


УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ П.М. МАШЕРОВА»

Факультет химико-биологических и географических наук

Кафедра фундаментальной и прикладной биологии

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

 И.И. Ефременко

23.06.2023

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

 Т.А. Толкачёва

23.06.2023

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

БИОЛОГИЯ

для специальности

40-05-01-07 Информационные системы и технологии (в здравоохранении)

Составители: И.М. Морозова, В.М. Коцур

Рассмотрено и утверждено

на заседании научно-методического совета 28.06.2023, протокол № 8

УДК 57(075.8)
ББК 28я75
Б63

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 6 от 10.03.2023.

Составители: доцент кафедры фундаментальной и прикладной биологии ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат биологических наук **И.М. Морозова**; старший преподаватель кафедры фундаментальной и прикладной биологии ВГУ имени П.М. Машерова **В.М. Коцур**

Р е ц е н з е н т ы :

кафедра биологии и фармацевтической ботаники УО «ВГМУ»;
доцент кафедры гистологии, цитологии и эмбриологии УО «ВГМУ»,
кандидат биологических наук *Е.И. Лебедева*

Б63 Биология для специальности 40-05-01-07 Информационные системы и технологии (в здравоохранении) : учебно-методический комплекс по учебной дисциплине / сост.: И.М. Морозова, В.М. Коцур. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2023. – 121 с. ISBN 978-985-30-0051-1.

Предлагаются лекционный курс, задания для практических работ, материалы для контроля знаний, вопросы к зачету по учебной дисциплине «Биология» для студентов специальности «Информационные системы и технологии (в здравоохранении)».

УДК 57(075.8)
ББК 28я75

ISBN 978-985-30-0051-1

© ВГУ имени П.М. Машерова, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ РАЗДЕЛ	5
Модуль 1	5
Лекция 1. Общий план строения клетки и методы ее изучения. Неорганические вещества клетки	5
Лекция 2. Органические вещества клеток	10
Лекция 3. Структурно-функциональная организация клетки	24
Лекция 4. Клеточный цикл. Деление клетки	45
Лекция 5. Ткани растений и животных	59
Модуль 2	68
Лекция 6. Онтогенез животных и человека. Строение и образование половых клеток	68
Лекция 7. Эмбриогенез	71
Лекция 8. Генетика пола	73
Лекция 9. Наследственность и изменчивость живых организмов. Изменчивость и ее типы	76
Лекция 10. Наследственные заболевания человека	81
Лекция 11. Основы генной инженерии	86
Модуль 3	88
Лекция 12. Вид, его признаки и критерии. Экологическая характеристика вида. Структура вида. Популяция. Структура популяции: половая, возрастная, экологическая и генетическая	88
Лекция 13. Разнообразие живого мира. Основные группы водорослей, грибов и высших растений	92
Лекция 14. Разнообразие живого мира. Основные группы животных	95
Лекция 15. Экологические факторы среды и их воздействие на живые организмы. Классификация экологических факторов. Общие закономерности действия экологических факторов на организм	101
ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	104
Модуль 1	104
Практическая работа № 1	104
Практическая работа № 2	104
Практическая работа № 3	104
Модуль 2	105
Практическая работа № 4	105
Практическая работа № 5	105
Практическая работа № 6	105
Модуль 3	106
Практическая работа № 7	106
Практическая работа № 8	106
РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ	107
Тесты для самоконтроля	107
Итоговый контроль. Вопросы к зачету	118
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ	120
Рекомендуемая литература	120

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Представленный учебно-методический комплекс включает теоретический материал с контрольными вопросами, перечень практических занятий и вопросов к ним, тесты для самоконтроля, вопросы к зачету по курсу «Биология», список литературы. В данном издании рассматриваются основные концепции и современные уровни развития биологии, современные представления о фундаментальных общебиологических закономерностях становления, развития и функционирования живых систем различного ранга, о характере их соподчиненности, выработке понимания взаимосвязи живой и неживой природы.

Структура учебно-методического комплекса построена на основании учебной программы дисциплины. УМК расширен иллюстрациями из отечественных и зарубежных учебников, авторскими схемами и таблицами. Это поможет лучше разобраться в предлагаемом материале, сконцентрировать внимание на узловых вопросах. При возрастающей роли самостоятельной работы подобного рода учебное издание создаст у студентов четкую систему знаний о целостном организме, его микро- и макроструктуре, адаптационных особенностях, изменениях в ходе индивидуального развития, способах размножения, что позволит понять строение и жизнь организма в динамике. В комплексе размещен лекционный материал, контролирующие тесты, вопросы к зачету.

Освоение учебной дисциплины должно обеспечить формирование следующих компетенций: СК-15 быть способным характеризовать структурно-функциональную организацию клеток и тканей растений, систем органов животных и человека, особенности жизнедеятельности представителей разных таксономических групп растительного и животного мира.

В результате изучения данной дисциплины студент должен:

знать:

– основные биологические понятия (термины), иметь представление о фундаментальных принципах и уровнях биологической организации, регуляторных механизмах, действующих на каждом уровне;

– физико-химические подходы и методы изучения организма на разных уровнях организации;

– механизмы воздействия факторов среды на организм и пределы его устойчивости, пути адаптации к стрессовым воздействиям среды;

уметь:

– анализировать изменения в современном животном и растительном мире в связи с увеличивающимися антропогенными нагрузками;

– использовать биологические методы оценки воздействия на природную среду; использовать основы систематики для сравнительного изучения отдельных видов живых существ,

владеть:

– основными приемами обработки экспериментальных данных;

– методами оценки показателей биологических процессов на уровнях организации.

Данный учебно-методический комплекс предназначен для студентов специальности «Информационные системы и технологии (в здравоохранении)». Также вызовет интерес у студентов биологических специальностей, учителей, школьников, абитуриентов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

МОДУЛЬ 1

Лекция 1. ОБЩИЙ ПЛАН СТРОЕНИЯ КЛЕТКИ И МЕТОДЫ ЕЕ ИЗУЧЕНИЯ. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА КЛЕТКИ

1. Клетка – основная форма организации живых систем.
2. История создания и основные положения клеточной теории.
3. Методы изучения клетки.
4. Неорганические вещества. Их роль в клетке.

1. Клетка – основная форма организации живых систем.

Все живые организмы построены из клеток. Одноклеточные организмы (бактерии, некоторые цианобактерии и протисты) состоят из одной клетки, многоклеточные (грибы, растения, животные) – из множества клеток.

Клетка обладает всеми свойствами живой системы: она осуществляет обмен веществ и энергии, размножается и передает по наследству свои признаки, реагирует на действие внешних раздражителей. Она является наименьшей структурой и функциональной единицей всего живого.

Многоклеточные организмы состоят из огромного количества клеток, которые выполняют разнообразные функции и на этой основе объединяются в ткани. Комплексы тканей в свою очередь формируют органы. Будучи связанными функционально, органы образуют живой организм.

2. История создания и основные положения клеточной теории. Открытие клетки связано с работами естествоиспытателя Р. Гука, который в 1665 г. впервые рассмотрел срез пробки в микроскопе. На срезе просматривалась структура, похожая на пчелиные соты, построенные из ячеек. Элементы тонкого слоя пробки Гук назвал латинским словом *cellula*, что означает «ячейка», или «клетка». Вскоре за Гуком клеточное строение растений подтвердили ботаники: итальянец М. Мальпиги (1675) и англичанин Н. Грю (1682). Их внимание привлекли форма клеток и строение их оболочек.

Значительный вклад в изучение клетки внес голландский ученый А. Левенгук, открывший в 1674 г. одноклеточные организмы, в том числе и бактерии. Он также впервые наблюдал под микроскопом животные клетки – эритроциты крови и сперматозоиды.

Основой для изучения всех живых существ является клеточная теория, сформулированная Т. Шванном в первой половине XIX в., сущность которой состоит в том, что все организмы построены из клеток. Позднее Р. Вирхов (1858) обосновал принцип преемственности клеток путем деления: *omnis cellula e cellula* – всякая клетка из клетки.

Основные положения современной клеточной теории:

1. Клетка – элементарная структурно-функциональная единица живых организмов, обладающая всеми признаками и свойствами живого.
2. Клетки всех организмов сходны по химическому составу, строению и процессам жизнедеятельности.
3. Все клетки образуются только в результате деления исходных (материнских) клеток.
4. В многоклеточных организмах клетки специализированы по выполняемым функциям и образуют ткани. Из тканей состоят органы и системы органов, которые тесно связаны между собой.

3. Методы изучения клетки.

1. *Метод световой микроскопии.* Микроскопы характеризуются степенью увеличения изображения и разрешающей способностью, т.е. минимальным видимым расстоянием между двумя точками (рис. 1).

Микроскопия используется для получения увеличенного изображения клеток, тканей и анатомических структур. Микроскопирование проводится на препаратах, которые могут быть прижизненными и фиксированными. Детальное изучение клеток и тканей проводится на фиксированных объектах.

2. *Метод электронной микроскопии.* В середине XX века появилось мощное приспособление для изучения клетки – электронный микроскоп (рис. 2). В электронном микроскопе разрешение приблизительно в 500 раз больше, чем в световом.

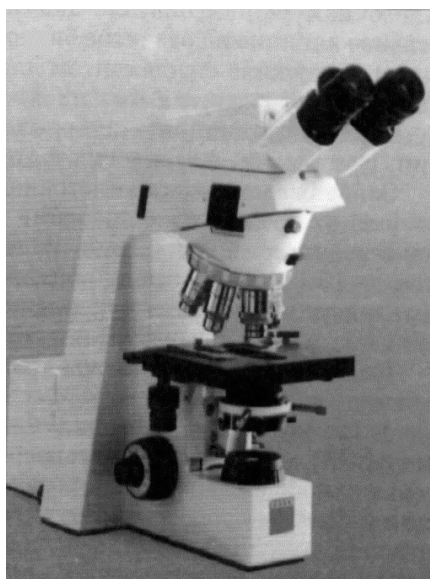


Рис. 1 – Световой микроскоп

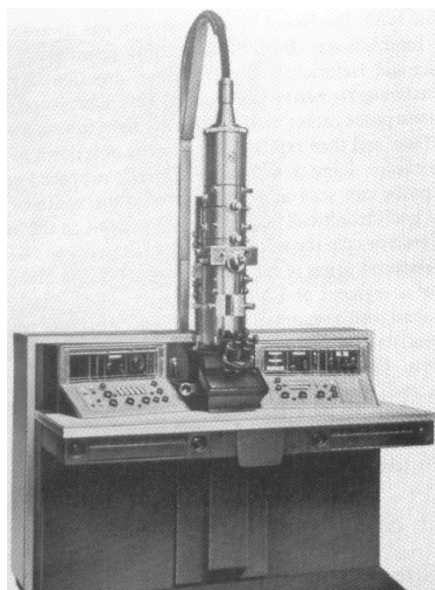


Рис. 2 – Электронный микроскоп

В *трансмиссионном* (просвечивающем) *электронном микроскопе* электроны проходят через образец, поэтому для изучения нужны очень тонкие срезы, т.к. электроны легко рассеиваются или поглощаются исследуемым объектом.

Для исследований используют и *сканирующий электронный микроскоп*. В нем четко сфокусированный пучок электронов движется по поверхности образца, а отраженные от его поверхности электроны собираются и формируют изображение подобно тому, какое возникает на экране телевизора. Разрешающая способность электронного микроскопа 0,1 нм. В нем видны биологические мембраны (толщина 6–10 нм), рибосомы, микротрубочки.

В *лазерных микроскопах* изображение строится с помощью потока физически однородных фотонов с небольшой длиной волны. Лазерная микроскопия отличается высокой разрешающей способностью, точностью фокусировки и возможностью изучения живой клетки в ее развитии.

3. *Метод цитохимии и гистохимии* изучают химическую природу различных структур клеток и тканей, распределение химических соединений, их локализацию и превращения. Этот метод основан на использовании цветных реакций для определения в клетках различных веществ. Под действием специально подобранных реактивов происходит окрашивание определенных веществ в клетке. По степени и характеру окраски с помощью микроскопии судят о количестве или активности изучаемых веществ.

Благодаря этого метода обнаруживают белки и аминокислоты, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды, неорганические вещества, структурные части их молекул.

4. *Метод автордиографии.* Этот метод основан на введении в клетки веществ, содержащих радиоактивные метки (^3H , ^{14}C , ^{15}N , ^{32}P , ^{131}I и др.). По химическим свойствам меченые соединения, например, аминокислоты или углеводы, не отличаются от обычных и включаются в процессы обмена веществ. Метод автордиографии используется для изучения процессов обмена веществ в клетке, определения локализации отдельных веществ и перемещения их внутри клетки, исследования проницаемости клеточных мембран.

5. *Метод дифференциального (разделительного) центрифугирования.* Основан на разделении веществ специальных приборах в центрифугах, в которых пробирки с исследуемой суспензией клеточных структур вращаются с высокой скоростью. При этом возникает центробежная сила, в сотни и тысячи раз большая, чем сила тяжести. Под ее действием и происходит осаждение частиц. Ступенчатое увеличение скорости вращения пробирок приводит к последовательному осаждению различных компонентов клеток. Сначала осаждаются самые крупные молекулы, затем – мелкие.

6. *Метод рентгеноструктурного анализа.* Данный метод изучает строение биологических молекул. С помощью данного метода можно определить длину химических связей, размер атомов и их пространственное расположение в молекулах.

7. *Метод клеточных культур* представляет собой выращивание клеток на специальных питательных средах в контролируемых стерильных условиях. Метод клеточных культур используется для изучения процессов деления и роста клеток, их дифференцировки, взаимодействия со средой, старения и др.

8. *Метод микрохирургии* позволяет удалять или пересаживать структурные элементы живых клеток (органоиды), осуществлять микроинъекции разных веществ. Данный метод применяют для изучения роли различных органелл в жизни клеток, исследования изменений, происходящих в клетках и др.

4. Неорганические вещества. Их роль в клетке. В количественном отношении первое место среди химических соединений клетки занимает вода. Ее содержание колеблется в зависимости от вида организма, условий его обитания, типа клеток и их функционального состояния. Так, например, в костной ткани содержится не более 20% воды, в жировой ткани – около 40, в мышечных тканях – 76, а в клетках развивающегося зародыша – более 90%.

С возрастом количество воды в клетках любого организма заметно снижается. Отсюда следует, что, чем выше функциональная активность клеток и организма в целом, тем выше содержание в них воды, и наоборот.

Наличие воды – обязательное условие жизненной активности клетки. Вода составляет основную часть содержимого клетки – цитоплазмы, поддерживает ее структуру и устойчивость входящих в ее состав коллоидов.

Роль воды в клетке определяется ее химическими и структурными свойствами. Эти свойства связаны с малыми размерами молекул воды, их полярностью, способностью соединяться друг с другом водородными связями.

Благодаря этим свойствам вода является хорошим растворителем для полярных веществ, называемых *гидрофильными*. К ним относятся ионные соединения, у которых заряженные частицы (ионы) диссоциируют (отделяются друг от друга) в воде, когда вещество растворяется (например, соли). Такой способностью обладают и некоторые неионные соединения, в молекуле которых присутствуют заряженные (полярные) группы. У сахаров, аминокислот, простых спиртов это ОН-группы.

Когда вещество переходит в раствор, его молекулы или ионы получают возможность двигаться свободно, и реакционная способность вещества возрастает. По этой причине вода является основной средой, где протекает большинство химических

реакций. Все реакции гидролиза и многие окислительно-восстановительные реакции идут при участии воды.

Гидрофобные вещества - неполярные вещества, практически нерастворимы в воде (липиды).

Вода обладает наивысшей удельной теплоемкостью из всех жидкостей. Это означает, что существенное увеличение тепловой энергии вызывает сравнительно небольшое повышение температуры воды. Такое явление обусловлено тем, что значительная часть данной энергии расходуется на разрыв водородных связей, ограничивающих подвижность молекул воды. Большая теплоемкость воды защищает ткани растений и животных от быстрого и сильного повышения температуры, тогда как высокая теплота парообразования надежно обеспечивает стабильную температуру тела организма. Необходимость значительных количеств энергии для испарения (транспирации) воды обусловлена наличием водородных связей между ее молекулами. Эта энергия поступает из окружающей среды, поэтому испарение сопровождается охлаждением. Данное явление наблюдается у животных при потоотделении, при одышке у собак, оно играет важную физиологическую роль и в охлаждении испаряющих влагу органов растений, особенно в условиях пустынь и сухих степей.

Вода обладает также высокой теплопроводностью, что обеспечивает равномерное распределение тепла по всему организму. Следовательно, высокая удельная теплоемкость и высокая теплопроводность делают воду идеальной средой для поддержания оптимального теплового режима организма.

Для воды характерно исключительно высокое поверхностное натяжение. Это свойство имеет очень важное значение для адсорбционных процессов, передвижения растворов по тканям (кровообращение, восходящий и нисходящий токи по растению и т.д.).

Вода используется в качестве источника кислорода и ионов водорода, выделяемых в световую фазу фотосинтеза.

К числу важных в физиологическом отношении свойств воды относится ее способность растворять газы (O_2 , CO_2 и др.).

Соли. Неорганические соединения клетки чаще всего находятся в виде солей, диссоциированных в растворе на ионы.

Нерастворимые соли (карбонат и фосфат кальция костной ткани, известковые или кремниевые панцири раковин моллюсков и др.). Твердость зубной эмали обусловлена наличием минеральных солей, в состав которых входит кальций, магний, фосфор и фтор. Скелет некоторых протистов образован сульфатом стронция ($SrSO_4$).

Растворимые соли при взаимодействии с водой диссоциируют, поэтому в живых организмах они содержатся в виде ионов. Содержание определенных катионов и анионов внутри клеток, как правило, значительно отличается от их концентрации во внеклеточной среде. Так, в клетках наблюдается достаточно высокая концентрация катионов калия (K^+) и низкая – натрия (Na^+), а во внешней среде – наоборот. При этом содержание K^+ в клетках и Na^+ за их пределами неодинаково, Это приводит к возникновению разности электрических потенциалов между внутренней и наружной сторонами цитоплазматической мембраны, что обуславливает передачу возбуждения по нервной и мышечной клетки.

Неорганические кислоты играют важную биологическую роль. Например, соляная кислота (HCl), входящая в состав желудочного сока позвоночных животных, создает в желудке кислую среду. Это способствует уничтожению болезнетворных микроорганизмов и активации ферментов желудочного сока. Остатки фосфорной кислоты входят в состав фосфолипидов, нуклеотидов, АТФ. Фосфорная и угольная кислота, а также анионы этих кислот участвуют в поддержании определенной кислотности внутри клеток и во внешней среде.

Макро- и микроэлементы, их роль в клетке. По химическому составу клетки различных организмов могут существенно отличаться друг от друга, но химические элементы, входящие в их состав, одинаковы.

Макроэлементы - химические элементы, содержание которых в живых организмах составляет от десятков до сотых долей процента. Живые организмы более чем на 98% состоят из четырех химических элементов: кислород (O), углерод (C), водород (H), азот (N). Водород и кислород – составные элементы воды. Наряду с углеродом и азотом эти элементы являются основными составляющими органических соединений живых организмов.

В состав молекул многих органических веществ входят сера (S) и фосфор (P). Кроме того, к макроэлементам относятся (Na), калий (K), магний (Mg), кальций (Ca), хлор (Cl) и др.

Важнейшим микроэлементом для организма человека является кальций. Его соединения составляют минеральную основу костей и зубов. Другие соединения участвуют в нервной и мышечной деятельности, входят в состав клеток и тканевой жидкости организма. Основные источники кальция – молоко, кефир, творог, сыр, рыба, фасоль, петрушка, зеленый лук, а также яйца, гречка, овсянка, морковь, горох.

Микроэлементы. Жизненно важные элементы, которые содержатся в живых организмах в исключительно малых количествах (менее 0,01%) составляют группу микроэлементов. К этой группе относятся некоторые металлы, например, железо (Fe), цинк Zn(), медь (Cu), марганец (Mn), кобальт (Co), молибден (Mo), а также неметаллы фтор (F), йод (I) и др. Содержание и значение для жизнедеятельности клеток и организма в целом различных химических элементов приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Биологически важные химические элементы

Элемент	Содержание, %	Биологическая роль
Кислород (O)	65–75	Входит в состав воды, органических веществ, обеспечивает реакцию окисления, в ходе которых выделяется энергия.
Углерод (C)	15–18	Входит в состав молекул всех органических веществ.
Водород (H)	8–10	Входит в состав молекул воды и всех органических веществ.
Азот (N)	1,5–3	Входит в состав молекул органических веществ, в том числе белков, нуклеиновых кислот, АТФ.
Кальций (Ca)	0,04–2	Входит в состав костной ткани, зубной эмали, участвует в процессах свертывания крови и обеспечивает сократимость мышечных волокон. У растений входит в состав клеточной стенки.
Фосфор (P)	0,2–1	Входит в состав органических веществ (ДНК, РНК, АТФ и др.), костной ткани и зубной эмали.
Калий (K)	0,15–0,4	Регулирует ритм сердечной деятельности. Участвует в фотосинтезе.
Сера (S)	0,15–0,2	Входит в состав органических веществ (белков, некоторых аминокислот).
Хлор (Cl)	0,05–0,1	Входит в состав соляной кислоты желудочного сока.
Натрий (Na)	0,02–0,03	Поддерживает нормальный ритм сердечной деятельности.
Магний (Mg)	0,02–0,03	Входит в состав хлорофиллов, в состав костной ткани и зубной эмали.

Микроэлементы		
Железо (Fe)	0,01	Входит в состав гемоглобина. Участвует в клеточном дыхании и фотосинтеза.
Кремний (Si)	0,001	Участвует в формировании костей и коллагена – основного белка соединительной ткани животных. Входит в состав клеточной оболочки растений.
Цинк (Zn)	0,0003	Входит в состав некоторых ферментов.
Фтор (F)	0,0001	Входит в состав зубной эмали и костной ткани.
Йод (I)	0,0001	Входит в состав гормонов щитовидной железы.
Марганец (Mn)	менее 0,0001	Участвует в формировании костей, в фотосинтезе.
Кобальт (Co)	менее 0,0001	Входит в состав витамина B ₁₂ , участвует в кроветворении.
Молибден (Mo)	менее 0,0001	Участвует в процессах связывания атмосферного азота клубеньковыми бактериями.

Для человека источниками макро- и микроэлементов являются продукты питания и вода. Поэтому для полного удовлетворения потребностей в макро- и микроэлементах необходимо полноценное и разнообразное питание, включающее продукты животного и растительного происхождения. Для Беларуси и некоторых других регионов Земли характерен недостаток йода и фтора в природной воде. Поэтому очень важно чаще употреблять в пищу морепродукты, а также восполнять этот недостаток употреблением йодированной и йодированной поваренной соли.

Контрольные вопросы

1. Кто впервые открыл клетку?
2. Назовите ученых, которые изучали строение клетки.
3. Перечислите и дайте характеристику основным методам изучения клетки.
4. Какое строение имеет молекула воды?
5. Охарактеризуйте макро- и микроэлементы, каково их значение в клетке?

Лекция 2. ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА КЛЕТОК

1. Органические вещества. Биополимеры. Углеводы.
2. Липиды.
3. Аминокислоты. Белки. Ферменты.
4. Нуклеиновые кислоты.
5. АТФ и ее роль в клетке.

1. Органические вещества. Биополимеры. Углеводы. В состав живых организмов, кроме неорганических, входят различные органические вещества: белки, липиды, углеводы, нуклеиновые кислоты и др. Они образованы, прежде всего, четырьмя химическими элементами: углеродами, водородом, кислородом, азотом. В состав белков к этим элементам добавляется сера, а в нуклеиновых кислотах – фосфор.

Биополимеры – вещества, состоящие из повторяющихся «мономерных звеньев», соединённых в длинные макромолекулы определенными химическими связями. К биополимерам относят: белки, полисахариды, нуклеиновые кислоты. Простые молекулы, из остатков которых состоят полимеры, называются мономерами. Мономерами белков

являются аминокислоты, мономерами полисахаридов – моносахариды, молекулы нуклеиновых кислот построены из нуклеотидов. Белки, полисахариды и нуклеиновые кислоты содержатся в клетках всех живых организмов и выполняют важные биологические функции, поэтому их называют биологическими полимерами (биополимерами).

Углеводы – органические соединения, которые образованы атомами углерода, водорода, кислорода. Состав большинства углеводов можно выразить формулой $C_n(H_2O)_m$, где n и m равны трем и более. Некоторые углеводы содержат атомы азота, фосфора или серы.

Углеводы входят в состав всех живых организмов. В клетках животных содержание углеводов не превышает 10% сухой массы, в клетках растений их значительно больше – до 90%.

Выделяют три класса углеводов: моносахариды, олигосахариды, полисахариды (рис. 3).

Моносахариды – бесцветные кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде, имеют сладкий вкус. По количеству атомов углерода в составе молекул моносахариды делятся на несколько групп, важнейшими из которых являются пятиуглеродные (C_5) – пентозы и шестиуглеродные (C_6) – гексозы.

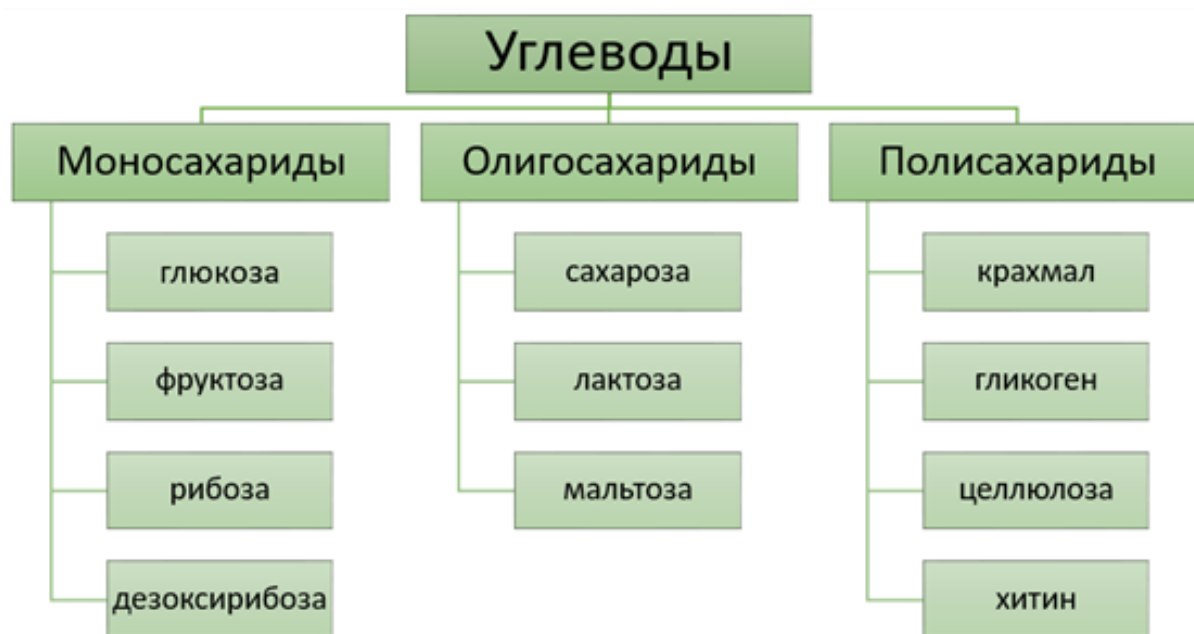


Рис. 3 – Углеводы клетки

Наибольшее значение для живых организмов имеют такие пентозы, как рибоза и дезоксирибоза. Рибоза входит в состав важнейших веществ клетки – РНК (рибонуклеиновая кислота), АТФ, витамин B_2 , ряда ферментов. Дезоксирибоза входит в состав ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты).

Важную биологическую роль играют гексозы – глюкоза, фруктоза, галактоза. Глюкоза – основной источник энергии для клеток, она содержится в клетках всех живых существ. Фруктоза в свободном виде находится в вакуолях клеток растений. Много фруктозы содержится в ягодах, фруктах, меде.

Олигосахариды – соединения, состоящие из 2–10 остатков моносахаридов, последовательно соединенных ковалентными связями. В состав молекул олигосахаридов могут входить остатки одного или разных моносахаридов. Большинство олигосахаридов, выделенных в чистом виде, как и моносахариды, – бесцветные кристаллические соединения, хорошо растворимые в воде и сладкие на вкус.

Олигосахариды, в состав которых входят два остатка моносахаридов, называют дисахаридами. Наиболее важные дисахариды – сахароза (тростниковый или свекловичный сахар), мальтоза (солодовый сахар), лактоза (молочный сахар). В растениях сахароза служит растворимым резервным углеводом, а также транспортной формой продуктов фотосинтеза, которая легко транспортируется по растению. Мальтоза в больших количествах содержится в прорастающих семенах злаков. Лактоза – входит в состав молока млекопитающих.

Полисахариды – биополимеры, молекулы которых состоят из большого числа (до нескольких тысяч) остатков моносахаридов. В состав полисахарида могут входить остатки одного или разных моносахаридов. В отличие от моно- и олигосахаридов полисахариды практически нерастворимы в воде и не имеют сладкого вкуса.

Полисахариды могут иметь линейную, неразветвленную (целлюлоза, хитин) либо разветвленную (гликоген) структуру. Крахмал представляет собой смесь полисахаридов – примерно на 80% (по массе) он состоит из разветвленного амилопектина и на 20% из линейного полисахарида амилозы. Полисахариды различаются между собой составом мономеров, длиной и степенью разветвленности цепей (рис. 4). Наиболее важным полисахаридом является крахмал, гликоген и целлюлоза.

Крахмал синтезируется в клетках растений и состоит из остатков глюкозы. В значительных количествах крахмал запасается в семенах, клубнях, листьях и других органах. Особенно много содержится крахмала в семенах зерновых культур – ржи, пшеницы, риса, кукурузы до 80% сухой массы (в клубнях картофеля (около 25%). Крахмал откладывается в клетках в виде крахмальных зерен.

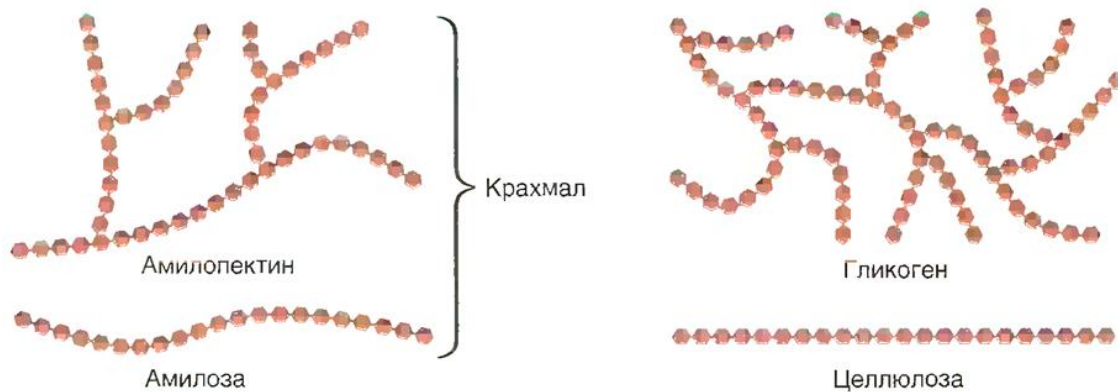


Рис. 4 – Схема строения молекул полисахаридов

У грибов, животных, человека резервным (запасным) полисахаридом является гликоген. Как и крахмал, гликоген построен из остатков глюкозы, но его цепи ветвятся еще сильнее. Он откладывается в основном в мышцах и клетках печени в виде гранул.

В оболочке клеток содержится целлюлоза – прочный, волокнистый, нерастворимый в воде полисахарид. Древесина, волокна хлопчатника состоят в основном из целлюлозы. Целлюлоза, как уже отмечалось, представляет собой неразветвленный полимер глюкозы.

Целлюлоза играет важную роль в промышленности. Из нее изготавливают хлопчатобумажные ткани, бумагу и многое другое.

В состав кутикулы членистоногих, клеточных оболочек многих грибов и некоторых протистов входит полисахарид хитин. По структуре он сходен с целлюлозой, однако в составе молекул содержит не только углерод, водород, кислород, но и азот.

Функции углеводов.

Энергетическая функция состоит в том, что углеводы под влиянием ферментов легко расщепляются и окисляются с выделением энергии. При полном окислении

1 г углеводов высвобождается 17,6 кДж энергии. Конечные продукты окисления углеводов – углекислый газ и вода.

Запасная функция заключается в том, что полисахариды являются запасными питательными веществами живых организмов, играя роль «хранилищ» энергии. Запасным (резервным) углеводом у растений является крахмал, у животных и грибов – гликоген. При необходимости эти углеводы расщепляются до глюкозы, которая служит основным источником энергии для живых организмов.

Структурная функция углеводов – использование углеводов в качестве строительного материала. Оболочки клеток растений на 20–40% состоят из целлюлозы, которая обладает высокой прочностью. Поэтому они надежно защищают внутриклеточное содержимое и поддерживают форму клеток. Хитин – важный структурный компонент наружного скелета членистоногих, оболочек грибов.

Углеводные компоненты мембраны выполняют рецепторную функцию: воспринимает сигналы из окружающей среды и передает их в клетку.

Метаболическая функция углеводов состоит в том, что в клетках живых организмов моносахариды – основа для синтеза многих органических веществ – олиго- и полисахаридов, нуклеотидов, некоторых спиртов. Ряд веществ, образующихся в ходе расщепления молекул моносахаридов, используется клетками для синтеза аминокислот, жирных кислот и др.

Углеводы выполняют *защитную функцию*. Камеди (смолы, выделяющиеся при повреждении деревьев, например, вишен и слив) являются производными моносахаридов. Они препятствуют проникновению в раны болезнетворных организмов.

2. Липиды (от греч. *липос* – жир) – обширная группа жиров и жироподобных веществ, которые содержатся в клетках всех живых организмов. Большинство из них неполярны и, следовательно, гидрофобны. Они практически нерастворимы в воде, но хорошо растворяются в органических растворителях (бензине, хлороформе, эфире и др.).

В живых организмах содержание липидов составляет от 5 до 15% сухой массы. В клетках жировой ткани оно достигает 90%. Высокое содержание липидов характерно для нервной ткани, подкожной клетчатки, молока млекопитающих. Много жиров в семенах и плодах некоторых растений (подсолнечника, грецкого ореха, маслины, льна, клещевины, рапса, сои, кукурузы). Они используются для промышленного получения растительных масел.

По химическому строению липиды весьма разнообразны. Рассмотрим важнейшие группы липидов. Жиры – наиболее простые и широко распространенные липиды. Их молекулы образуются в результате присоединения к молекуле спирта глицерина и трех остатков карбоновых кислот (чаще всего высших), которые могут быть одинаковыми или разными (рис. 5).

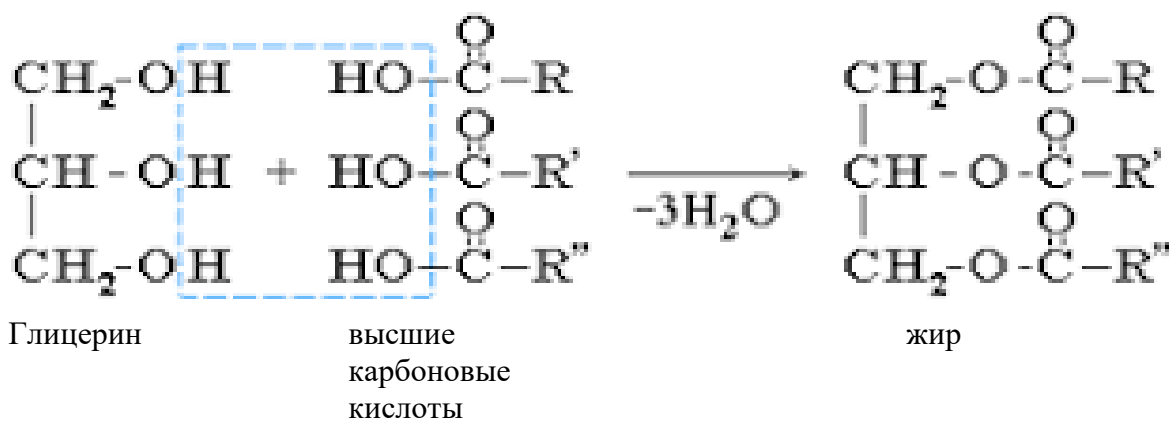


Рис. 5 – Реакция образования жира

Атомы углерода в молекулах карбоновых кислот могут быть соединены друг с другом как простыми, так и двойными связями. В первом случае кислоты называются предельными или насыщенными. Если же имеются двойные связи, то это кислоты непредельные, или ненасыщенные. Среди предельных карбоновых кислот наиболее часто в состав жиров входят пальмитиновая и стеариновая, а среди непредельных – олеиновая, линолевая и линоленовая кислоты (рис. 6).

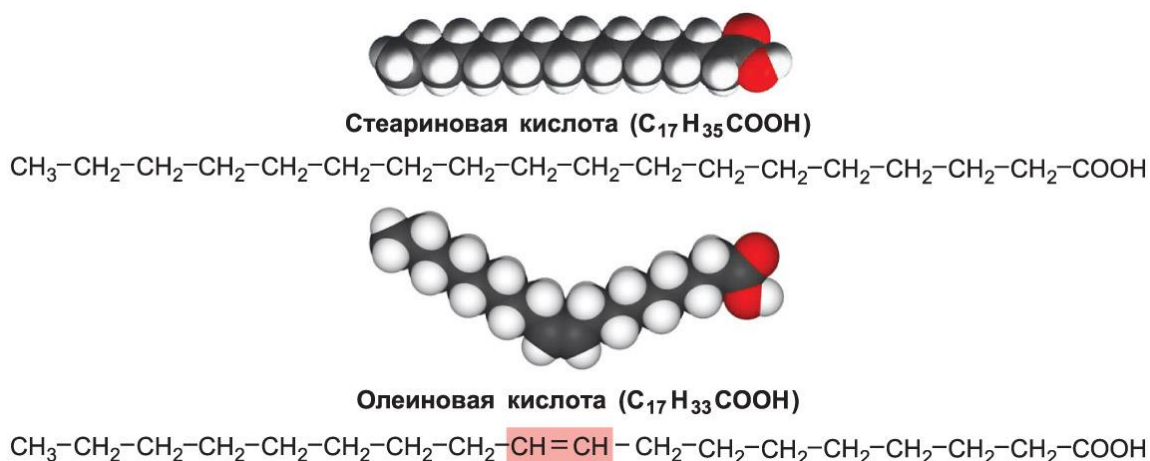


Рис. 6 – Строение молекул стеариновой и олеиновой кислот

Длина углеродных цепей и количество двойных связей в остатках карбоновых кислот определяют физические свойства того или иного жира. Для жиров с короткими и (или) ненасыщенными цепями характерна низкая температура плавления. При комнатной температуре они имеют жидкую или мазеподобную консистенцию. И наоборот, жиры с длинными и насыщенными цепями при комнатной температуре представляют собой твердые вещества. У животных, живущих в холодном климате (например, у рыб арктических морей), жиры обычно содержат больше остатков ненасыщенных кислот, чем у обитателей южных широт. По этой причине их жир и при низких температурах остается жидким, а тело сохраняет гибкость.

Фосфолипиды по структуре сходны с жирами, но и в молекуле один остаток карбоновой кислоты замещен радикалом, содержащим остаток фосфорной кислоты. Фосфолипиды являются основным компонентом клеточных мембран.

Молекула фосфолипида состоит из двух частей, различных по своей растворимости в воде: полярной гидрофильной головки и гидрофобных хвостов – неполярных углеводородных цепей карбоновых кислот. На рисунке 7 показана ориентация молекул фосфолипидов в разных средах. Такая природа фосфолипидов обуславливает их ключевую роль в формировании структуры биологических мембран.

Воски – относятся к липидам, выполняющие в организме растений и животных в основном защитную функцию.

У млекопитающих воски входят в состав секрета, выделяемого сальными железами кожи. Секрет сальных желез смазывает кожу и волосы, делая их эластичными и уменьшая снашиваемость волосяного покрова. У птиц воски, секретлируемые копчиковой железой, придают перьям водоотталкивающие свойства.

Восковой слой покрывает листья наземных растений (восковая кутикула) и поверхность тела наземных членистоногих, предохраняя от излишнего испарения воды.

Воски – сложные эфиры одноатомных высокомолекулярных (имеющих длинный углеводородный скелет) спиртов и высших карбоновых кислот. У животных воски также входят в состав головного мозга, лимфатических узлов, селезенки. Образующий пчелами воск используется для строительства сот.

