянцам, которые, следовательно, будут иметь больше всего шансов на процветание и выживание. Растения, производящие цветки с самыми нектарниками, выделяющими наибольшие количества нектара, будут чаще посещаться насекомыми и чаще подвергаться скрещиванию и, в конце концов, осият своих соперников, и образуют местную разновидность. Равно и цветки с тычинками и пестиками, расположенными соответственно размерам и привычкам тех именно насекомых, которые посещают их, оказались бы также в более благоприятном положении. Можно представить и другой случай: насекомых, посещающих цветки с целью собирания не нектара, а пыльцы; и так как пыльца служит исключительно для оплодотворения , то её истребление должно , казалось бы, приносить растению только ущерб; тем не менее , если бы хоть немного пыльцы, сначала случайно, а затем постоянно, переносилось поедающими пыльцу насекомыми с цветка на цветок и этим достигалось бы скрещивание, то хотя бы девять десятых пыльцы подвергалось

уничтожению, такого рода ограбление было бы вполне выгодным для растения, а особи, производящие всё больше и больше пыльцы и снабжённые более крупными тычинками, подверглись бы отбору. Таким образом, на примерах можно убедиться в том, что естественный отбор действует только путём сохранения и накопления малых наследственных изменений, каждое из которых выгодно для сохраняемого существа.

Значительная часть изменчивости, разумеется, и индивидуальные различия, будут, очевидно, являться обстоятельством благоприятствующим. Большое количество особей, увеличивая шансы появления в данный период полезных изменений, может компенсировать меньшую степень изменчивости у отдельной особи и является важным элементом успеха.

Скрещивание играет важную роль в природе, так как поддерживает однообразие и постоянство признаков у особей одного и того же вида или одной и той же разновидности. Оно, очевидно, будет влиять действительнее всего на животных, спаривающихся для каждого рождения, но скрещиванию подвергаются, время от времени все растения и все животные. Даже если это будет происходить через длинные промежутки времени, то происшедшая от этого скрещивания молодь будет настолько превосходить силой и плодовитостью потомство, полученное от продолжительного самооплодотворения, что будет иметь более шансов на выживание и размножение; и таким образом, в конце концов, влияние скрещивания, даже через долгие промежутки времени, окажутся весьма важными.

Продолжительность времени сама по себе не содействует и не препятствует естественному отбору. Продолжительность времени имеет значение лишь настолько (в этом смысле её значение велико), насколько она увеличивает шансы появления благоприятных изменений, их отбора, накопления и закрепления.

Изоляция является также важным элементом в процессе изменения видов посредством естественного отбора. В ограниченном или изолированном ареале, если он не очень велик, органические и неорганические условия жизни будут обычно почти однородными, так что естественный отбор будет стремиться изменить все изменяющиеся особи того же вида в одном и том же направлении. Скрещивание с обитателями окружающих областей будет тем самым также устранено. Хотя изоляция имеет большое значение в образовании новых видов, тем не менее, обширность ареала ещё важнее, особенно в процессе образования видов, которые могли бы сохраниться на долгое время и распространиться. На большом и открытом пространстве не только увеличиваются шансы появления благоприятных изменений благодаря многочисленности особей того же вида, которых может прокормить эта площадь, но и самые условия существования гораздо более сложны вследствие многочисленности уже существующих видов; а если некоторые из этих многочисленных видов изменяться и улучшаться в соответствующей степени, иначе они будут истреблены. Каждая новая форма, как только приобрела значительные