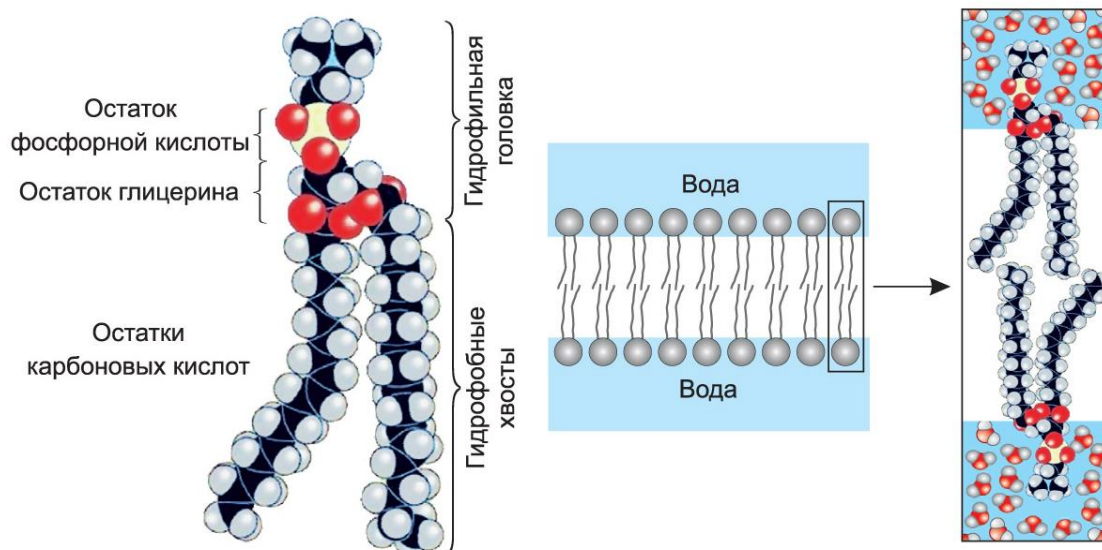


Рис. 7 – Строение молекул фосфолипидов и их ориентация в воде

Стероиды – еще одна группа липидов. Их молекулы не содержат остатков карбоновых кислот. Стероидами являются, например, *желчные кислоты* (важнейшие компоненты желчи) и *стероидные гормоны* (половые гормоны, гормоны коры надпочечников-кортикостероиды).

Важную роль в организме человека и животных играет холестерин. Он необходим для синтеза желчных кислот, стероидных гормонов, витамина D. Кроме того, холестерин входит в состав биологических мембран, обеспечивает их стабильность и регулирует проницаемость.

Однако повышенное содержание холестерина в организме может вызывать развитие ряда заболеваний, в частности сердечно-сосудистых. Холестерин может откладываться на внутренних стенках кровеносных сосудов, из-за чего их просвет сужается. Это ведет к нарушению кровообращения тканей и органов, в первую очередь сердечной мышцы, повышается риск инфаркта миокарда, инсульта, других осложнений. К факторам, повышающим уровень холестерина, относятся: курение, недостаточная физическая активность, неправильное питание (переедание, избыток жиров в пище и т.д.).

Липиды способны образовывать сложные соединения с веществами других классов, например, с белками – липопротеины, с углеводами – гликолипиды.

Функции липидов. 1) Важная функция липидов – *энергетическая*. При полном окислении 1 г жиров до углекислого газа и воды выделяется около 39 кДж энергии, что намного больше по сравнению с полным окислением такого же количества углеводов. Это дает возможность животным, впадающим в спячку, расходовать накопленные летом и осенью жировые запасы для поддержания процессов жизнедеятельности в зимний период. Высокое содержание липидов в семенах растений обеспечивает энергией развитие зародыша и проростка, пока он не перейдет к автотрофному питанию.

Следует отметить, что при окислении 12 г жира образуется 1,05–1,1 г воды, поэтому благодаря запасам жира некоторые животные могут долгое время обходиться без нее. Например, верблюды в пустыне выдерживают без воды 10–12 суток, медведи и другие животные в зимнюю спячку – более двух месяцев. Необходимую для жизнедеятельности воду эти животные получают именно в результате окисления запасенных жиров.

2) Строительная (структурная) функция липидов. Фосфолипиды, холестерин, липопротеины, гликолипиды – важнейшие компоненты клеточных мембран.

Защитная функция липидов заключается в том, что они предохраняют внутренние органы от механических повреждений (например, почки человека покрыты жировым слоем, защищающим их от травм, сотрясения при ходьбе и прыжках).

Теплоизоляционная функция. Накапливаясь в подкожной жировой клетчатке, жир, у синего кита достигает толщиной до 50 см.

Регуляторная функция. Половые гормоны и кортикостероиды регулируют процессы развития и размножения, обмена веществ. Витамины группы D, которые являются производными холестерина, играют важную роль в обмене кальция и фосфора. Желчные кислоты участвуют в пищеварении: они обеспечивают эмульгирование жиров пищи и всасывание продуктов их расщепления.

3. Аминокислоты. Белки. Ферменты.

Аминокислоты – органические соединения, содержащие одновременно аминогруппу (-NH₂), для которой характерны основные свойства, и карбоксильную группу (-COOH) с кислотными свойствами. Известно около 200 аминокислот, но в образовании природных белков участвует только 20. Такие аминокислоты называются белокобразующими (аланин Ала, аргинин –Арг, валин – Вал, гистидин – Гис, глицин – Гли, серин – Сер, тирозин – Тир, треонин – Тре и др.).

В молекулах белокобразующих аминокислот карбоксильная группа и аминогруппа связаны с одним и тем же атомом углерода. По этому признаку 20 аминокислот сходны между собой. Другая часть молекулы, называемая радикалом (R), у разных аминокислот имеет разное строение (рис. 8). Радикал может быть неполярным или полярным, гидрофобным или гидрофильным, что и придает разным аминокислотам особые свойства.

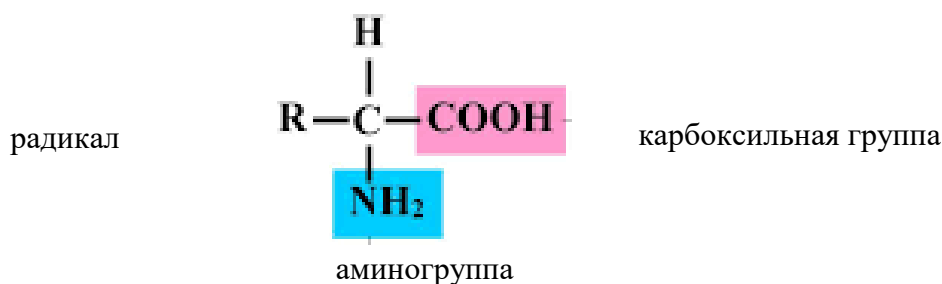


Рис. 8 – Общая формула аминокислоты

У большинства белокобразующих аминокислот имеется одна карбоксильная группа и одна аминогруппа – такие аминокислоты называются *нейтральными*. Существуют *основные* аминокислоты, с более чем одной аминогруппой, *кислые* аминокислоты, с более чем одной карбоксильной группой. Наличие дополнительной амино- или карбоксильной группы оказывает влияние на свойства аминокислоты, которые играют определенную роль в формировании пространственной структуры белка. В состав радикала некоторых аминокислот (например, цистеина) входят атомы серы.

В организме человека и животных некоторые аминокислоты могут синтезироваться из продуктов обмена веществ (в первую очередь – из других аминокислот). Такие аминокислоты называются *заменимыми*. Другие же, так называемые *незаменимые аминокислоты*, не могут быть синтезированы в организме и поэтому должны постоянно поступать в него в составе белков пищи. Незаменимые аминокислоты для человека: триптофан, лизин, валин, изолейцин, треонин, фенилаланин, метионин, лейцин.

Белки – это полимеры, мономерами которых являются аминокислоты. В живых организмах среди макромолекул по функциональному значению важную роль принадлежит белкам. Белки во многих организмах преобладают количественно. Так, в организме животных они составляют 40–50%, в организме растений – 20–35% сухой массы.

Двигательная функция обеспечивается особыми сократительными белками, которые обеспечивают способность клеток, тканей, органов и целых организмов изменять форму, двигаться. Так, *актин* и *миозин* обеспечивают работу мышц и немышечные внутриклеточные сокращения. Белок *тубулин* входит в состав микротрубочек веретена деления, ресничек и жгутиков эукариотических клеток.

Транспортная функция. Например, белок *гемоглобин* переносит с током крови кислород из легких к клеткам других тканей и органов. В мышцах эту функцию берет на себя белок *миоглобин*. Молекула гемоглобина состоит из двух пар полипептидных цепочек, каждая из которых связана с гемом – железосодержащим соединением, придающим цвет гемоглобину. Каждый гем способен присоединить одну молекулу кислорода, а весь гемоглобин – до четырех молекул O₂. Присоединение каждой молекулы облегчает присоединение следующей, а потеря одной из них – потерю следующей. Благодаря этому гемоглобин легко насыщается кислородом, когда кровь течет по легочным капиллярам, и легко отдает его в тканях, где концентрация кислорода ниже.

Белки *альбумины* крови транспортируют жидкие кислоты, глобулины – ионы металлов и гормонов.

Защитная функция. В клетке в ответ на проникновение в нее чужеродных веществ (антигенов) вырабатываются антитела – особые белки – *иммуноглобулины*, которые нейтрализуют чужеродные вещества и обеспечивает защитные свойства организма (иммунитет).

Такие белки-антигены могут входить в состав вирусов, бактерий, спор грибов и растений или чужеродных клеток (например, в случае переливания крови или пересадки органов). Белок интерферон защищает организм от вирусной инфекции. *Фибриноген*, *тромбопластин* и *тромбин* обеспечивают свертывание крови, предотвращая кровопотерю.

Сигнальная функция. В поверхностную мембрану клетки встроены молекулы белков, способных изменять свою третичную структуру в ответ на действие факторов внешней среды. Так происходит прием сигналов из внешней среды и передача команд в клетку. Так, *опсин* – составная часть зрительного пигмента родопсина, содержащегося в клетках сетчатки глаза.

Регуляторная функция принадлежит белкам-гормонам, которые оказывают влияние на обмен веществ. Гормоны поддерживают постоянные концентрации веществ в крови в клетках, участвуют в росте, размножении и других жизненно важных процессах. Одним из наиболее известных белков – гормонов является *инсулин*, который снижает содержание сахара в крови путем повышения проницаемости клеточных мембран для глюкозы, то есть способствует переходу ее из крови в клетку. При недостатке инсулина содержание сахара в крови увеличивается, и он начинает выделяться с мочой – развивается сахарный диабет. Процессы роста и физиологического развития человека протекают под контролем гормона *соматотропина*.

Токсические функции белков обнаружена в яде змей, насекомых, в грибах, растениях, микроорганизмах. В свою очередь, некоторые организмы способны вырабатывать антитоксины, которые подавляют действие этих ядов.

Энергетическая функция. При расщеплении одного грамма белка выделяется 17,6 кДж энергии, необходимой для многих важных процессов клетки.

Запасающая функция. В семенах растений запасаются резервные белки, которые используются при прорастании зародыша, а затем и проросткам как источника азота. Белок животной клетке *миоглобин* играет важную роль в создании кислородного запаса в мышечных волокнах.

Каталитическая (ферментативная) функция. Являясь биологическими катализаторами – повышают скорость протекания биохимических реакций, обеспечивая расщепление и синтез различных соединений. Например, пищеварительные ферменты *липаза* ускоряют расщепление липидов, *амилаза* и *мальтаза* – углеводов, *пепсин* и *трипсин* – белков.

В клетках различных живых организмов содержание тех или иных органических соединений разное. Например, в клетках животных преобладают белки и липиды, а в клетках растений – углеводы. Однако в различных клетках определенные органические соединения выполняют схожие функции.

Ферменты, их химическая природа и свойства как белковых катализаторов. Структура ферментов.

Химические реакции в живой клетке протекают при умеренной температуре, нормальном давлении и в нейтральной среде. В таких условиях реакции образования органических веществ или распада веществ идут очень медленно, если они не подвергаются воздействию биологических катализатор белковой природы – ферментов. Ферменты – вещества белковой природы, которые увеличивают скорость химических реакций, сами при этом не расходуются.

Все процессы в живом организме осуществляются с помощью ферментов. Например, под действием различных ферментов белки, углеводы, липиды и другие вещества расщепляются до более простых соединений, затем в организме синтезируются новые макромолекулы, характерные данному организму. Практически все процессы жизнедеятельности, протекающие в организме, обусловлены ферментативными реакциями.

Механизм действия ферментов. Ферменты ускоряют химические реакции за счет тесного взаимодействия с молекулами субстратов – исходных регулирующих веществ. С субстратом (или субстратами) взаимодействует не вся молекула фермента, а лишь небольшой ее участок – активный центр. Чаще всего он образован несколькими аминокислотными остатками. Форма и химическое строение активного центра таковы, что с ним могут связываться только определенные субстраты из-за соответствия их пространственных структур. Иными словами, субстрат по форме подходит к активному центру, как ключ к замку. При соединении к активному центру приводит к тому, что молекулы субстрата определенным образом располагаются в пространстве и деформируются, в их структуре ослабляются определенные химические связи (рис. 10). Все это приводит к ускорению реакции.

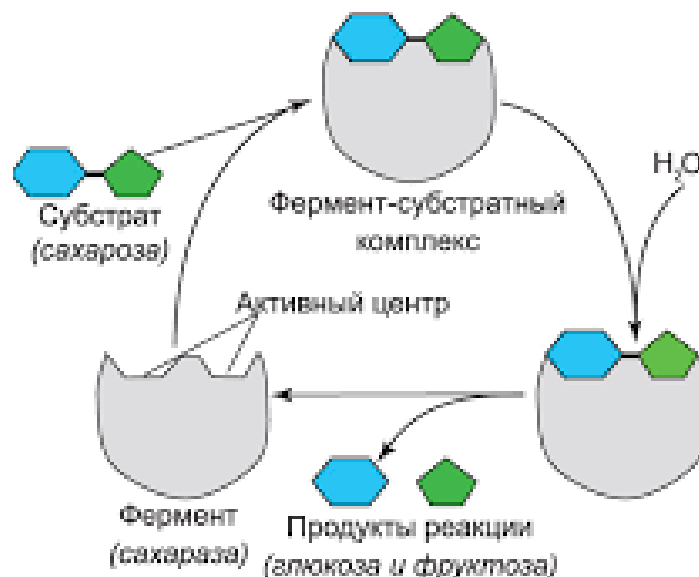


Рис. 10 – Схема работы фермента

На заключительном этапе химической реакции фермент-субстратный комплекс распадается с высвобождением конечных продуктов и свободного фермента. Освободившийся активный центр может принимать новые молекулы субстрата.

Сходство ферментов с обычными химическими катализаторами проявляется в том, что и те и другие, увеличивают скорость реакции, но при этом не расходуются и могут использоваться многократно.

Ферменты обладают специфичностью, т.е. каждый фермент ускоряет только одну определенную реакцию или действуют только на определенный тип связи. Эта особенность объясняется соответствием активного центра фермента определенным субстратом.

Ферменты являются белками, поэтому активно работают лишь в определенном диапазоне pH, температуры и других факторов. Например, фермент желудочного сока *пепсин* активен только в кислой среде, а ферменты слюны *амилаза* и *мальтаза* – в слабощелочной. При повышении температуры все химические реакции ускоряются, а реакции, катализируемые ферментами, замедляются, а затем вовсе прекращаются. Повышение температуры, изменение кислотности среды и других факторов приводит к денатурации ферментов, в результате чего они теряют способность связываться со своим субстратом.

Вещества, повышающие скорость ферментативных реакций, называются активаторами. Вещества, снижающие или блокирующие активность ферментов, называются ингибиторами.

Ферменты широко используются в пищевой промышленности (при производстве сыров, соков, овощных и фруктовых пюре, в хлебопечении, пивоварении, виноделии, для обработки мяса и т.д.). Их также применяют в сельском хозяйстве для получения кормов, в медицине для диагностики и лечения заболеваний, в текстильной и кожевенной промышленности для обработки тканей, кожи, меха, в производстве синтетических моющих средств и т. д.

4. Нуклеиновые кислоты. Все живые организмы способны сохранять наследственную информацию и передавать ее потомкам при размножении. Эту функцию выполняют **нуклеиновые кислоты**.

Впервые нуклеиновые кислоты были открыты швейцарским биохимиком Ф. Мишером в 1868 г. В ходе исследований ученый обнаружил и выделил их из ядер лейкоцитов человека и сперматозоида лосося. От слова «ядро» (от лат. нуклеус) и произошло название «нуклеиновые кислоты». Впоследствии нуклеиновые кислоты были обнаружены во всех клетках растений, животных, грибов, протистов, бактерий и даже в вирусах. Нуклеиновые кислоты содержатся в ядре, в цитоплазме клеток, митохондриях, хлоропластах. Нуклеиновые кислоты – сложные биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды.

Строение нуклеотидов ДНК. Каждый нуклеотид ДНК состоит из азотистого основания, пятиуглеродного сахара (пентозы) и остатка фосфорной кислоты (рис. 11).

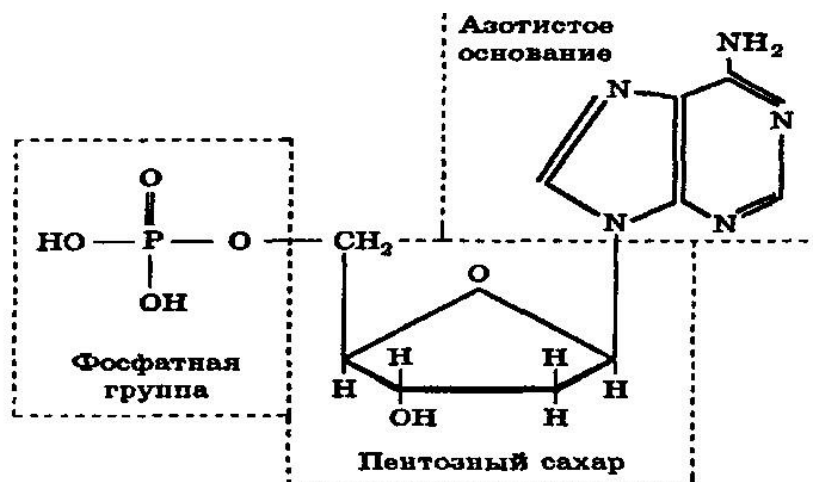


Рис. 11 – Строение нуклеотида ДНК

В состав нуклеотида может входить одно из пяти азотистых оснований: аденин (А), гуанин (Г), цитозин (Ц), тимин (Т) или урацил (У). Аденин и гуанин относятся к пуриновым основаниям, цитозин, тимин и урацил – к пиримидиновым (рис. 12).



Рис.12 – Азотистые основания

В зависимости от вида пятиугольного сахара в составе нуклеотидов оазличают два типа нуклеиновых кислот: **дезоксирибонуклеиновые (ДНК)** и **рибонуклеиновые (РНК)**.

В состав нуклеотидов ДНК входит остаток дезоксирибозы, а нуклеотиды РНК содержат остаток рибозы. Кроме того, азотистое основание тимин (Т) может входить только в состав нуклеотидов ДНК, а урацил (У) встречается только в составе нуклеотидов РНК. Таким образом, как в состав ДНК, так и в состав РНК входит по четыре типа нуклеотидов.

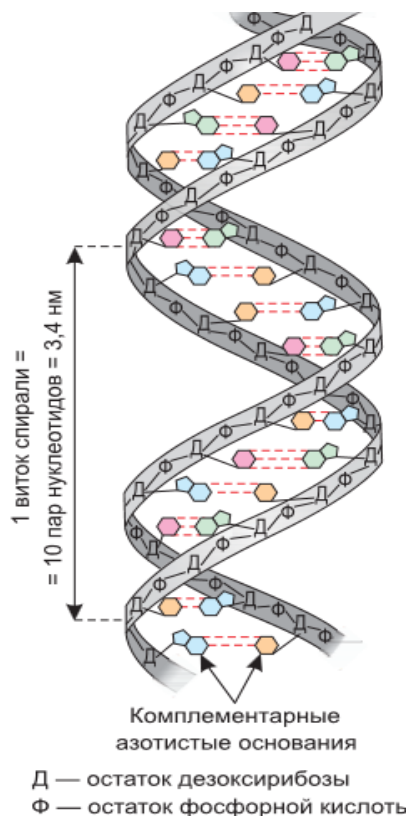


Рис. 13 – Строение молекулы ДНК

ДНК. Молекула ДНК состоит из двух полинуклеотидных цепей, соединенных между собой водородными связями. Эти связи возникают между азотистыми основаниями нуклеотидов противоположных цепей: между аденином и тимином возникают водородные связи, а между гуанином и цитозином – три водородные связи. Нуклеотиды образуют пары, взаимно дополняя друг друга. Такое соответствие парных нуклеотидов называется **комплементарностью** (от лат. *комплементум* – дополнение). Таким образом, цепи ДНК комплементарны – последовательность нуклеотидов в одной цепи определяет их последовательность в другой, что лежит в основе формирования пространственной структуры молекулы ДНК.

Две полинуклеотидные цепи ДНК закручены вокруг общей оси, создавая двойную спираль диаметром около 2 нм, напоминающую винтовую лестницу (рис. 13).

Один виток спирали включает 10 пар нуклеотидов, его длина 3,4 нм. В спиральной молекуле двуцепочечной ДНК азотистые основания находятся внутри спирали.

Функцией ДНК является хранение наследственной (генетической) информации, а также передача этой информации потомкам. В ДНК любой клетки закодирована информация о первичной структуре белков того или иного организма.

В 1950 г. американский ученый Э. Чаргафф и его коллеги, исследуя состав молекулы ДНК, установили определенные закономерности, которые были названы правилами Чаргаффа.

1. Количество адениловых нуклеотидов ДНК равно количеству тимидиловых ($A=T$), а количество гуаниловых – количеству цитидиловых ($G=C$).

2. Количество пуриновых азотистых оснований равно количеству пиримидиновых ($A+G=T+C$).

3. Суммарное количество адениловых и цитидиловых нуклеотидов равно суммарному количеству тимидиловых и гуаниловых нуклеотидов ($A+C=T+G$), что следует из первого правила.

Установление этих правил способствовало установлению пространственной структуры ДНК и определению ее роли в передаче наследственной информации от одного поколения к другому.

РНК. Строение молекул РНК во многом сходно со строением молекул ДНК. Однако имеется и ряд существенных отличий. В молекуле РНК вместо дезоксирибозы в состав нуклеотидов входит рибоза, вместо тимина (Т) – урацил (У). Однако главное отличие состоит в том, что молекулы РНК одноцепочечные. Нуклеотиды цепи РНК способны образовывать водородные связи между собой, но в этом случае речь идет о внутримолекулярном взаимодействии комплементарных нуклеотидов. Молекулы РНК значительно короче ДНК.

В клетке находится несколько видов РНК. *Рибосомальная РНК (р-РНК)* составляет 80% всех РНК клетки. Молекулы рРНК соединяются с особыми белками и образуют рибосомы – органоиды, на которых происходит синтез белков из аминокислот.

Транспортная РНК (тРНК) составляет около 15% всех клеточных РНК. Молекулы тРНК сравнительно небольшие (в среднем состоят из 80 нуклеотидов). Все они имеют сходную пространственную конфигурацию. Благодаря формированию внутримолекулярных водородных связей молекула тРНК приобретает характерную пространственную структуру, называемую клеверным листом (рис. 14). Функция тРНК – перенос аминокислот к рибосомам и участие в процессе синтеза белка.

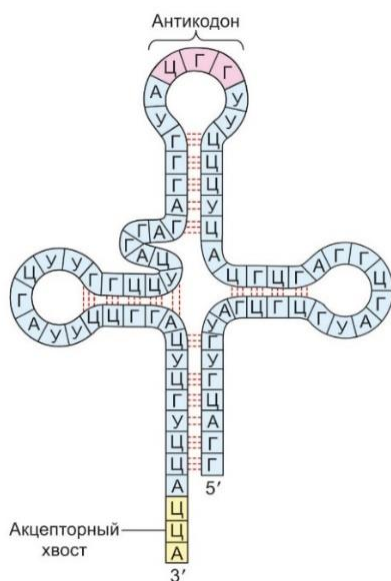


Рис. 14 – Структура тРНК

Информационные, или матричные, РНК (иРНК, мРНК) наиболее разнородны по размерам и структуре. Молекулы иРНК содержат информацию о структуре определенных белков. В ходе синтеза белков на рибосомах они служат матрицами, поэтому биосинтез белка также относится к матричным процессам. Содержание рРНК составляет 3–5% всей клеточной РНК.

Функции всех типов РНК связаны с процессами синтеза белка. Таким образом, ДНК является хранителем информации о структуре всех белков, а РНК обеспечивает реализацию этой информации, участвуя в процессе биосинтеза белков на рибосомах.

5. АТФ и ее роль в клетке.

Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) содержится в каждой клетке в цитоплазме, митохондриях, хлоропластах. Она снабжает энергией большинство реакций, происходящих в клетке.

Молекула АТФ состоит из азотистого основания аденина, пятиуглеродного сахара рибозы и трех остатков фосфорной кислоты. Фосфатные группы соединены между собой высокоэнергетическими (макроэргическими) связями (в формуле обозначены \sim .) (рис. 15).

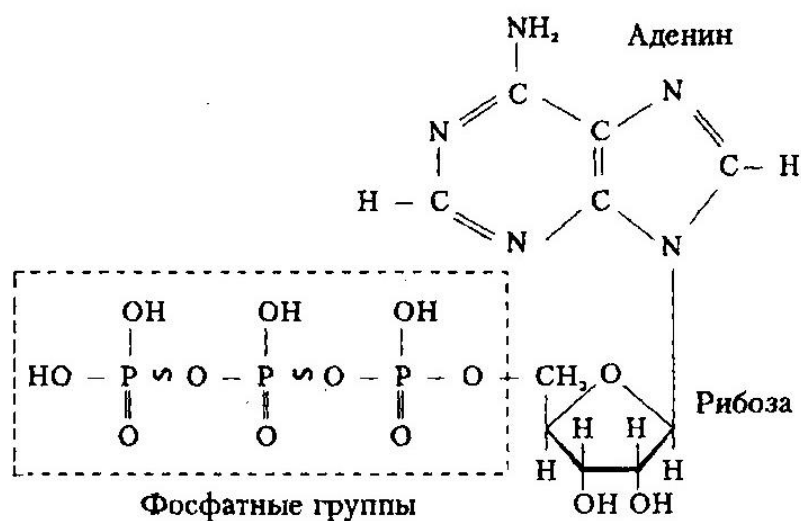


Рис. 15 – Структура АТФ

В результате гидролитического отщепления концевой фосфатной группы АТФ превращается в аденозиндифосфорную кислоту (АДФ) и высвобождается энергия. При отщеплении второй фосфатной группы получается аденозинмонофосфорная кислота (АМФ) и вновь выделяется энергия.



АТФ образуется из АДФ и неорганического фосфата за счет энергии, освобождающейся при окислении органических веществ, а также в процессе фотосинтеза. При этом должно быть затрачено не менее 40 кДж энергии на 1 моль АТФ, которая аккумулируется в ее макроэргических связях:



АТФ очень быстро обновляется. Синтез АТФ осуществляется, главным образом, в митохондриях и хлоропластах.

АТФ играет важную роль в энергетическом обмене клетки. Это означает, что любые виды клеточной активности (движение, биосинтез, деление и др.) совершаются за счет энергии, высвобождающейся при гидролизе АТФ. Остальная энергия (около 5 0%), которая выделяется при расщеплении молекул углеводов, жиров, белков и других органических соединений, рассеивается в виде тепла и не имеет существенного значения для жизнедеятельности клетки.

Контрольные вопросы

1. Какие вещества относятся к органическим?
2. Что такое биополимеры? Приведите примеры.
3. Какое строение имеют углеводы? Примеры моно-, олиго-, полисахаров. Их значение.
4. Какое строение имеют липиды? Примеры липидов, их значение.
5. Какое строение имеют аминокислоты, белки, ферменты. Механизм действия ферментов.
6. Какие нуклеиновые кислоты вам известны? Каково их строение, значение?
7. Значение АТФ в клетке? Какое строение имеет АТФ?

Лекция 3. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КЛЕТКИ

1. Структура клеток.
2. Биологическая мембрана, строение, функции.
3. Транспорт веществ через мембрану.
4. Цитоплазма. Цитоскелет клетки.
5. Органоиды клетки.
6. Клетки прокариот и эукариот. Разнообразие эукариотических клеток.
7. Строение, многообразие и классификация вирусов.

1. Структура клеток. Выполнение любой функции основывается на ее общих свойствах клетки. Та или иная черта, присущая всем клеткам, у специализированной клетки развивается особенно сильно и обеспечивает выполнение клеткой ее специфической функции. Общие черты, без которых невозможно выполнение этой функции, в клетке сохраняются, а остальные могут утратиться. Специализация в фотосинтезе ведет к появлению в клетках хлоропластов (мезофилл листа, замыкающие клетки устьиц). Специализация в функции запасания питательных веществ может привести к увеличению размеров клеток, появлению в них очень крупных вакуолей (мякоть сочных плодов).

Клетки различных организмов отличаются друг от друга размерами, формой, происхождением и функциями. Например, бактериальные клетки имеют диаметр около 0,2 мкм. Клетки других организмов достигают 120–100 мкм, несколько реже – 1–10 мм, очень редко – 10–20 см (яйцеклетки страусов, пингвинов, гусей) и даже 1 м и более (длина отростков нервных клеток животных и млечных сосудов растений).

По форме различают округлые, овальные, многогранные, звездчатые, дисковидные и другие клетки (рис. 16).

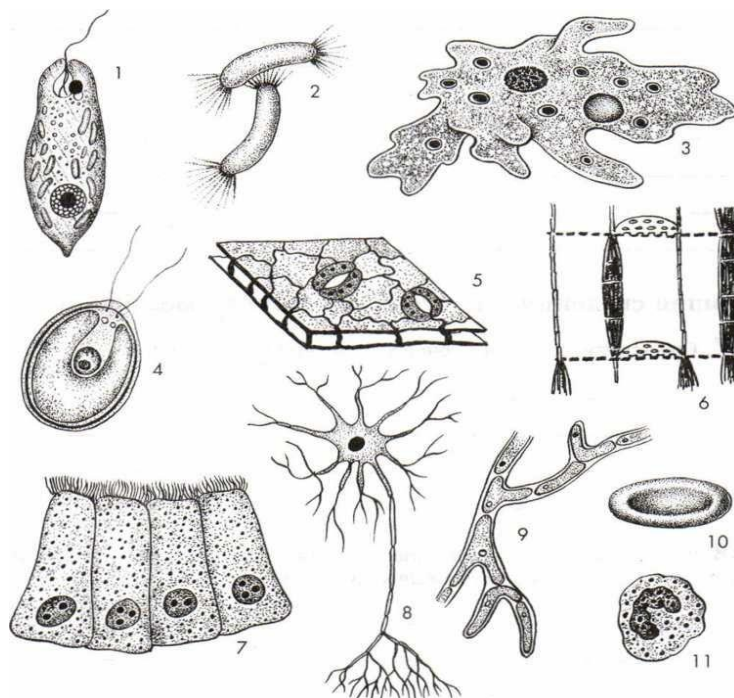


Рис. 16 – Различные формы клеток одноклеточных и многоклеточных организмов:
1 – эвглена зеленая; 2 – бактерии со жгутиками; 3 – амеба; 4 – хламидомонада;
5 – эпидермис листа; 6 – ситовидные трубки и клетки-спутницы; 7 – клетки эпителия трахеи; 8 – нервная клетка; 9 – водоросль; 10 – эритроциты; 11 – лейкоцит

2. Биологические мембраны эукариотических клеток. Строение, функции.

Одной из основных особенностей всех эукариотических клеток является разнообразие мембран и сложность строения внутренних мембран. Мембраны окружают не только цитоплазму, но и ядро, митохондрии, пластиды. Они образуют лабиринт эндоплазматического ретикулума и стопки уплощенных пузырьков, составляющих комплекс Гольджи. Мембраны ограничивают лизосомы, пероксисомы, крупные вакуоли. Некоторые химические реакции, в частности световые реакции фотосинтеза в хлоропластах или окислительное фосфорилирование при дыхании в митохондриях, протекают на самих мембранах. Здесь же, на мембранах, расположены и рецепторные участки для распознавания веществ, поступающих из окружающей среды или из других частей самого организма. Именно плазматическая мембрана, окружающая каждую клетку, обеспечивает сохранение существенных различий между клеточным содержимым и окружающей средой. Следовательно, без мембран существование клетки было бы невозможным.

Плазматическая мембрана, или **плазмалемма**, – это основная, универсальная для всех клеток система. Она представляет собой тончайшее (6–10 нм) образование, покрывающее всю клетку и состоящее из упорядоченно расположенных молекул фосфолипидов и белков. Эти молекулы удерживаются вместе с помощью нековалентных взаимодействий (рис. 17).

Внутренний слой мембраны состоит из двух рядов липидов, молекулы которых расположены таким образом, что их неполярные гидрофобные концы находятся в глубине мембраны, а полярные гидрофильные обращены к внутренней и внешней водной среде. Липидный слой не является сплошным. В отдельных местах мембрана пронизывается белковыми молекулами, образуя гидрофильные поры, через которые проходят водорастворимые вещества. Другие белковые молекулы находятся на внешней и внутренней стороне мембраны.

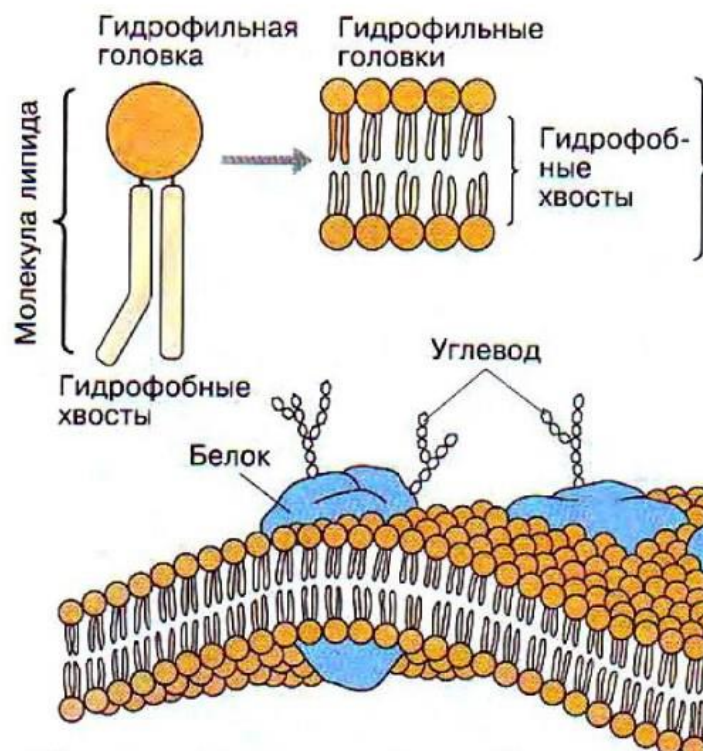


Рис. 17 – Схема строения цитоплазматической мембраны:

1 – билипидный слой; 1а – гидрофильные головки; 1б – гидрофобные хвосты;
2 – интегральный белок; 3 – полуинтегральный белок; 4 – углеводная цепочка

На поверхности мембран всех эукариотических клеток имеются углеводы. Чаще они ковалентно присоединены к мембранным белкам, образуя гликопротеины, и в меньшей степени к липидам – с образованием гликолипидов. В целом содержание углеводов в плазматических мембранах варьирует от 2 до 10% по массе. Полисахаридный слой толщиной от 10 до 20 нм, покрывающий сверху плазмемму животных клеток – гликокаликс.

Все клеточные мембраны представляют собой подвижные, текучие структуры: большая часть составляющих их молекулы белков, липидов, полисахаридов, воды, ионов калия, натрия, кальция и др. способна достаточно быстро перемещаться в плоскости мембраны, меняя в нем свое расположение. При этом миграция указанных веществ осуществляется как диффузно, так и активным путем с потреблением энергии. Кроме того, мембраны быстро восстанавливаются после повреждений, а также растягиваются и сжимаются при клеточных движениях. Все это свидетельствует об их динамической природе.

Мембраны разных типов клеток существенно различаются как по химическому составу белков, гликопротеинов и липидов, так и по их относительному содержанию. Следовательно, каждый тип клеток индивидуален, причем определяется это преимущественно гликопротеинами.

Разветвленные цепи гликопротеинов, выступающие из клеточной мембраны, участвуют в распознавании определенных факторов внешней среды и в реакции клеток на эти факторы. Известно, что яйцеклетка и сперматозоид узнают друг друга по гликопротеинам клеточной поверхности, которые подходят друг к другу как отдельные элементы целой структуры. Такое взаимное узнавание –необходимый этап, предшествующий оплодотворению.

Подобное явление наблюдается и в процессе дифференцировки тканей. В этом случае сходные по строению клетки с помощью распознающих участков плазмалеммы правильно ориентируются по отношению друг к другу, обеспечивая тем самым сцепление и образование тканей.

С распознаванием связана и регуляция транспорта молекул и ионов через мембрану, а также иммунный ответ, в котором гликопротеины играют роль антигенов. Сахара, таким образом, могут функционировать как информационные молекулы (подобно белкам и нуклеиновым кислотам).

В мембранах содержатся специфические рецепторы, переносчики электронов, преобразователи энергии, ферментные белки. Белки участвуют в обеспечении транспорта молекул внутрь клетки или из нее, осуществляют структурную связь цитоскелета с клеточными мембранами или же служат рецепторами для получения и преобразования химических сигналов из окружающей среды.

Столь четкая структурная организация и упорядоченность плазмалеммы обуславливает такую жизненно важную функцию, как избирательная проницаемость, т. е. способность избирательного пропускания в клетку и выхода из нее различных молекул и ионов. Благодаря этому в клетке создается и поддерживается определенная концентрация ионов и осуществляются осмотические явления.

Мембраны как основные структурные элементы клетки ограничивают большинство ее органелл. Они служат не просто физическими границами, а представляют собой динамичные функциональные поверхности. На мембранах осуществляются многочисленные биохимические процессы, такие, как активное поглощение неорганических и органических веществ, синтез АТФ, преобразование энергии при фотосинтезе и др.

Клеточные (внешние) оболочки некоторых клеток животных образованы цементоподобными соединениями. Это характерно для яиц морских ежей, пресмыкающихся. Их кожистые оболочки состоят из гликопротеинового вещества – муцина. Кроме того, плазматическая мембрана часто покрывается дополнительными слоями слизи, хитина и др.

Главной функцией плазматических мембран является регулирование обмена веществ между клеткой и внешней средой. Существуют четыре основных механизма поступления и выведение веществ из клетки: диффузия, осмос, активный транспорт и экзо- или эндоцитоз.

3. Транспорт через биологическую мембрану.

Диффузия. Известно, что в растворах происходит перемещение растворенных веществ из области с высокой концентрацией в область с более низкой. Этот поток веществ (транспорт по градиенту концентрации) существует до тех пор, пока концентрации веществ во всем объеме раствора не выравниваются. Перемещение вещества, движущей силой которого является градиент концентрации, называется диффузионным, а процесс – диффузией.

Скорость диффузии вещества через мембрану зависит, главным образом, от размера молекул и их относительной растворимости в жирах. Это означает, что, чем меньше молекула и чем легче она растворяется в липидах, тем более она будет диффундировать через мембрану. Например, малые неполярные молекулы легко растворяются в липидном слое мембраны, проходят через нее и оказываются по другую сторону. Незаряженные молекулы небольших размеров (CO_2 , этанол, мочевины) проходят через мембрану быстро, а глюкоза, аминокислоты, жирные кислоты, глицерол – медленно. Интересно отметить, что вода легко диффундирует через липидный слой, несмотря на то что молекулы воды относительно нерастворимы в жирах. Большая скорость диффузии воды отчасти объясняется тем, что ее молекулы малы и не заряжены. Напротив, для всех заряженных молекул (ионов) независимо от их размеров липидные слои плазматической мембраны служат серьезным препятствием для проникновения в клетку.

За перенос через клеточные мембраны различных полярных молекул, таких как ионы, сахара, аминокислоты, нуклеотиды и многие другие метаболиты, ответственны специфические белки, называются мембранными транспортными белками. Каждый конкретный белок предназначен для транспорта строго определенного соединения. Такие белки-переносчики способны соединяться с молекулой или ионом и без затрат энергии, т.е. пассивно транспортировать их через мембрану по градиенту концентрации. Этот процесс называется облегченной диффузией, является главным механизмом избирательной проницаемости мембран.

Активный транспорт. В отличие от облегченной диффузии активный транспорт веществ осуществляется против их градиента концентрации, т. е. вещества переходят из области низкой концентрации в область более высокой. В этом случае для переноса протонов или неорганических ионов через мембрану требуется энергия, источником которой является АТФ. Например, необходимый растениям катион K^+ благодаря затратам энергии может проникнуть в клетки корня даже в том случае, если его концентрация в почвенном в 100 раз ниже, чем в клеточном соке.

Известно, что механизмы активного транспорта действуют только для некоторых ионов, например, K^+ , Ca^{2+} . Следовательно, клетка обладает избирательной способностью к различным ионам. Остальные ионы проникают в клетку в зависимости от градиента их электрохимического потенциала и проницаемости мембраны.

Осмос. Вода поглощается клеткой преимущественно путем осмоса. Осмос – это диффузия воды через полупроницаемую мембрану, вызванная разностью концентраций. Если клетку поместить в воду, то создается градиент водного потенциала: вода поступает в клетку по градиенту концентрации и при этом мембрана избирательно пропускает только молекулы воды.

В гипертоническом растворе вода под действием осмотических сил выходит из клетки. Например, эритроциты в таком растворе сморщиваются. В растительной клетке наблюдается плазмолиз – уменьшение вакуоли и отделение цитоплазмы от оболочки (рис. 18), что приводит к увяданию растений.

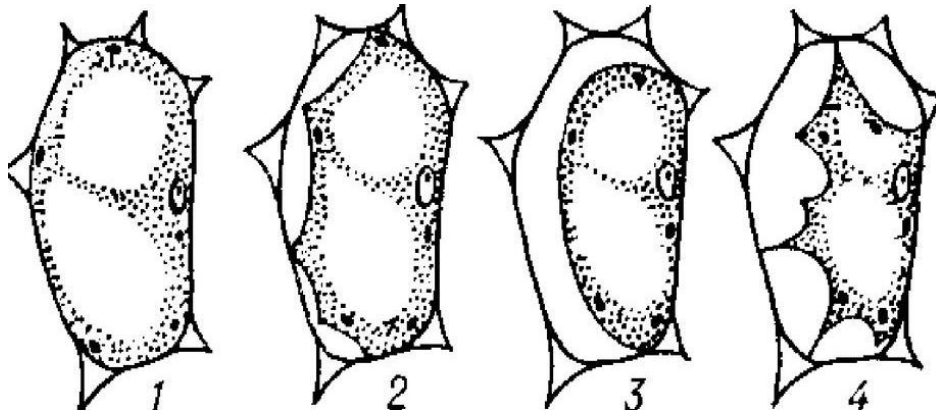


Рис. 18 – Основные формы плазмолиза (схема):

1 – начальная стадия; 2 – вогнутый; 3 – выпуклый (время перехода от вогнутого плазмолиза к выпуклому служит показателем вязкости цитоплазмы); 4 – судорожный (при быстром действии концентрированного плазмолитика и высокой степени вязкости цитоплазмы)

Движение воды через мембрану можно приостановить, приложив к раствору определенное внешнее давление, получившее название осмотического давления. Оно вызывает стремление молекул воды пройти сквозь полупроницаемую мембрану и выровнять концентрацию по обе стороны. Следовательно, чем выше концентрация раствора, тем большую силу надо приложить для того, чтобы воспрепятствовать протекновению воды в раствор через полупроницаемую мембрану. Поэтому более концентрированный раствор обладает большим осмотическим давлением по сравнению с разбавленным и сильнее притягивает воду из окружающего раствора. Значит, осмотическое давление определяется числом частиц растворенного вещества в единице объема растворителя.

Эндоцитоз и экзоцитоз. Макромолекулы (например, белки, полинуклеотиды или полисахариды), а также частицы пищи и мельчайшие организмы проникают внутрь клетки путем эндоцитоза. Различают два типа эндоцитоза: фагоцитоз (поглощение твердых частиц) и пиноцитоз (поглощение жидкостей).

При фагоцитозе мембрана клетки образует выросты и охватывает ими частицы, находящиеся вне клетки. Затем края выростов смыкаются и частица оказывается заключенной в мембранном пузырьке – фагоцитарной вакуоли, с которой сливаются лизосомы. Благодаря ферментам лизосом происходит расщепление сложных органических веществ до фрагментов, которые могут быть усвоены клеткой.

Благодаря способности к пиноцитозу клетки могут поглощать пузырьки жидкости. Процесс поглощения жидкости сходен с фагоцитозом. В месте соприкосновения капли с клеткой плазматическая мембрана образует впячивания в виде канальца, который наполняется жидкостью. Затем он отшнуровывается и попадает в цитоплазму.

Путем фаго- и пиноцитоза осуществляются питание гетеротрофных протистов, защитные реакции высших организмов (лейкоциты поглощают чужеродные частицы), транспорт (клетки почечных канальцев всасывают белки из первичной мочи) и т.д.

Процесс, обратный эндоцитозу, – экзоцитоз – связан с выделением содержимого мембранного пузырька во внешнюю среду. Например, клетки, образующие гормон инсулин, упаковывают его во внутриклеточные пузырьки, которые затем сливаются с цитоплазматической мембраной, высвобождая при этом инсулин.

4. Цитоплазма. Цитоскелет клетки. Цитоплазма состоит из полужидкого содержимого и органелл. Кроме того, в растительной клетке могут присутствовать различные включения – временно выведенные из обмена веществ (запасные питательные и строительные) или нерастворимые отходы метаболических процессов. Однако, в большинстве случаев запасные вещества и конечные продукты обмена расположены не в основном веществе цитоплазмы, а в определенных органеллах – пластидах, вакуолях и др.

Основное полужидкое вещество цитоплазмы называют гиалоплазмой или матриксом. Гиалоплазма представляет собой очень важную часть клетки, ее внутреннюю среду. Гиалоплазма имеет вид гомогенного вещества. Она представляет собой сложную коллоидную систему, включающую различные биополимеры: белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды и др. Эта система способна переходить из золеобразного (жидкого) состояния в гелеобразное (более плотное), и наоборот. Так, например, при высоком гидростатическом давлении цитоплазма не уплотняется, а обратимо разжижается. Это явление объясняется нарушением связей между молекулами или мицеллами (коллоидными частицами) в составе гиалоплазмы. Переходы золя в гель и обратно могут быть вызваны изменением кислотности, концентрации определенных ионов, различными химическими реакциями, изменением температуры и т.п. Таким образом, цитоплазма может менять свое агрегатное состояние, а вместе с ним вязкость, текучесть в зависимости от изменения физических и химических факторов.

Цитоскелет. В гиалоплазме обнаружен цитоплазматический цитоскелет, который представляет собой трехмерную сеть микрофиламентов и микротрубочек.

Микрофиламенты – тонкие белковые волокна (фибриллы), состоящие из двух спирально закрученных одна вокруг другой нитей. Каждая нить возникает в результате полимеризации молекул белка актина (рис. 19).

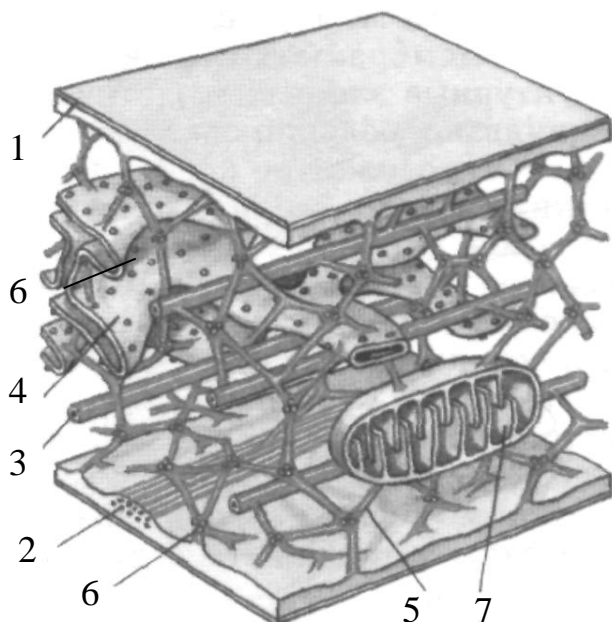


Рис. 19 – Цитоскелет:

- 1 – цитоплазматическая мембрана;
- 2 – микрофиламенты; 3 – микротрубочки;
- 4 – эндоплазматический ретикулум;
- 5 – микротрабекулы; 6 – рибосомы;
- 7 – митохондрия

структуры клетки: мембранные органеллы, различные фибриллярные и трубчатые структуры и плазматическую мембрану. В местах пересечения или соединения концов трабекул располагаются группы рибосом.

5. Органоиды клетки.

В цитоплазме находятся органоиды (органеллы). **Органоиды** – структуры клетки, имеющие определенное строение и выполняющие определенные функции (митохондрии, аппарат Гольджи, рибосомы и др.). Органоиды делят на немембранные, одномембранные двумембранные.

В клетке обнаруживаются также фибриллы другого важного белка – миозина. Микротрабекулярная решетка разделяет клетку на две фазы: богатую белком (тяжи решетки) и богатую водой, заполняющей пространство между тяжами. Вместе с водой решетка имеет консистенцию геля.

Микротрабекулярная решетка осуществляет связь между отдельными частями клетки и управляет внутриклеточным транспортом.

Функциональная роль микротрабекулярной системы заключается в поддержании цитоплазматического скелета, в способности гиалоплазмы изменять агрегатное состояние отдельных участков цитоплазмы, ее вязкость и текучесть. Эта система очень динамична: может распадаться на отдельные молекулы белков, которые переходят в раствор и изменяют физические свойства гиалоплазмы.

Микротрабекулярная система связывает все внутриклеточные

Немембранные органоиды.

Клеточный центр имеется у большинства клеток, а также у некоторых грибов, водорослей, мхов и папоротников. Он расположен вблизи ядра и образован двумя полыми цилиндрами – центриолями. Каждая центриоль состоит из девяти триплетов микротрубочек (9×3), связанных специальными белками в единую систему (рис. 20).

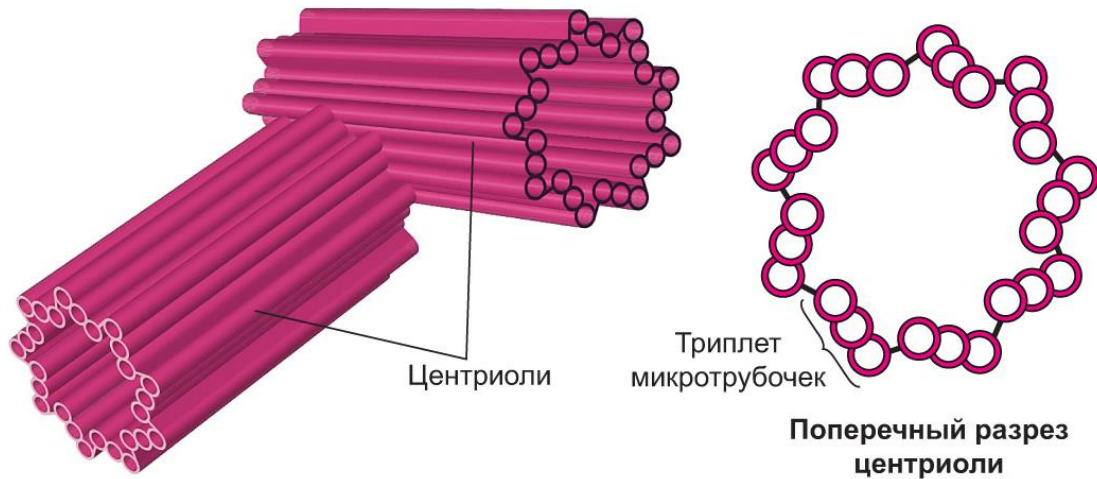


Рис. 20 – Схема строения центриолей

Центриоли располагаются перпендикулярно друг другу.

Функция центриолей – участвуют в образовании веретена деления.

Рибосомы. Рибосома состоит из двух *субъединиц* – большой и малой (рис. 21). Каждая из них содержит одну или несколько молекул рРНК, связанных с молекулами различных белков. В прокариотической клетке субъединицы рибосом формируются в цитоплазме. У эукариот образование субъединиц происходит в ядре. Большие и малые субъединицы рибосом располагаются в цитоплазме отдельно друг от друга и объединяются только для синтеза белка. Сформированные рибосомы могут находиться в свободном состоянии в гиалоплазме либо прикрепляться к поверхности эндоплазматической сети или ядра. Функция рибосом – синтез белков, необходимые для нужд клетки.

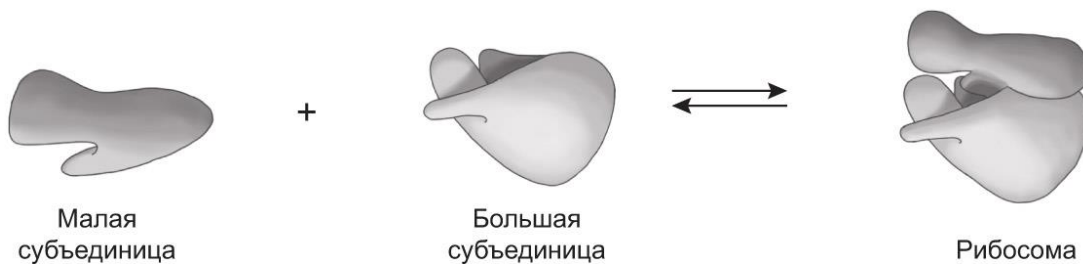


Рис. 21 – Схема строения рибосомы

Одномембранные органоиды.

Эндоплазматический ретикулум (ЭПР) – сложная система уплощенных мембранных мешочков (цистерн) в виде трубочек и пластинок. ЭПР образует единое целое с наружной мембраной ядра (рис. 22).

ЭПР служит системой внутриклеточной циркуляции, по которой перемещаются сахара, аминокислоты, АТФ к местам их использования или запасания.

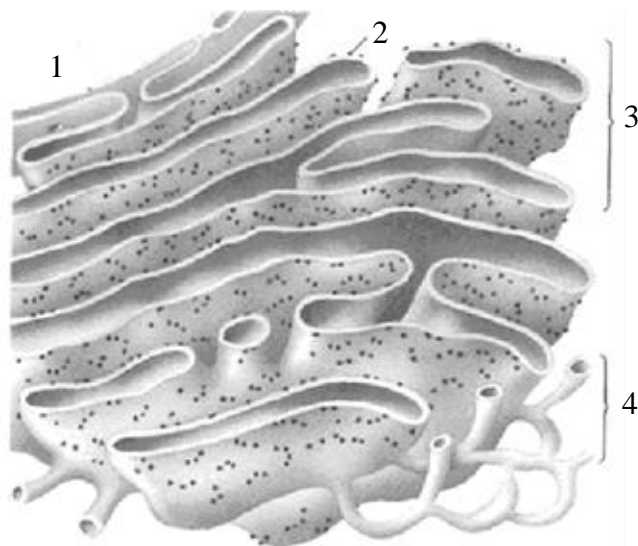


Рис. 22 – Строение эндоплазматического ретикулума:

- 1 – наружная ядерная мембрана; 2 – рибосомы;
3 – гранулярный (шероховатый) ЭПР;
4 – агранулярный (гладкий) ЭПР

Когда поверхность ЭПР покрыта рибосомами, то ЭПР называется шероховатым, или гранулярным. По цистернам такого ЭПР транспортируется белок, синтезированный на рибосомах. Гладкий, или агранулярный, ЭПР (без рибосом) – место синтеза липидов.

Аппарат Гольджи или комплекс состоит из отдельных диктиосом (греч. *диктион* – сеть, *сома* – тело) и пузырьков Гольджи.

Диктиосома, или тельце Гольджи, представляет собой стопку уплощенных мембранных мешочков – цистерн (рис. 23). Эти цистерны толщиной около 15 нм. Толщина всего комплекса зависит от количества цистерн. Новые цистерны образуются из мембранного материала, происходящего из ЭПР.

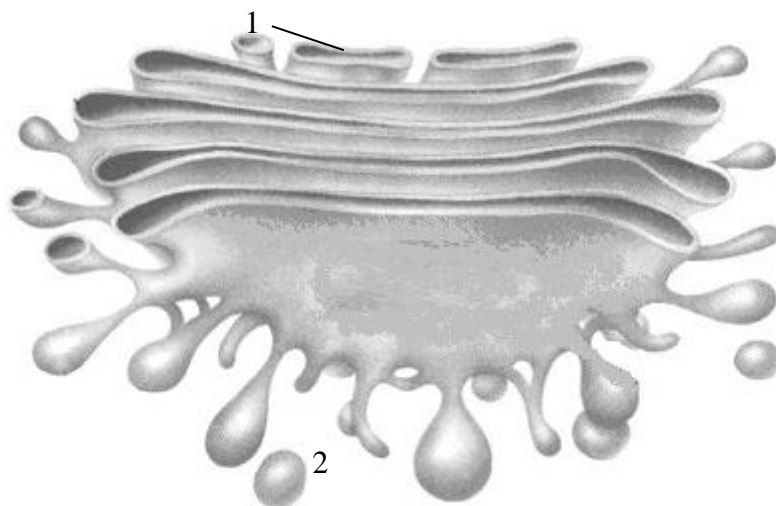


Рис. 23 – Строение аппарата Гольджи: 1 – цистерны; 2 – пузырьки Гольджи

Комплекс Гольджи участвует в образовании клеточных оболочек растений. Внутреннее содержимое этих пузырьков выводится из клеток путем экзоцитоза, а их мембраны включаются в состав плазмалеммы. Так происходит образование клеткой различных веществ во внеклеточную среду и обновление цитоплазматической мембраны. Из некоторых пузырьков комплекса Гольджи формируются лизосомы и вакуоли.

Лизосомы – мелкие сферические мембранные мешочки диаметром от 0,2 до 2,0 мкм. (рис. 31).

Лизосомы бывают первичными и вторичными. Первичные образуются при отщеплении пузырьков от эндоплазматического ретикулума и комплекса Гольджи. Они содержат ферменты в неактивном состоянии. Вторичные лизосомы образуются в результате автофагии – процесса, в ходе которого клетка уничтожает не нужные ей структуры.

Лизосомы наполнены различными гидролитическими ферментами – протеазами, липазами, нуклеазами и др. Например, протеазы разрушают белки, нуклеазы катализируют распад ДНК и РНК, липазы осуществляют расщепление жиров. Но любое повреждение клетки, вызывающее разрыв лизосом, освобождает ферменты. В результате этого в клетке начинаются биохимические реакции, вредные для клетки, либо полезные, если они являются средством борьбы с патогенами (вирусами, грибами, бактериями).

Вакуоли – это типичные органоиды растительной клетки; полости в цитоплазме растительных клеток, окруженные мембраной и заполненные водным раствором солей, органических веществ, а также продуктами метаболизма (рис. 31).

Состав клеточного сока. Органические вещества:

Азотистые: белки (протеины, протеиды), аминокислоты;

- алкалоиды (хинин, морфин, никотин, кофеин, колхицин, кодеин, папаверин);
- гликоалкалоиды (соланин).

Безазотистые

– углеводы (моносахариды: глюкоза, фруктоза; дисахариды: сахароза, мальтоза; полисахариды: инулин, пектины, декстрины);

– гликозиды (пигменты: антоцианы, флавоны; синигрин, амигдалин, кумарин, сапонин, ванилин);

– дубильные вещества (таннин, катехин);

– органические кислоты (щавелевая, яблочная, винная, лимонная);

– соли органических кислот (кристаллы оксалата кальция);

– терпеноиды;

– эфиры.

Неорганические вещества:

– фосфаты К, Na, Ca;

– нитраты (селитры) К, Na;

– хлориды К, Na;

– сульфат Ca;

– йод, бром.

Поскольку вакуоли образуются в результате обмена веществ, то их форма, размеры определяются состоянием самого протопласта.

Двумембранные органоиды.

Митохондрии. Размеры: длина – от 1 до нескольких мкм; ширина – около 0,5 мкм.

Внешняя мембрана гладкая, внутренняя образует много выростов – крост (рис. 24).

На поверхности крост расположены грибовидные частицы – АТФ-сомы, катализирующие образование АТФ. АТФ-сома имеет округлую головку диаметром около 10 нм и ножку длиной до 4 нм.

На внутренней мембране расположены ферменты, катализирующие биохимические реакции, связанные с аэробным дыханием клетки. В этих реакциях выделяется большое количество энергии, используемое для синтеза АТФ. Между внешней и внутренней мембранами митохондрии имеется перимитохондриальное пространство, которое является местом скопления протонов. Процесс образования АТФ в результате переноса протонов через мембрану получил название окислительного фосфорилирования.

В матриксе митохондрий содержатся кольцевые молекулы ДНК, белок и собственные рибосомы. В матриксе располагаются ферменты окисления ди- и трикарбоновых кислот, ряд систем синтеза липидов, аминокислот, ДНК. Некоторые гены митохондрий могут автономно кодировать образование митохондриальных р-РНК.

Таким образом, митохондрии участвуют в дыхании, которое приводит к освобождению энергии.

Уникальной особенностью растительных клеток является наличие в них разнообразных **пластид**. Первые сведения о пластидах встречаются в работах А. Левенгука (1676). Пластиды водорослей называют хроматофорами. Хроматофоры могут быть звездчатой, лентовидной формы.

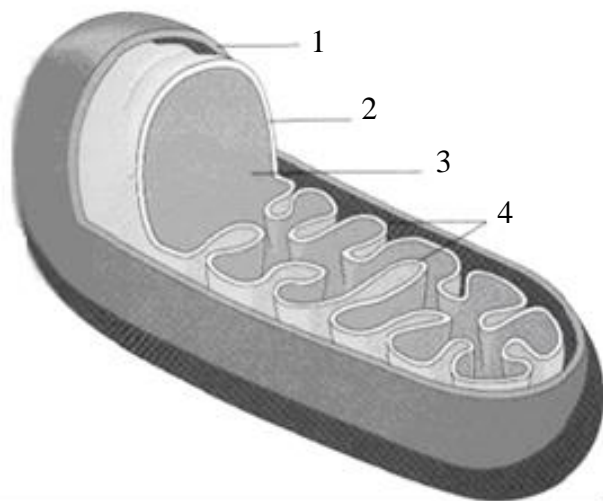


Рис. 24 – Строение митохондрии:
1 – наружная мембрана; 2 – внутренняя мембрана; 3 – матрикс; 4 – кристы

Форма и размеры пластид очень разнообразны. Зрелые пластиды классифицируют на основе содержащихся в них пигментов.

Пигменты, участвующие в процессах фотосинтеза, принадлежат к трем классам: хлорофиллы; каротиноиды; у цианобактерий, красных водорослей – фикобилины. У всех высших растений содержатся хлорофиллы а и b. Причем хлорофилл а – в качестве основного, хлорофилл b – в качестве дополнительного.

К каротиноидам относят каротины – оранжевые пигменты – и ксантофиллы – желтые. Каротиноиды не растворимы в воде, но растворимы в жирах. Каротиноиды поглощают коротковолновые лучи спектра (синие, фиолетовые и ультрафиолетовые) и передают поглощенную энергию хлорофиллу.

Фикобилины: красные – фикоэритрины и синие – фикоцианины. Это пигменты багрянков и цианобактерий. Фикобилины доставляют поглощенную энергию света к молекулам хлорофилла.

Пропластиды – мелкие, бесцветные недифференцированные пластиды, которые находятся в меристематических клетках корней и побегов. Это предшественники других, более дифференцированных пластид.

Хлоропласты по форме напоминают линзу диаметром 5–8 мкм, толщина около 1 мкм. Количество хлоропластов в клетке может быть от 20 до 100. Внутренняя мембрана хлоропласта образует уплощенные замкнутые впячивания – тилакоиды, которые имеют форму дисков. Основная структурная единица хлоропластов – тилакоид. Несколько тилакоидов, лежащих друг над другом, образуют грану (рис. 25, 26).

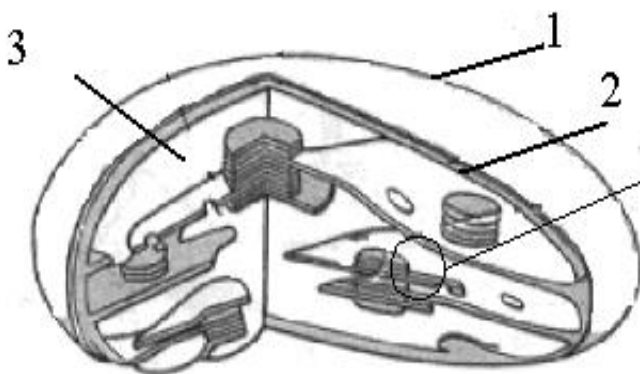


Рис. 25 – схема строения хлоропласта:
1 – наружная мембрана;
2 – внутренняя мембрана; 3 – строма

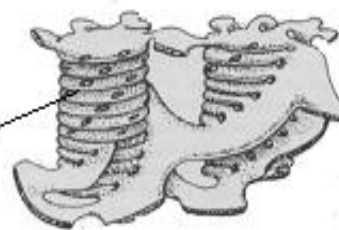


Рис. 26 – Трехмерная модель организации тилакоидов

На мембранах тилакоидов находятся хлорофилл, вспомогательные пигменты и ферменты, принимающие участие в фотохимических реакциях фотосинтеза. Тилакоиды отдельных гран связаны друг с другом межгранными тилакоидами или тилакоидами стромы – ламеллами.

Пространство между гранами, как и в митохондриях, заполнено бесцветной стромой, в которой находятся ферменты, принимающие участие в фиксации CO₂, рибосомы. Как и митохондрии, хлоропласты имеют свою собственную ДНК, следовательно, генетический аппарат хлоропластов автономен.

В хлоропластах происходит фотосинтез – преобразование света в энергию связей органического вещества глюкозы.

Лейкопласты – бесцветные пластиды (рис. 27). В них запас веществ. Лейкопласты, запасают белки, жиры, крахмал. Встречаются лейкопласты в клетках сердцевинки стебля, семенах, корнях, клубнях, корневищах, т.е. в клетках органов, скрытых от действия солнечного света.

Хромопласты (греч. *chroma* – цвет) – пигментированные пластиды (рис. 28). Яркая окраска плодов, некоторых лепестков, корнеплодов, листьев осенью обусловлена каротиноидами, сконцентрированными в хромопластах. В хромопластах осуществляется синтез некоторых витаминов.

Хромопласты образуются из хлоропластов. При этом разрушаются ламеллярные структуры, хлорофилл; каротиноиды собираются в строме пластид.

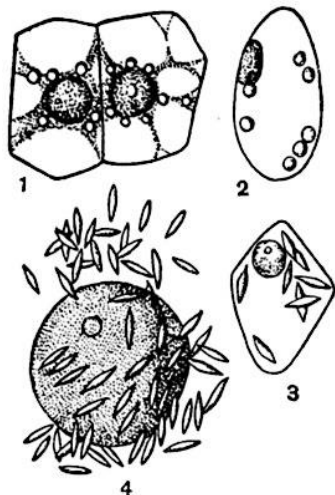


Рис. 27 – Лейкопласты:
1 – в клетках кожицы; 2–3 – в клетках семени;
4 – в клетках корня (изображенное ядро с лейкопластами подле него)

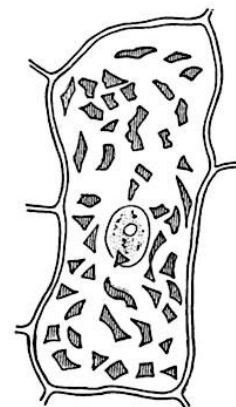


Рис. 28 – Хромопласты в клетке лепестка венчика настурции большой (*Tropaeolum majus*)

Информационная система клетки. Ядро, его строение и функции.

Ядро. Все живые организмы характеризуются исключительно упорядоченным строением и функционированием. Этот порядок не случаен, он направляется информацией, сосредоточенной главным образом в ядре эукариотической клетки и ядерной области прокариот. Генетическая информация закодирована в виде специфической последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК.

Благодаря наличию ДНК, ядро является местом хранения и воспроизведения наследственной информации, определяющей признаки данной клетки и всего организма. Ядро служит также центром управления обменом веществ клетки, определяя, какие белки и в какое время должны синтезироваться. Поэтому после удаления ядра из клетки она, как правило, быстро погибает.

Большинство клеток имеют одно ядро, изредка встречаются двухъядерные (клетки печени) и многоядерные (клетки протистом, водорослей и грибов, а также клетки поперечнополосатых мышц).

Форма и размеры ядра очень изменчивы и зависят от вида организма, а также от типа, возраста и функционального состояния клетки. Ядро может быть линзо-, веретено- или шаровидным (5–10 мкм в диаметре), а также многолопастным.

Ядро – обязательная часть живой клетки всех эукариотических организмов. Ядро контролирует жизнедеятельность клетки, сохраняет генетическую информацию и передает ее дочерним клеткам в процессе клеточного деления.

В световой микроскоп ядро плохо видно, потому что преломляет свет ненамного больше, чем окружающая цитоплазма. Поэтому без специальной окраски ядро тяжело обнаружить.

Ядро эукариотической клетки состоит из ядерной оболочки, нуклеоплазмы, хроматина и ядрышек.

Ядро отделено от цитоплазмы двумя мембранами: внутренней и наружной (рис. 29). Между ними находится перинуклеарное пространство. Внутренняя мембрана агранулярного типа. Наружная мембрана гранулярная: к ней прикрепляются рибосомы. В некоторых местах эта мембрана объединяется с ЭПР.

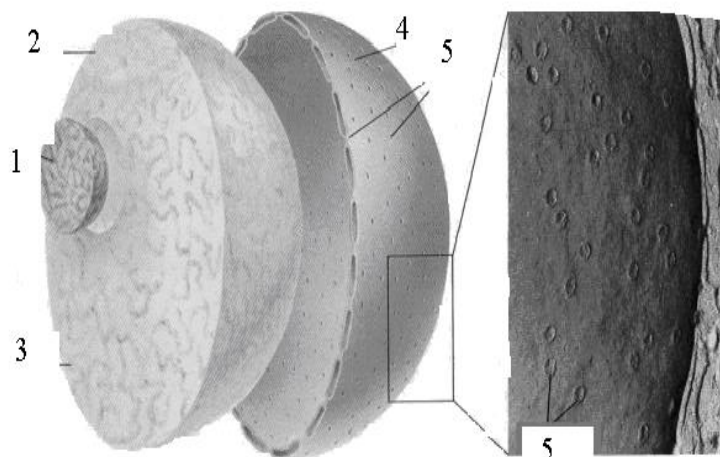


Рис. 29 – Строение ядра:

1 – ядрышко; 2 – нуклеоплазма; 3 – хроматин; 4 – мембраны ядра; 5 – ядерные поры

Ядерная оболочка пронизана множеством пор диаметром около 30–100 нм. Численность пор также колеблется: в зависимости от типа и физиологического состояния клетки на 1 мкм² ядерной оболочки их насчитывается в среднем от 10 до 30. В молодых клетках их всегда больше. Благодаря наличию пор, обеспечивающих избирательную проницаемость, ядерная оболочка контролирует обмен веществ между ядром и цитоплазмой, например, выход в цитоплазму иРНК и рибосомных субъединиц или поступление в ядро белков, нуклеотидов и молекул, регулирующих активность ДНК. Ядерная оболочка образуется после деления ядра из цистерн эндоплазматической сети и частично из фрагментов старой ядерной оболочки, распавшейся во время деления.

Внутреннее содержимое ядра составляет гелеобразный матрикс – нуклеоплазма (или ядерный сок), заполняющая пространство между структурами ядра. В ней находятся одно или несколько ядрышек, хроматин, значительное количество РНК и ДНК, различные белки, в том числе большинство ферментов ядра, а также свободные

нуклеотиды, аминокислоты, промежуточные продукты обмена веществ. Нуклеоплазма осуществляет взаимосвязь всех ядерных структур.

Хроматин на окрашенных препаратах клетки в состоянии покоя представляет собой сеть тонких тяжей (фибрилл), мелких гранул или глыбок. Основу хроматина составляют нуклеопротеины – длинные нитевидные молекулы ДНК, соединенные со специфическими белками-гистонами. В процессе деления ядра нуклеопротеины спирализуются, укорачиваются, тем самым уплотняются (в 100–500 раз) в компактные палочковидные хромосомы, которые становятся заметными в световой микроскоп. В состав хромосом входят также РНК, кислые белки, липиды и минеральные вещества (ионы Ca^{2+} Mg^{2+}), а также фермент ДНК-полимераза, необходимый для репликации ДНК.

У каждой хромосомы имеется первичная перетяжка (утонченный неспирализованный участок), которая делит хромосому на два плеча. В области первичной перетяжки располагается фибриллярное тельце – центромера (кинетохор), которая регулирует движение хромосом при клеточном делении: к ней прикрепляются нити веретена деления, разводящие хромосомы к полюсам.

В зависимости от расположения перетяжки определяют три основных типа хромосом: 1) равноплечие – с плечами равной длины; 2) неравноплечие – с плечами неравной длины; 3) палочковидные с одним длинным и другим очень коротким, едва заметным плечом (рис. 30).

Некоторые хромосомы имеют вторичную перетяжку, не связанную с прикреплением нити веретена деления. В области вторичной перетяжки обычно формируется ядрышко. Поэтому этот участок хромосомы называется ядрышковым организатором.

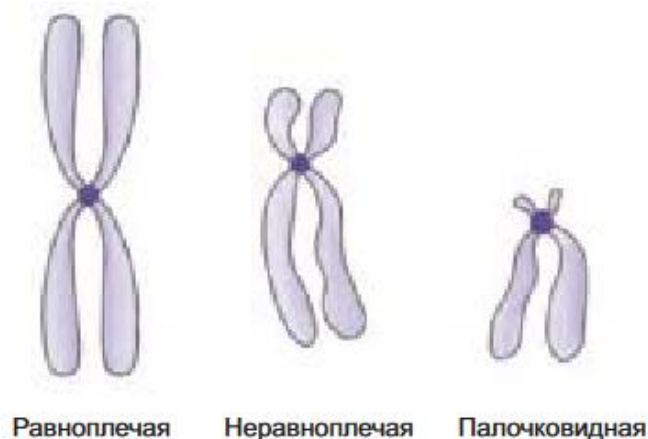


Рис. 30 – Типы хромосом

Каждой клетке того или иного вида живых организмов свойственно определенное число, размеры и форма хромосом. Совокупность хромосом соматической клетки (клетки тела многоклеточного организма), типичную для данной систематической группы протистов, животных или растений, называют хромосомным набором, или кариотипом.

Число хромосом в зрелых половых клетках называют гаплоидным набором и обозначают n . Соматические клетки содержат двойное число хромосом (диплоидный набор), обозначаемое $2n$. Клетки, имеющие более двух наборов хромосом, называют полиплоидными ($3n$ – триплоид, $4n$ – тетраплоид, $5n$ – пентаплоид и т.д.). Парные хромосомы, т.е. одинаковые по форме, структуре, размерам, но имеющие разное происхождение (одна материнская, другая отцовская), называются гомологичными.

Количество хромосом в кариотипе не связано с уровнем организации живых организмов: примитивные формы могут иметь большее число хромосом, чем высокоорганизованные, и наоборот. Например, клетки радиолярий (морских протистов) содержат

1000-1600 хромосом, а клетки шимпанзе – всего 48. Однако следует помнить, что все организмы одного вида имеют одинаковое количество хромосом, т.е. для них характерна видовая специфичность кариотипа. В клетках человека диплоидный набор составляет 46 хромосом, пшеницы мягкой – 42, картофеля – 18, мухи домашней – 12, плодовой мушки дрозофилы – 8. Правда, клетки разных тканей даже одного организма в зависимости от выполняемой функции могут иногда содержать разное число хромосом. Так, например, в клетках печени животных бывает разное число наборов хромосом (4n, 8n). По этой причине понятия «кариотип» и «хромосомный набор» не совсем идентичны.

Ядрышки – это округлые, сильно уплотненные участки клеточного ядра диаметром 1–5 мкм и больше. В состав ядрышек входит около 80% белка, 10–15% РНК, некоторое количество ДНК и другие химические компоненты.

Во время деления ядра ядрышки разрушаются, а затем в конце деления формируются вновь. Под контролем генов ядрышковых организаторов осуществляется синтез рибосомной РНК. В ядрышке происходит объединение РНК с белком, в результате чего образуются рибонуклеопротеидные субъединицы рибосом. Последние через поры ядерной оболочки переходят в цитоплазму, где заканчивается их формирование.

Ядрышко является местом синтеза рибосомной РНК и самосборки субъединиц рибосом.

Таким образом, важнейшие функции ядра:

1. Хранение наследственной информации и передача ее дочерним клеткам в процессе деления. Как вам известна, наследственная информация закодирована в молекулах ДНК.

2. Управление процессами жизнедеятельности клетки.

6. Клетки прокариот и эукариот. Типы и разнообразие эукариотических клеток. Все известные одно- и многоклеточные организмы делятся на две группы: прокариоты и эукариоты. К прокариотам относят бактерий и цианобактерий, а к эукариотам – протисты, грибы, растения и животные.

Клетки прокариот в отличие от клеток эукариот устроены относительно просто. В клетке прокариот нет истинного ядра, ядрышек и хромосом. Вместо ядра имеется его аналог – нуклеоид, лишенный оболочки и состоящий из одной-единственной кольцевой молекулы ДНК. Именно этот признак является решающим при делении клеток на прокариотические (доядерные) и эукариотические (ядерные).

Прокариотические клетки не имеют внутренних мембран, кроме впячиваний плазмалеммы. Это значит, что у них нет органелл, имеющих мембранное строение, – митохондрий, эндоплазматической сети, хлоропластов, лизосом, и комплекса Гольджи, характерных для эукариотической клетки. Из органелл прокариотическая клетка содержит лишь более мелкие, чем в клетках эукариот, рибосомы.

Клетки прокариот покрыты жесткой клеточной оболочкой и часто – слизистой капсулой. Плазматическая мембрана обычно образует впячивания, на которых находятся ферменты, дыхания, фотосинтеза (если это цианобактерии). Пигменты фотосинтеза цианобактерий: бактериохлорофилл у бактерий, хлорофилл и фикоцианин – у цианобактерий.

Благодаря этому мембраны прокариот способны выполнять функции митохондрий, хлоропластов и других органелл.

Функции в *эукариотической* клетке распределены между ядром и различными органеллами, такими, как митохондрии, рибосомы, комплекс Гольджи и др.

Клеточное ядро, митохондрии и пластиды четко отделены от цитоплазмы мембраной. В ядре находится генетический материал клетки: ДНК и связанные с ней вещества. Пластиды служат главным образом для улавливания энергии света и превращения ее в процессе фотосинтеза в химическую энергию углеводов, а митохондрии – для выработки энергии путем расщепления углеводов, жиров, белков.

Мембранные системы цитоплазмы – эндоплазматическая сеть и комплекс Гольджи – участвуют в синтезе и упаковке макромолекул, необходимых для осуществления жизнедеятельности клетки. Вакуоли, лизосомы и пероксисомы выполняют специфические для каждой из этих органелл функции и также имеют мембранное строение. И только у рибосом, хромосом, микротрубочек и микрофиламентов мембраны отсутствуют.

Несмотря на сходство в строении и химическом составе между клетками организмов различных царств живой природы имеются существенные различия. Клетки одноклеточных протистов и многоклеточных грибов, растений и животных часто отличаются не только структурой, но и физико-биохимическими особенностями (табл. 2).

Таблица 2 – Сравнительная характеристика эукариотических клеток организмов различных царств

признак	Клетки			
	протистов	грибов	растений	животных
Клеточная стенка	У многих есть	В основном из хитина	Из целлюлозы	Нет
Крупная вакуоль	Бывает редко	Есть	Есть	Нет
хлоропласты	Бывают часто	Нет	Есть	Нет
Способ питания	Авто- и гетеротрофный	Гетеротрофный	Автотрофный	Гетеротрофный
центриоли	Бывают часто	Бывают редко	Только у некоторых мхов и папоротников	Есть
Резервный питательный углевод	Крахмал, гликоген.	Гликоген	Крахмал	Гликоген

Каждая клетка представляет собой замкнутую единицу, окруженную плазматической мембраной.