преимущества, сможет распространиться по открытому и непрерывному ареалу, конкурируя, таким образом, со многими другими формами. Сверх того, обширный ареал, хотя он теперь и представляется непрерывным, мог нередко в прошлом вследствие колебания уровня моря подвергаться расчленению, так что и благоприятное влияние изоляции могло оказывать своё содействие. Хотя небольшие изолированные ареалы в некоторых отношениях были крайне благоприятными для образования новых видов, но, тем не менее, в обширных ареалах изменения в большинстве случаев совершались быстрее, и, что ещё важнее, новые формы, образовавшиеся на больших ареалах и уже победившие многих соперников, более способны к широкому расселению и, следовательно, к образованию наибольшего числа новых разновидностей и видов. Они, таким образом, играли более выдающуюся роль в изменчивой истории органического мира. Этот вопрос необходимо упомянуть вследствие его тесной связи с естественным отбором. Естественный отбор действует только посредством сохранения изменений, в каком-нибудь смысле полезных и, следовательно, укореняющихся. Вследствие быстрого возрастания численности всех органических существ геометрической прогрессии каждый ареал уже до предела заполнен обитателями, а из этого вытекает, что, так как благоприятствуемые формы будут увеличиваться в числе, то менее благоприятствуемые будут обычно уменьшаться в числе и становиться редкими. Редкость формы - предвестник вымирания. Всякая форма представленная малым числом особей, имеет большие шансы на окончательное исчезновение, вследствие ли значительных климатических колебаний на протяжении года или вследствие временного увеличения числа ее врагов. Виды, наиболее богатые особями, обладают наибольшими шансами для появления во всякий данный период благоприятных изменений. Отсюда виды редки, будут во всякий данный период изменяться, и совершенствоваться медленнее и вследствие этого будут побеждены в жизненной борьбе изменившимися и улучшившимися потомками более обыкновенных видов. Из этого вытекает, что, так как с течением времени деятельностью естественного отбора образуются новые виды, то другие должны становиться все более редкими и, наконец, исчезать. Формы, всего сильнее конкурирующие с теми, которые изменяются и совершенствуются, пострадают более всего. Каждая новая разновидность или новый вид будет в процессе своего образования сильнее всего подавлять своих ближних родственников и стремиться их истребить. Тот же процесс истребления происходит и у домашних рас вследствие отбора наиболее усовершенствованных форм человеком.

Формы естественного отбора. Введенное Дарвином понятие естественного отбора впоследствии было развито другими учеными. Шмальгаузен И.И. выделил две формы естественного отбора: **движущий** и **стабилизирующий**.

Движущий отбор обуславливает сохранение тех особей, адаптации которых соответствуют изменившимся условиям. Движущий отбор

сохраняет мутации, смещающие норму реакции генотипа в нужном (полезном) направлении.

Стабилизирующий отбор обеспечивает выживание особей со средней выраженностью признака за счет элиминации особей с любыми отклонениями от этого. Этот вид отбора удерживает норму реакции в определенных рамках и не позволяет ей расширяться или сместиться в ту или иную сторону.

Вопросы для закрепления темы:

1. Что называется естественным отбором?
2. Какие ученые внесли вклад в развитие теории естественного отбора?
3. Какие виды борьбы за существование вы знаете?
4. Какие формы естественного отбора существуют?
5. В чем суть движущего отбора?
6. Как вы понимаете суть стабилизирующего отбора?
7. Влияет ли продолжительность времени на естественный отбор?

Лекция № 17: Основные пути и направления эволюции. Биологический прогресс и регресс.

Эволюционный процесс носит приспособительный характер и сопровождается усложнением среды для каждой из эволюционирующих групп организмов. Отсюда - повышение организации жизни, ее прогрессивное развитие. Одновременно идет специализация применительно к узким рамкам среды обитания, а в некоторых случаях и упрощение структурной организации форм. Примерами могут служить кроты, дятлы, черепахи, змеи, паразитические организмы. Учение о биологическом прогрессе и его главных направлениях разработано А. Н. Северцовым. В соответствии со взглядами этого ученого **биологический прогресс** характеризуется: 1) возрастанием приспособленности организмов к среде обитания, 2) увеличением численности особей данной группы, 3) появлением многообразия форм, 4) более широким распространением (расширением ареала). В настоящее время биологический прогресс переживают насекомые, птицы, млекопитающие, круглые черви - нематоды. Последние заселяют почву, моря и океаны, а также паразитируют у растений, животных и человека.

Биологический регресс представляет собой процессы, противоположные биологическому прогрессу. Он характеризуется уменьшением числа особей, сужением ареала, постепенным уменьшением видового многообразия и внутривидовых форм. Как и биологический прогресс, биологический регресс проявляется не только в упрощении организации, но и всеусложнении, если это снижает защищенность группы. По мнению И.И.Шмальгаузена, возможность и вероятность биологического

регресса зависят от направления адаптивной специализации группы. В соответствии с этим он выделил два направления: **теломорфоз** и **гиперморфоз**. **Теломорфоз** –это направление эволюции в сторону узкой специализации к условиям обитания. Такие адаптации часто становятся тупиковыми и в дальнейшем не прогрессируют. Они могут сопровождаться частичной или полной редукцией органов и признаков или крайней формой специализации (миноги, кроты, хамелеоны, ленивцы, глубоководные рыбы). Формирование крайних адаптаций называется **телогенезом**. Теломорфоз усиливается в случае ограничения среды обитания (у роющих форм- кроты, слепыши). Узкая специализация еще не означает скорой гибели вид или группы- этого не произойдет если не случится резкого изменения условий обитания. **Гиперморфоз**- это чрезмерное увеличение размеров организма или отдельных органов без корреляции с другими частями организма. Множество фактов гиперморфоза собрано палеонтологами. Среди них гигантские динозавры, саблезубые кошки с огромными клыками, торфяной олень титанотерий с трехметровыми рогами. Современным примером гиперморфоза являются жирафы, длинная шея которых позволяет легко доставать листья высокорасположенных веток деревьев. Однако жирафы не в состоянии щипать траву и исчезновение деревьев неминуемо приведет к их гибели.

Вопросы для закрепления темы:

1. Кто разработал учение о биологическом прогрессе?
2. Каковы характеристики биологического прогресса?
3. Что называется биологическим регрессом?
4. Чем характеризуется биологический регресс?
5. Какие два направления биологического регресса выдвинул И.И.Шмальгаузен?
6. Каковы признаки теломорфоза?
7. Что называется гиперморфозом? Приведите примеры.

Лекция №18: Арогенез (морфологический прогресс), аллогенез (идиоадаптация), катагенез (общая деградация)

Главными направлениями биологического прогресса являются 1) **арогенез** (морфологический прогресс), 2) **аллогенез** (идиоадаптация), 3) **катагенез** (общая деградация)
Арогенез - эволюционное направление, сопровождающееся приобретением крупных изменений строения - ароморфозов. *Ароморфоз* (от греч. "айро" - поднимаю, "морфо" - форма, образец) - это такое качественное изменение, при котором значительно увеличивается приспособленность группы, повышается ее жизнедеятельность в новых условиях обитания, что дает широкие преимущества данной группе и способствует расширению ее

ареала. Например, появление у плоских червей двусторонней симметрии тела и третьего зародышевого листка послужило основой для усложнения в последующих группах животных пищеварительной системы, мускулатуры, кровеносной и выделительной систем, а также возникновения скелета у позвоночных и т. п. Применительно к отдельным группам, например у млекопитающих, ароморфозы обусловили разделение сердца на четыре камеры и дифференцировку двух кругов кровообращения с одновременным увеличением рабочей емкости легких, усложнение головного мозга и органов чувств, а отсюда и развитие сложных реакций поведения, более гибкое приспособление к быстрой смене обстановки. У растений ароморфозы обеспечили переход из водной среды на сушу, от размножения спорами к размножению семенами. Ароморфозы всегда открывают широкий простор дивергентной эволюции и ведут к биологическому прогрессу.

Аллогенез - эволюционное направление, сопровождающееся приобретением идиоадаптаций. ***Идиоадаптации*** (от греч. "идиос" - особенность, "адаптация" - приспособление) - это эволюционные приспособления к специальным условиям среды, наступающие после ароморфозов. При этом общего подъема уровня организации и интенсивности жизнедеятельности организмов не происходит. Например, возникновение млекопитающих стало эволюционным изменением на уровне ароморфоза, но в дальнейшем, без коренных преобразований организации, наступает широкая адаптивная радиация этой группы, при этом появляются многие новые виды, роды, семейства и т. д., которые приспособились к обитанию в разнообразных условиях суши, в водной и воздушной среде.