Отличия клеток растений от клеток животных. Все процессы в разных клетках осуществляются подобно и при помощи однотипных структур, общих по плану строения не только для разных растительных клеток, но и для клеток растений и животных.

Тем не менее растительные клетки имеют свои отличительные черты:

1) сформированные клетки растений, в отличие от клеток животных, имеют постоянную форму благодаря наличию клеточной оболочки;

2) рост растяжением;

3) более крупные размеры;

4) наличие вакуолей, которые являются не только резервуаром для продуктов метаболизма, но и участвуют в осмотических явлениях (рис. 31);

5) наличие пластид, благодаря которым осуществляется преобразование солнечной энергии в химическую, что делает клетку автотрофной;

6) в клетке высших растений нет центриолей, исключение составляют клетки некоторых мхов и некоторых папоротников.

7) У растительной клетке есть оболочка из целлюлозы, у животной клетки ее нет.

Отличительные черты растительных клеток обусловлены способом питания зеленых растений и прикрепленным образом жизни.

Животная клетка имеет неправильную, вытянутую форму (рис. 32).

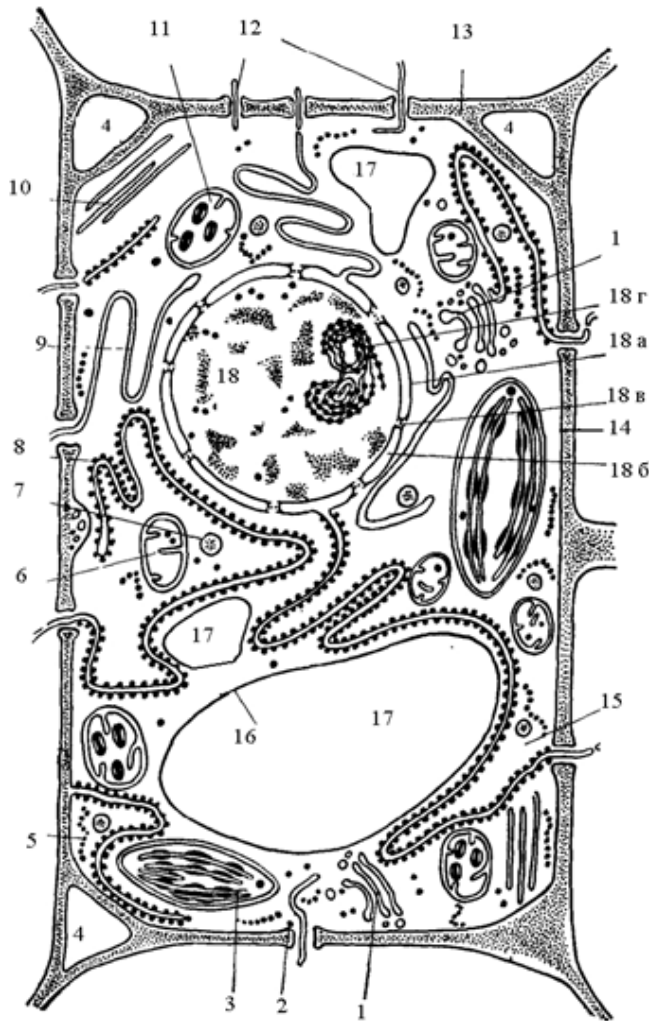


Рис. 31 – Схема строения растительной клетки:
 1 – аппарат Гольджи;
 2, 5 – рибосомы; 3 – хлоропласт;
 4 – межклеточное пространство;
 6 – митохондрия; 7 – лизосома;
 8 – гранулярная эндоплазматическая сеть; 9 – гладкая эндоплазматическая сеть; 10 – микротрубочки;
 11 – пластида;
 12 – плазмодесмы, проходящие сквозь оболочку; 13 – клеточная оболочка;
 14 – плазмалемма;
 15 – гиалоплазма; 16 – тонопласт;
 17 – вакуоли; 18 – ядро:
 18а – наружная мембрана ядра;
 18б – перинуклеарное пространство;
 18в – ядерная пора;
 18г – ядрышко

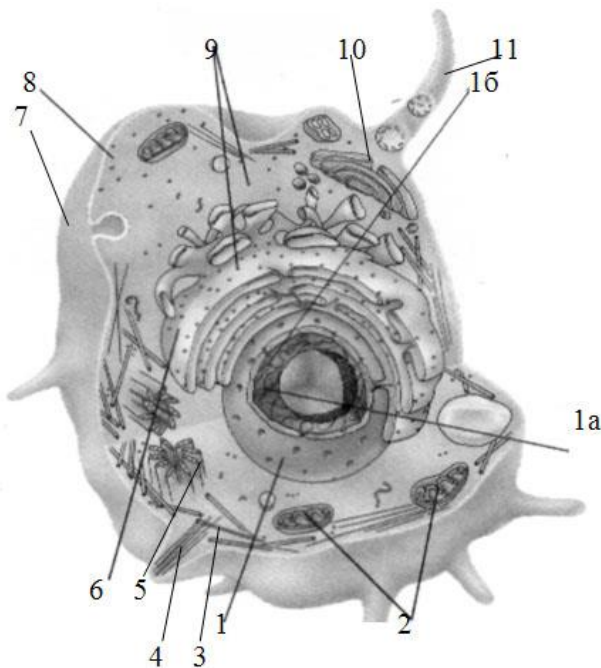


Рис. 32 – Строение животной клетки:
 1 – ядро: 1а – нуклеоплазма;
 1б – хроматин; 2 – митохондрии;
 3 – микротрубочки;
 4 – микрофиламенты;
 5 – центриоль; 6 – шероховатый эндоплазматический ретикулум;
 7 – цитоплазматическая мембрана;
 8 – гиалоплазма; 9 – рибосомы;
 10 – аппарат Гольджи;
 11 – жгутик

Таким образом, форма клетки часто зависит от выполняемой функции. Несмотря на многообразие форм, организация клеток всех живых организмов подчинена единым структурным принципам.

7. Строение, многообразие и классификация вирусов.

В 1892 г. российский ученый Д. И. Ивановский впервые описал заразные свойства жидкости, полученной из растертых листьев табака, пораженного мозаичной болезнью (рис. 33). Эта жидкость сохраняла способность вызывать заболевание даже после того, как была пропущена через специальный фильтр, задерживающий бактериальные клетки. Это послужило первым указанием на то, что существуют возбудители болезней, имеющие меньшие размеры, чем у бактерий.

В 1898 г. причастность фильтрующихся агентов к развитию заболеваний не только растений, но и животных, была подтверждена другими учеными. Для названия таких невидимых в световые микроскопы возбудителей стали применять название «вирус», что в переводе с латинского означает «яд».



Рис. 33 – Листья растений табака, пораженные вирусом табачной мозаики

В 1898 г. немецкие ученые Ф. Леффлер и П. Фрош доказали причастность фильтрующегося возбудителя к развитию ящура крупного рогатого скота. В первой четверти XX в. подобные сведения были получены для таких заболеваний человека и животных, как бешенство, полиомиелит, грипп и др.

В 1915–1917 гг. английский бактериолог Ф. Туорт и канадский микробиолог Ф. д'Эрелль независимо друг от друга открыли вирусы, способные убивать бактерии. Такие вирусы были названы *бактериофагами*, то есть «пожирателями бактерий». Это название не случайно: если в пробирку с чувствительными к этому вирусу бактериями внести несколько сотен бактериофагов, через несколько часов почти все бактерии погибнут. Изучение такого действия вирусов привело к открытию характерного для них способа размножения.

Сложности в изучении вирусов заключались не только в их крайне малых размерах. Выяснилось, что вирусы невозможно размножить на питательных средах, как другие микроорганизмы. Получить материал для исследования можно было исключительно из организмов, зараженных тем или иным вирусом. Поэтому для изучения вирусов человека пришлось разработать особые способы культивирования. Их размножают путем заражения эмбрионов из куриных яиц или культур клеток млекопитающих, поддерживаемых на питательных средах.

Строение вирусов. Вирусы представляют собой частицы размером от 10 до 400 нм. Форму и структуру **вирионов** – вирусных частиц удалось изучить только после

изобретения электронного микроскопа. Вирионы некоторых вирусов напоминают палочки или нити. У других вирусов они имеют вид правильных многогранников либо близки по форме к шару (рис. 34).

Основными компонентами вируса являются нуклеиновая кислота и окружающая ее белковая оболочка – *капсид*. В зависимости от вида вирусов капсиды могут состоять из одного или нескольких типов белковых молекул – *капсомеров*. Расположение этих молекул строго упорядочено, что определяет форму и тип симметрии капсида. Капсомеры многих вирусов находятся в тесном взаимодействии не только друг с другом, но и с находящимися внутри капсида молекулами нуклеиновой кислоты. У одних вирусов внутри капсида находится ДНК, у других – РНК. Это *геном* (*генетический аппарат*) вируса. В зависимости от типа нуклеиновой кислоты вирусы разделяют на ДНК-содержащие и РНК-содержащие. При этом молекулы ДНК (либо РНК) у разных видов вирусов могут быть одноцепочечными или двухцепочечными. Количество молекул нуклеиновых кислот в составе генома вирусов варьирует от одной до нескольких.

Вирионы, представленные только генетическим аппаратом и капсидом, называют простыми. У сложных вирионов поверх капсида имеется *суперкапсид* – оболочка, состоящая из липидов и белков (рис. 34).

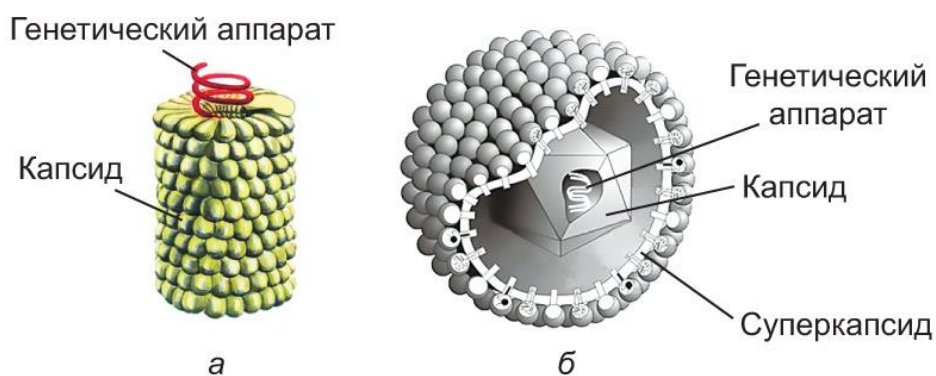


Рис. 34 – Строение вирионов:
а – простой (вирус табачной мозаики); б – сложный вирус (вирус герпеса)

Эти ранее невидимые возбудители в большинстве случаев получали название по вызываемой ими болезни: вирус табачной мозаики, вирус мозаики коровьего гороха, вирус ящура крупного рогатого скота, вирус гепатита, вирус гриппа, вирус герпеса и т.п. Но после того, как вирусы удалось рассмотреть, их форма и строение были отражены в названии их семейств. Например, коронавирусы получили название из-за особых выступов на их поверхности, напоминающих зубцы короны, калицивирусы названы так из-за чашеобразной формы (от лат. *calix* – чаша), тогавирусы – от лат. *toga* – мантия, плащ.

Некоторые вирусы имеют вирионы, состоящие из головки в форме многогранника и стержневидного отростка. Такое строение характерно для некоторых вирусов бактерий – бактериофагов (рис. 35).

Классификация вирусов. Признание вирусов неклеточными формами жизни повлекло за собой разработку их систематики. Вирусы классифицируют на основе принятых в биологии правил, используя систематические единицы – вид, род, семейство и др. По состоянию на 2018 г. были описаны и внесены в биологическую систему около 5000 видов вирусов.

Международный комитет по систематике вирусов ведет постоянную работу по совершенствованию их биологической классификации. Принадлежность уже известных науке вирусов к конкретной систематической группе пересматривается по мере появления новых данных об их строении и особенностях процессов размножения. Вновь открываемые вирусы сначала получают статус неклассифицированных видов, а затем вносятся в систему.

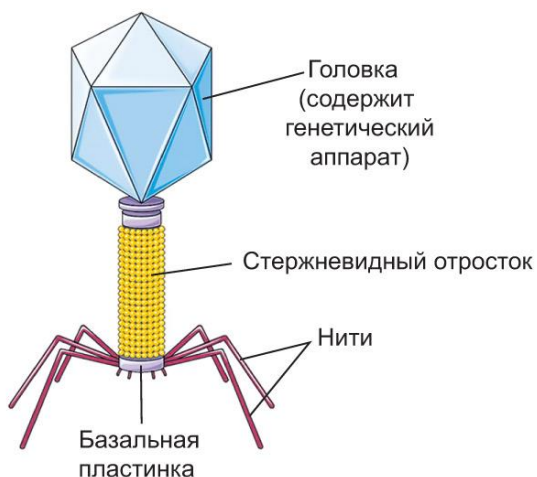


Рис. 35 – Строение бактериофага

ные РНК – к другой и т. д. Эта классификация, основанная на структурной организации генетического аппарата, успешно соотносится с современной систематикой вирусов и широко используется при описании видов. Как правило, вирусы, принадлежащие к одному семейству, и по классификации Балтимора относятся к одной и той же группе.

Способ существования и размножение вирусов. Химический состав вирионов указывает на то, что вирусы относятся к живой природе. Однако они не проявляют многих признаков живых организмов. Так, вирусы не имеют клеточного строения, не обладают подвижностью и раздражимостью, не способны расти, для них не характерен обмен веществ. Но вирусы могут размножаться и обладают такими свойствами живого, как наследственность и изменчивость.

Вирусы размножаются только в клетках других организмов. Иначе говоря, все вирусы являются обязательными внутриклеточными паразитами. Известно, что паразитический способ существования характеризуется высокой степенью специфичности – каждому виду паразитов нужны свои виды-хозяева. Считается, что для всех видов бактерий, протистов, растений, грибов и животных существуют вирусы, приспособленные паразитировать в их клетках. Более того, в клетках организмов одного вида могут обитать различные вирусы. Далеко не все виды вирусов известны ученым.

Для всех вирусов характерен общий принцип существования. Вне клетки хозяина любой вирус представляет собой совокупность органических молекул без признаков жизни. Но если вирусные частицы оказываются на поверхности клеток хозяина, они проявляют определенную активность. Одни вирусы вводят свою нуклеиновую кислоту в цитоплазму клетки, при этом капсид вирусной частицы остается снаружи.

Другие вирусы проникают в клетку как целостные вирионы. После попадания такого вириона в цитоплазму его капсид разрушается для освобождения вирусной нуклеиновой кислоты.

На стадии взаимодействия вирионов с поверхностью клеток хозяина важнейшую роль играют специальные рецепторные белки вирусных частиц. Их строение определяет возможность или, наоборот, невозможность связывания вирионов с клеткой того или иного типа и способ заражения клетки.

Через некоторое время после проникновения вируса в зараженной клетке начинается реализация наследственной информации, содержащейся в его геноме. Известно, что реализация генетической информации заключается в синтезе определенных белков. Для этого вирус использует т РНК, аминокислоты и рибосомы клетки хозяина. Основными белками, необходимыми для размножения вируса (т.е. для формирования вирионов нового поколения),

Основным методом идентификации вирусов в настоящее время является определение последовательностей нуклеотидов в составе их нуклеиновых кислот и сравнение полученных данных с уже имеющимися. Как уже отмечалось, для каждого вида вирусов характерно наличие определенного типа нуклеиновой кислоты и постоянного количества молекул этой кислоты в составе вирионов. Исходя из особенностей генома, американский вирусолог Д. Балтимор в 1971 г. разделил на группы все вирусы, известные на то время. Так, например, вирусы, имеющие одноцепочечные молекулы ДНК, были отнесены к одной группе, содержащие двухцепочечные

являются белки капсида. В рибосомах зараженной клетки эти белки синтезируются в количестве, достаточном для сборки нескольких десятков или даже сотен новых капсидов.

Одновременно с этим в клетке увеличивается количество молекул вирусной нуклеиновой кислоты. Их синтез также осуществляется за счет ресурсов клетки хозяина – ферментов, нуклеотидов, АТФ и др. Вновь образовавшиеся нуклеиновые кислоты вируса самопроизвольно упаковываются в формирующиеся капсиды. Таким образом, внутри клетки появляется множество новых вирионов.

Для выхода вирионов нового поколения из зараженной клетки разные вирусы используют различные способы. Один из них – это полное разрушение клетки под воздействием специальных вирусных белков, которые синтезируются в конце процесса размножения вируса. В этом случае все вновь образовавшиеся вирусные частицы освобождаются одновременно.

При другом способе каждый вирион покидает клетку хозяина самостоятельно. Сначала вирусная частица прикрепляется к плазмалемме изнутри. Далее этот участок мембраны выпячивается наружу и отделяется от клетки. В результате этого вирусная частица приобретает суперкапсид – дополнительную оболочку из мембраны клетки хозяина, образованную липидами и белками. При таком способе освобождения вирионов клетка хозяина остается живой, а процесс выхода вирусов из нее оказывается более длительным.

Освободившиеся вирионы при попадании на поверхность чувствительных к ним клеток хозяина способны повторить характерный для данного вида вирусов процесс размножения.

Некоторые вирусы после проникновения в клетку хозяина способны переходить в состояние провируса. При этом нуклеиновая кислота вируса (или ее копия) встраивается в ДНК клетки хозяина. В таком виде вирус может длительное время сохраняться в клетке, не вызывая образования новых вирусных частиц. Зараженная клетка не изменяет характерного для нее обмена веществ до тех пор, пока какое-либо воздействие не вызовет переход провируса в активное состояние и не начнется размножение вируса.

Продолжительность процессов размножения вирусов разных видов не одинакова. Например, у многих бактериофагов время от момента проникновения вируса в клетку до выхода новых вирусных частиц равно менее часа. У некоторых вирусов человека процесс размножения в зараженной клетке может занимать несколько суток и более.

Вироиды. В последней четверти XX в. были открыты еще более просто устроенные возбудители заболеваний растений, чем вирусы. Они называются **вироиды** и представляют собой замкнутые в кольцо одноцепочечные молекулы РНК. Количество нуклеотидов в молекуле различается в зависимости от вида вироида от 250 до 400. Капсида у вироидов нет. Они размножаются внутри клеток растений и распространяются по растению по проводящим тканям. От растения к растению перенос происходит при вегетативном размножении, а также через семена и пыльцу. Для некоторых вироидов показана передача тлями и при агротехническом уходе за сельскохозяйственными растениями, например, при срезании ветвей или плодов. Описано около 30 видов вироидов. Они поражают ряд сельскохозяйственных растений, среди которых картофель, томат, баклажан, яблоня, груша, персик, виноград, авокадо, хризантема, кокосовая пальма.

Вирусные болезни и их профилактика

При повреждении вирусом клетка тратит свои ресурсы не на собственные нужды, а на воспроизводство вирусных частиц, что уже является неблагоприятным воздействием. Многие вирусы в период размножения с помощью специальных белков ограничивают биосинтез ряда собственных белков клетки, что еще больше вредит хозяину. Большинство зараженных клеток гибнет либо при освобождении новых вирусных частиц, либо в результате истощения своих ресурсов. Все это приводит к развитию тех или иных заболеваний.

Вызываемые вирусами болезни сельскохозяйственных растений и животных наносят человечеству большой материальный урон. Вирусы вызывают гибель микроорганизмов,

используемых в биотехнологических процессах, нарушая тем самым производство продуктов питания, а также антибиотиков, витаминов и других биологически активных веществ.

Вирусные болезни человека. Вирусные болезни относятся к категории наиболее опасных инфекционных заболеваний человека. Многие инфекционные болезни характеризуются способностью поражать большое количество людей одновременно, что очень сильно снижает возможности оказания необходимой медицинской помощи. Против бактерий медицина в XX в. нашла эффективно действующие лечебные препараты – антибиотики, то противовирусных средств значительно меньше. Для предотвращения размножения вируса необходимо найти такие вещества, которые бы нарушали какой-то этап в размножении вируса, но при этом оказали пагубное влияние на жизнедеятельность клетки-хозяина. Сделать это с вирусом гораздо труднее, т. к. вирус использует для своего размножения именно системы жизнедеятельности клетки хозяина. Поэтому в борьбе с вирусными заболеваниями важную роль играет профилактика – предотвращение заражения.

Обычно источником вирусных частиц являются болеющие люди. Поэтому контакты с ними, а также с предметами обихода, на которые могли попасть вирусы от больного, необходимо свести к минимуму. При заболеваниях дыхательной системы важной мерой профилактики является использование защитных масок, закрывающих рот и нос. Надевать такие маски необходимо болеющим людям, так и контактирующим с ними. Ношение маски в местах массового скопления людей (общественный транспорт, магазины, места учебы или работы и др.) в период объявленных эпидемий существенно уменьшает распространение вирусов.

Мытье к с мылом и и х обработка дезинфицирующими средствами способствует защите от всех групп вирусов, поскольку через зараженные руки вирус попадает на пищу, предметы обихода и далее на кожу, слизистую.

Особое место занимает профилактика ВИЧ-инфекции. Возбудитель – вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) передается при попадании крови зараженного человека во внутреннюю среду или на слизистые оболочки здоровых людей. Поэтому не следует использовать режущие и колющие предметы (иглы, шприцы, маникюрные инструменты, приборы для нанесения татуировки и т.п.), на которых могла остаться кровь другого человека. Содержащими вирус выделениями человека могут быть также семенная и вагинальная жидкость. С учетом этого рекомендовано вступать в незащищенные половые контакты только с партнерами, которым вы доверяете, либо использовать презервативы. К профилактическим мерам относится и добровольное тестирование на наличие заражения.

ВИЧ-инфекция относится к медленно текущим инфекционным заболеваниям. Существует ряд медицинских препаратов, применение которых уменьшает темпы размножения вируса. Лечение такими препаратами позволяет отдалить на годы наступление смертельно опасного этапа в инфекционном процессе, который называется синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД).

Опасность связана с тем, что организм ВИЧ-инфицированного человека перестает защищаться от возбудителей заболеваний. Несмертельные для здоровых людей болезни становятся причиной гибели зараженных ВИЧ.

При особо опасных инфекциях может быть объявлен карантин – комплекс противоэпидемических и лечебно-профилактических мероприятий, направленных на предотвращение эпидемии.

Некоторые вирусы попадают в организм человека при укусах кровососущих членистоногих (комаров, клещей, вшей). В этом случае профилактика заключается в ограничении контакта с переносчиками вирусов.

Вирус бешенства способен вызвать заболевание не только у человека, но и у ряда видов животных, в том числе и домашних (собаки, кошки). Он поражает нервные клетки, что делает поведение животных более агрессивным. Укусы, нанесенные заболевшим животным человеку, могут приводить к его заражению.

В начале XXI в. наблюдалась появление коровирусная инфекция. Возбудитель этой болезни начинает свое происхождение от коронавирусов, обитающих в организме летучих мышей. В результате природных генетических изменений появились варианты коронавируса, способные размножаться в клетках человека. Как и другие возбудители заболеваний дыхательной системы (например, вирусы гриппа), коронавирусы передаются от человека к человеку воздушно-капельным путем, поэтому основной мерой профилактики является ограничение контактов между людьми и защита органов дыхания от попадания вирусов с помощью закрывающих рот и нос масок.

Описанные меры профилактики помогают бороться с болезнетворными вирусами, но не решают проблему окончательно. Полностью избавить человечество от той или иной вирусной инфекции можно путем создания у людей искусственного активного иммунитета. Данная форма иммунитета возникает в результате вакцинации (прививки).

Профилактика с помощью вакцин требует значительно больших материальных и финансовых затрат, но не дает очень хорошие результаты. Массовое прививание населения во многих странах мира в течение XX в. привело к значительному сокращению числа случаев заболевания такими вирусными болезнями, как оспа, полиомиелит, гепатит В и др. Окончательно отменена обязательная вакцинация против натуральной оспы. Любой вирус специфичен. Поскольку вирус является обязательным паразитом человека (т.е. нигде, кроме клеток человеческого организма, размножаться не может), прививание большинства людей фактически лишает его среды обитания. Численность вируса падает настолько сильно, что он может полностью исчезнуть.

Контрольные вопросы

1. Каково строение биологической мембраны? Перечислите значение мембраны.
2. Назовите функции цитоплазматической мембраны. Охарактеризуйте транспорт веществ через мембрану?
3. Какой химический состав имеет цитоплазма? Из чего состоит цитоскелет? Каковы функции цитоскелета?
4. Что такое органоиды? Перечислите одномембранные, двумембранные и одномембранные органоиды. Каково их строение, функции?
5. В чем состоит отличия и сходство клеток прокариот и эукариот? Приведите примеры клеток эукариот.
6. Что такое вирусы? Как устроены вирусы? Приведите примеры вирусных заболеваний.

Лекция 4. КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ. ДЕЛЕНИЕ КЛЕТКИ

1. Клеточный цикл. Деление клеток.
2. Обмен веществ и преобразование энергии.
3. Хранение наследственной информации. Понятие о генетическом коде.

1. Клеточный цикл. Все новые клетки образуются путем деления уже существующих. Этот принцип, как уже отмечалось, сформулировал Р. Вирхов еще в середине XIX в. Деление клеток обеспечивает непрерывность существования жизни на нашей планете. Именно благодаря ему осуществляются различные способы бесполого и полового размножения организмов. В основе процессов роста, регенерации и индивидуального развития многоклеточных организмов также лежит деление клеток.

Период существования клетки от момента ее образования из материнской клетки до собственного деления (включая это деление) или гибели называется *клеточным циклом*.

Продолжительность клеточного цикла у разных организмов и различных клеток в составе одного организма варьирует. Так, у бактерий в благоприятных условиях он длится примерно 20 мин. Короткие клеточные циклы (30–60 мин) характерны для бластомеров рыб и земноводных на этапе дробления, в то время как у млекопитающих промежуток времени между делениями бластомеров может достигать 10 ч и более. У взрослых мышей клетки кишечного эпителия делятся каждые 1–22 ч, а роговицы глаза - приблизительно один раз в трое суток. Для регулярно делящихся клеток многоклеточных организмов длительность клеточного цикла обычно составляет 12–36 ч.

Клеточный цикл состоит из интерфазы и деления клетки (рис. 36). *Интерфаза* – это часть клеточного цикла между двумя последовательными делениями. Как правило, она занимает больше времени, чем само деление. Рассмотрим основные периоды интерфазы на примере эукариотической клетки.

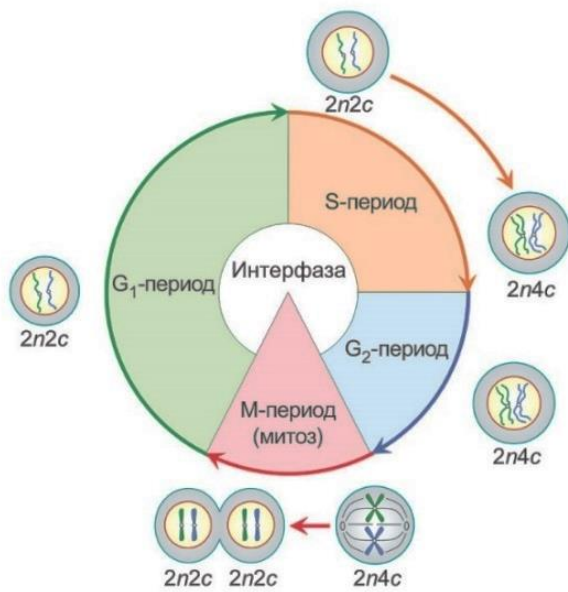


Рис. 36 – Основные периоды клеточного цикла

момосом всегда совпадает. Таким образом, записи типа $1c$, $2c$, $4c$ отражают содержание в клетках не только молекул ДНК, но и соответствующих хроматид.

В синтетическом периоде каждая хромосома состоит из одной хроматиды. Следовательно, в G_1 -периоде число хромосом (n) и хроматид (c) в клетке одинаковое. Набор хромосом и хроматид диплоидной клетки в G_1 -периоде клеточного цикла можно выразить записью $2n2c$.

В синтетическом, или S-периоде (от англ. *synthesis* – синтез), происходит удвоение молекул ДНК – репликация, а также удвоение центриолей клеточного центра (в тех клетках, где он имеется). После завершения репликации каждая хромосома состоит уже из двух идентичных сестринских хроматид, которые соединены друг с другом в области центромеры. Количество хроматид в каждой паре гомологичных хромосом становится равным четырем. Таким образом, набор хромосом и хроматид диплоидной клетки в конце S-периода (т.е. после репликации) выражается записью $2n4c$.

Постсинтетический, или G_2 -период, продолжается от окончания синтеза ДНК (репликации) до начала деления клетки. В это время клетка активно запасает энергию и синтезирует белки для предстоящего деления (например, белок *тубулин* для построения микротрубочек, образующих впоследствии веретено деления). В течение всего G_2 -периода набор хромосом и хроматид в клетке остается неизменным – $2n4c$.

Пресинтетический, или G_1 -период (от англ. *gap* – промежуток), начинается с момента образования новой клетки в результате деления материнской. В течение G_1 -периода молодая клетка интенсивно растет, в ней увеличивается количество органоидов и синтезируются различные соединения, необходимые для протекания процессов жизнедеятельности. В том числе образуются вещества, которые будут нужны для последующего удвоения молекул ДНК.

Вы уже знаете, что набор хромосом обозначают как n : например, $1n$ – гаплоидный набор, $2n$ – диплоидный. Набор молекул ДНК в клетках принято записывать с помощью буквы c . Известно, что каждая хроматида содержит одну молекулу ДНК, т. е. количество молекул ДНК и хроматид в составе хро-

Итак, интерфаза обычно включает три периода: пресинтетический (G_1), синтетический (S) и постсинтетический (G_2). На протяжении всей интерфазы хромосомы не спирализованы. Они располагаются в ядре клетки в виде хроматина. После завершения интерфазы начинается деление клетки. Основным способом деления клеток эукариот является митоз, поэтому данный этап клеточного цикла обозначают как М-период.

Митоз (греч. *mitos* – нить), кариокинез, непрямое деление – деление ядра, в результате которого образуются 2 дочерние клетки с материнским набором хромосом, – основной способ деления эукариотических клеток.

При митозе происходит спирализация хроматина. Это приводит к формированию компактных двуххроматидных хромосом. После этого сестринские хроматиды каждой хромосомы отделяются друг от друга и затем попадают в разные дочерние клетки. Значит, дочерние клетки, образовавшиеся в результате митоза и вступающие в новый клеточный цикл, имеют набор $2n2c$.

В процессе митоза выделяют несколько стадий: профазу, метафазу, анафазу и телофазу (табл. 3). В профазе хромосомы укорачиваются, утолщаются и распределяются более упорядоченно. В конце профазы мембраны ядра и ядрышко исчезают.

В метафазе хромосомы окончательно обособляются и собираются в экваториальной плоскости. Хроматиды начинают отделяться друг от друга, но остаются связанными в области центромеры. В это время микротрубочки образуют ряд нитей, расположенных между полюсами ядра, – митотическое веретено.

В анафазе делятся центромеры. Каждая хромосома разделяется на две самостоятельные хроматиды, которые становятся дочерними хромосомами.

Нити веретена, прикрепленные к хромосомам, укорачиваются и способствуют расхождению и движению дочерних хромосом в противоположные стороны. При этом центромеры двигаются впереди, а плечи хромосом тянутся сзади. Микротрубочки постоянно формируются на одном конце нити веретена и разрушаются на другом.

К моменту телофазы дочерние хромосомы достигают полюсов клетки, веретено исчезает, хромосомы удлиняются и постепенно становятся вновь неразличимыми в форме хроматиновых нитей. Одновременно появляются ядрышки и мембраны ядра вокруг двух новых ядер.

Митоз завершается, когда хромосомы становятся невидимы и два дочерних ядра вступают в интерфазу. Эти ядра генетически эквивалентны друг другу и материнскому ядру.

Продолжительность митоза зависит от организма, типа ткани. Однако профазы всегда самая продолжительная, анафаза – самая короткая. В апексе корня некоторых растений продолжительность профазы 1–2 часа; метафазы – 5–15 мин; анафазы – 2–10 мин; телофазы – 10–30 мин; интерфазы – 12–30 часов.

Далее следует процесс деления цитоплазмы – цитокинез с образованием дочерних клеток.

Биологическая роль митоза состоит в одинаковом распределении наследственного материала между дочерними клетками, что обеспечивает образование генетически равнозначных клеток. Митоз осуществляется по мере роста растений, поэтому его обозначают термином соматическое деление (греч. *сома* – тело).

Мейоз (греч. *мейезис* – уменьшение) – способ деления клеток, при котором в отличие от митоза происходит редукция (уменьшение) количества хромосом и переход клеток из диплоидного состояния в гаплоидное (таб).

У растений мейоз – основа образования гаплоидных спор. Мейоз состоит из двух последовательных делений ядра, в процессе которых удвоение ДНК происходит один раз. Отличительной особенностью первого деления мейоза является сложная и растянутая во времени профаза. Хромосомы принимают вид длинных тонких нитей. Гомологичные хромосомы спариваются (конъюгируют) друг с другом. Каждая гомологичная

хромосома происходит от одного из родителей и состоит из двух идентичных хроматид. Таким образом, гомологичные пары состоят из четырех хроматид. Конъюгация гомологичных хромосом является обязательной частью мейоза. В гаплоидных клетках конъюгация не встречается, так как в них отсутствуют гомологи.

Объединенные пары гомологичных хромосом называются бивалентами. В это время четыре прижатые друг к другу хроматиды могут обмениваться отдельными участками (кроссинговер) (табл. 3). В результате кроссинговера хроматиды имеют другой состав генов. В конце профазы I фрагментируются покровы ядра и образуется веретено деления. В метафазе I биваленты размещаются по экватору веретена, образуя экваториальную пластинку. Центромеры гомологичных хромосом расположены по противоположным сторонам от экваториальной плоскости. В анафазе I начинается движение гомологичных хромосом к противоположным полюсам клетки. В анафазе I мейоза центромеры не делятся, хроматиды остаются вместе, а разъединяются гомологичные хромосомы. Однако из-за обмена фрагментами в результате кроссинговера хроматиды не идентичны, как в начале мейоза. Завершается первое деление телофазой I – спирализация хромосом ослабляется, они удлиняются и вновь становятся невидимыми.

Далее следует интерфаза. Но у многих организмов интерфаза отсутствует. Затем в каждой из дочерних клеток происходит второй этап мейоза. Во втором этапе также выделяют стадии: профазы II, метафазы II, анафазы II, телофазы II. При этом к противоположным полюсам расходятся сестринские хроматиды. Несмотря на то, что в процессе мейоза генетический материал удваивается только один раз, происходит два деления, в результате чего образуется четыре клетки, каждая с уменьшенным вдвое (гаплоидным) количеством хромосом, а благодаря кроссинговеру и с новыми, отличными от родительских, типами хромосом.

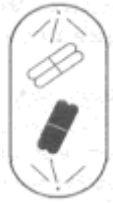



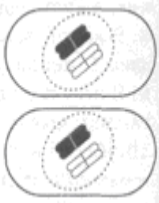





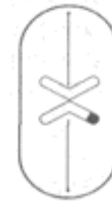

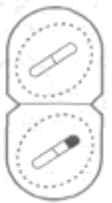



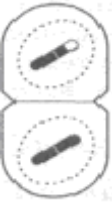
Биологическое значение мейоза. У животных и человека путем мейоза образуются гаметы - гаплоидные половые клетки. В результате последующего оплодотворения формируется зигота с двойным набором хромосом, из которой развивается новый организм. Он является диплоидным, как и его родители, а значит, сохраняет свойственный данному виду организмов кариотип. Без мейоза, приводящего к уменьшению набора хромосом в 2 раза, половое размножение сопровождалось бы удвоением числа хромосом в каждом новом поколении. У растений, многих водорослей и грибов мейоз приводит к формированию спор, с помощью которых осуществляется бесполое размножение.

Кроссинговер, происходящий в профазе I, приводит к рекомбинации наследственного материала между гомологичными хромосомами. В анафазе I гомологичные хромосомы каждой пары случайным образом, независимо от других пар, расходятся к разным полюсам клетки. В анафазе II то же самое происходит с сестринскими хроматидами. Все эти процессы являются важными источниками комбинативной изменчивости, обеспечивающей появление разнообразного потомства как при половом размножении, так и при размножении спорами.

Амитоз, или прямое деление клетки, осуществляется путем перешнуровки ядра, а затем и цитоплазмы. Увеличенное ядро, не изменяя своей структуры, делится на две или много частей, при этом сохраняются мембраны ядра и ядрышко. В подавляющем большинстве случаев деление ядра не сопровождается делением цитоплазмы, в результате чего образуются двоядерные или многоядерные клетки.

В отличие от митотического деления при амитозе не образуется митотического аппарата и отсутствует спирализация хромосом. Образовавшиеся клетки способны к дальнейшей жизнедеятельности, дифференциации, но не способны к размножению вследствие нарушения хромосомного набора. У высших растений амитозом делятся клетки высокоспециализированных тканей органов, связанных с запасанием питательных веществ, например, клубней картофеля.

Таблица 3 – Сравнительная схема митоза и мейоза (на примере одной пары гомологичных хромосом). Обозначения: n – ploидность; c – количество хроматина.

Тип деления		Профаза	Метафаза	Анафаза	Телофаза	Интерфаза
МИТОЗ						
		$2n4c$	$2n4c$	$2n2c$	$2n2c$	$2n4c$
МЕЙОЗ	I деление					
		$2n4c$	$2n4c$	$n2c$	$n2c$	
	II деление					
		$n2c$	$n2c$	nc	nc	
						
		$n2c$	$n2c$	nc	nc	

2. Обмен веществ и преобразование энергии. Гетеротрофные организмы (животные, грибы, многие протисты и некоторые бактерии) нуждаются в поступлении готовых органических соединений, а также воды и минеральных веществ. Автотрофные организмы (растения, водоросли, некоторые бактерии) также находятся в постоянном обмене веществами с окружающей средой, но при этом поглощают из нее только неорганические вещества.

Вещества, поступившие в организм, подвергаются превращениям в результате различных биохимических реакций. Некоторые вещества используются клетками организма в качестве строительного материала, другие расщепляются и служат источником энергии. Конечные продукты расщепления выводятся из организма в окружающую среду. Совокупность процессов химического превращения веществ в организме называется обменом веществ или метаболизмом (от греч. мета- боле - перемена, превращение). Процессы обмена веществ обеспечивают рост, развитие, жизнедеятельность, размножение организмов, а также их взаимодействие с окружающей средой.

Обмен веществ сопровождается преобразованием энергии. Например, при расщеплении питательных веществ высвобождается энергия, заключенная в их химических связях. Часть этой энергии рассеивается в виде тепла (т. е. преобразуется в тепловую), другая часть запасается в виде молекул АТФ. Фотосинтезирующие организмы поглощают световую энергию и преобразуют ее в энергию химических связей органических веществ. Ассимиляция и диссимиляция. В живом организме одновременно происходят процессы двух типов: синтеза и расщепления веществ. Совокупность реакций синтеза сложных органических веществ из более простых соединений называется ассимиляцией (от лат. *ассимиляция* - усвоение), анаболизмом (от греч. *анаболе* – подъем) или пластическим обменом. Реакции пластического обмена идут с затратами (поглощением) энергии. В ходе ассимиляции из разнообразных химических соединений, поступивших в организм, синтезируются вещества, специфичные для данного организма. Образованные вещества используются для роста клеток и обновления клеточных структур, идут на построение новых клеток и тканей. Некоторая часть продуктов пластического обмена откладывается в клетках в качестве запасных веществ. Процессами пластического обмена являются: фотосинтез, биосинтез ДНК (репликация), биосинтез РНК, белков, липидов, полисахаридов и т.д.

Процессы расщепления сложных органических веществ до более простых соединений сопровождаются выделением (высвобождением) энергии их химических связей. Как уже отмечалось, одна часть этой энергии рассеивается в виде тепла, а другая аккумулируется в виде макроэргических связей АТФ. Такие процессы называются диссимиляцией (от лат. дис – приставка, означающая «нарушение»; *ассимиляция* – усвоение), катаболизмом (от греч. катаболе – разрушение) или энергетическим обменом. Конечными продуктами процессов диссимиляции являются углекислый газ, вода, аммиак. К энергетическому обмену относится брожение и клеточное дыхание.