Катагенез - эволюционное направление, сопровождающееся упрощением организации (*дегенерацией*). ***Дегенерация*** ~ это эволюционные изменения, сопровождающиеся упрощением организации (от лат. "дегенераре" - вырождение), которое несмотря на это приводит к биологическому прогрессу. Например, переход многих видов к паразитизму ведет к потере органов чувств, пищеварительной системы, у растительных форм - к утрате листа, преобразованию корней в присоски и т. п. В этих случаях организмы оказываются в новой, более простой среде с меньшим количеством взаимосвязей. Так, асцидия (подтип Оболочники, или Личиночнохордовые) в личиночной фазе существования ведет активный подвижный образ жизни и имеет более прогрессивные черты строения (трубчатая нервная система, наличие органов чувств, хорды, активный поиск и захват пищи), а в результате регрессивного метаморфоза взрослая форма асцидии переходит к сидячему образу жизни, у нее рассасывается хорда, упрощаются нервная система, органы чувств, образуется очень прочная оболочка, что в совокупности делает ее малоуязвимой. С другой стороны, взрослая форма, приспособившись к более простой среде обитания, вступает в конкурентные взаимоотношения с другими формами организмов и поэтому, несмотря на упрощенную организацию, успешно выживает. Таким образом, многие паразиты, относящиеся к животному или

растительному миру, или сидячие животные при значительном упрощении своей организации оказались на пути биологического прогресса. Это дополнительно иллюстрирует тот факт, что эволюция в живой природе носит приспособительный характер, который достигается тремя путями: 1) общим повышением организации и активизацией жизнедеятельности, 2) узкой специализацией, 3) упрощением строения и функций. В основе эволюционного процесса лежит явление расхождения признаков- **дивергенция**, что связано с приспособлением к местным географическим и экологическим условиям существования. Дивергировать могут виды, роды, семейства, отряды. Органы, соответствующие друг другу по строению и имеющие общее происхождение, независимо от выполняемых функций называются **гомологичными** (усики гороха, колючки кактуса). Конвергенция- приобретение сходного строения в одинаковых условиях существования организмов, относящихся к разным систематическим группам. Органы, выполняющие сходные функции, но имеющие принципиально различное строение и происхождение, называются **аналогичными** (крылья птиц и бабочек).

Ароморфоз - основной путь прогрессивной эволюции, так шла эволюция от одноклеточных к многоклеточным, от двуслойных к трехслойным

Идиоадаптация - эволюция идет вширь на одном уровне организации

Дегенерация - переход на нижеследующий уровень

Вопросы для закрепления темы:

1. Какие главные направления биологического прогресса вы знаете?
2. Чем характеризуется ароморфоз?
3. Приведите примеры идиоадаптации.
4. Что называется дегенерацией?
5. К чему относится появление у плоских червей двусторонней симметрии?
6. Обратима ли эволюция? Докажите это на примере.
7. Что лежит в основе эволюционного процесса?
8. Приведите примеры гомологичных и аналогичных органов.

Лекция № 19: Биосфера и свойства биомассы планеты Земля. В.И.Вернадский и его учения.

Живое вещество по составу есть вся совокупность живых организмов, обитающих в биосфере. Живое вещество имеет биомассу,

обладает продуктивностью и имеет особенные по сравнению с косным веществом свойства. Эти свойства обеспечивают важнейшие функции живого вещества.

1. **Энергетическая функция.** Она определяется свойствами светочувствительного вещества хлорофилла зеленых растений, с помощью которого растения улавливают, аккумулируют солнечную энергию, преобразуют ее в энергию химических связей молекул органических веществ. Органические вещества, созданные зелеными растениями, служат источником энергии для представителей иных царств живых существ.

2. **Транспортная функция.** Пищевые взаимодействия живого вещества приводят к перемещению огромных масс химических элементов и веществ против сил тяжести и в горизонтальном направлении. В этом перемещении заключается транспортная функция живого вещества.

3. **Деструктивная функция.** Минерализация органических веществ, разложение отмершей органики до простых неорганических соединений определяет деструктивную функцию живого вещества. Данную функцию в основном выполняют грибы, бактерии.

4. **Концентрационная функция** есть накопление определенных веществ в живых существах. Раковины моллюсков, панцири диатомовых водорослей, скелеты животных — все это примеры проявления концентрационной функции живого вещества.

5. Живое вещество преобразует физико-химические параметры среды. В этом проявляется еще одна главная функция живого вещества — **средообразующая**. Например, леса регулируют поверхностный сток, увеличивают влажность воздуха, обогащают атмосферу кислородом.

Жизнь существует миллиарды лет. Неорганическое вещество постоянно потребляется из окружающей среды. За это время оно могло быть израсходовано, потому что количество вещества на Земле конечно. Конечное количество вещества в биосфере приобрело свойство бесконечности через круговорот веществ. Питание, дыхание и размножение организмов и связанные с ними процессы создания, накопления распада органического вещества обеспечивают постоянный круговорот вещества и энергии. Биогеохимический круговорот веществ — это повторяющиеся взаимосвязанные физические, химические и биологические процессы превращения и перемещения вещества в природе. Движущими силами биогеохимического круговорота служат потоки энергии Солнца и деятельность живого вещества. В результате биогеохимического круговорота происходит перемещение огромных масс химических элементов, концентрация и перераспределение аккумулированной в процессе фотосинтеза энергии. Биогеохимический круговорот в биосфере является не полностью замкнутым, незначительная часть вещества «захороняется». Это привело к тому, что в атмосфере

накопился биогенный кислород, а в земной коре — различные химические элементы и соединения. Весь живой мир получает необходимую энергию из органических веществ, созданных фотосинтезирующими растениями или хемосинтезирующими микроорганизмами. Основной канал передачи энергии — это пищевая цепь от источника пищи растений, или продуцентов, к консументам и редуцентам. При этом образуются соответствующие трофические уровни. При каждом очередном переносе с одного трофического уровня на другой большая часть энергии (до 90%) теряется в виде тепла. Это ограничивает число звеньев — чем короче цепь, тем больше количество доступной энергии. Таким образом, жизнь на нашей планете осуществляется как постоянный круговорот веществ, поддерживаемый потоком солнечной энергии.

Биосфера тесно связана с космической средой. Каждую секунду на площадь в 1 м² через границу земной атмосферы из космоса в направлении земной поверхности влетает более 1000 заряженных частиц. Космическое излучение смогло бы за короткий срок разложить на ионы и электроны весь воздух атмосферы. Жизнь на Земле стала бы невозможна. Однако этого не происходит, так как Земля защищена от космических лучей магнитным полем. Линии земного магнитного поля отражают космические лучи, обладающие малой энергией, и они, как правило, не могут проникнуть в нижние слои атмосферы. Лишь космические лучи с очень большой энергией способны пробить земное магнитное поле и долететь до поверхности Земли, независимо от географической широты.

В магнитосфере заряженные частицы в основном удерживаются линиями магнитного поля. При поступлении очередной порции частиц некоторая их часть как бы «стряхиваемся» в атмосферу. Это создает электрические токи и является причиной геомагнитных бурь.

Еще одним защитным экраном Земли является *озоновый экран*. Озоносфера (озоновый экран) состоит из озона — газа синего цвета с резким запахом. Высота его расположения от 10 до 15 км, максимум — 20—25 км. Озон формируется в стратосфере, когда под воздействием ультрафиолетовых лучей молекулы кислорода распадаются на свободные атомы, которые могут присоединяться к другим его молекулам. Возможна и иная реакция — свободные атомы кислорода могут присоединяться к молекулам озона с образованием двух молекул кислорода. В стратосфере озон поглощает ультрафиолетовые лучи солнечной радиации, тем самым защищая все живое. В последние годы отмечается истощение озонового слоя. Основной причиной истощения является применение хлорфторуглеродов — фреонов, широко используемых в производстве и быту в качестве хладореагентов, пенообразователей, растворителей, аэрозолей. Фреоны катализируют процесс разложения озона, нарушая равновесие между ним и кислородом в сторону уменьшения концентрации озона.