Молекулы АТФ, синтезированные в ходе реакций энергетического обмена, служат поставщиками энергии для процессов синтеза органических веществ, активного транспорта веществ через плазмалемму, деления клеток, передачи нервных импульсов. Благодаря энергии АТФ поддерживается постоянная температура тела у птиц и млекопитающих, осуществляются все виды движения (в том числе и мышечного) и т.д.

Процессы пластического и энергетического обмена тесно связаны между собой. Многие вещества, образующиеся в ходе энергетического обмена, могут использоваться в пластическом обмене для синтеза более сложных органических веществ. И наоборот, продукты ассимиляции могут подвергаться расщеплению и служить источником энергии в процессах диссимиляции. АТФ, которая образуется в ходе энергетического обмена, расщепляется до АДФ и H_3PO_4 и служит источником энергии для реакций пластического обмена (рис. 37).

Таким образом, ассимиляция и диссимиляция - две взаимосвязанные стороны единого процесса обмена веществ и преобразования энергии в живых организмах.

Процессы ассимиляции не всегда уравновешены процессами диссимиляции. Так, в молодых организмах преобладают процессы ассимиляции. Благодаря этому обеспечивается накопление веществ, интенсивный рост и развитие организма. В старом организме, как правило, преобладают процессы диссимиляции. То же самое наблюдается при высоких физических нагрузках и недостатке питательных веществ. Если не компенсировать энергетические затраты усиленным питанием, произойдет постепенное истощение организма, ведущее в конце концов к его гибели.

Интенсивность процессов энергетического и пластического обмена регулируется нервной системой и гормонами. Например, адреналин сдвигает баланс в сторону энергетического обмена, а инсулин и соматотропин (гормон роста) – в сторону пластического обмена.

Клеточное дыхание. Клеткам живых организмов постоянно требуется энергия для осуществления различных процессов жизнедеятельности. Универсальным поставщиком этой энергии служит АТФ, которая образуется в реакциях энергетического обмена.

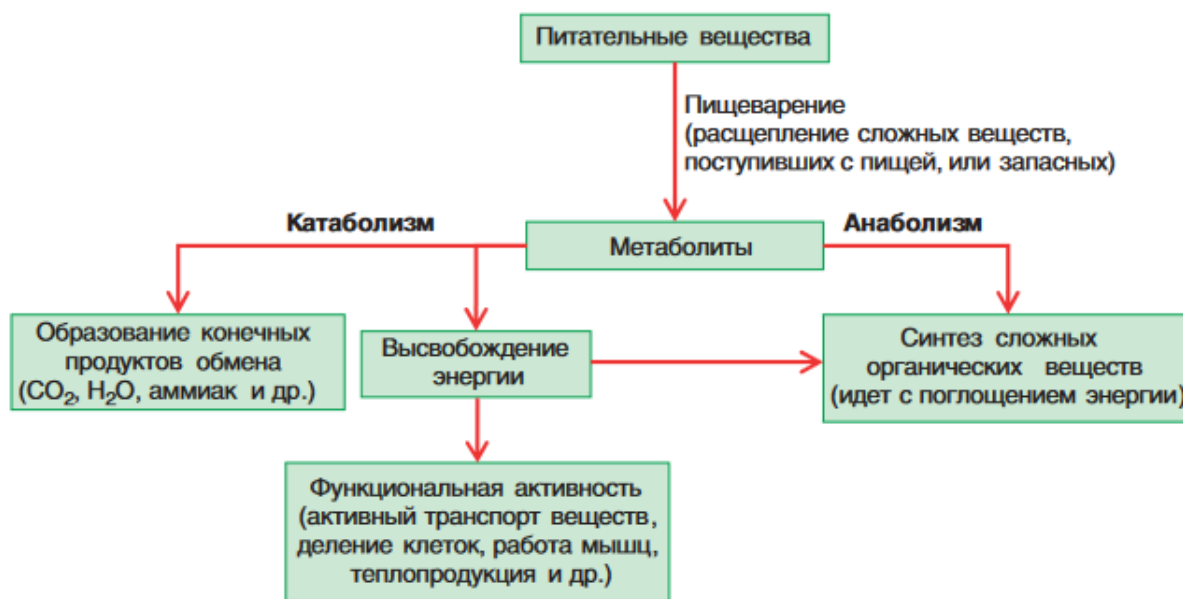


Рис. 37 – Схема взаимосвязи обмена веществ и превращения энергии в организме

У большинства организмов АТФ синтезируется главным образом в процессе клеточного дыхания. Клеточное дыхание – сложный процесс, в ходе которого происходит расщепление органических веществ (в конечном итоге – до простейших неорганических соединений), а высвобождающаяся энергия их химических связей запасается и затем используется клеткой.

Большинство живых организмов (все растения, большинство животных, грибов и протистов, многие бактерии) использует в процессе клеточного дыхания кислород. Такие организмы называются аэробами (от греч. аэр – воздух, биос – жизнь), а их тип дыхания – аэробным дыханием. Рассмотрим, как протекает процесс клеточного дыхания в аэробных условиях (т.е. в условиях свободного доступа кислорода).

Этапы клеточного дыхания. Подготовительный этап заключается в расщеплении крупных органических молекул до более простых соединений. Эти процессы происходят в пищеварительной системе (у животных) и цитоплазме клеток без использования кислорода. Под действием пищеварительных ферментов полисахариды расщепляются до моносахаридов, жиры – до глицерина и высших карбоновых кислот, белки – до аминокислот, нуклеиновые кислоты – до нуклеотидов. При этом выделяется мало энергии, она не запасается в виде АТФ, а рассеивается в виде тепла. Более того, для протекания реакций расщепления требуются определенные затраты энергии.

Вещества, образовавшиеся в результате подготовительного этапа, могут использоваться клеткой как в реакциях пластического обмена, так и для дальнейшего расщепления с целью получения энергии.

Второй этап энергетического обмена называется *бескислородным* или *анаэробным*. Он заключается в ферментативном расщеплении органических веществ, полученных в ходе подготовительного этапа. Кислород в реакциях этого этапа не участвует, более того, анаэробный этап может протекать в условиях полного отсутствия кислорода. Основным источником энергии в клетке является глюкоза, поэтому второй этап мы рассмотрим именно на примере бескислородного расщепления глюкозы – гликолиза.

Гликолиз – многоступенчатый процесс бескислородного расщепления глюкозы ($C_6H_{12}O_6$) до пировиноградной кислоты ($C_3H_4O_3$). Реакции гликолиза катализируются специальными ферментами и протекают в цитоплазме клеток.

В ходе гликолиза каждая молекула глюкозы расщепляется до двух молекул пирувиновой кислоты (ПВК). При этом высвобождается энергия, часть которой рассеивается в виде тепла, а оставшаяся используется для синтеза 2 молекул АТФ.

В результате гликолиза высвобождается лишь около 5% энергии, заключенной в химических связях молекул глюкозы. Значительная часть энергии содержится в продукте гликолиза – ПВК. Поэтому при аэробном дыхании после гликолиза следует завершающий этап – кислородный, или аэробный.

Пирувиновая кислота, образовавшаяся в результате гликолиза, поступает в матрикс митохондрий, где полностью расщепляется и окисляется до конечных продуктов – CO_2 и H_2O . В ходе аэробного этапа дыхания потребляется кислород и синтезируются 36 молекул АТФ (в расчете на 2 молекулы ПВК). CO_2 выделяется из митохондрий в цитоплазму клетки, а затем в окружающую среду.

Следует отметить, что при полном расщеплении одной молекулы глюкозы клетка может синтезировать 38 молекул АТФ (2 молекулы в процессе гликолиза и 36 молекул в ходе кислородного этапа). Общее уравнение аэробного дыхания можно записать следующим образом:



Основным источником энергии для клеток являются углеводы, но в процессах энергетического обмена также могут использоваться продукты расщепления жиров и белков.

Фотосинтез. Понятие фотосинтеза. Для живых организмов Земли основным источником энергии является солнечный свет, благодаря которому прямо или косвенно удовлетворяются их энергетические потребности. В процессе фотосинтеза растения, водоросли, цианобактерии с помощью специальных пигментов поглощают солнечную энергию и преобразуют ее в энергию химических связей органических веществ. При этом исходными соединениями для синтеза органических веществ служат бедные энергией неорганические вещества- углекислый газ и вода.

Таким образом, фотосинтез (от греч. *фотос* – свет) – это процесс образования органических веществ из углекислого газа и воды на свету при участии фотосинтетических пигментов.

Фотосинтетические пигменты – это органические вещества, способные поглощать энергию света.

При этом они поглощают свет определенной длины волны, а другие световые волны отражают. Различают три класса фотосинтетических пигментов - хлорофиллы, каротиноиды и фикобилины.

Наиболее важными пигментами являются хлорофиллы (от греч. *хлорос* – зеленый, *филлон* – лист). Известно несколько форм хлорофилла (а, b, с и др.), различающихся строением молекул. Все хлорофиллы интенсивно поглощают красный и синий свет, а зеленый отражают, что и определяет зеленую окраску этих пигментов, а, следовательно, и листьев растений.

Другую группу фотосинтетических пигментов составляют каротиноиды (от лат. *карота* -морковь), имеющие различную окраску – оранжевую, желтую, красную и др. Они содержатся в хлоропластах и хромопластах. Осенью, когда хлорофиллы разрушаются, каротиноиды становятся хорошо заметными (листья меняют окраску). Каротиноиды поглощают свет, недоступный другим пигментам, и передают поглощенную энергию хлорофиллам.

Для красных водорослей и цианобактерий, кроме хлорофиллов, характерны также фикобилины (от греч. *фикос* – водоросль и лат. *билис* – желчь). Эти пигменты имеют красную или синюю окраску и способны поглощать зеленый, синий и фиолетовый свет, проникающий в глубину морей и океанов.

Образованные в ходе фотосинтеза органические соединения являются не только источником энергии, но и источником атомов углерода, водорода и кислорода для синтеза

веществ, необходимых организму при построении новых клеток и структур. Значительная часть продуктов фотосинтеза может преобразовываться и запасаться в виде крахмала, жиров или белков.

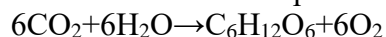
У растений и водорослей фотосинтез осуществляется в специальных органоидах - хлоропластах. Вы уже знаете, что внутренняя мембрана хлоропластов образует тилакоиды- плоские мешочки, уложенные в стопки (граны).

В мембранах тилакоидов расположены особые пигмент-белковые комплексы – фотосистемы. В фотосистемах идет поглощение света и преобразование ее в энергию химических связей глюкозы. Общее уравнение следующее:

В хлоропластах на свету из АДФ и неорганического фосфата образуется АТФ, т.е. происходит фотосинтетическое фосфорилирование в отличие от окислительного фосфорилирования, которое происходит в митохондриях, где молекулы АТФ образуются не под действием света, а при окислении кислородом воздуха углеводов и жиров.

Именно в хлоропластах происходит фотосинтез: световая энергия преобразуется в химическую; хлоропласты участвуют в синтезе аминокислот, жирных кислот.

При синтезе органические вещества образуются из минеральных. Таким процессом является фотосинтез, при котором CO_2 и H_2O – исходный материал для образования органических веществ. Первый видимый продукт фотосинтеза – крахмал, называемый в соответствии со своим происхождением первичным.



Значение фотосинтеза. Уникальность и биологическое значение фотосинтеза определяются тем, что жизнь на нашей планете всем своим существованием обязана этому процессу. Фотосинтез является основным источником питательных веществ для живых организмов, а также единственным поставщиком свободного кислорода на Земле. Из кислорода сформировался и поддерживается озоновый слой, защищающий живые организмы Земли от губительного воздействия коротковолнового ультрафиолетового излучения. Кроме того, благодаря фотосинтезу поддерживается относительно постоянное содержание CO_2 в атмосфере.

Урожай растений является функцией фотосинтеза. Сухая масса растений на 90–95% состоит из органических соединений, источником образования которых был фотосинтез – процесс, от которого зависит не только количество, но и качество урожая, т.е. преобладание в хозяйственно ценной части растения тех или иных веществ.

Связь между фотосинтезом и урожаем растений издавна интересует ученых. Эта связь довольно сложна. Дело в том, что общее количество накопленного за определенный период времени органического вещества зависит не только от фотосинтеза, но и от противоположно направленного процесса дыхания.

В изучение процесса фотосинтеза, раскрытие его механизма большой вклад внесли ученые разных стран: выдающийся русский ученый К. А. Тимирязев, американец М. Кальвин, австралийцы М.Д. Хетч и Р.Ч. Слэк, а так же белорусские ученые Т.Н. Годнев и А.А. Шлык.

3. Хранение наследственной информации. Понятие о генетическом коде.

Одним из важных процессов, происходящих в клетках живых организмов, является синтез белков. Белки выполняют в организме самые разнообразные функции, поэтому необходимо синтезировать тысячи различных белков. Учитывая, что большинство белков имеют ограниченный срок функционирования, их синтез не должен прекращаться ни на минуту.

Каждый вид живых организмов имеет свой собственный, строго определенный набор белков. Белки являются основой уникальности каждого вида. В то же время некоторые из них, выполняющие одну и ту же функцию в разных организмах, могут быть похожими и даже одинаковыми. Кроме того, особи одного вида хоть немного, но отличаются друг от друга. Индивидуальную неповторимость каждой особи также обеспечивают различия в структуре белков.

Свойства белков определяются прежде всего их первичной структурой, т.е. последовательностью аминокислот. Информацию о первичной структуре всех белков организма содержат молекулы ДНК. Следовательно, информация о строении и жизнедеятельности как каждой отдельной клетки, так и всего многоклеточного организма заключена в последовательности нуклеотидов ДНК. Эта информация называется наследственной или генетической.

Участок молекулы ДНК, содержащий информацию о первичной структуре одного белка, называется **ген**. Кроме того, генами называют участки ДНК, содержащие информацию о структуре молекул рРНК и тРНК. В молекуле ДНК каждое «сообщение» представляет собой специфическую последовательность, «записанную» с использованием четырех «знаков» - нуклеотидов А, Т, Г, Ц, подобно тому как письменные сообщения записываются буквами алфавита. Система записи информации о первичной структуре белка в виде последовательности нуклеотидов получила название **генетического кода**.

Свойства генетического кода. Генетический код характеризуется следующими свойствами.

1. Код является триплетным, т.е. каждая аминокислота кодируется триплетом (кодоном) – сочетанием трех последовательно расположенных нуклеотидов. К настоящему времени известно, какие триплеты информационной РНК (и, соответственно, ДНК) кодируют каждую 20 белокобразующих аминокислот (табл. 4).

Таблица 4 – Генетический код, указаны нуклеотиды иРНК (первый нуклеотид триплета берут из левого вертикального ряда, второй – из горизонтального ряда, третий – из правого вертикального)

Первая буква в кодоне	Вторая буква в кодоне				Третья буква в кодоне
	У	Ц	А	Г	
У	Фен Фен Лей Лей	Сер Сер Сер Сер	Тир Тир — —	Цис Цис — Трп	У Ц А Г
Ц	Лей Лей Лей Лей	Про Про Про Про	Гис Гис Глн Глн	Арг Арг Арг Арг	У Ц А Г
А	Иле Иле Иле Мет	Тре Тре Тре Тре	Асн Асн Лиз Лиз	Сер Сер Арг Арг	У Ц А Г
Г	Вал Вал Вал Вал	Ала Ала Ала Ала	Асп Асп Глу Глу	Гли Гли Гли Гли	У Ц А Г

Следует помнить, что некоторые триплеты иРНК (УАА, УАГ, УГА) не кодируют аминокислоты. Это так называемые терминирующие кодоны (стоп-кодоны). Они служат сигналом окончания синтеза белка.

2. Код не перекрывается – один и тот же нуклеотид не может входить одновременно в состав двух соседних триплетов.

3. Код однозначен – каждый триплет кодирует только одну аминокислоту.

4. Нетрудно подсчитать, что число возможных комбинаций из четырех типов нуклеотидов по три составляет $4^3=64$. Этого более чем достаточно для кодирования 20 аминокислот, входящих в состав белков. В связи с этим код является избыточным (вырожденным) – одна и та же аминокислота может кодироваться несколькими разными триплетами. Например, в иРНК фенилаланин может кодироваться триплетом УУУ или триплетом УУЦ; изолейцин – АУУ, АУЦ, АУА; пролин – ЦЦУ, ЦЦЦ, ЦЦА, ЦЦГ; серин – УЦУ, УЦЦ, УЦА, УЦГ, АУГ, АГЦ.

Исключения составляют метионин и триптофан. Метионин кодируется только одним триплетом – АУГ, триптофан – только триплетом УГГ.

5. Код непрерывен, или, иначе говоря, не имеет знаков препинания. Это значит, что если произойдет выпадение одного нуклеотида, то при считывании его место займет ближайший нуклеотид из соседнего кодона. Из-за этого изменится и весь порядок считывания. Изменение порядка считывания происходит не только в случае выпадения нуклеотидов, но и из-за вставки лишних нуклеотидов.

Правильное считывание кода с иРНК обеспечивается только в том случае, если оно начинается со строго определенного пункта. В молекуле иРНК стартовым кодоном является АУГ, именно с него начинается считывание.

6. Код универсален – у всех живых организмов одним и тем же триплетам соответствуют одни и те же аминокислоты. Иными словами, у всех живых организмов генетический код расшифровывается одинаково (за редким исключением). Универсальность генетического кода свидетельствует о единстве происхождения живых организмов.

В каждой молекуле ДНК, как правило, закодирована информация о первичной структуре множества разных белков, т.е. в каждой хромосоме содержится много генов. Различают гены, в которых закодирована информация о структуре белков (на этих генах происходит синтез иРНК), а также гены, на которых происходит синтез рРНК и тРНК.

Реализация наследственной информации.

Известно, что информация о первичной структуре белков, хранящаяся в молекулах ДНК, с помощью посредника – мРНК – передается к рибосомам. В этих органоидах и происходит синтез белков. Таким образом, реализация наследственной информации в клетке осуществляется в два этапа. Сначала информация о структуре белка кодируется с ДНК на мРНК (транскрипция), а затем реализуется на рибосоме в виде конечного продукта – белка (трансляция). Это можно представить в виде схемы:

ДНК → *транскрипция* → мРНК *трансляция* → белок

Транскрипция. Матрицей для синтеза молекулы мРНК служит определенный участок одной из цепей молекулы ДНК. Согласно принципу комплементарности порядок нуклеотидов в образующейся мРНК строго определен порядком нуклеотидов в цепи ДНК. По такому же принципу в клетках синтезируются и другие виды РНК. Синтез РНК с использованием ДНК в качестве матрицы называется **транскрипцией**. Цепь молекулы ДНК, которая при транскрипции является матрицей, называется *транскрибируемой* (в отличие от второй цепи - *нетранскрибируемой*).

Транскрипция осуществляется с помощью фермента РНК-полимеразы. Каждый участок молекулы ДНК, на котором может происходить транскрипция, имеет так называемый *промотор*. Это определенная последовательность нуклеотидов, к которой присоединяется РНК-полимераза. После присоединения фермента происходит локальное

раскручивание двойной спирали ДНК, и ее комплементарные цепи на этом участке отделяются друг от друга (рис. 38).

Далее РНК-полимераза начинает движение вдоль молекулы ДНК. Фермент использует транскрибируемую цепь в качестве матрицы для синтеза РНК из нуклеотидов. Молекула РНК, которая при этом образуется, комплементарна транскрибируемому участку ДНК. Например, если участок транскрибируемой цепи ДНК содержит последовательность нуклеотидов ТАЦАГЦ, то в соответствующем ему фрагменте молекулы РНК порядок нуклеотидов будет таким: АУГУЦГ (вспомните, что в состав нуклеотидов РНК вместо тимина входит урацил). Так в ходе транскрипции генетическая информация «переписывается» с ДНК на РНК.

Участок молекулы ДНК, на котором осуществляется транскрипция, заканчивается терминатором. Это нуклеотидная последовательность, достигнув которой РНК-полимераза завершает транскрипцию. Она отделяется от молекулы ДНК и освобождает синтезированную РНК.

В клетке процесс транскрипции может одновременно протекать как на разных молекулах ДНК (хромосомах), так и на различных участках одной и той же молекулы.

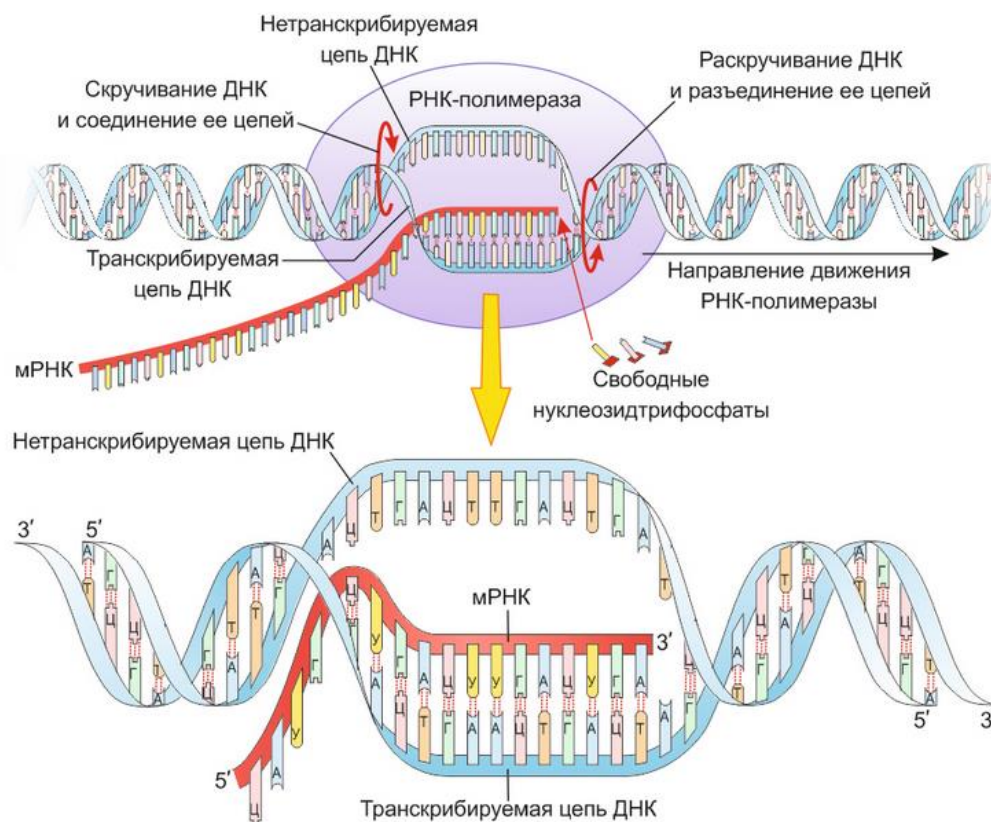


Рис. 38 – Схема процесса транскрипции

Трансляция. Процесс синтеза белка из аминокислот, который осуществляется на рибосомах, называется **трансляцией**.

Доставка аминокислот к рибосомам осуществляется с помощью транспортных РНК. Известно, что молекулы тРНК имеют форму, напоминающую лист клевера (рис. 39).

Один из концов цепи тРНК – акцепторный хвост служит для присоединения аминокислоты. В противоположной части молекулы тРНК имеет особый триплет – *антикодон*. Последовательность нуклеотидов в составе антикодона определяет, с каким именно кодоном мРНК будет комплементарно соединяться та или иная тРНК

и какую аминокислоту она будет переносить. Например, тРНК, имеющая антикодон УАЦ, может связаться по принципу комплементарности только с триплетом мРНК АУГ. Поскольку этот триплет кодирует метионин (Мет), данная тРНК служит для транспорта именно этой аминокислоты.

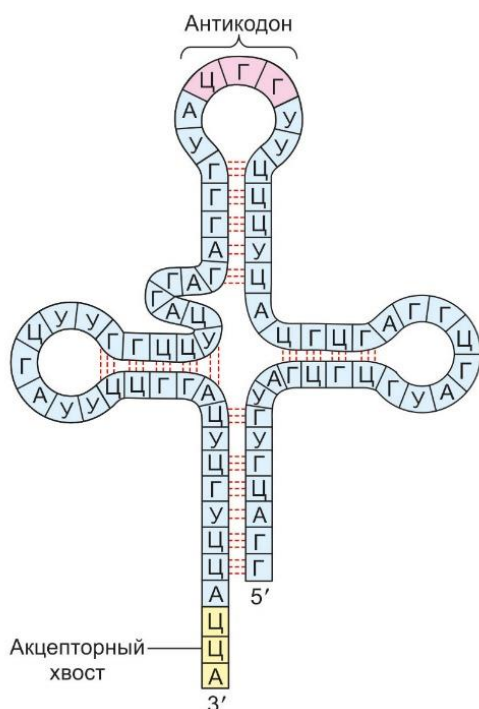


Рис. 39 – Строение тРНК

Процесс трансляции осуществляется следующим образом. Сначала мРНК соединяется с малой субъединицей рибосомы в области стартового триплета АУГ. Этот триплет кодирует аминокислоту метионин. Далее со стартовым кодоном с помощью своего антикодона комплементарно связывается тРНК, несущая метионин. Поскольку синтез белка начинается с кодона АУГ, практически все белки, образующиеся в ходе трансляции (за редким исключением), начинаются с остатка метионина. Позднее у большинства белков происходит отщепление этого остатка.

После связывания первой тРНК к образовавшемуся комплексу присоединяется большая субъединица рибосомы. Затем в рибосому поступает вторая тРНК с аминокислотой. Если антикодон этой тРНК комплементарен второму кодону мРНК, она связывается с данным триплетом. Далее между двумя аминокислотами, доставленными в рибосому молекулами тРНК, образуется пептидная связь.

Первая тРНК (метиониновая) освобождается от аминокислоты. Затем мРНК сдвигается на один триплет. Вместе с мРНК смещаются и связанные с ней тРНК. При этом первая тРНК отделяется от молекулы мРНК и покидает рибосому, а вторая тРНК, соединяется с дипептидом, занимает место первой (рис. 40).

Далее в рибосому поступает следующая тРНК с аминокислотой. В результате образованный ранее дипептид соединяется с третьей аминокислотой. После этого мРНК сдвигается еще на один триплет. Вторая тРНК покидает рибосому, на ее место становится третья. В рибосому поступает очередная тРНК с аминокислотой, и описанные выше процессы повторяются. Так происходит наращивание полипептидной цепи.

Биосинтез белка продолжается до тех пор, пока в рибосому не попадет один из стоп-кодонов – УАА, УАГ или УГА. В клетках не существуют тРНК, антикодоны которых соответствовали бы этим кодонам. Поэтому процесс трансляции прекращается, и субъединицы рибосом отделяются друг от друга. Синтез белков в клетках осуществляется быстро, при участии особых ферментов, с затратами энергии АТФ и ГТФ (макроэнергетического соединения, сходного по структуре с АТФ). Установлено, что за 1 мин в рибосоме образуются приблизительно 5–6 тыс. пептидных связей. Таким образом, время синтеза небольших белковых молекул исчисляется секундами, а на образование крупных, содержащих по несколько тысяч аминокислотных остатков, уходит около минуты.

В организме человека массой 70 кг содержится примерно 10 кг белков. При этом ежедневно около 300–400 г белков, входящих в состав клеток и тканей, расщепляется до аминокислот и приблизительно такое же количество аминокислот включается во вновь синтезированные белковые молекулы. Это значит, что все белки организма обновляются в среднем за 30 дней.

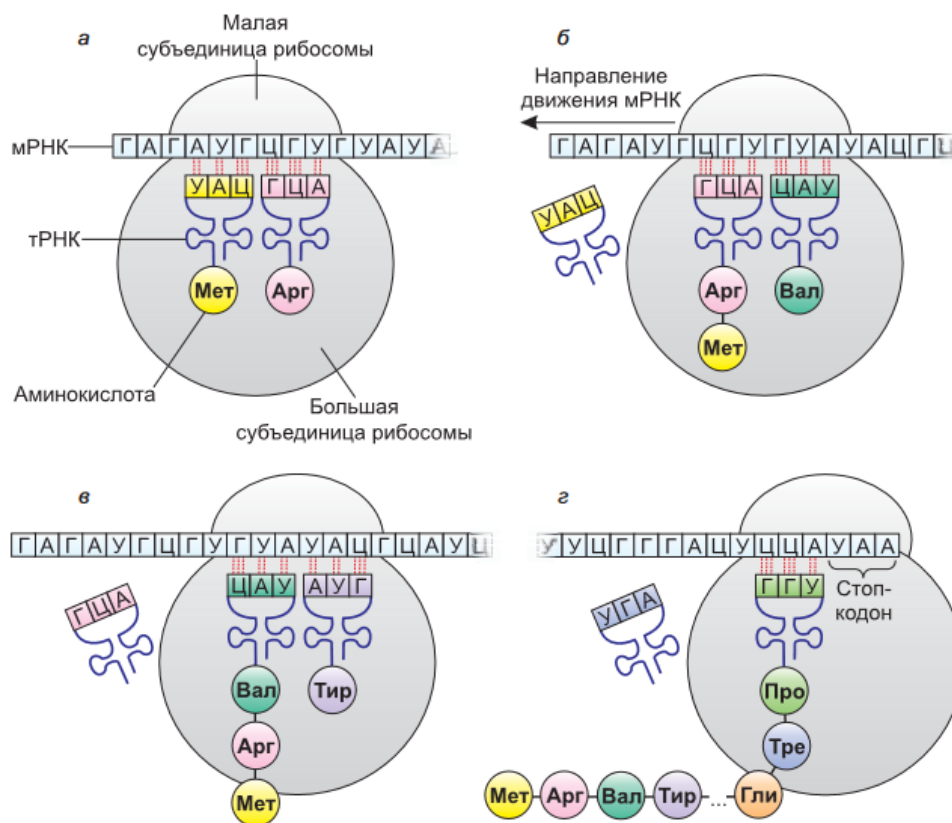


Рис. 40 – Схема строения трансляции

По мере продвижения мРНК через рибосому с ее освободившимся концом может связываться следующая рибосома. Благодаря этому на одной молекуле мРНК могут одновременно находиться несколько рибосом, синтезирующих с небольшой разбежкой во времени идентичные молекулы белка. Такие комплексы рибосом, связанных одной молекулой мРНК, называются *полисомой*.

Таким образом, генетическая информация, которая содержится в ДНК, в результате процессов транскрипции и трансляции реализуется в виде молекул белков. Синтез белка обеспечивается взаимодействием различных видов РНК. Рибосомные РНК являются главным структурным компонентом рибосом. Матричная РНК – носитель информации о первичной структуре белка. Транспортная РНК доставляет в рибосому аминокислоты.

Биосинтез РНК (транскрипция) и биосинтез белка (трансляция) осуществляются с использованием матриц – ДНК и мРНК соответственно. Поэтому, так же как и репликация, процессы транскрипции и трансляции являются *реакциями матричного синтеза*.

Контрольные вопросы

1. Что такое клеточный цикл?
2. Что называется интерфазой? Какие события происходят в периодах интерфазы?
3. Какие типы деления клеток существуют? Дайте им характеристику.
4. Что такое обмен веществ? Что собой представляет ассимиляция и диссимиляция клетки? Приведите примеры ассимиляция и диссимиляция клетки.
5. Что собой представляет наследственная информация? Каким образом хранится наследственная информация?
6. Охарактеризуйте свойства генетического кода.
7. Что представляет собой терминирующие кодоны? Какую роль играет стартовый кодон АУГ?
8. Как вы думаете, какое биологическое значение имеет свойства вырожденности генетического кода?

Лекция 5. ТКАНИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

1. Ткани растений.
2. Ткани животных.

1. Ткани растений. Для клеток растений характерно наличие некоторых специфических особенностей строения. Так, в отличие от клеток животных они имеют клеточную стенку, состоящую из целлюлозы, содержат вакуоли и хлоропласты. Запасным питательным веществом в клетках растений является крахмал. Дифференциация тела на ткани и органы у растений явилась результатом их приспособления к наземным условиям среды. *Ткань* - совокупность клеток и межклеточного вещества, сходных по происхождению, строению и выполняемым функциям. После выхода на сушу у растений в зависимости от выполняемой функции сформировались следующие виды тканей: образовательные (меристемы), покровные, проводящие, механические и основные (паренхимы). По строению ткани бывают простые и сложные. Простые ткани состоят из одного типа клеток, а сложные включают клетки разных типов. Общая характеристика тканей растений приведена в таблице 5).

Таблица 5 – Общая характеристика строения, местоположения и функций тканей растений

Название тканей	Особенности строения	Местоположение в растении	Функции
<p><i>Образовательные:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • верхушечные • боковые 	<ul style="list-style-type: none"> • Клетки мелкие, с тонкой оболочкой, густой цитоплазмой, мелкими вакуолями, крупным ядром. • Они плотно прилегают друг к другу, постоянно делятся в разных направлениях 	<ul style="list-style-type: none"> • На верхушке стебля, кончике корня у всех растений. • В междоузлиях злаков; внутри стебля и корня голосеменных и двудольных покрытосеменных растений 	<p>Образуют все постоянные ткани и обеспечивают рост растения в высоту и толщину в течение всей жизни</p>
<p><i>Покровные:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • эпидермис; • перидерма; • корка 	<p>Живые (эпидермис) или мертвые (перидерма, корка) клетки с толстыми стенками, плотно прилегают друг к другу, образуя один или несколько слоев. Живые клетки снаружи покрыты восковым налетом или кутикулой</p>	<p>На поверхности всех органов (стебля, корня, листа, цветка, плода и семени)</p>	<p>Защищают внутренние ткани растения от воздействия внешних факторов, регулируют его водный и газовый обмен со средой</p>

<p><i>Проводящие:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • ксилема; • флоэма 	<p>Сложные ткани.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Трахеиды, сосуды, древесные волокна, древесная паренхима. • Ситовидные трубки, клетки-спутницы, лубяные волокна, лубяная паренхима 	<p>Во всех органах растения</p>	<p>Обеспечивают транспорт в организме:</p> <ul style="list-style-type: none"> • воды, минеральных веществ (восходящий ток); • органических веществ (нисходящий ток)
<p><i>Механические:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • колленхима; • склеренхима 	<ul style="list-style-type: none"> • Живые клетки с неравномерно утолщенными оболочками. • Мертвые клетки с утолщенными стенками 	<p>Во всех органах растения (наиболее развиты в стебле, в корне занимают центральное положение)</p>	<p>Придают прочность и упругость всем органам растения и обеспечивают их ориентацию в пространстве</p>
<p><i>Основные (паренхима):</i> ассимилирующая; запасающая; воздухоносная; водоносная</p>	<p>Крупные, круглые или овальные, рыхло расположенные клетки, между которыми имеются межклетники</p>	<p>Во всех органах растения (наиболее развиты в плодах, семенах и запасающих органах)</p>	<p>Функция зависит от особенностей строения и места расположения ткани:</p> <ul style="list-style-type: none"> • фотосинтез; • запасание питательных веществ; • запасание воздуха; • запасание воды

Образовательные ткани (меристемы) по происхождению бывают *первичные* и *вторичные*. Ткань зародыша, сохранившаяся у взрослого растения, называется первичной меристемой, а образовательная ткань, появившаяся в течение жизни растения, - вторичной меристемой. Первичные меристемы находятся на верхушке стебля (конус нарастания) (рис. 41), на кончике корня (зона деления), в узлах злаковых (вставочная меристема), в стебле и корне (прокамбий, перицикл). К вторичным меристемам относятся камбий, пробковый камбий (феллоген).

По расположению в органах растения меристемы разделяют на верхушечные (апикальные), боковые (латеральные) и вставочные (интеркалярные). К *верхушечным меристемам* относятся *зона деления корня* и *конус нарастания стебля*. За счет их происходит рост корня и стебля в длину.

К *боковым меристемам* относятся камбий, пробковый камбий (феллоген), перицикл.

Камбий формирует вторичные проводящие ткани, за счет чего происходит рост стебля и корня в толщину.

Пробковый камбий закладывается под эпидермисом на стебле и в верхней части корня у древесных растений в виде одного слоя клеток и формирует покровные ткани — перидерму (пробку) и корку.

Перицикл представлен одним (реже несколькими) слоем клеток, окружающих проводящие ткани (центральный цилиндр) корня. В нем закладываются боковые и придаточные корни. У травянистых растений перицикл в молодых стеблях может формировать механические ткани (склеренхиму), выделительные структуры (млечные или смоляные ходы).

Вставочная меристема обеспечивает вставочный рост стебля злаковых в длину (рис. 42).

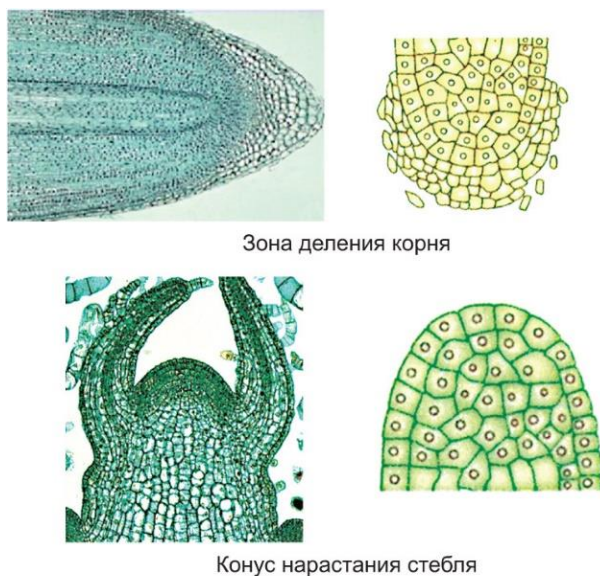


Рис. 41 – Верхушечные образовательные ткани

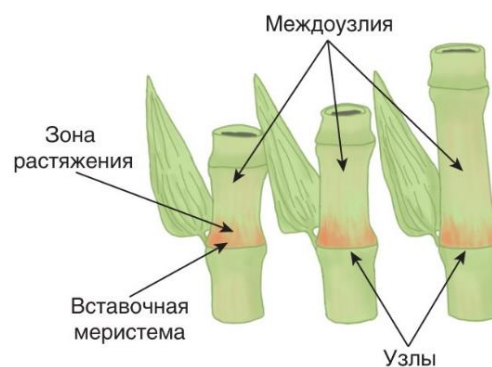


Рис. 42 – Вставочная меристема в стеблях злаковых

Покровные ткани возникли при выходе растений на сушу. У древесных растений с возрастом они изменяются в такой последовательности: эпидермис (кожица) → перидерма → корка (рис. 43).

Эпидермис (кожица) – первичная покровная ткань, состоящая из одного слоя живых, не имеющих хлоропластов клеток. Эпидермис покрывает все органы проростков и травянистых растений. У многолетних древесных растений эпидермис покрывает листья, молодые побеги и корень, за исключением зоны проведения. Транспирация и газообмен через эпидермис происходят с помощью *устьиц*. Каждое устьице состоит из двух бобовидных клеток (замыкающие клетки), содержащих хлоропласты. Между клетками имеется устьичная щель, которая может открываться или закрываться в зависимости от обеспеченности растения влагой. На корнях в зоне всасывания наружные оболочки клеток эпидермиса образуют выросты – корневые волоски, обеспечивающие всасывание воды и минеральных веществ. Эпидермис с корневыми волосками называется *ризодермой (эпibleмой)*.

К осени эпидермис на стеблях молодых побегов у голосеменных и древесных покрытосеменных заменяется вторичной покровной тканью – *перидермой*. Она формируется за счет пробкового камбия (феллогена), который закладывается под эпидермисом в виде одного слоя клеток. Клетки феллогена делятся в продольном направлении и снаружи образуют многослойную мертвую ткань – пробку, а внутрь откладывают клетки, которые формируют *феллодерму*. Феллоген, феллодерма и пробка в совокупности составляют перидерму. Газообмен и транспирация через перидерму происходят с помощью *чечевичек* – разрывов в пробке, заполненных рыхло расположенными клетками паренхимы. На корнях древесных растений в зоне проведения эпидермис также заменяется перидермой.