Жизнь как устойчивое планетарное явление возможна лишь в том случае, когда она разнокачественна.

Биологическое разнообразие биосферы включает разнообразие всех видов живых существ, населяющих биосферу, разнообразие генов, образующих генофонд любой популяции каждого вида, а также разнообразие экосистем биосферы в различных природных зонах.

Удивительное разнообразие жизни на Земле — это не просто результат приспособления каждого вида к конкретным условиям среды, но и важнейший механизм обеспечения устойчивости биосферы.

Лишь немногие виды в экосистеме имеют значительную численность, большую биомассу и продуктивность. Такие виды называют доминирующими. Редкие или малочисленные виды имеют низкие показатели численности и биомассы. Как правило, виды-доминанты ответственны за основной поток энергии и являются главными средообразователями сильно влияющими на условия жизни других видов. Малочисленные виды составляют как бы резерв и при изменении различных внешних условий они могут попасть в состав доминирующих видов или занять их место. Редкие виды в основном и создают видовое разнообразие.

При характеристике разнообразия учитывают такие показатели, как *видовое богатство и выровненность распределения особей*.

Видовое богатство выражается отношением общего количества видов к общему количеству особей или к единице площади. Например, в двух сообществах при равных условиях обитает 100 особей. Но в первом эти 100 особей распределяются между десятью видами, а во втором — между тремя видами. В приведенном примере первое сообщество имеет более богатое видовое разнообразие, чем второе.

Предположим, что и в первом и во втором сообществе имеется 100 особей и 10 видов. Но в первом сообществе особи между видами распределяются по 10 в каждом, а во втором — один вид имеет 82 особи, а остальные по 2.

Как и в первом примере, первое сообщество будет иметь большую выровненность распределения особей, чем второе.

Сохранение биологического разнообразия — неперенное условие сохранения и развития естественных экосистем, существования всей жизни в целом.

Биосфера представляет собой открытую систему, которая обменивается веществом и энергией с окружающей средой. Это возможно потому, что в экосистеме присутствуют не только автотрофы — производители органического вещества, но и гетеротрофы — потребители и разрушители органического вещества. Между процессами создания органического вещества и его преобразованием и разрушением устанавливается относительное равновесие, и экосистема остается устойчивой. *Устойчивость* — это свойство экосистемы, которое

проявляется в поддержании своего состава, структуры и функций, а также в способности восстанавливаться в случае, если они будут нарушены. Устойчивость биосферы определяется:

- исключительным разнообразием живого вещества;
- взаимозаменяемостью составляющих ее экосистем;
- дублированием звеньев биогеохимических циклов;
- жизненной активностью живого вещества.

Биологическое разнообразие обеспечивает богатство информационных, вещественных и энергетических связей живого и косного вещества, а также взаимосвязи биосферы с космосом, геосферами, процессы глобального биогеохимического круговорота.

Существование каждого вида зависит от множества других видов, уничтожение одного из видов может привести к исчезновению связанных с ним иных видов. Особи одного вида и продукты их жизнедеятельности, а также их отмершие тела являются пищей для других видов, что обеспечивает самоочищение экосистем.

Социально-экономическое развитие общества пришло в явное противоречие с ограниченными ресурсовоспроизводящими и жизнеобеспечивающими возможностями биосферы. Происходит истощение естественных ресурсов суши и океана, безвозвратная потеря видов растений и животных, загрязнение окружающей среды, упрощение и деградация экосистем. Поэтому человечество ищет пути устойчивого развития общества и природы.

Биологическое разнообразие — генетическое, видовое, экосистемное — является первопричиной устойчивости как биосферы в целом, так и каждой отдельной экосистемы. Жизнь как устойчивое планетарное явление возможна лишь в том случае, когда она представлена разнообразными видами и экосистемами.

Но в современных условиях настолько возросли масштабы хозяйственной деятельности человека, что возникает опасность потери биологического разнообразия. Разные виды деятельности человека приводят к прямому или косвенному уничтожению разнообразных видов и экосистем биосферы.

Можно выделить несколько основных типов деградации окружающей среды, которые в настоящее время являются наиболее опасными для биологического разнообразия. Например, затопление или заиление продуктивных земель, их бетонирование, асфальтирование или застройка лишают диких животных мест обитания. Возделывание земель нерациональными методами снижает урожаи из-за эрозии и истощения плодородия почв. Обильное орошение полей может привести к засолению, т. е. к повышению концентрации солей в почве до уровня, не переносимого растениями. Вследствие чего исчезают типичные растения этих мест. Вырубка леса на больших территориях при отсутствии восстановительных посадок приводит к уничтожению местообитаний

диких животных, смене растительности, сокращению ее разнообразия. Многие виды исчезают по причине их истребления, а также вследствие загрязнения окружающей среды. Большинство видов исчезает по причине уничтожения естественных мест обитания, разрушения природных экосистем. Это и является одной из главных причин обеднения биологического разнообразия.

Под биологическим разнообразием биосферы понимают разнообразие всех видов живых организмов, составляющих биосферу, а также все разнообразие генов, образующих генофонд любой популяции каждого вида, а также разнообразие экосистем биосферы в различных природных зонах. К сожалению, в настоящее время всевозможные виды хозяйственной деятельности человека приводят к снижению биологического разнообразия. Биосфера теряет биологическое разнообразие. В этом заключается одна из экологических опасностей.

Человечество еще мало знает о биологическом разнообразии, например, нет еще точных данных о количестве видов в биосфере. Специалисты еще не всегда могут определить, какие территории требуют особых мер охраны и организации на них заповедников. Огромно количество малоизученных видов, например в тропических лесах.

Для сохранения биоразнообразия необходимо вкладывать средства в его изучение; совершенствовать природопользование, стараясь сделать его рациональным; решать глобальные экологические проблемы на международном уровне.

ЮНЕСКО приняла конвенцию о Всемирном наследии, которая объединяет природные и культурные памятники. Конвенция призывает заботиться об объектах, которые имеют ценность для всего человечества. Сохранение биоразнообразия зависит и от руководителей стран, и от поведения каждого жителя планеты.

Вопросы для закрепления темы:

1. Какие функции выполняет живое вещество?
2. Для чего принята конвенция о Всемирном наследии?
3. Что называется биологическим разнообразием биосферы?
4. Какие основные типы деградации окружающей среды можно выделить?
5. Чем определяется устойчивость биосферы?
6. Что называется видовым богатством биосферы?
7. Что является причиной истощения озонового слоя?

Лекция №20: Возникновение и развитие биосферы. Человек-составная часть биомассы биосферы. Ноосфера.

История возникновения и эволюции биосферы - это, по сути, история развития органического мира на Земле. С возникновением живых существ началось изменение ими окружающей среды. Появление зеленых растений привело к уменьшению количества углекислого газа в атмосфере и обогащению ее кислородом. Это было началом формирования биосферы. Развитие биосферы шло вместе с эволюцией органического мира - расширялись ее границы, ускорялась биогенная миграция атомов, изменялся состав ее компонентов. Эволюция живого вещества выражается в изменении и усложнении организации живых форм, уменьшении их прямой зависимости от среды обитания, в усовершенствовании способов ориентации и передвижения в пространстве и т.д. В.И. Вернадский, основываясь на идеях физики о неразделимости пространства и времени в природных явлениях, объяснил прогрессивную направленность биологической эволюции и определил основные черты земного пространства - времени. Это ограниченность пространства (тело планеты) и безграничность времени. При такой объективной заданности условий эволюция живого вещества определяется пространством как минимальной ограничительной величиной и неизбежно направлена в сторону прогрессивного развития, т.е. приобретения свойств, позволяющих максимально использовать это ограниченное земное пространство. Поэтому, например, эволюция зеленых растений выразилась не только в переходе от споровых к цветковым, но и в том, что гладкоствольные формы растений заменялись ширококронными - увеличивалась площадь улавливания солнечных лучей. Площадь крон всех зеленых растений нашей планеты сравнима с площадью Юпитера - самой крупной планеты Солнечной системы. Животные осваивали пространство путем приспособления к передвижению в различных физических средах и путем совершенствования органов чувств, нервной системы, функций высшей нервной деятельности. Это выразилось в эволюции нервной системы животных от простейших ощущений к сложным инстинктам и мышлению. Умственное развитие современного человека достигло высокого уровня, что может привести к новой форме "растекания" жизни, преодолению ограниченности земного пространства.