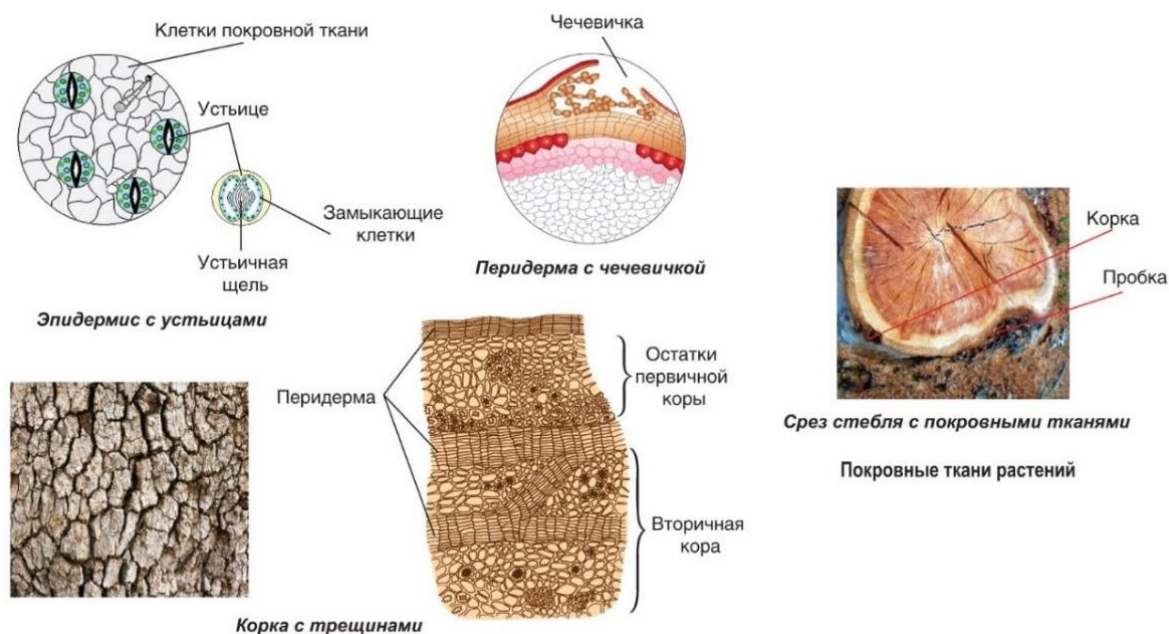


Рис. 43 – Покровные ткани растений

На стеблях старых древесных растений в результате неоднократной более глубокой закладки пробкового камбия в паренхиме коры формируется несколько слоев перидермы. Изолированные между слоями перидермы клетки паренхимы коры отмирают, и образуется сложная многослойная мертвая ткань – *корка*. Корка не может растягиваться, и при росте стебля в толщину в ней образуются глубокие *трещины*, через которые происходит газообмен и транспирация.

Проводящие ткани относятся к сложным тканям, так как состоят из нескольких видов клеток. В зависимости от особенностей строения и выполняемой функции различают два вида проводящих тканей – это ксилема и флоэма. У древесных растений ксилеме еще называют древесиной, а флоэму – лубом.

Ксилема обеспечивает транспорт воды и минеральных веществ из корня ко всем органам растения (восходящий ток) с помощью проводящих элементов. У моховидных проводящие элементы отсутствуют, их функцию выполняют специализированные клетки стебля. У плауновидных, хвощевидных, папоротниковидных и голосеменных проводящие элементы представлены *трахеидами* – удлиненными и косо заостренными с двух сторон клетками, стенки которых пронизаны порами. Они располагаются друг над другом и обеспечивают относительно медленный транспорт воды и минеральных веществ. Проводящие элементы ксилемы у покрытосеменных растений представлены преимущественно *сосудами* (*трахеями*). Сосуды состоят из цилиндрических клеток, не имеющих поперечных перегородок (рис. 44). Они расположены друг над другом и образуют сквозной канал, обеспечивающий быстрый ток воды и минеральных веществ. Стенки сосудов и трахеид одревесневшие и дополнительно придают органам прочность. Ксилема включает не только проводящие элементы, но и механическую ткань (древесные волокна – склеренхиму), осуществляющую опорную функцию, и запасную ткань – древесную паренхиму.

Флоэма обеспечивает транспорт органических веществ из листьев ко всем органам растения (нисходящий ток) (рис. 44). В наибольшей степени органические вещества оттекают к семенам, плодам и запасным органам. Проводящими элементами флоэмы являются *ситовидные трубки*, состоящие из живых клеток, расположенных друг над другом. В этих клетках имеется цитоплазма, но отсутствует ядро. Цитоплазмы соседних клеток сообщаются друг с другом через особые мелкие отверстия в поперечных стенках, напоминающих сито (ситовидные пластинки). У покрытосеменных рядом

с ситовидными трубками располагаются *клетки-спутницы*, имеющие ядра и выполняющие вспомогательные функции. В состав флоэмы, как и в состав ксилемы, кроме проводящих элементов входит механическая ткань (лубяные волокна – склеренхима) и запасающая ткань – лубяная паренхима.

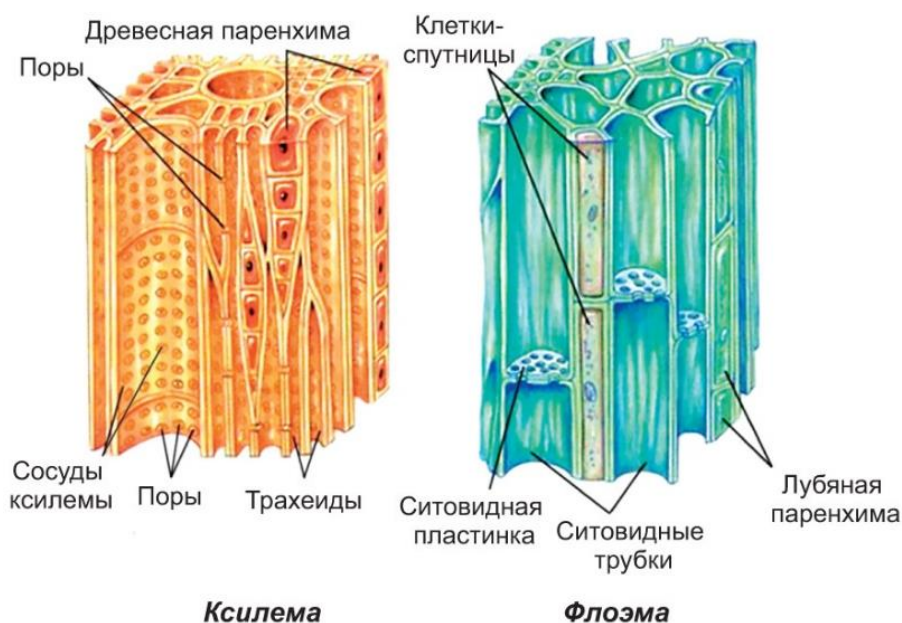


Рис. 44 – Проводящие ткани растений

Проводящие элементы ксилемы и флоэмы в совокупности с лубяными волокнами и лубяной паренхимой формируют сосудисто-волокнистые проводящие пучки, которые проникают во все органы растения. В листьях их называют *жилками*.

Механические ткани в растении образуют своего рода «внутренний скелет», поддерживающий все остальные ткани и препятствующий их излому или разрыву (рис. 45). Выделяют два вида механических тканей: колленхима и склеренхима. *Колленхима* представлена в органах молодого растения и придает им упругость. У взрослых растений она сохраняется только в черешках листьев и обеспечивает их ориентацию в пространстве по отношению к солнцу. Колленхима состоит из живых клеток с неравномерно утолщенными оболочками, содержащими пектиновые вещества, которые способны набухать за счет поглощения воды. Со временем колленхима заменяется склеренхимой.

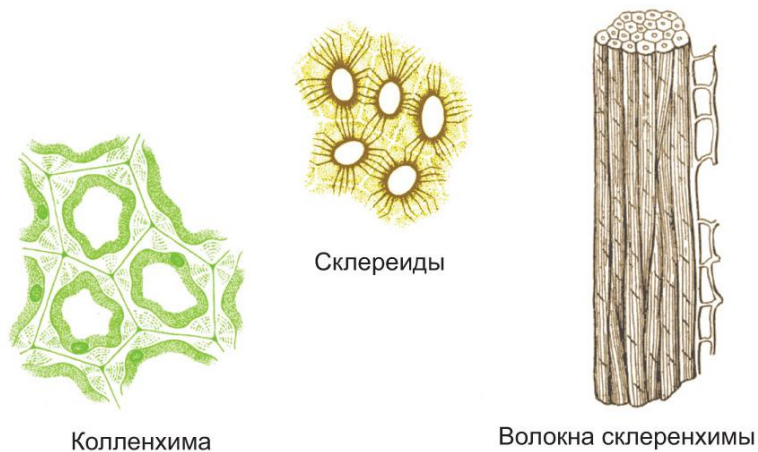


Рис. 45 – Механические ткани

Склеренхима образована двумя видами мертвых клеток: *волоками* (древесными и лубяными) и *склереидами* (каменистыми клетками). Волокна представлены длинными клетками с заостренными концами, стенки которых пропитаны лигнином. Древесные волокна входят в состав ксилемы у покрытосеменных и придают растениям прочность. У остальных растений они отсутствуют, и их функцию выполняют трахеиды. Лубяные волокна входят в состав флоэмы и придают растениям упругость. Стенки склереид пропитаны кремнеземом. Такие клетки встречаются в скорлупе орехов, в косточках (вишня, слива, абрикос) или в мякоти некоторых плодов.

Основные ткани (паренхима) в органах растения заполняют пространство между другими тканями и могут выполнять разные функции в зависимости от особенностей строения. Паренхима состоит из крупных, рыхло расположенных клеток. В связи с выполняемыми функциями выделяют следующие виды паренхимы: ассимиляционную (хлоренхиму), запасную, воздухоносную (аэренхиму), водоносную (рис. 46).

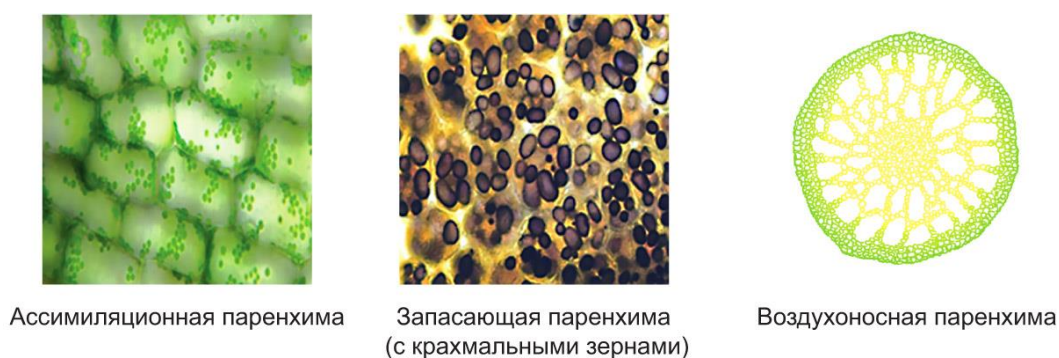


Рис. 46 – Основные ткани растений

Ассимиляционная паренхима содержит хлоропласты и выполняет функцию фотосинтеза. Она содержится во всех зеленых частях растений. *Запасная паренхима* состоит из крупных тонкостенных живых клеток, в которых накапливаются питательные вещества: крахмальные (картофель) или белковые (пшеница) зерна, капли жира (подсолнечник). Она хорошо развита в плодах, семенах и запасующих органах. В *воздухоносной паренхиме (аэренхиме)* имеются большие межклетники (полости), в которых запасается воздух, участвующий в газообмене и обеспечивающий плавучесть растений. Аэренхима содержится во всех органах водных растений, в дыхательных корнях болотных растений. *Водоносная паренхима* накапливает в межклетниках запас воды и хорошо развита в листьях и стеблях растений засушливых мест.

2. Ткани животных.

У животных различают четыре основных типа тканей: нервную, эпителиальную, мышечную и ткани внутренней среды.

Нервная ткань выполняет функцию восприятия, передачи, переработки и хранения информации, поступающей из окружающей среды или от органов организма. Из нее состоят головной и спинной мозг, нервные узлы, сплетения и нервы. Основными свойствами нервной ткани являются возбудимость и проводимость. *Возбудимость* – способность нервной ткани генерировать нервный импульс в ответ на действие раздражителя, *проводимость* – способность передавать этот нервный импульс другой клетке (нервной или клетке ткани рабочего органа).

Нервная ткань состоит из нервных клеток – *нейронов* (рис. 47) и клеток *нейроглии*. Клетки нейроглии выполняют трофическую, защитную и опорную функции. Структурными элементами нейрона являются тело, дендриты и аксон. *Тела* нейронов образуют серое вещество спинного и головного мозга, а также формируют периферические

нервные узлы (ганглии). *Дендриты* – короткие, сильно ветвящиеся отростки, которые воспринимают раздражение и передают нервный импульс в тело нейрона. *Аксон* – длинный неветвящийся отросток, передающий нервный импульс из тела нейрона другой клетке. Он покрыт миелиновой (липидной) оболочкой, играющей роль защиты и изоляции, и называется *нервным волокном*. Конец аксона разделяется на аксонные окончания, которые в области контакта с другими клетками формируют *синапсы*, обеспечивающие передачу нервного импульса через синаптическую щель с помощью медиатора (ацетилхолина или норадреналина). В центральной нервной системе (ЦНС) аксоны образуют белое вещество спинного и головного мозга. За пределами ЦНС нервные волокна с помощью соединительной ткани объединяются в пучки, которые называются нервами. С помощью нервов осуществляется связь между ЦНС и органами.

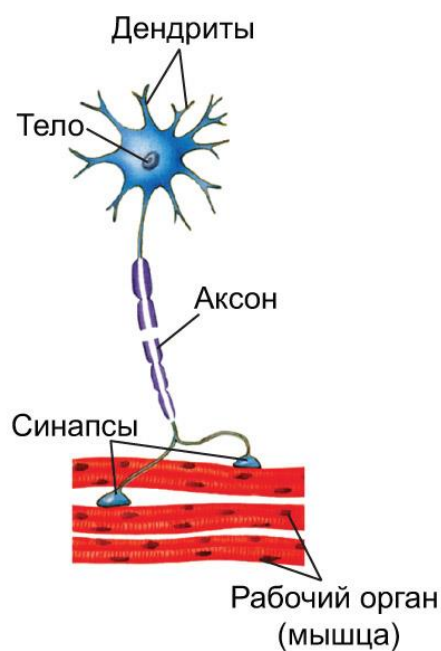


Рис. 47 – Строение нейрона

Нейроны различаются по выполняемой функции. *Чувствительные (центростремительные) нейроны* с помощью рецепторов воспринимают действие раздражителей различной природы и передают его в ЦНС в виде нервного импульса. *Двигательные (центробежные) нейроны* передают нервный импульс из ЦНС к рабочим органам (железам, мышцам и др.). *Вставочные нейроны* находятся в ЦНС и передают возбуждение с чувствительных нейронов на двигательные.

Эпителиальная ткань выполняет функции защиты, секреции, всасывания и восприятия раздражений. Она обладает способностью к регенерации (восстановлению).

В зависимости от выполняемой функции различают два вида эпителия: железистый и покровный (рис. 48).

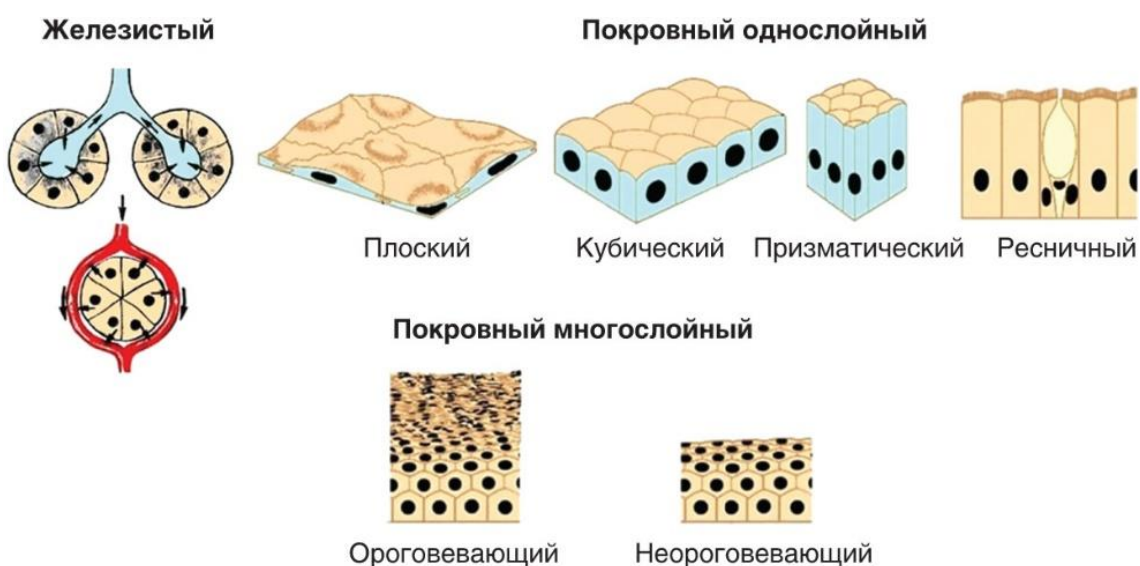


Рис. 48 – Разнообразие видов эпителия

Железистый эпителий образует железы, в клетках которых вырабатываются различные секреты: гормоны, ферменты, слизь, слюна. Железы, не имеющие выводных протоков и выделяющие свои секреты (гормоны) в кровь или тканевую жидкость, называются *эндокринными* или *железами внутренней секреции* (гипофиз, надпочечники). Если же секреты через выводные протоки поступают в полый орган или на поверхность тела, то вырабатывающие их железы называются *экзокринными* или *железами внешней секреции* (слюнные, потовые, сальные, молочные). *Железы смешанной секреции* сочетают в себе признаки желез внутренней и внешней секреции (поджелудочная, половые).

Покровный эпителий покрывает тело снаружи и выстилает стенки его полостей или полых органов. Он состоит из плотно прилегающих друг к другу клеток, между которыми практически отсутствует межклеточное вещество. В зависимости от количества слоев клеток покровный эпителий бывает однослойный или многослойный. *Однослойный эпителий* может быть плоским, кубическим или призматическим (цилиндрическим) в зависимости от формы клеток. Плоский эпителий выстилает грудную и брюшную полости тела. Кубический эпителий образует стенку канальцев нефронов почек и половых путей. Клетки призматического эпителия выстилают внутреннюю стенку тонкого кишечника и дыхательных путей. Если клетки эпителия имеют реснички, то он называется ресничным или мерцательным и выполняет функцию удаления частичек пыли из дыхательных путей. *Многослойный эпителий* может быть ороговевающий (образует эпидермис кожи) или неороговевающий (выстилает полость верхних дыхательных путей).

Мышечная ткань обеспечивает все виды двигательной активности организма. Она обладает свойствами возбудимости и сократимости. *Возбудимость* мышечной ткани проявляется в способности ее клеток воспринимать нервный импульс, передаваемый двигательным нейроном из ЦНС. Свойство *сократимости* мышечным клеткам придают сократительные белки актин и миозин, которые образуют миофибриллы (сократительные элементы). Различают три вида мышечной ткани, которые отличаются друг от друга по строению и свойствам: поперечнополосатая скелетная, поперечнополосатая сердечная и гладкая (табл. 6).

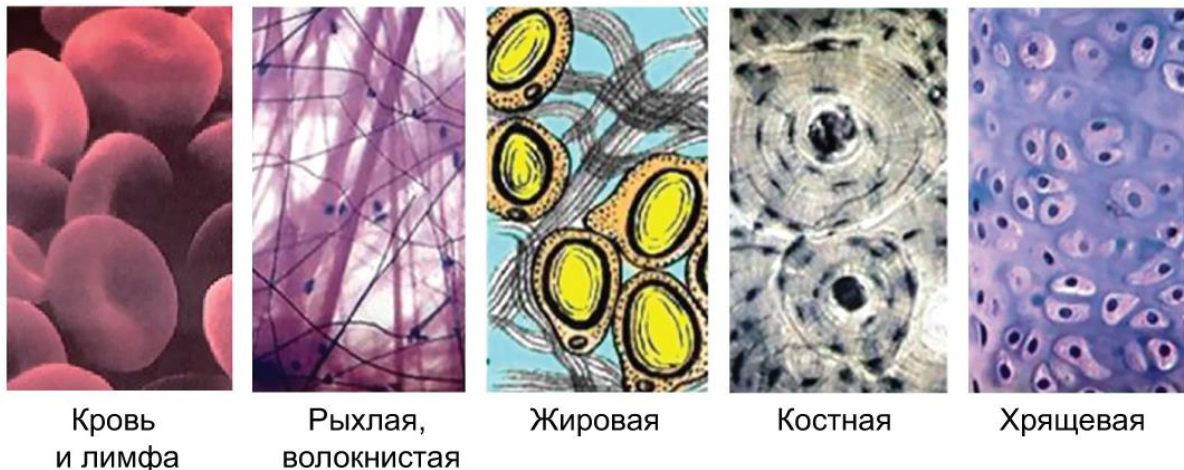
Таблица 6 – Характеристика видов мышечной ткани

Вид ткани	Особенности строения клеток	Свойства ткани	Органы, содержащие данный вид ткани
Поперечно-полосатая скелетная	Клетки многоядерные, волокноподобные (1–12 см), расположены параллельно друг другу в виде пучка, имеют поперечную исчерченность.	Большая сила, быстрота и произвольность (зависимость от воли человека) сокращений, потребление большого количества кислорода и энергии, быстрая утомляемость.	Скелетные и мимические мышцы, язык, диафрагма, стенки ротовой полости, глотки, гортани и верхней части пищевода.
Поперечно-полосатая сердечная	Клетки одноядерные, соединяются между собой с помощью боковых выростов, образуя единую сеть, имеют поперечную исчерченность.	Быстрота и непроизвольность (независимость от воли человека) сокращений, потребление большого количества кислорода и энергии, способность к автоматии.	Миокард сердца.

Гладкая	Клетки одноядерные, веретеновидные (около 0,1 мм), не имеют поперечной исчерченности.	Небольшая сила и непроизвольность сокращений, потребление небольшого количества O ₂ и энергии, малая утомляемость.	Желудок, кишечник, матка, мочевого пузыря, кровеносные и лимфатические сосуды.
---------	---	---	--

Поперечная исчерченность у первых двух видов мышечной ткани обусловлена чередованием светлых и темных участков в мышечных волокнах, которые видны при рассмотрении их в микроскоп. Светлые участки состоят из тонких, а темные – из толстых белковых нитей, которые по-разному преломляют свет.

Ткани внутренней среды очень разнообразны по строению, но общей чертой для них является рыхлое расположение клеток и наличие хорошо выраженного межклеточного вещества, представленного либо волокнами белковой природы, либо аморфным веществом. Межклеточное вещество может быть твердым (кость), жидким (кровь) или упругим (хрящ) (рис. 49).

Кровь
и лимфаРыхлая,
волокнистая

Жировая

Костная

Хрящевая

Рис. 49 – Разнообразие тканей внутренней среды

По выполняемым функциям ткани внутренней среды разделяют на три группы: трофические, опорно-трофические и опорные, или скелетные. В каждую группу входят виды тканей, различающиеся по строению.

Трофические ткани. *Кровь и лимфа* обеспечивают в организме транспорт питательных веществ, газов, биологически активных веществ, продуктов обмена. Они содержат жидкое межклеточное вещество – плазму, в которую погружены клетки: в крови находятся эритроциты, лейкоциты и тромбоциты, в лимфе – лимфоциты. Кровь заполняет сосуды кровеносной системы, а лимфа – сосуды лимфатической системы.

Опорно-трофические ткани. В собственно соединительных тканях межклеточное вещество представлено коллагеновыми и эластическими волокнами, придающими тканям прочность и эластичность. Если волокна хаотично переплетаются между собой, то образуется *рыхлая волокнистая ткань*. Она содержится в стенках кровеносных сосудов, в прослойках между органами, соединяет кожу с мышцами. В *плотной волокнистой ткани* волокна расположены плотно и параллельно друг другу. Из этой ткани состоят связки и сухожилия, твердая оболочка головного и спинного мозга.

Жировая ткань состоит из рыхло расположенных клеток, содержащих вакуоли с липидами. Она образует подкожную жировую клетчатку и окружает некоторые внутренние органы. Жировая ткань – это депо энергии и питательных веществ.

Опорные, или скелетные ткани. В костной ткани межклеточное вещество содержит коллагеновые волокна и минеральные вещества, придающие ему твердость, благодаря чему ткань выполняет функцию опоры и защиты. Клетки костной ткани называются *остеоцитами*. Костная ткань формирует основу костей. *Хрящевая ткань* содержит эластичное межклеточное вещество, в котором поодиночке или группами расположены овальные клетки. Она покрывает суставные поверхности костей, образует межпозвоночные диски, хрящевую часть носа, гортани, трахеи, бронхов, ребер, ушной раковины.

Таким образом, у животных различают нервную, эпителиальную, мышечную ткани и ткани внутренней среды. Нервная ткань обладает возбудимостью и проводимостью. Она состоит из нейронов и нейроглии. Каждый нейрон имеет тело, несколько дендритов и один аксон. Эпителиальная ткань выполняет функции защиты, секреции, всасывания и восприятия раздражений. Различают железистый и покровный эпителий. Мышечная ткань обеспечивает двигательную активность организма за счет возбудимости и сократимости. По строению и свойствам она разделяется на гладкую, поперечнополосатую скелетную и поперечнополосатую сердечную. Общей особенностью строения тканей внутренней среды является рыхлое расположение клеток и наличие хорошо выраженного межклеточного вещества. В зависимости от функции их разделяют на трофические (кровь, лимфа), опорно-трофические (рыхлая и плотная волокнистая, жировая ткань) и опорные, или скелетные (костная, хрящевая).

Контрольные вопросы

1. Что такое ткань?
2. Какова классификация растительных тканей?
3. Какое строение имеют растительные ткани?
4. Где располагаются растительные ткани в теле растения?
5. Какова классификация животных тканей?
6. Какое строение имеют животные ткани?
7. Где в теле человека находится та или иная животная ткань?

МОДУЛЬ 2

Лекция 6. ОНТОГЕНЕЗ ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА. СТРОЕНИЕ И ОБРАЗОВАНИЕ ПОЛОВЫХ КЛЕТОК

1. Строение и половых клеток человека.
2. Развитие половых клеток. Сперматогенез.
3. Оогенез.

1. Строение и половых клеток.

Половые клетки делятся на мужские (подвижные – сперматозоиды, неподвижные – спермии) и женские (яйцеклетки).

Сперматозоиды человека и животных отличаются от яйцеклеток небольшими размерами, подвижностью и строением. Сперматозоид состоит из головки, шейки и хвоста. В головке находится ядро, перед ним располагается **акросома** – особый мембранный пузырек. Он содержит ферменты, растворяющие оболочки яйцеклетки при

оплодотворении. В узкой шейке сперматозоида находятся две центриоли, *расположенные перпендикулярно друг другу. От одной из них, более удаленной от ядра, берет начало **аксонема** – осевая нить жгутика. Аксонема устроена типично для жгутиков эукариот: ее основу составляют девять пар периферических микротрубочек, окружающих две центральные ($9 \times 2 + 2$). Начальный отдел осевой нити, проходящий через несколько расширенную среднюю часть сперматозоида, окружен митохондриями. Они вырабатывают АТФ, за счет гидролиза которой молекулы белка динеина, связанные с периферическими микротрубочками аксонемы, приводят жгутик в движение.

Таким образом, сперматозоид лишен запаса питательных веществ и содержит минимальное количество внутриклеточных структур, обеспечивающих его подвижность и способность к оплодотворению яйцеклетки. Энергию, необходимую для движения, сперматозоиды получают, прежде всего, за счет расщепления веществ, которые содержатся в окружающей их семенной жидкости.

Яйцеклетки большинства животных неподвижны и обычно имеют округлую форму. Женская половая клетка содержит крупное ядро и цитоплазму с различными органоидами, а также с запасом питательных веществ для развития зародыша. Поверх плазмалеммы яйцеклетка может быть окружена еще одной или несколькими оболочками. Они выполняют главным образом защитную функцию.

Как правило, яйцеклетки намного крупнее сперматозоидов и большинства соматических клеток. Так, диаметр яйцеклетки человека составляет 150–200 мкм, в то время как длина сперматозоида равна приблизительно 60 мкм при ширине головки около 3 мкм.

2. Развитие половых клеток. Сперматогенез.

Развитие половых клеток называется **гаметогенезом** и происходит в половых железах (гонадах). Примечательно, что у эмбриона зачатки гонад первоначально не несут предшественников половых клеток (Первичные половые клетки). Первичные половые клетки у человека формируются в стенке желточного мешка и лишь позднее мигрируют в зачатки гонад. При развитии гонад по мужскому типу формируются мужские половые железы – семенники. Процесс формирования мужских половых клеток называется сперматогенезом.

Сперматогенез совершается в четыре стадии, проходя которые клетка сперматогенного дифферона последовательно повышает свой уровень дифференцирования.

Каждому уровню дифференцирования (стадии) соответствует особое название клетки:

1. Стадия размножения – **сперматогонии**;
2. Стадия роста – **сперматоциты I и II** (первого и второго порядков);
3. Стадия созревания – **сперматиды**;
4. Стадия формирования (спермиогенез) – сперматозоиды (неактивированные).

В ходе сперматогенеза сперматогонии делятся митозом, далее некоторые из них вступают в мейоз. В результате мейоза из одной сперматогонии образуется 4 сперматиды каждая из которых становится сперматозоидом (рис. 50).

Сперматогенез начинается после полового созревания и продолжается в течении всего репродуктивного возраста мужчины. Период сперматогенной клетки от сперматогоний до сперматозоида занимает в среднем 75 суток.

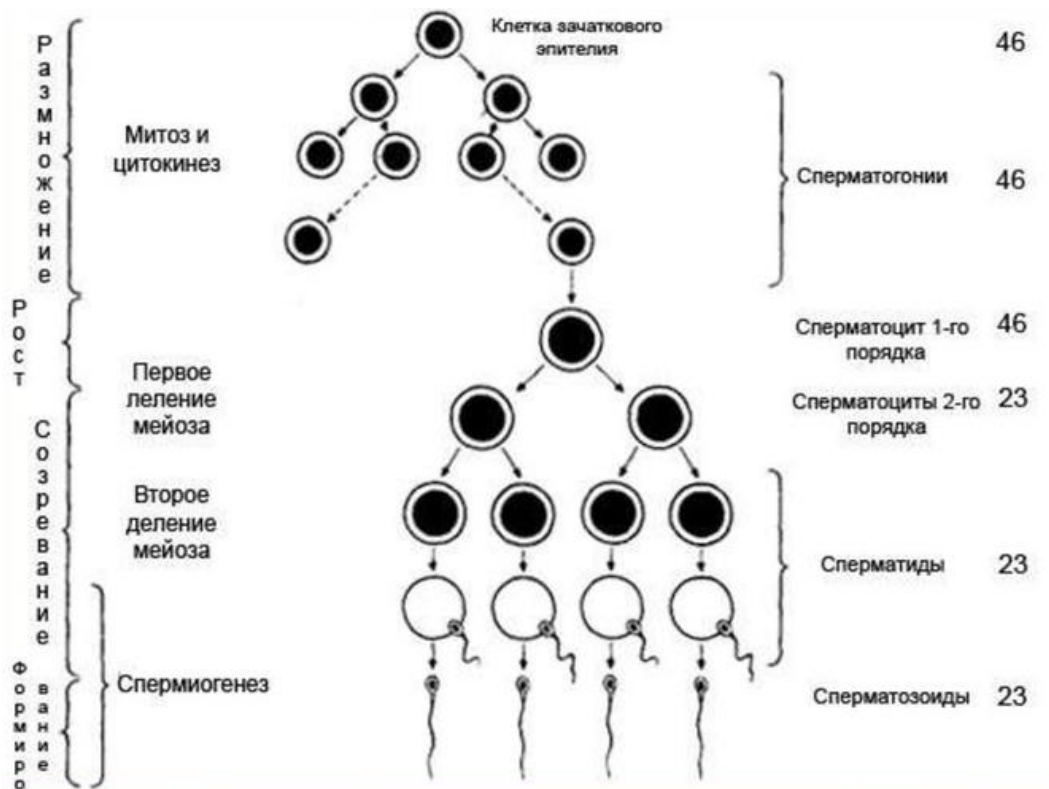


Рис. 50 – Схема сперматогенеза человека

3. Оогенез.

В женских половых железах – яичниках процесс гаметогенеза называется **овогенезом**. Овогенез (или оогенез) – совершается в три стадии (рис. 51).

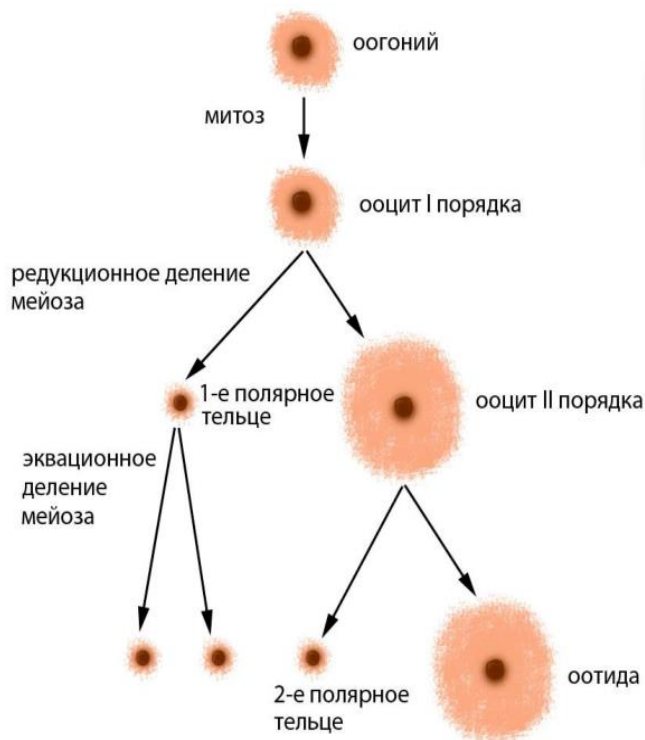


Рис. 51 – Схема оогенеза человека

Каждому уровню (стадии) дифференцирования соответствует особое название клетки:

1. Стадия размножения – овогонии (оогонии);
2. Стадия роста – овоциты (ооциты) I и II порядков;
3. Стадия созревания – оотида и затем яйцеклетка.

Стадия размножения начинается еще в эмбриональном периоде (2 месяц развития) развития женского организма. Стадия созревания может осуществляться только после полового созревания. Дифференцировка способной к оплодотворению яйцеклетки происходит в течение овариально-менструального цикла. В отличие от сперматогенеза, при оогенезе из одной овогонии в ходе мейоза образуется только 1 яйцеклетка остальными продуктами являются 3 полярных тельца, не участвующие в оплодотворении.

Контрольные вопросы.

1. Что такое оогенез?
2. Какие виды деления клеток участвуют в сперматогенезе и оогенезе?
3. Каковы функции акросомы?
4. Какие стадии сперматогенеза вы знаете?
5. Сколько времени занимает сперматогенез?
6. Сколько времени занимает оогенез?
7. Сколько яйцеклеток образуется из оогония в результате мейоза?
8. Сколько сперматозоидов образуется из сперматогония в результате мейоза?

Лекция 7. ЭМБРИОГЕНЕЗ

1. Основные этапы эмбрионального развития животных.
2. Дробление.
3. Гастрюляция.
4. Стадия гисто- и органогенеза.

1. Основные этапы эмбрионального развития животных.

Результатом оплодотворения яйцеклетки сперматозоидом (у человека происходит в маточных трубах) является зигота. **Зигота** вступает в эмбриогенез, зародышевое развитие организма от образования зиготы до рождения или выхода из яйцевых оболочек. В течение данного этапа происходит преобразование зиготы в многоклеточный организм, который у животных выходит в окружающую среду либо из яйца, либо из организма матери. У растений зародыш развивается в семени и эмбриогенез завершается до момента его прорастания.

В зависимости от характера протекающих процессов при развитии зародыша эмбриогенез у животных разделяют на три стадии: дробление, гастрюляция, гисто- и органогенез (образование тканей и органов).

2. Дробление.

Процесс дробления заключается в серии последовательных делений зиготы. Образующиеся при этом поколения клеток носят название бластомеров. Между делениями не происходит роста образующихся бластомеров, вследствие чего каждое новое поколение представлено более мелкими клетками.

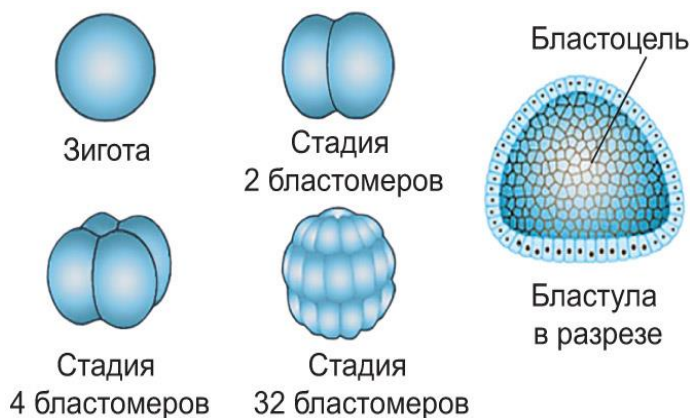


Рис. 52 – Образование бластулы на стадии дробления

Эта особенность клеточных делений зиготы и определила появление термина «дробление».

Когда бластомеров становится много, они смещаются к периферии, образуя однослойную стенку – бластодерму. Появляющаяся при этом внутри зародыша полость заполняется жидкостью и становится первичной полостью тела – бластоцелью. Стадия дробления завершается образованием многоклеточного однослойного зародыша с первичной полостью тела, получившего название **бластула**. По размерам бластула не намного крупнее зиготы (рис. 52).

3. Гастрюляция. Стадия гастрюляции представляет собой процесс перемещения эмбрионального материала с образованием двух или трех зародышевых листков. Она может заканчиваться на стадии двухслойного или трехслойного зародыша – гастрюлы.

Гастрюляция может осуществляться разными способами и зависит от строения бластулы. Известны такие способы, как впячивание (инвагинация), обрастание (эпиболия), проникновение клеток внутрь (иммиграция) и расслоение (деламинация).

У животных с однослойной бластулой (ланцетник) происходит впячивание (инвагинация) бластодермы в первичную полость, которая при этом почти полностью исчезает. Шаровидная бластула превращается в двухслойный чашевидный зародыш. Внешний слой клеток называется **эктодермой** – наружный зародышевый листок, а внутренний слой – **энтодермой** – внутренний зародышевый листок (рис. 53). Образовавшаяся внутри зародыша полость называется гастрюцелью (первичной кишкой), а вход в нее – бластопором (первичным ртом).

На стадии образования двух зародышевых листков заканчивается эмбриональное развитие кишечнополостных, поэтому их называют двухслойными животными. У всех остальных животных между наружным и внутренним зародышевыми листками закладывается средний зародышевый листок – **мезодерма**. У хордовых животных энтодерма с двух сторон первичной кишки образует карманоподобные впячивания в бластоцель. Затем они отделяются от первичной кишки, разрастаются между экто- и энтодермой, образуя мезодерму. Полость внутри впячиваний представляет собой вторичную полость тела (целом). Таких животных называют трехслойными и вторичнополостными.

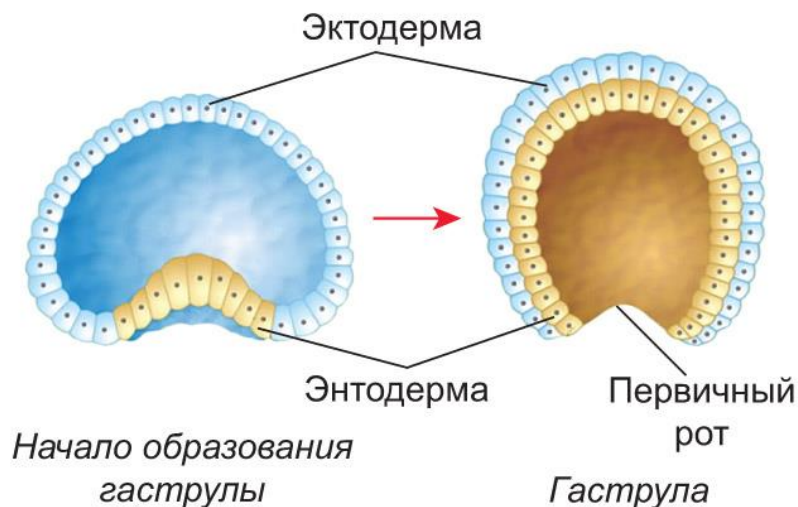


Рис. 53 – Образование гастрюлы

4. Стадия гисто- и органогенеза. Образованием трех зародышевых листков (экто-, энто- и мезодермы) завершается этап гастрюляции. С этого момента начинаются процессы гисто- и органогенеза. Появляются морфологические и биохимические различия между клетками, что в дальнейшем приводит к формированию тканей и органов.

Начальным процессом, протекающим при гисто- и органогенезе, является нейруляция – образование нейрулы. **Нейрула** – стадия зародыша с комплексом осевых органов (нервная трубка, хорда, пищеварительная трубка), в которой далее активно происходит формирование всех остальных тканей и органов из зародышевых листков (рис. 54).

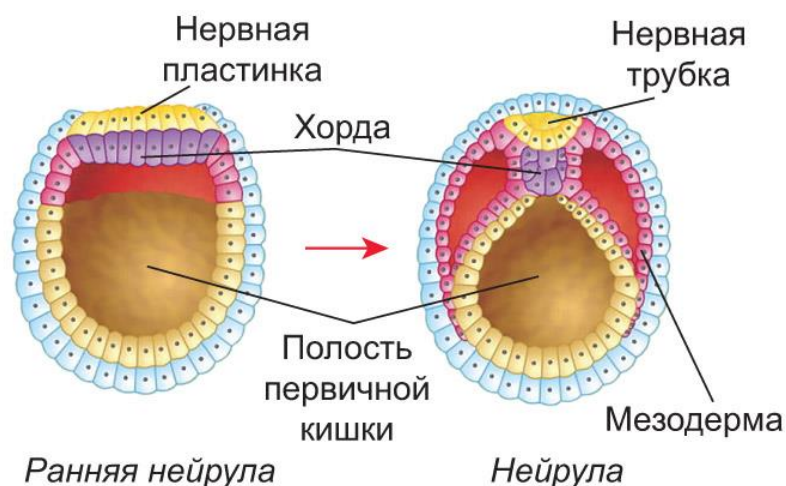


Рис. 54 – Образование нейрулы

Контрольные вопросы

1. Каковы основные этапы раннего развития животных?
2. Как называется результат дробления зиготы.
3. Что происходит в результате гаструляции?
4. Назовите основные зародышевые слои эмбриона человека.
5. Какие органы образуются из эктодермы?
6. Какие органы образуются из мезодермы?
7. Какие органы образуются из энтодермы?
8. Какие органы закладываются у нейрулы?

Лекция 8. ГЕНЕТИКА ПОЛА

1. Признаки, ограниченные и контролируемые полом.
2. Признаки, сцепленные с полом.
3. Механизм и типы определения пола.
4. Соотношение полов.
5. Наследование признаков, сцепленных и ограниченных полом.

1. Признаки, ограниченные и контролируемые полом. Пол – это совокупность признаков и свойств организма, обеспечивающих воспроизводство потомства и передачу наследственной информации. Половое размножение обеспечивает рекомбинацию генов и генотипическую адаптацию, т.е. лучшую приспособленность к изменяющимся условиям внешней среды.

Признаки, по которым различаются особи разных полов, делятся на первичные и вторичные половые признаки. К первичным половым признакам относятся те морфологические и физиологические особенности организма, которые обеспечивают образование гамет и соединение их в процессе оплодотворения: гонады, половые пути и наружные гениталии. Из числа вторичных половых признаков выделяют три группы:

- ограниченные полом признаки;
- признаки, сцепленные с полом;
- признаки, доминирование или рецессивность которых определяется полом.

К ограниченному полом признакам относят различия полов по размерам (самки некоторых видов крупнее самцов или наоборот). Более яркая окраска у самцов, шпоры у петухов, признаки молочности у коров, яйценоскость у кур – все это признаки, ограниченные полом.

Контролируемые полом признаки. Эти признаки проявляются у особей обоих полов, но у одного пола в больше степени и чаще, чем у другого. Примером такого признака является наследование плешивости у мужчин и женщин. У мужчин ген плешивости доминирует, а у женщин нет. Поэтому у мужчин для облысения достаточно одного доминантного аллеля гена, тогда как у женщин для облысения необходима гомозиготность по этому доминантному аллелю. Появление контролируемых полом признаков определяется соотношением количества мужского и женского полового гормона в крови. Женский половой гормон в данном случае препятствует проявлению доминантного гена, а мужской гормон – способствует.

2. Признаки, сцепленные с полом. Это признаки, гены которых находятся в половых хромосомах. Например, в X-хромосоме находятся ген окраски глаз дрозофилы, ген цветной слепоты (дальтонизм) и гемофилии у человека.

К третьей группе признаков (**определяемых полом**) относится, например, наличие рогов у самцов некоторых пород овец. Причем рога проявляются у самцов уже при гетерозиготности по факту рогатости, самки остаются комолыми (безрогими), рога у них развиваются при гомозиготности по гену рогатости. Считают, что по этому типу наследуется облысение у человека.

3. Механизм и типы определения пола.

Различие особей мужского и женского пола называется половым диморфизмом.

У млекопитающих и птиц половина особей при рождении являются самцами, половина – самками, т. е. соотношение 1:1. У млекопитающих и человека, а также у дрозофилы соматические клетки женских особей имеют одну пару гомологичных хромосом, обозначаемых XX, а мужских особей – XY. Эти хромосомы названы половыми, а остальные – соматическими.

При мейозе у самок образуется один сорт яйцеклеток, у самцов – два сорта: половина с X-хромосомой, половина с Y-хромосомой. Половые клетки называются гаметами. Пол, образующий один тип гамет, назван гомогаметным, а пол, образующий два типа гамет – гетерогаметным.

В настоящее время выделяют следующие типы детерминации пола:

1. **прогамный** – определение пола происходит до слияния гамет и независимо от него, благодаря наличию двух типов яйцеклеток (у некоторых червей и коловраток);

2. **эпигамный** – формирование признаков пола происходит после слияния гамет и независимо от него, под влиянием условий внешней среды (у некоторых растений, морских червей и рептилий);

3. **сингамный** – пол будущего организма определяется в момент слияния гамет и зависит от типа сливающихся гамет (у большинства живых организмов). К сингамному типу относятся хромосомное определение пола и определение пола по ploидности.

Хромосомное определение пола – это наиболее распространенный механизм, связанный с наличием особых половых хромосом, детерминирующих формирование мужского и женского организмов. Пол, содержащий разные половые хромосомы называется гетерогаметным, содержащий одинаковые половые хромосомы – гомогаметным. Различают следующие типы хромосомного определения пола: XY, XO, ZW, ZO.

При гетерогаметности мужского пола самцы содержат либо одну X-хромосому, либо X- и Y-хромосому. XY-тип характерен для млекопитающих, большинства позвоночных и некоторых беспозвоночных, встречается у человека и дрозофилы. XO-тип встречается у большинства прямокрылых, клопов, жуков, пауков.

При гетерогаметности женского пола самцы содержат две Z-хромосомы, а самки либо Z и W, либо одну Z-хромосому.

4. Соотношение полов. Существует генетический механизм определения пола, обеспечивающий соотношение 1:1. Для того, чтобы это соотношение проявилось у новорожденных, необходимы следующие условия:

1. Особи гетерогаметного (мужского) пола должны образовывать половину гамет, определяющих мужской пол, и половину – женский.

2. Гаметы при всех условиях должны обладать одинаковой жизнеспособностью.

3. Гаметы, определяющие мужской и женский пол, должны обладать равной способностью к оплодотворению.

4. Самцы и самки должны обладать одинаковой жизнеспособностью при рождении.

5. Число животных, по которым вычисляется соотношение полов, должно быть достаточно большим.

Различают три типа соотношения полов:

1) первичное – при оплодотворении яйцеклеток;

2) вторичное – при рождении или вылуплении;

3) третичное – для какого-либо более позднего возраста в 1, 2, 10, 70 лет и т.д.

У млекопитающих и человека под соотношением полов понимают вторичное соотношение, у птиц – первичное.

У человека при рождении соотношение полов 103-107 ♂♂: 100 ♀♀.

5. Наследование признаков, сцепленных и ограниченных полом. Наследование признаков, гены которых находятся в половых хромосомах, называется наследованием, сцепленным с полом.

Признаки, сцепленные с полом у человека. У человека более 1000 генов сцеплены с X-хромосомой, в том числе гемофилия, цветовая слепота, мышечная дистрофия Дюшена, потемнение эмали зубов и другие. Часть генов локализована в Y-хромосоме, а часть в X-хромосоме.

Локализация генов в Y-хромосоме установлена для некоторых случаев синдактилии (перепончатое сращение второго и третьего пальцев на ноге), чешуйчатости кожи, пертрихоза края ушной раковины (ряды волос). Признаки генов, локализованных в Y-хромосоме, передаются только по мужской линии и наследуются сыновьями.

X-сцепленный рецессивный тип наследования характерен для таких патологий как дальтонизм и гемофилия.

Если женщина, больная дальтонизмом, выходит замуж за мужчину с нормальным зрением, то у их детей наблюдается перекрестное наследование. Все дочери от такого брака получают ген отца, и будут иметь нормальное зрение, а сыновья получают ген матери и дальтонизм. Это происходит потому, что сыновья получают X-хромосому только от матери. Дочери получают одну X-хромосому от отца, а другую от матери, и все имеют нормальное зрение, так как ген дальтонизма рецессивен. Если дочь от такого брака выйдет замуж за дальтоника, то у них будет рождаться половина сыновей и дочерей с нормальным зрением, а половина дальтоников.

Если отец является дальтоником, а мать имеет нормальное зрение, то все дети от этого брака будут иметь нормальное зрение. При этом все дочери становятся носителями дальтонизма, что может проявиться в последующих поколениях.

Однако если гетерозиготная женщина вступает в брак с мужчиной с нормальным зрением, то все дочери будут иметь нормальное зрение, а среди сыновей половина будет дальтониками.

Другим примером наследования, сцепленного с полом, является рецессивный полуплетальный ген, вызывающий несвертываемость крови на воздухе – гемофилию. Это заболевание появляется почти исключительно у мальчиков. Передает болезнь мать, гетерозиготная по рецессивному гену гемофилии. Наследуется этот признак так же, как дальтонизм.

X-сцепленный доминантный тип наследования характерен для некоторых форм патологий, например, витамин D-резистентному рахиту, который вызывает недостаточность органического фосфора в крови. Заболевание проявляется как у гомозигот, так и у гетерозигот. В браке больного мужчины со здоровой женщиной наблюдаются следующие особенности наследования патологии:

1. все сыновья и их дети-мальчики будут здоровыми, так как от отца им может передаться только Y-хромосома;
2. все дочери будут гетерозиготами и фенотипически больными.

В браке гетерозиготных больных женщин со здоровыми мужчинами соотношение больных и здоровых детей 1:1, и половых различий нет. Отмечается более сильное проявление болезни у сыновей, так как у них отсутствует компенсирующее действие нормального аллеля.

Другим примером доминантного гена, локализованного в X-хромосоме человека, может служить ген, вызывающий дефект зубов, приводящий к потемнению эмали.

Наследование признаков, ограниченных полом. Некоторые признаки, независимо от сцепления с полом, проявляются у особей только одного пола. Такие признаки называются ограниченными полом. Примером ограниченных полом признаков являются крипторхизм, паховая грыжа и «болезнь белых телок».

Крипторхизм – это неопущение одного или обоих семенников в мошонку. Встречается у млекопитающих и человека. При паховой грыже петли кишечника проходят через паховое кольцо в мошонку. Встречается также у человека и млекопитающих.

Контрольные вопросы

1. Какие признаки называются половыми?
2. Какие признаки называются сцепленными с полом?
3. Какие признаки называются контролируруемыми полом?
4. Какие механизмы определяют пол человека?
5. Что такое первичное и вторичное соотношение полов?
6. Как наследуются X-сцепленные признаки?
7. Как наследуются Y-сцепленные признаки?

Лекция 9. НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ. ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ЕЕ ТИПЫ

1. Изменчивость и ее виды. Модификационная изменчивость.
2. Комбинативная изменчивость.
3. Мутационная изменчивость.
4. Антимутагены.
5. Классификация мутаций.

1. Изменчивость и ее виды. Модификационная изменчивость.

Изменчивость – свойство живых организмов приобретать в процессе онтогенеза новые морфо-функциональные признаки и особенности, отличающиеся от родительских. С генетической точки зрения изменчивость представляет собой результат реакции генотипа в процессе индивидуального развития организма на условия внешней среды. Изменчивость может быть ненаследственной (фенотипической) и наследственной (генотипической).

Модификационная изменчивость. Относится к ненаследственной изменчивости, возникает под влиянием условий внешней среды и не изменяет генотип. Модификации представляют собой варианты фенотипа в пределах нормы реакции генотипа.

Они обеспечивают приспособляемость организма в течение его жизни к факторам внешней среды. Выделяют два основных типа модификаций:

1. **адаптивные модификации** – ненаследуемые изменения, способствующие адаптации организма. Их можно рассматривать как реакции организма на условия внешней среды, в которой проходила эволюция.

2. **морфозы** – случайные неадаптивные изменения под воздействием определенных факторов. Степень выраженности морфоза усиливается при увеличении дозы действующего агента. Чаще всего морфозы выражаются в виде уродств – отклонений от нормы реакции. Они иногда фенотипически напоминают известные мутации – и тогда их называют фенкопиями этих мутаций.

Возможность модификаций определяется генотипом. Способность к модификациям наследуется и характеризуется генетически заданной нормой реакции. Если адаптивные модификации могут исчезнуть после прекращения действия агента, то **морфозы** сохраняются в течение всей жизни организма. Это определяется действием вызывающих их факторов на критических стадиях онтогенеза. Необратимость морфозов объясняется необратимостью онтогенеза.

К наследственной изменчивости относятся комбинативная и мутационная.

2. **Комбинативная изменчивость.** Это наследственная изменчивость, возникающая в потомстве в результате новых сочетаний признаков и свойств при скрещивании. Наблюдается обычно в потомстве, полученном в результате скрещивания животных различных пород и растений разных сортов, а также при межвидовой гибридизации. Она не ведет к возникновению новых наследственных признаков, происходят лишь комбинация и рекомбинация генов, имеющих у родительских форм.

Комбинативную изменчивость определяют:

- а) независимое расхождение хромосом в мейозе;
- б) случайное сочетание хромосом при оплодотворении;
- в) перекombинация генов при кроссинговере.

3. **Мутационная изменчивость.** Представляет собой внезапно возникшее скачкообразное и устойчивое наследуемое изменение генотипического материала.

Мутация – стойкое изменение в структуре ДНК и кариотипе. **Мутагенез** – процесс образования мутаций. **Мутаген** – фактор, вызывающий мутацию.

По происхождению мутагены можно разделить на:

- а) экзогенные – факторы внешней среды;
- б) эндогенные – образуются в процессе жизнедеятельности организма.

По природе возникновения различают физические, химические и биологические мутагены.

1) К физическим мутагенам относятся:

- ионизирующее излучение (альфа-, бета-, гамма-излучение, рентгеновское излучение, нейтроны);
- радиоактивные элементы (радий, радон, изотопы калия, изотопы углерода);
- ультрафиолетовое излучение;
- чрезмерно высокая или низкая температура.

2) К химическим мутагенам относятся:

- сильные окислители или восстановители (нитраты, нитриты, активные формы кислорода);
- алкилирующие агенты (иодацетатамид);
- пестициды (гербициды, фунгициды);
- некоторые пищевые добавки (цикламаты, ароматические углеводороды);
- продукты переработки нефти;
- органические растворители;

– лекарственные препараты (иммунодепрессанты, цитостатики, ртутьсодержащие средства).

3) К биологическим мутагенам относятся:

– некоторые вирусы (краснуха, корь, грипп);

– продукты обмена веществ (продукты липопероксидации);

– антигены некоторых микробов и паразитов.

4. Антимутагены – вещества, в различной степени снижающие уровень мутабельности.

Важная особенность их – стабилизация мутационного процесса до естественного уровня.

Им присуща физиологичность действия (в высоких дозах могут действовать как мутагены – аргинин). Отдельные мутагены характеризуются специфичностью действия – они эффективны только по отношению к абберациям хромосом или генным мутациям. Механизм действия антимутагенов связывают с нейтрализацией мутагена до его взаимодействия с ДНК; активацией ферментных систем детоксикации поступающих из среды загрязнителей; предотвращением ошибок в процессе репликации ДНК.

Группы антимутагенов:

1) витамины и провитамины (витамин Е снижает мутагенное действие ионизирующих излучений и химических соединений; витамин С способствует уменьшению частоты аббераций хромосом, вызванных ионизирующими излучениями; витамин А снижает естественное и искусственное мутирование в клетках у животных; витамина В снижает действия алкилирующих соединений, ультрафиолетового облучения путем усиления репарации).

2) аминокислоты (аргинин, гистидин, метионин, цистеин).

3) ферменты (пероксидаза, каталаза).

4) фармакологические средства (интерферон).

5) группа веществ с антиокислительными свойствами (производные галловой кислоты).

6) комплексные соединения.

Пути снижения концентраций вредных веществ: создание безотходных технологий; переход от химических средств борьбы в сельском хозяйстве на безвредные биологические; создание устойчивых сортов растений, не требующих химических средств защиты; выявление мутагенов в окружающей среде и их изъятие.

5. Классификация мутаций.

В зависимости от причин возникновения мутации делятся на спонтанные и индуцированные.

1) Спонтанные мутации – возникают в естественных условиях при обычном физиологическом состоянии организма без видимого дополнительного воздействия на организм внешних факторов.

2) Индуцированные мутации – вызванные направленным воздействием факторов внешней среды или внутренней среды.

По влиянию на организм мутации делятся на летальные, полулетальные, нейтральные и положительные (благоприятные).

1) Летальные мутации – это мутации, которые приводят к внутриутробной гибели или смерти в младенческом возрасте (моносомия по аутосомам).

2) Полулетальные мутации – значительно снижают жизнеспособность организма, приводя к ранней смерти.

3) Нейтральные мутации – не влияют существенным образом на процессы жизнедеятельности.

4) Положительные мутации – обеспечивают организму новые полезные свойства.

В зависимости от типа мутирующих клеток мутации делятся на генеративные и соматические.

1) Генеративные мутации – мутации половых клеток.

2) Соматические мутации – мутации в неполовых клетках организма.

Генеративные мутации делятся на генные, хромосомные (абберрации), геномные и цитоплазматические.

Генные мутации (точковые). Генные мутации представляют собой молекулярные, не видимые в световом микроскопе изменения структуры ДНК. Мутационные изменения генов могут происходить в одной точке (односайтовые мутации) либо в нескольких разных точках (многосайтовые мутации). Термин «сайт» в генетике обозначает определенное место («точку») в цепи молекулы ДНК. Большая часть генных мутаций приводит к синтезу дефектного белка, не способного выполнять свойственную ему функцию. Именно генные мутации обуславливают развитие большинства наследственных форм патологии. Болезни, вызванные генными мутациями, называются генными или моногенными. Наиболее частыми генными (моногенными) заболеваниями являются: муковисцидоз, гемохроматоз, адено-генитальный синдром, фенилкетонурия, нейрофиброматоз и ряд других заболеваний. Клинически они проявляются признаками нарушения обмена веществ (метаболизма) в организме.

Виды генных мутаций:

а) миссенс-мутации (от англ. *mis* – ложный, неправильный + лат. *sensus* – смысл) – замена нуклеотидов кодирующей части гена, приводящая к замене аминокислоты в пептиде (изменение смысла кодонов);

б) нонсенс-мутации (от лат. *non* – нет, + лат. *sensus* – смысл) – замена нуклеотида в кодирующей части гена, приводит к образованию кодона-терминатора (стоп-кодона) и прекращению трансляции (образование бессмысленных кодонов УАА, УАГ, УГА, определяющих окончание считывания);

в) фреймшифт – «сдвиг рамки считывания» – (от англ. *frame* – рамка + *shift* – сдвиг, перемещение) – молекулярные изменения ДНК приводят к изменению триплетов в процессе трансляции полипептидной цепи. Например, исходный порядок нуклеотидов – АГГАЦТЦГ, а после вставки нуклеотида – ААГГАЦТЦГА;

г) транзиция – замена оснований: пуринового на пуриновое или пиримидинового на пиримидиновое, например: А ↔ Г, Ц ↔ Т; изменяется тот кодон, в котором произошла транзиция;

д) трансверсия – замена пуринового основания на пиримидиновое или пиримидинового на пуриновое, например: А ↔ Ц, Г ↔ Т; изменяется тот кодон, в котором произошла трансверсия.

Принципиальным и отличительным для генной мутации является то, что она: приводит к изменению генетической информации и может передаваться от поколения к поколению.

Определенная часть генных мутаций может быть отнесена к нейтральным мутациям, поскольку они не приводят к каким-либо изменениям фенотипа. Например, ген, контролирующей группу крови системы АВО, имеет три аллеля: О, А и В, сочетания которых определяют 4 группы крови. Группа крови АВО является классическим примером генетической изменчивости нормальных признаков человека.

Геномные мутации. Геномные мутации являются изменениями числа хромосом в геноме организма. Среди геномных мутаций различают несколько разновидностей.

1. Робертсоновские перестройки представляют собой слияния и разделения хромосом в области центромеры. Названы по имени В. Робертсона, который предложил свою гипотезу механизма таких мутаций. Центрические слияния («робертсоновски транслокации») представляют собой слияния двух негомологичных

акроцентрических хромосом с образованием одной субметацентрической хромосомы. При центрическом разделении, наоборот, одна субметацентрическая хромосома делится на две акроцентрические. При этом должна образоваться новая центромера, иначе хромосома без центромеры будет потеряна при митозе. Робертсоновские перестройки приводят к изменению числа хромосом в кариотипе, не влияя на общее количество генетического материала в клетке. Оба варианта перестроек представлены в природе, но центрические слияния встречаются значительно чаще и являются одним из магистральных путей эволюции кариотипов.

2. Анеуплоидия – это изменение числа хромосом, не кратное гаплоидному. Как правило, представляют собой добавление или потерю 1–2 хромосом диплоидного набора.

У животных анеуплоидия обычно приводит к тяжелым аномалиям или смерти. Однако у растений может служить фактором генетического разнообразия. Причиной анеуплоидии является нерасхождение хромосом в мейозе и образование несбалансированных гамет.

Различают следующие виды анеуплоидии – трисомия, моносомия, полисомия и нуллисомия.

а) потеря хромосом:

– моносомия – уменьшение числа хромосом на одну (синдром Шерешевского – Тернера – моносомия по X хромосоме у женщин).

– нуллисомия – уменьшение числа хромосом на две;

б) добавление хромосом:

– трисомия – число хромосом увеличено на одну (синдром Дауна по 21-й паре хромосом; синдром Клайнфельтера – трисомия по X хромосоме у мужчин; синдром Эдвардса по 18-й паре хромосом; синдром Патау по 13-й паре хромосом);

– полисомия – увеличение числа хромосом на две.

3. Моноплоидия (гаплоидия) – гаплоидное состояние диплоидного организма. Эта мутация интенсивно изучается у растений, так как позволяет видеть проявление рецессивных аллелей. У животных моноплоидия обычно приводит к летальному исходу.

4. Полиплоидия – это увеличение числа хромосом в клетках, кратное гаплоидному. Полиплоидные клетки могут быть триплоидными (3n), тетраплоидными (4n), пентаплоидными (5n) и т.д. Различают два вида полиплоидии – автополиплоидию и аллополиплоидию.

а). автополиплоидия – предполагает наличие в клетке более двух одинаковых гаплоидных наборов. Эта разновидность довольно широко представлена в природе у протистов, грибов и растений. У животных встречается редко и обычно приводит к летальному исходу на ранних стадиях эмбриогенеза. У культурных растений сбалансированные полиплоиды (т. е. кариотипы с четным числом гаплоидных наборов – 4n, 6n, 8n и т.п.) получают искусственным путем из-за их более крупных размеров.

Несбалансированные полиплоиды (3n, 5n, 7n и т. п.) растений часто имеют пониженную фертильность вследствие нарушений мейоза. Но тем не менее некоторые растения – триплоиды (3n) обладают большими размерами и продуктивностью по сравнению с диплоидными (2n) и тетраплоидными (4n).

б). аллополиплоидия – представляет собой объединение в клетке разных геномов посредством гибридизации. В природе для многих цветковых растений описаны полиплоидные ряды различной степени пloidности. Эти ряды возникают путем гибридизации разных видов и последующего удвоения родительских гаплоидных наборов. Так преодолевается барьер бесплодия при скрещивании разных видов.

Хромосомные мутации (абerrации). Хромосомные мутации представляют собой внутривхромосомные или межхромосомные перестройки, возникающие при разрывах хромосом. Хромосомные перестройки обычно приводят к различным фенотипическим проявлениям. Выделяют следующие виды абerrаций.

1. Потеря участка хромосом:

а). делеции – потеря срединного участка хромосомы, в результате чего она укорачивается:

б). дефишенси – потеря концевой участка хромосомы. Примером Дефишенси 5-й хромосомы является тяжелая наследственная патология у человека, которая называется синдромом кошачьего крика. Этот синдром сопровождается многочисленными нарушениями внутренних органов, умственной отсталостью и ранней смертью больных

2. Повторение участка хромосом:

а) дупликация – дублирование участка хромосомы:

б) амплификация многократное повторение участка хромосомы.

3. Поворот участка хромосом (инверсии).

Инверсии – внутривхромосомные структурные изменения, при которых фрагменты хромосом разворачиваются на 180°. Различают перичентрические и парацентрические инверсии. Если перевернутый участок содержит центромеру – инверсия перичентрическая.

Кольцевые хромосомы – формируются при наличии двух нехваток с обоих концов хромосомы.

Транслокации – обмен фрагментами между негомолотичными хромосомами.

Различают два вида транслокаций:

– реципрокная транслокация – две хромосомы обмениваются своими фрагментами;

– нерципрокная транслокация – фрагмент одной хромосомы транспортируется на другую.

Контрольные вопросы.

6. Приведите примеры модификационной изменчивости.

7. В чем отличие модификаций и морфозов?

8. Какие элементы определяют комбинативную изменчивость?

9. Какие существуют классы мутагенов?

10. Назовите известные антимуагены.

11. Приведите примеры генных мутаций.

12. Какие существуют типы геномных мутаций?

Лекция 10. НАСЛЕДСТВЕННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

1. Генные болезни.

2. Геномные болезни.

3. Мультифакторные заболевания.

1. Генные болезни – это разнородная по клиническим проявлениям группа заболеваний, обусловленных мутациями на генном уровне. В настоящее время описано более 3 тыс. таких наследственных болезней. Чаще всего генные болезни проявляются наследственными дефектами обмена веществ – ферментопатиями.

При мутациях структурных генов синтезируются аномальные продукты (ферменты). Мутации функциональных генов заключаются в изменении нетранскрибируемой части молекулы ДНК, что вызывает нарушение регуляции работы структурных генов. Это может приводить к снижению или повышению скорости синтеза соответствующего белка в разной степени.

Таким образом, при генных болезнях наблюдаются два вида изменения белковых продуктов. Первая группа болезней связана с качественными изменениями белковых молекул, то есть с наличием у больных аномальных белков (например, аномальные гемоглобины),

обусловленными мутациями структурных генов. Другая группа заболеваний характеризуется количественными изменениями содержания нормального белка в клетке (повышенное, пониженное), что вызвано чаще всего мутациями функциональных генов.

Генные болезни согласно типам наследования классифицируются на аутосомно-доминантные, аутосомно-рецессивные, X-сцепленные доминантные. По характеру метаболического дефекта выделяют болезни, связанные с нарушением аминокислотного, углеводного, липидного, минерального обменов, обмена нуклеиновых кислот и др.

Галактоземия – редкое генетическое нарушение обмена веществ, обусловленное нарушением углеводного обмена вследствие отсутствия фермента галактозо-1-фосфат- уридилтрансферазы при котором изменяется нормальный процесс метаболизма углеводов.

Галактоземия наследуется по аутосомно-рецессивному типу и возникает из-за дефицита активности фермента, отвечающего за усвоение организмом галактозы, то есть ребенок будет больной только в том случае, если унаследует две копии дефектного гена (по одной от каждого родителя). Гетерозиготные лица считаются носителями болезни, ведь они наследуют один нормальный ген и один дефектный ген. Но, у носителей, как правило, тоже проявляются некоторые симптомы галактоземии, но, конечно, в очень умеренной форме.

Частота заболеваемости галактоземией составляет – 1 человек на 60000 новорожденных. Очень редко эта болезнь встречается в Японии и очень распространена среди такой этнической группы как ирландские кочевники (которых еще иногда называют ирландскими цыганами). Это объясняется инбридингом в пределах относительно небольшого генофонда. При нормальном метаболизме, лактоза, содержащаяся в продуктах питания (например, в молочных продуктах) под действием фермента лактазы, расщепляется, образуя глюкозу и галактозу. У людей, больных галактоземией, ферменты, необходимые для преобразования галактозы или отсутствуют, или же их уровень очень низок, что приводит к накоплению токсического галактозо-1-фосфата в различных тканях. Эти процессы приводят к увеличению и циррозу печени, почечной недостаточности, катаракте, повреждению головного мозга и яичников. Без лечения, смертность детей грудного возраста с диагнозом галактоземия составляет около 75%.

Гиперхолестеринемия – это генетическая болезнь, характеризующаяся высоким уровнем холестерина в крови, в частности, очень высоким уровнем липопротеидов низкой плотности (ЛПНП). У многих пациентов происходят мутации в гене рецептора ЛПНП, кодирующего соответствующий белок ЛПНП-рецептора или аполипопротеина В (апо-В), который является частью ЛПНП. Мутации в других генах проявляются в относительно редких случаях. У пациентов, имеющих гетерозиготную форму гиперхолестеринемии, сердечно-сосудистые заболевания могут возникать в возрасте от 30 до 40 лет. Наличие двух аномальных копий (гомозиготная форма) может вызвать тяжелые сердечно-сосудистые заболевания даже у детей. Гетерозиготная гиперхолестеринемия является распространенным генетическим заболеванием, встречающимся в общей популяции в большинстве стран у 1:500 человек. Гомозиготная гиперхолестеринемия проявляется намного реже и встречается в 1:1000000 новорожденных.

Фенилкетонурия – тяжелое наследственное заболевание, наступающее вследствие врожденного дефекта фермента, отвечающего в организме человека за нормальный обмен фенилаланина (одной из незаменимых аминокислот, входящих в состав белка). Заболевание наследуется аутосомно-рецессивно и вызвано мутацией гена, локализованного в длинном плече 12 хромосомы. Частота классической фенилкетонурии среди новорожденных в среднем колеблется от 1:5000 до 1:10000.

В основе болезни лежит дефицит фермента фенилаланин-4-гидроксилазы, обеспечивающего превращение фенилаланина в тирозин. В крови и других жидкостях организма накапливается в большом количестве фенилаланин и повышено образуются такие

вещества как фенилпировиноградная, фенилмолочная и фенилуксусная кислоты, которые выделяются в повышенных количествах с мочой. Следствием нарушенного обмена в мозге является тяжелое психическое недоразвитие. Если не предпринято своевременное лечение, то больные на всю жизнь остаются глубокими инвалидами.

Поступающий в организм фенилаланин идет на построение белковой цепи или превращается в тирозин. Отсутствие в печени фермента фенилаланингидроксидазы препятствует нормальному превращению фенилаланина пищи в тирозин. Поэтому фенилаланин используется лишь при синтезе белка, а избыток накапливается в клетках печени и попадает в кровоток, где количество фенилаланина является токсичным для клеток мозга. Почки не справляются с его реабсорбцией, в результате чего он выводится с мочой. Именно наличие этого фенилкетона в моче дало основание назвать соответствующее патологическое состояние фенилкетонурией.

Брахидактилия – аномалия развития рук или ног, укорочение пальцев. Брахидактилия часто может сочетаться с симфалангизмом и с различными формами синдактилии. Брахидактилия наследуется по аутосомно-доминантному типу. Под брахидактилией понимают разнообразные врожденные деформации кисти, проявляющиеся тотальным или частичным укорочением пальцев или пястных костей. Таким образом, основными клиническими вариантами брахидактилии являются брахифалангия (укорочение пальцев) и брахиметакарпия (укорочение кисти). Брахидактилия часто может сочетаться с симфалангизмом (тугоподвижность вплоть до неподвижности в суставах пальцев и кисти) и с различными формами синдактилии- симбрахифалангизм, брахисимфалангизм и синдактилия. Лечение только хирургическое. Заключается в разделении и удлинении пальцев, с целью достижения наилучшего косметического и функционального эффектов.

Пигментная ксеродерма – это наследственное хроническое заболевание, для которого характерна сильная чувствительность кожи к ультрафиолету и солнечной радиации. Ее также называют пигментной атрофодермией, злокачественным лентиго или лентикулярным меланозом. Пигментная ксеродерма наследуется по аутосомно-рецессивному типу. В основе заболевания находится обусловленная генами недостаточность особых ферментов, отвечающих за восстановление ДНК после того, как она поражается ультрафиолетовыми лучами. Как раз из-за этого у больных развиваются поражения глаз и кожи.

Изменения кожи происходят последовательно: сначала идет воспаление, затем гиперпигментация, потом атрофия, гиперкератоз и, наконец, злокачественная трансформация кожных клеток. У многих пациентов наблюдается поражение глаз. По статистике пигментная ксеродерма встречается с частотой 1 случай на 250 тысяч человек. Чаще всего пигментной ксеродермой болеют на Средиземноморском побережье Африки и на Среднем Востоке. Ксеродерме подвержены оба пола, однако у девочек она встречается чаще. Заболевание обычно носит семейный характер и нередко является результатом близкородственных браков.

Гемофилия – наследственное заболевание, связанное с нарушением коагуляции (процессом свертывания крови); при этом заболевании возникают кровоизлияния в суставы, мышцы и внутренние органы, как спонтанные, так и в результате травмы или хирургического вмешательства. При гемофилии резко возрастает опасность гибели пациента от кровоизлияния в мозг и другие жизненно важные органы, даже при незначительной травме. Гемофилия относится к геморрагическим диатезам, обусловленным нарушением плазменного звена гемостаза (коагулопатия).

Гемофилия появляется из-за изменения одного гена в хромосоме X. Различают три типа гемофилии (А, В, С).

Гемофилия А (рецессивная мутация в X-хромосоме) вызывает недостаточность в крови необходимого белка – так называемого фактора VIII (антигемофильного

глобулина). Такая гемофилия считается классической, она встречается наиболее часто, у 80–85% больных гемофилией.

Гемофилия В (рецессивная мутация в X-хромосоме) – недостаточность фактора плазмы IX (Кристалмас). Нарушено образование вторичной коагуляционной пробки.

Гемофилия С (аутосомный рецессивный, либо доминантный с неполной пенетрантностью тип наследования, то есть встречается как у мужчин, так и у женщин)

недостаточность фактора крови XI, известна в основном у евреев-ашкеназов. В настоящее время гемофилия С исключена из классификации, так как ее клинические проявления значительно отличаются от А и В.

2. Геномные болезни. К геномным болезням относятся болезни, обусловленные геномными мутациями или структурными изменениями отдельных хромосом. Хромосомные болезни возникают в результате мутаций в половых клетках одного из родителей. Из поколения в поколение передаются не более 3–5% из них.

Хромосомными нарушениями обусловлены примерно 50% спонтанных аборт и 7% всех мертворождений.

Все хромосомные болезни принято делить на две группы: аномалии числа хромосом и нарушения структуры хромосом. К аномалиям числа хромосом относятся болезни, обусловленные нарушением числа аутосом, болезни, связанные с нарушением числа половых хромосом и болезни, причиной которых является полиплоидия.

1. Болезни, обусловленные нарушением числа аутосом:

– синдром Дауна – трисомия по 21 хромосоме, к признакам относятся: слабоумие, задержка роста, характерная внешность, изменения дерматоглифики;

– синдром Патау – трисомия по 13 хромосоме, характеризуется множественными пороками развития, идиотией, часто – полидактилия, нарушения строения половых органов, глухота; практически все больные не доживают до одного года;

– синдром Эдвардса – трисомия по 18 хромосоме, нижняя челюсть и ротовое отверстие маленькие, глазные щели узкие и короткие, ушные раковины деформированы; 60% детей умирают в возрасте до 3-х месяцев, до года доживают лишь 10%, основной причиной служит остановка дыхания и нарушение работы сердца.

2. Болезни, связанные с нарушением числа половых хромосом:

– синдром Шерешевского-Тернера – отсутствие одной X-хромосомы у женщин (45 XO) вследствие нарушения расхождения половых хромосом; к признакам относятся низкорослость, половой инфантилизм и бесплодие, различные соматические нарушения (микрोगнатия, короткая шея и др.);

– полисомия по X-хромосоме – включает трисомию (кариотип 47, XXX), тетрасомию (48, XXXX), пентасомию (49, XXXXX), отмечается незначительное снижение интеллекта, повышенная вероятность развития психозов и шизофрении с неблагоприятным типом течения;

– полисомия по Y-хромосоме – как и полисомия по X-хромосоме, включает трисомию (кариотип 47, XYY), тетрасомию (48, XYYY), пентасомию (49, XYYYY), клинические проявления также схожи с полисомией X-хромосомы;

– синдром Клайнфельтера – полисомия по X- и Y-хромосомам у мальчиков (47, XXY; 48, XXYY и др.), признаки: евнухоидный тип сложения, гинекомастия, слабый рост волос на лице, в подмышечных впадинах и на лобке, половой инфантилизм, бесплодие; умственное развитие отстает, однако иногда интеллект нормальный.

3. Болезни, причиной которых является полиплоидия:

– триплоидии, тетраплоидии и т. д.; причина – нарушение процесса мейоза вследствие мутации, в результате чего дочерняя половая клетка получает вместо гаплоидного (23) диплоидный (46) набор хромосом, то есть 69 хромосом (у мужчин кариотип 69, XYY, у женщин – 69, XXX); почти всегда летальны до рождения.

3. Мультифакторные заболевания определяются множественными генами, каждый из которых не может в отдельности проявить заболевание. Мультифакторные заболевания составляют около 90% патологий человека.

К мультифакторным болезням с наследственной предрасположенностью относится самая большая группа заболеваний – бронхиальная астма, сахарный диабет, шизофрения, эпилепсия, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, ревматизм, ишемическую болезнь сердца, цирроз печени и др.

Наследование мультифакторных заболеваний не подчиняется законам Г. Менделя, как это имеет место при моногенных болезнях, а основано на эмпирических данных. Мультифакторные болезни обусловлены как наследственными факторами, так и в значительной мере неблагоприятными факторами внешней среды. Причем это – тесное, неразделимое взаимодействие.

С возрастом частота данной патологии возрастает. Если в детском возрасте на долю мультифакторных болезней приходится около 10%, то в пожилом – около 30%. Обнаруживается высокая частота заболеваний в популяции, так, шизофренией болеют около 1% населения, сахарным диабетом – 5%, аллергическими болезнями – более 10%, гипертонической болезнью – около 30%.

Сахарный диабет – заболевание, которое проявляется высоким уровнем сахара в крови по причине недостаточного воздействия инсулина. Инсулин – это гормон, выделяемый поджелудочной железой, а точнее бета-клетками островков Лангерганса. При сахарном диабете он или вообще отсутствует (диабет I типа, или инсулинзависимый диабет), или же клетки организма недостаточно реагируют на него (диабет II типа, или инсулиннезависимый диабет). При сахарном диабете вследствие недостаточного воздействия инсулина возникает сложное нарушение обмена веществ, повышается содержание сахара в крови (гипергликемия), сахар выводится с мочой (глюкозурия), в крови появляются кислые продукты нарушенного сгорания жиров – кетоновые тела (кетоацидоз).

Сахарный диабет I типа (инсулинзависимый сахарный диабет, ИЗСД) – это болезнь, вызванная разрушением бета-клеток островков поджелудочной железы. Генетическая предрасположенность к ИЗСД обусловлена несколькими генами, в том числе – генами, относящимися к области HLA на коротком плече 6-й хромосомы. Абсолютный дефицит инсулина при инсулинзависимом сахарном диабете приводит к гипергликемии и другим тяжелым метаболическим нарушениям, поэтому у больных, не получающих нужное количество инсулина, неминуемо развивается диабетический кетоацидоз.

Как правило, инсулинзависимый сахарный диабет поражает детей, подростков и молодых людей (отсюда его прежнее название: ювенильный диабет), но может начинаться в любом возрасте. Современное название болезни – инсулинзависимый сахарный диабет – указывает на пожизненную потребность больных в инсулине.