Структура биосферы. Вернадский объединил организмы и среду их обитания. Поэтому в состав биосферы входит косное вещество, живое вещество, биогенное вещество и биокосное вещество.

Косное вещество формируется без участия организмов. Оно включает в себя оболочки Земли или их части, которые являются средой обитания организмов. В составе Земли водоемы образуют гидросферу. Поверхность Земли окружена газовой оболочкой- атмосферой. Организмы заселяют

верхнюю часть литосферы(3,5-7,5 км), всю гидросферу и нижнюю часть атмосферы(до нижней границы озонового слоя-15 км)- тропосферу.

Живое вещество, по Вернадскому,- это «совокупность всех живых организмов планеты в данный момент существующая, численно выраженная в элементарном химическом составе, весе, энергии». Живое вещество содержит много энергии, способной производить работу. Основные химические соединения живого вещества (нуклеиновые кислоты, белки) проявляют устойчивость только в живых организмах. Живому веществу свойственна подвижность, благодаря чему оно может заполнять новые пространства. Живое вещество не может быть представлено отдельными популяциями одного вида, оно существует только в виде сообществ (биоценозов), в которых между членами имеется множество связей, главными из которых являются пищевые.

Биогенное вещество создается в процессе жизнедеятельности организмов. На Земле нет более активного вещества, чем живое, вызывающее геологические преобразования. Вернадский показал, что живое вещество путем преобразования солнечной энергии в энергию химических связей создает мощную биогеохимическую силу, которая активно влияет на геологические процессы.

Биокосное вещество образуется при участии живых организмов и процессов неживой природы. С участием живого вещества преобразуется вода биосферы, газы атмосферы, почва.

Роль человека в биосфере. Человек — часть биомассы биосферы — долгое время находился в непосредственной зависимости от окружающей природы. С развитием мозга человек сам становится мощным фактором в дальнейшей эволюции на Земле. Овладение человеком различными формами энергии — механической, электрической и атомной — способствовало значительному изменению земной коры и биогенной миграции атомов. Наряду с пользой, вмешательство человека в природу нередко приносит ей вред. Деятельность людей часто приводит к нарушению природных закономерностей.

Ноосфера (греч. «разум» и «шар») — сфера взаимодействия общества и природы, в границах которой разумная человеческая деятельность становится определяющим фактором развития (эта сфера обозначается также терминами «антропосфера», «биосфера», «биотехносфера»).

Ноосфера — предположительно новая, высшая стадия эволюции биосферы, становление которой связано с развитием общества, оказывающего глубокое воздействие на природные процессы. Согласно В. И. Вернадскому, *«в биосфере существует великая геологическая, быть может, космическая сила, планетное действие которой обычно не принимается во внимание в представлениях о космосе... Эта сила есть разум человека, устремленная и организованная воля его как существа общественного».*

Вопросы для закрепления темы:

1. Что такое биосфера?
2. Назовите составные части биосферы.
3. Какова роль человека в развитии биосферы?
4. В чем Вернадский видел мощность живого вещества?
5. Что называется биоценозом?
6. Что собой представляет ноосфера?