Диабет II типа, наоборот, возникает постепенно, потому что инсулин не отсутствует полностью, но его недостаточно для потребностей организма, клетки не в состоянии его использовать. Симптомы болезни проявляются не так явно, часто диабет II типа обнаруживается при случайном анализе крови или мочи при профилактическом осмотре или во время пребывания в больнице по иной причине. Кроме того, диабет II типа может проявляться частыми инфекциями, особенно мочевыводящих путей, и сильной жаждой. Похудание бывает не так часто, а у полных людей (которых много при этом типе диабета) его можно и не заметить.

Контрольные вопросы

1. Приведите примеры генных болезней человека.
2. Как проявляется гемофилия?
3. Назовите характерные признаки фенилкетонурии.

4. Каковы причины синдрома Дауна?
5. Какие аномалии генома приводят к синдрому Шершевского?
6. К чему приводит трисомия по X-хромосоме?
7. Какие заболевания называются мультифакторными?
8. В чем отличие диабета первого и второго типа?

Лекция 11. ОСНОВЫ ГЕННОЙ ИНЖЕНЕРИИ

1. Краткая история генной инженерии.
2. Рестриктазы.
3. ДНК-дактилоскопия.
4. Полимеразная цепная реакция.

1. Краткая история генной инженерии. К началу 70-х годов 20 века были накоплены уникальные сведения о молекулах ДНК и сотнях ферментов, для которых эти молекулы являются субстратом. Если до середины 70-х годов генетический материал и его фенотипические проявления изучались в основном в пассивной манере, то в новых условиях открылись возможности для активного манипулирования этим материалом. Теперь стали выделять ДНК, вырезать из них отдельные участки, изменять и конструировать их заново, а затем вводить в геном культивируемых клеток и по фенотипическим признакам судить о генах и их функции. Рассмотрим следующие экспериментальные методы технологии рекомбинантных ДНК: расщепление ДНК, клонирование ее части, секвенирование, введение генов в вектор и затем в организм- реципиент и идентификация клеток-реципиентов.

2. Рестриктазы. Желая выделить ген, ДНК расщепляют посредством рестриктазы. Рестриктазы (от лат. restrictio – ограничение) – это ферменты, узнающие и атакующие определенные последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК (сайты рестрикции). Еще в 1953 году было обнаружено, что ДНК определенного штамма *E. coli*, введенная в клетки другого штамма (например, ДНК штамма В – в клетки штамма С) не проявляет, как правило, генетической активности, так как быстро расщепляется на мелкие фрагменты.

В 1966 году было показано, что это явление связано со специфической модификацией хозяйской ДНК – она содержит несколько метилированных оснований, отсутствующих в немодифицированной ДНК, причем метилирование (добавление к основанию метильной группы) происходит уже после завершения репликации. Бактерия способна отличить свою собственную ДНК от любой вторгающейся «чужеродной» именно по типу ее модификации. За «метку» отвечают метилирующие ферменты модификации, так называемые ДНК-метилазы. Различие в модификации делает чужеродную ДНК чувствительной к действию рестрицирующих ферментов, которые узнают отсутствие метильных групп в соответствующих сайтах.

Системы рестрикции и модификации широко распространены у бактерий; их существование играет важную роль в защите резидентной ДНК от загрязнения последовательностями чужеродного происхождения.

Ферменты рестрикции называются по имени вида бактерий, которые их продуцируют. Обычно название начинается с трех букв. Первая, заглавная, – это первая буква названия рода бактерий, а вторая и третья – первые буквы названия вида. Они выделяются курсивом (потому что научные названия традиционно пишутся курсивом). За тремя буквами следуют три римские цифры (не выделенные курсивом), чтобы показать, какой из типов фермента выделен из этого вида бактерий.

Если фермент выделен из специфического штамма бактерий, то четвертая буква указывает на название штамма (она не выделяется курсивом). Несколько примеров:

- PstII – второй фермент, выделенный из *Providentia stuartii*;

- EcoRI – первый фермент, выделенный из *E. coli*, штамма RY13;
- HindIII – третий фермент, выделенный из *Haemophilus influenzae*, штамма Rd.

В настоящее время известно более 400 рестриктаз. Каждая рестриктаза узнает определенный фрагмент ДНК длиной в 4–7 нуклеотидных пар. Именно в этих местах они разрезают ДНК на части. Разрезание происходит не перпендикулярно цепям, а наискосок и одна из цепей выступает вперед на несколько нуклеотидов, образуя липкий конец. Он называется липким поскольку легко вступает во взаимодействие с другим концом, комплементарным ему.

Из фрагментов молекулы ДНК, полученных в результате обработки ее рестриктазой, можно выделить ген и при необходимости воспроизвести его путем химико-ферментативного синтеза.

В конце 70-х годов были разработаны методы секвенирования, т. е. выделения последовательности нуклеотидов. Используя химические реагенты, расщепляют ДНК на азотистые основания, и полученные образцы подвергают электрофорезу на параллельных дорожках одного геля. При этом определяется, на какой из дорожек расположена полоса. Анализируя результаты электрофореза можно установить последовательность нуклеотидов ДНК.

3. ДНК-дактилоскопия или генетическая дактилоскопия – метод, используемый в судебно-медицинской экспертизе для идентификации лиц на основе уникальности последовательностей ДНК индивидуума. Метод был открыт в 1984 году британским генетиком Алеком Джеффризом.

Последовательности ДНК конкретного человека составляют его ДНК-профиль или генетический паспорт, который можно использовать для идентификации личности. Составление ДНК-профиля человека (ДНК-профилирование) не следует путать с полной расшифровкой его генома.

Хотя 99,9% последовательностей ДНК человека совпадают по составу, тем не менее ДНК разных людей достаточно индивидуальны. В ДНК-профилировании анализируется количество повторяющихся элементов в выбранном участке генома. Это количество называется тандемным повтором и является переменным. Чем больше участков генома (или локусов) анализируется при составлении ДНК-профиля, тем выше точность идентификации личности. В настоящее время число локусов для составления ДНК-профиля достигает 16 и более.

Процесс начинается с подготовки образца ДНК индивидуума (обычно называемый «контрольным образцом»). Наиболее предпочтительным методом отбора эталонного образца является использование буккального (щечного) мазка, так как при таком способе снижается вероятность его загрязнения. Если это не представляется возможным (например, если для такой процедуры требуется решение суда, которое отсутствует) можно воспользоваться другими методами для сбора образцов крови, слюны, спермы или других подходящих жидкостей либо тканей от личных вещей (например, от зубной щетки, бритвы и т.п.). Можно воспользоваться образцами из хранилищ (например, из банка спермы или из хранилища биопсии тканей). Образцы, полученные из крови биологических родственников, могут служить индикатором профиля индивидуума, равно как и человеческие останки, которые были ранее профилированы.

Контрольный образец затем анализируется для создания ДНК-профиля человека, используя один из методов, описанных ниже. ДНК-профиль затем можно сравнить с другим образцом, чтобы определить, есть ли генетическое сходство.

4. Полимеразная цепная реакция. С изобретением метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) ДНК-профилирование сделало огромный шаг вперед как в отношении дифференциации, так и в возможности восстановления информации по очень малым (или деградирующим) образцам. ПЦР в значительной степени усиливает важность

конкретного региона ДНК, используя олигонуклеотидные праймеры и термостабильные ДНК-полимеразы. Первые методы анализа, такие как дот-блоттинг, были очень популярны благодаря своей простоте и скорости, с которой можно было получить результат. Однако они не обладали такой дифференциацией, как ПДРФ. Кроме того, было трудно определить ДНК-профили для смеси образцов, таких как вагинальный мазок у жертв сексуального насилия.

Контрольные вопросы

1. У каких существ встречаются рестриктазы?
2. Какие правила используются для наименования рестриктаз?
3. Какое применение находят рестриктазы?
4. Каковы функции ПЦР?
5. Для чего используется ДНК-дактилоскопия?

МОДУЛЬ 3

Лекция 12. ВИД, ЕГО ПРИЗНАКИ И КРИТЕРИИ. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДА. СТРУКТУРА ВИДА. ПОПУЛЯЦИЯ. СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ: ПОЛОВАЯ, ВОЗРАСТНАЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ

1. Основы биологической систематики.
2. Признаки и критерии вида. Структура вида
3. Популяция. Структура популяции.
4. Разнообразие живого мира.
5. Основные группы прокариот.
6. Основные группы простейших.

1. Основы биологической систематики. Вид. Биологическая систематика – научная дисциплина, в задачи которой входит разработка принципов классификации живых организмов и практическое приложение этих принципов к построению **системы органического мира**. Под классификацией здесь понимается описание и размещение в системе всех современных и вымерших организмов.

Основы систематики заложил Карл Линней в середине XVIII века. В основу классификации организмов положен иерархический принцип.

Основной единицей систематики является вид. **Вид** – это группа особей, имеющих общее происхождение, обладающих сходным строением, способных свободно скрещиваться между собой и давать плодовитое потомство. Виды отличаются друг от друга многими признаками.

Близкородственные виды объединяются в рода, рода – в семейства, семейства в порядки (или отряды), порядки – в классы, классы – в типы (или отделы), типы – в царства, царства – в домены. Существуют также промежуточные варианты: подкласс, надотряд и т.д (рис. 55).

2. Признаки и критерии вида. Структура вида. Характерные для вида признаки и свойства называют критериями. Среди критериев вида различают: морфологический, физиологический, цитогенетический, экологический и географический.

• **Морфологический** – Сходство внешнего и внутреннего строения особей одного вида; характеристика особенностей строения представителей одного вида

- Физиологический – Сходство всех процессов жизнедеятельности, и прежде всего размножения. Представители разных видов, как правило, не скрещиваются или их потомство бесплодно

- Биохимический – Видовая специфичность белков и нуклеиновых кислот

- Генетический – Каждый вид характеризуется определенным, присущим только ему набором хромосом, их структурой и дифференцированной окраской

- Экологический критерий или экологическая характеристика вида – это совокупность факторов внешней среды, в которой существует вид.

Среда обитания определяется совокупностью факторов и элементов, воздействующих на вид в месте обитания. В соответствии с известными классификациями экологические факторы делят на биотические и абиотические. С учетом воздействия человека на среду обитания выделяют также группу антропогенных экологических факторов. По мере роста населения и технической вооруженности человечества удельный вес антропогенных экологических факторов постоянно растет.

Структура вида может быть представлена совокупностью нескольких единиц:

- **подвиды** – территориально разобщенные географич. расы, приспособленные к определенному местообитанию и отличающиеся морфофизиологич. признаками (напр., обыкновенная образует европейскую, финскую и сибирскую расы, или подвиды; обыкновенная белка на территории СССР имеет более 20 подвидов, отличающихся окраской, размерами и качеством меха)

2. экотипы – экологич. расы, приспособленные к тем или иным условиям и имеющие свои морфофизиологич. признаки (напр., выделяют лесную и парковую расу черного дрозда, экотипы растений кислых и щелочных почв и т. п.)

- **популяция** – относительно обособленная на определенной территории группа свободно скрещивающихся особей одного вида, способная длительное время существовать, воспроизводиться, эволюционировать; популяции вида возникают в результате естественного отбора. Каждая популяция также имеет свою внутреннюю структуру.

3. Популяция. Структура популяции.

Популяция является важнейшей элементарной структурой вида, в форме которой вид существует в природе.

Структура популяции – это соотношение особей по какому-либо признаку или по характеру их распределения в среде обитания. Различают пространственную, половую, возрастную и этологическую (поведенческую) структуры популяций.

Пространственная структура – это характер распределения особей популяций на занимаемой территории. В природе популяциям свойственны три типа пространственного распределения особей: случайное, равномерное, групповое. Они формируются в зависимости от степени неоднородности среды обитания, биологических особенностей вида и поведения особей.



Рис. 55 – Иерархия биологической систематики восьми основных таксономических рангов

Половая структура – это соотношение численности особей разного пола в популяции. Половая структура свойственна только популяциям раздельнополых организмов. Теоретически соотношение полов должно быть примерно одинаковым: 50% общей численности должны составлять мужские особи, а 50% – женские. Фактическое соотношение полов зависит от действия различных факторов среды, генетических и физиологических особенностей вида.

Возрастная структура – соотношение в популяции особей разных возрастных групп. Абсолютный возрастной состав выражает численность определенных возрастных групп в определенный момент времени. Относительный возрастной состав выражает долю или процент особей данной возрастной группы по отношению к общей численности популяции. Возрастной состав определяется рядом свойств и особенностей вида: время достижения половой зрелости, продолжительности жизни, длительности периода размножения, смертность и др.

В зависимости от способности особей к размножению различают три группы: предпродуктивную (особи еще не способные размножаться), репродуктивную (особи способные размножаться) и пострепродуктивную (особи уже не способные размножаться).

Генетическая структура – соотношение в популяции различных генотипов и аллелей. Совокупность генов всех особей популяции называют генофондом. Генофонд характеризуют частоты аллелей и генотипов. Частота аллеля – это его доля во всей совокупности аллелей данного гена.

Поведенческая (этологическая) структура – система взаимосвязей между ее особями, которые проявляются в поведенческих реакциях.

Экологическая структура – это соотношение в популяции групп особей, по-разному взаимодействующих с факторами среды. Например, в популяции часто выявляются различные группировки по питанию, так как особи разного пола и возраста обладают различным пищевым предпочтением.

4. Разнообразие живого мира. Ранее живые существа разделялись на 5 царств: животные, растения, грибы, протисты и бактерии. Однако начиная с 70-х годов 20 века стали накапливаться данные, говорящие об ошибочности такого деления.

В настоящее время высшей единицей классификации является **домен** (рис. 56). Все живые существа относятся к одному из 3 доменов: бактерии, археи и эукариоты.

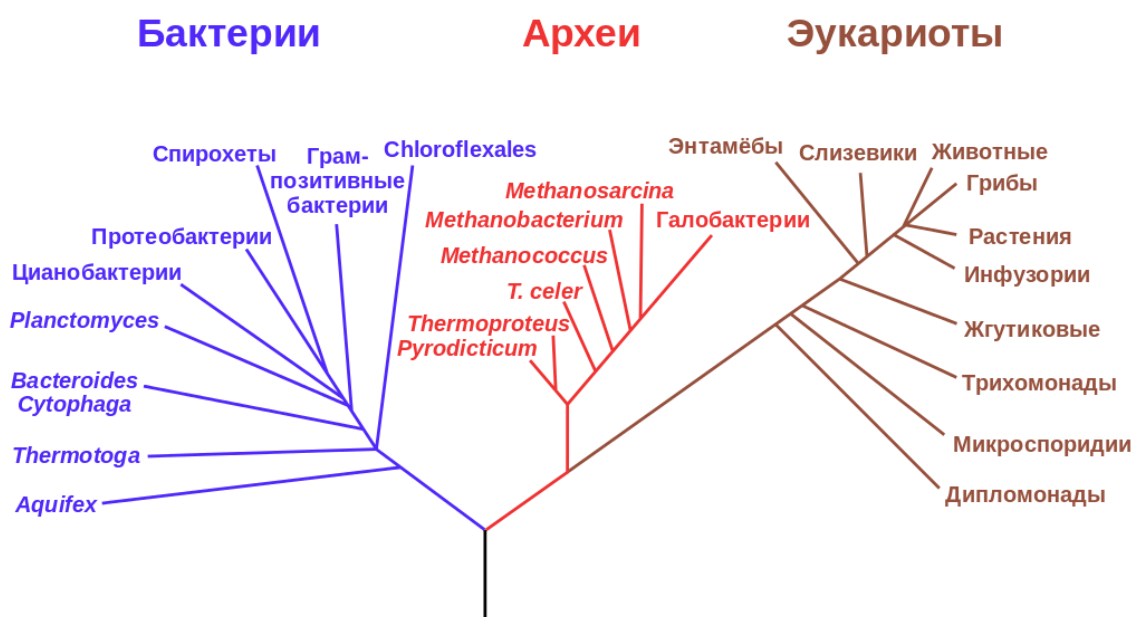


Рис. 56 – Домены жизни

5. Основные группы прокариот. Бактерии – домен микроорганизмов. Бактерии обычно достигают нескольких микрометров в длину, их клетки могут иметь разнообразную форму: от шарообразной до палочковидной и спиралевидной. В отличие от эукариот не имеют ядра. ДНК располагается в особом участке цитоплазмы – **нуклеоиде**. Клетки большинства бактерий покрыты клеточной стенкой из **муреина**. Бактерии – одна из первых форм жизни на Земле и встречаются почти во всех земных местообитаниях. Они населяют почву, пресные и морские водоёмы, кислые горячие источники, радиоактивные отходы и глубинные слои земной коры. Бактерии часто являются симбионтами и паразитами растений и животных.

Домен **архей** был выделен Карлом Вёзе в 1977 г на основе генетики. Внешне похожи на бактерий, но отличаются от них по строению. Также, как и бактерии не имеют ядра. В связи с этим бактерии и археи раньше включались в домен прокариоты. В отличие от бактерий клетки архей покрыты клеточной стенкой из **псевдомуреина**. Анаэробы. Любят экстремальные местообитания (гейзеры, соленые озера, болота, наш кишечник). Филогенетически археи ближе к эукариотам, чем к бактериям. Отчасти «предки» эукариот.

Современная систематика бактерий и архей основана на сравнении их геномов. Внутри доменов бактерии и археи царства, как правило, не выделяются. Эти группы состоят из множества отделов.

6. Основные группы простейших. Эукариоты или ядерные – домен живых организмов, клетки которых содержат ядро. Эукариотами, в частности, являются животные, грибы и растения. Традиционно эукариоты разделялись на 4 царства: простейшие, животные, растения и грибы. В настоящее время разделение эукариот на царства и количество царств радикально изменились.

Среди различных групп **простейших** в настоящее время относимых к различным царствам, наибольший интерес представляют амёбы, апикомплексы, жгутиконосцы и инфузории.

Амёбы или **саркодовые** представляют собой сборную группу простейших относимых к 3 различным царствам. Общим свойством является непостоянная форма тела и передвижение с помощью ложноножек (псевдоподий). Ряд видов в жизненном цикле может переходит от амёбной формы к жгутиконосной и наоборот. Как правило одноядерные, но часть видов содержат в клетках по несколько ядер. В основном гетеротрофы, но несколько видов имеют хлоропласты. Одиночные и колониальные виды. Несколько групп амёб преодолели порог многоклеточности и стали грибоподобными **слизевиками**. Основная масса видов живет в пресноводных и морских экосистемах, немало видов обитает в почве. Несколько видов (дизентерийная амёба и неглерия) возбудители болезней человека и животных.

Апикомплексы или **споровики** – это группа паразитических (чаще всего внутриклеточных) протистов чьи предками были водоросли. В их клетках сохраняются модифицированные хлоропласты, используемые для биохимических реакций и проникновения в клетку хозяина. Наиболее известными представителями споровиков являются малярийные плазмодии. Из более чем 200 видов малярийных плазмодиев на человеке паразитирует 4 вида. Малярийный плазмодий имеет сложный жизненный цикл с участием 2 хозяев: человека (промежуточный хозяин) и комара рода *Anopheles* (основной хозяин). Комар является основным хозяином, а не просто переносчиком так как именно в нем происходит половое размножение плазмодия. Комары рода *Anopheles* внешне напоминают других кровососущих комаров. В то же время комары-долгоножки (семейство Tipulidae) иногда называемые «малярийными», на самом деле питаются нектаром. После укуса зараженного комара *Anopheles* плазмодии проникают в кровь, где размножаются в эритроцитах. Выход плазмодиев из эритроцитов и проникновение в новые клетки синхронизирован и происходит каждые 2–4 дня в зависимости от вида плазмодия. Во время выхода плазмодиев проявляются специфические симптомы: лихорадка, анемия и др. Далее эти симптомы

периодически повторяются каждые 2–4 дня. После 5–10 повторов наступает ремиссия. Передача малярии от человека к человеку невозможно. Ежегодно более 200 млн человек в мире заражается малярией и от 300.000 до 755.000 умирает от нее.

К апикомплексам близки **инфузории**. Клетки инфузорий являются наиболее сложно устроенными из всех протистов. Как и апикомплексы имеют модифицированные хлоропласты. Клетки инфузорий покрыты множеством ресничек. Особенностью инфузорий является наличие в клетках 2 типов ядер (большого и малого), выполняющих разные функции. Это крайне разнообразная группа простейших в основном обитающая в различных водоемах и питающаяся бактериями и другими простейшими. Наиболее известным представителем является инфузория-туфелька. Несколько видов (балантидий) – паразиты человека.

Наибольшее число видов простейших относится к сборной группе **жгутиконосцев**. Все современные царства эукариот включают одну или несколько групп жгутиконосцев. Особенностью жгутиконосцев является наличие у клетки одного или нескольких жгутиков. Других общих признаков жгутиконосцы не имеют и поэтому сейчас они рассматриваются как одна из возможных экологических форм простейших. Некоторые виды могут терять жгутик и переходить в амебодную стадию. У многих жгутиконосцев имеются хлоропласты и такие виды относят к одноклеточным водорослям (например, **эвглена** или **хламидомонада**). Жгутиконосцы могут быть одиночными или колониальными. Среди жгутиконосцев лишенных хлоропластов большинство видов питается растворенной органикой (осмотрофы) или поглощают бактерий и других простейших. Жгутиконосцы весьма многочисленны в морских и пресных водах и являются важным компонентом планктона. Некоторые виды (**бодо**) используются в очистных сооружениях для очистки сточных вод. Жгутиконосцы группы полимастиготы являются симбионтами жвачных млекопитающих, термитов и тараканов и позволяют этим животным переваривать целлюлозу. Ряд жгутиконосцев (**трипаносомы, лейшмании, гитардии, трихомонады**) – паразиты человека.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение термина вид.
2. Назовите критерии вида.
3. Какие структуры можно выделить в популяции?
4. Приведите основные таксономические ранги.
5. Назовите отличия бактерий и архей.
6. Назовите основные группы простейших.
7. Приведите примеры паразитических простейших.

Лекция 13. РАЗНООБРАЗИЕ ЖИВОГО МИРА. ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ ВОДОРΟΣЛЕЙ, ГРИБОВ И ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

1. Основные группы водорослей.
2. Отделы высших растений.
3. Основные группы грибов.

1. Основные группы водорослей. Группа **водорослей** включает множество отделов (более 15) одноклеточных, колониальных и многоклеточных преимущественно водных автотрофных организмов, в настоящее время относимых к 4 различным царствам.

Несмотря на то, что большинство водорослей обитают в пресных или морских экосистемах ряд видов (хлорококк, трентеполия, носток) успешно освоили наземных образ жизни. Некоторые из наземных водорослей вступили в симбиоз с грибами и сформировали **лишайники** – уникальные организмы двойной природы.

Большинство водорослей являются автотрофными организмами, однако некоторые виды могут терять хлоропласты и переходить к гетеротрофному питанию.

Среди многочисленной и разнообразной группы водорослей необходимо упомянуть сине-зеленые, красные, зеленые, бурые и диатомовые отделы водорослей.

Отдел **сине-зеленые водоросли** или **цианобактерии** относится к домену бактерии, все остальные водоросли являются эукариотами. Как и большинство бактерии цианобактерии имеют клеточную стенку из муреина. Являясь бактериями могут усваивать атмосферный азот, на что не способны эукариоты. Одноклеточные и колониальные нитчатые виды. Населяют все типы водных экосистем: морские, пресноводные, сверх солёные, термальные источники, а также влажные наземные местообитания, входят в состав лишайников. Нитчатая цианобактерия **спирулина** широко культивируется на биофабриках для производства витаминов и других биологически активных веществ.

Отдел **красные водоросли** представляют собой достаточно древнюю ветвь эволюции жизни появившуюся, как минимум 1,5 миллиарда лет назад. Имеют специфический набор фотосинтетических пигментов, позволяющих обитать на больших глубинах (до нескольких сотен метров) которые недоступны другим водорослям. Обитают преимущественно в морях, несколько видов – пресноводные. Морские виды являются источником агар-агара – растительного аналога желатина, широко используемого в микробиологии и пищевой промышленности.

Бурые водоросли являются наиболее сложно устроенными среди всех водорослей и не уступает в этом отношении высшим наземным растениям (хоть и не являются их родственниками). Подобно высшим наземным растениям бурые водоросли «изобрели» ткани. Достигают 60 м длины (макроцистис). Обитают исключительно в морях. Бурая водоросль **ламинария** массово заготавливается и продается под названием «морская капуста».

Отдел **диатомовые водоросли** представлен только одноклеточными и колониальными видами. Клетки данных водорослей покрыты оболочкой, панцирем из кремнезема (SiO_2). Отдаленные родственники бурых водорослей. Чрезвычайно успешная и многочисленная группа, доминирующая в планктоне морских и водных экосистем. Вырабатывают до 25% от всего кислорода, производимого живыми существами.

Отдел **зеленые водоросли** представлен широчайшим набором одноклеточных, колониальных, нитчатых и многоклеточных жизненных форм. Населяют почти типы водных экосистем: морские и пресноводные, а также наземные местообитания, входят в состав лишайников. Являются прямыми предками высших наземных растений. Несколько видов (**ульва** и **каулерпа**) являются съедобными. Пресноводную водоросль **хлореллу** широко культивируют на биофабриках для производства витаминов и других биологически активных веществ.

Современные высшие наземные (**эмбриофиты**) растения представлены 5 отделами: мхи, плауны, хвощи, папоротники, голосеменные и цветковые или покрытосеменные.

2. Отделы высших растений. Все наземные растения разделяются на споровые (мхи, плауны, хвощи, папоротники) и семенные (голосеменные и цветковые). Семенные растения считаются более продвинутыми.

У наземных растений жизненный цикл состоит из 2-х поколений: гаплоидное половое поколение (**гаметофит**) и диплоидное бесполое (**спорофит**).

У споровых растений (кроме мхов) спорофит и гаметофит живут раздельно. У семенных растений гаметофит сильно редуцирован, существует внутри и за счет спорофита.

Мохообразные или мхи – это крупный отдел наземных растений в жизненном цикле которых преобладает гаплоидный гаметофит. Спорофит представлен коробочкой на ножке и питается на счет гаметофита. В отдел входит более 20.000 видов, более 360 из которых встречается в Беларуси. Мхи играют огромное значение в экосистемах, зачастую покрывая почву сплошным ковром. Особенно многочисленны они на болотах и других влажных местах.

В отличие от мхов в жизненном цикле других растений доминирует спорофит.

Отдел **плаунообразные** включает многолетние вечнозеленые травянистые растения. Из-за достаточно сложного жизненного цикла, плауны не играют значительной роли в экосистемах суши. Из 1200 видов плаунов только 8 видов произрастает в Беларуси.

Отдел **хвощеобразные** несмотря на небольшое число видов (около 28 видов в мире, 8 в Беларуси) достаточно обычны в лесных и луговых экосистемах. Хвощ луговой даже является сорняком. Клеточные стенки хвощей пропитаны кремнеземом и в связи с этим хвощи почти не поедаются животными.

Отдел **папоротникообразные** насчитывает более 12.000 видов, около 28 из которых встречается на территории Беларуси. Внешне папоротники крайне разнообразны, однако типичные представители (щитовник, нефролепис) имеют крупные перисто-сложные листья. Особенно многочисленны папоротники во влажных тропических и экваториальных лесах. Многие виды являются **эпифитами**.

В отдел **голосеменные** входит несколько классов крупнейшим по числу видов из которых является класс **хвойные** (650 видов из 950 известных голосеменных). Голосеменные растения представлены древесными и кустарниковыми жизненными формами. У голосеменных мужской гаметофит представлен пыльцевым зерном и женский – семязачатком. Как пыльца, так и семязачатки образуются в особых органах спорофита, называемых **стробилами** или **шишками**. Листья большинства хвойных преобразованы в иголки или хвою. Большинство хвойных обитают в умеренном климатическом поясе хотя ряд видов обитает в тропиках. Леса из хвойных пород (ель и сосна) являются наиболее распространенными в Беларуси. Хвойные растения являются ценными источниками древесины и смолы. Семена сосны сибирской и близких видов продаются под названием «кедровые орехи».

Отдел **цветковые** или **покрытосеменные** включает более являются крупнейшей группой растений и насчитывает более 400.000 видов, около 2000 из которых произрастает в Беларуси. Мужские и женские гаметофиты цветковых растений развиваются в цветках (мужские – в пыльниках тычинок, женские – в завязях). Семена располагаются в плодах. Традиционно цветковые разделялись на 2 класса: двудольные и однодольные. В современной систематике количество классов значительно выросло. Цветковые растения освоили все возможные жизненные формы: деревья, кустарники, травы и лианы, вечнозеленые и листопадные, однолетние и многолетние. Подавляющее число видов культурных, пищевых и декоративных растений относится именно к цветковым.

3. Основные группы грибов. Группа **настоящих грибов** эволюционно близка к животным. К настоящим грибам относятся отделы хитридиомицеты, зигомицеты, аскомицеты и базидиомицеты.

Тело высших грибов представлено длинными цепочками клеток – **гифами (мицелием)** или отдельными почкующимися клетками – **дрожжами**. Размножаются и расселяются грибы при помощи спор. У высших грибов споры образуются в плодовых телах, у остальных – в спорангиях.

Хитридиомицеты наравне с красными водорослями являются одними из древнейших многоклеточных существ. Большинство видов являются водными сапротрофами, некоторые виды – паразиты растений.

Зигомицеты крайне обычные представители наземных экосистем. Плодовых тел не формируют. К числу наиболее известных представителей относятся хлебные плесени: **мукор** и **ризопус**. Большинство видов являются сапротрофами. Виды рода **ризопус** используются для ферментации продуктов (в основном в Азии), штаммы мукора являются продуцентами аминокислот, витаминов и других веществ на биофабриках. Наравне с этим мукооровые грибы портят продукты питания и иногда вызывают заболевания – микозы.

Аскомицеты или **сумчатые грибы** являются крупнейшим по числу видов отделом грибов. Споры у большинства формируются в плодовых телах. Большинство видов являются сапротрофами. Также много паразитов растений и животных. Болезни животных, вызываемые аскомицетами: стригущий лишай и аспергиллез (возбудители – **аспергилл** и **пеницилл**), кандидоз или молочница (возбудители – дрожжи рода кандиды). Ряд видов (сморчки и трюфели) являются ценными съедобными объектами сбора. **Аспергилл**, **пеницилл** и **дрожжи** – важнейшие объекты биотехнологии – производители антибиотиков, витаминов и других биологически активных веществ. Кроме того, различные штаммы дрожжей используются в виноделии, пивоварении, изготовлении хлебобулочных изделий и других областях пищевой промышленности.

К отделу **Базидиомицеты** принадлежит большинство широко известного населению Беларуси видов грибов: боровики, подосиновики, подберезовики, лисички, шампиньоны, сыроежки и мухоморы. Часто подобные виды в простонаречье называют «шляпочными». Это название отражает одну из возможных форм плодовых тел грибов данного отдела. Наравне с видами, чьи плодовые тела разделены на ножку и шляпку немало видов базидиомицетов имеют плодовые тела иного строения (**дождевики**, **трутовики**, **дрожалки**). В целом размер плодовых тел базидиомицетов больше чем у других отделов грибов. Это делает базидиомицеты более заметными в природных экосистемах. Также в связи с большими размерами большинство собираемых и культивируемых видов съедобных грибов относится именно к базидиальным. В то же время ряд видов (большинство видов мухоморов, бледная поганка, паутинники) является крайне ядовитыми. Несколько видов (шиитаке, вешенка) используются для производства биологически активных веществ. Два класса из данного отдела (ржавчинные и головневые грибы) представлены паразитами растений.

Контрольные вопросы.

1. Назовите основные особенности зеленых водорослей
2. Назовите основные особенности сине-зеленых водорослей.
3. Какие водоросли используются в пищевой промышленности?
4. Какие водоросли являются продуцентами биологически активных веществ?
5. Назовите отделы высших растений
6. Сколько поколений входит в жизненный цикл высших растений?
7. Назовите основные отделы грибов.
8. Какие грибы являются продуцентами биологически активных веществ?

Лекция 14. РАЗНООБРАЗИЕ ЖИВОГО МИРА. ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ ЖИВОТНЫХ

1. Тип плоские черви
2. Тип кольчатые черви. Тип моллюски.
3. Тип нематоды. Тип членистоногие.
4. Вторичноротые. Тип иглокожие.
5. Тип хордовые.

1. Тип плоские черви. Подцарство животных включает более миллиона видов, относимых к более чем 30 разным типам. Животные эволюционно разделяются на 2 большие группы (раздела): **первичноротые** и **вторичноротые**, что связано с особенностями эмбрионального развития. Наиболее примитивные типы животных (губки и кишечнополостные) совмещают признаки как первично-, так и вторичноротых, т.е. вероятно, являются предками обеих групп. Большинство известных типов относится к первичноротым. Далее будут рассмотрены только наиболее крупные и значимые типы первичноротых.

Тип **плоские черви** как множество как свободноживущих, так и паразитических видов. Общей чертой плоских червей является крайне простой план строения: отсутствие анального отверстия, кровеностной и дыхательной систем. Большинство видов является гермафродитами. Среди 9 классов данного типа рассмотрим 3 наиболее массовых: турбеллярии, трематоды и цестоды.

Класс **турбеллярии** или **ресничные черви** представлен обитателями пресноводных и морских экосистем. Тело турбеллярий покрыто ресничками используемых для передвижения. Многие виды способны к бесполому размножению.

Класс **трематод** или **сосальщиков** включает исключительно паразитов. Трематоды имеют сложный жизненный цикл из 3 поколений и двух-трех хозяев брюхоногого моллюска и наземного позвоночного в том числе и человека. Заражение чаще всего происходит через поедание пищи, зараженной личинками третьего поколения (метацеркариями или адолескарриями). Личинки кровяных сосальщиков активно проникают сквозь кожу во время купания в водоемах. В организме человека сосальщики паразитируют в печени или крови. Наиболее известные виды: **печеночный сосальщик** и **кошачья двуустка**.

Представители класса **цестоды** или **ленточные черви**, или **цепни** полностью утратили пищеварительную систему и всасывают пищу поверхностью покровами тела. У большинства видов тело поделено на головку (сколекс) и цепочку из множества члеников-проглоттид (до 4000). Каждый из члеников несет полный набор мужских и женских половых органов. В связи с этим ленточные черви образуют огромное количество яиц – десятки тысяч в сутки. Жизненный цикл большинства включает двух хозяев из наземных позвоночных: как правило травоядного и хищника. Личинки цестод паразитируют в травоядном, а взрослые особи – в хищниках. Заражение человека происходит при поедании мяса, зараженного личинками (финнами). Среди более чем 3500 известных видов цестод более 40 паразитируют на человеке, наиболее известные из которых – бычий и свиной цепни, а также эхинококк.

2. Тип кольчатые черви. Тип моллюски. Тело представителей типа **кольчатые черви** состоит из множества повторяющихся сегментов. Большинство сегментов содержат по паре выделительных органов, нервному ганглию, участку пищеварительной системы и половых органов. В типе выделяют несколько классов наиболее известные из которых – **многощетинковые черви**, **малощетинковые черви** и **пиявки**.

Многощетинковые черви обитают исключительно в морях. Большинство видов являются активными хищниками со сложно устроенным мозгом и развитыми органами чувств. Перемещаются с помощью выростов-**параподий**, напоминающих конечности членистоногих. Раздельнополые.

Малощетинковые черви освоили как пресноводные экосистемы, так и почву. Обитание в толще грунта привело к сильному упрощению мозга и органов чувств и формированию гермафродитизма. Наиболее известный представитель – дождевой червь. Дождевые черви играют огромную роль в плодородии почвы, а также служат пищей для множества животных. В то же время дождевые черви участвуют в распространении спор **сибирской язвы** (возбудитель – патогенная бактерия).

Тип моллюски эволюционно близок к кольчатым червям. В отличие от кольчатых червей тело моллюсков не поделено на сегменты. Большинство видов имеет карбонатную раковину различной конструкции. Тип разделяется на 7–8 классов наиболее крупными из которых являются классы брюхоногие, двустворчатые и головоногие моллюски.

Класс **брюхоногие моллюски** включает более полумиллиона видов. Тело брюхоногого разделено на голову, ногу и внутренностный мешок. Во рту находится особый орган – **терка** или **радула**. С помощью радулы моллюски соскребают пищу и превращают ее в кашицу. Раковина брюхоногих спиральная или колпачковидная. У некоторых видов раковина в той или иной степени редуцирована – такие виды называют **слизнями**.

Часть видов раздельнополые, часть – гермафродиты. Дышат с помощью жабр или легкого. Жаберные виды обитают в морях пресных водах и влажных наземных местообитаниях. Часть легочных видов обитают в пресных водах, но большинство из них – наземные. Брюхоногие моллюски являются важным компонентом большинства водных и наземных экосистем. Они поглощают, бактериально-водорослевую пленку, мицелий грибов, растения, а также являются сапротрофами. Некоторые виды являются вредителями сельскохозяйственных культур. И самих брюхоногих в свою очередь поедают многие животные. Также брюхоногие важны как промежуточные хозяева паразитических червей. Представители – прудовик, виноградная улитка, ахатина.

Двустворчатые моллюски обитают только в морских и пресных водах. Раковина этих моллюсков состоит из 2-х половинок (створок). Нога слабо развита и служит для перемещения на небольшое расстояние и зарывания в грунт. Большинство видов являются фильтраторами. В связи с малоподвижным образом жизни нервная система и органы чувств двустворчатых упрощены. Представители – морской гребешок, мидия, устрица, беззубка.

Наиболее продвинутыми моллюсками являются представители класса **головonoгие**. Они обитают исключительно в морях. У примитивных наутилусов имеется наружная раковина, но у большинства головоногих раковина внутренняя редуцированная или вообще отсутствует. Головоногие обладают наиболее сложно устроенным мозгом среди всех беспозвоночных. Нога головоногих разделена на щупальца и воронку. Воронка используется для реактивного движения. Многие виды способны менять окраску кожи. Представители – осьминоги, кальмары, каракатицы.

3. Тип нематоды. Тип членистоногие. Представители типов **нематоды** и **членистоногие** образуют обособленный подтип **линяющие** и, несмотря на отсутствие внешнего сходства, имеют ряд общих черт в строении.

Тип **нематоды** (ранее назывались круглыми червями) включает около 25.000 описанных видов. Тело нематод покрыто кутикулой из хитина и рост этих животных происходит с участием линек. В целом тело нематод просто устроено. У них нет кровеносной и дыхательной систем. Нервная система имеет окологлоточное нервное кольцо и несколько отходящих от него нервных стволов. Органы чувств примитивные и одноклеточные. Большинство нематод являются мелкими (до нескольких мм) почвенными обитателями. Небольшое число видов являются паразитами животных и растений. В связи с важностью для медицины и экономики, именно паразитические виды наиболее известны для непрофессионалов. В отличие от свободноживущих видов, нематоды паразиты человека достигают длины 1 м. Более 30 видов нематод могут паразитировать на человеке. Большая часть обитает в нашем кишечнике (аскарида, власоглав, острица, свайник), некоторые виды могут обитать в коже (ришта), мышцах (трихина) и других органах. Заражение чаще всего происходит при употреблении пищи, зараженной яйцами нематод. Некоторые тропические виды переносятся насекомыми и передаются при укусе или активно проникают через кожу. Нематоды – паразиты растений (луковая нематода) приносят немалый вред сельскому хозяйству.

Самым крупным по числу видов типом животных является тип **членистоногие**. По разным оценкам в данном типе насчитывается от 1,5 до 10 млн видов. Представители типа имеют членистые конечности из 5–7 члеников. Тело членистоногих подобно нематодам покрыто хитиновой кутикулой, что также требует линек для роста. Тело членистоногих разделено на членики (от 8 до нескольких сотен) которые, в свою очередь объединяются в 3 отдела: голову, грудь и брюшко. У некоторых групп голова и грудь сливаются в головогрудь. Тип членистоногие разделяется на несколько эволюционных ветвей (подтипов) самыми известными из которых являются хелицеровые, ракообразные, насекомые и многоножки.

Наиболее обособленным и, вероятно древнейшей группой членистоногих являются **хелицеровые**. Антенны (усики) хелицеровых преобразованы в ротовые

конечности – **хелицеры** и **педипальпы**. Самым важным и известным классом подтипа хелицеровые является класс паукообразные. Тело паукообразны состоит их головогруды, несущей 4 пары ходильных конечностей и брюшка. В классе выделяют более 10 отрядов, наиболее крупными из которых являются пауки, клещи, сенокосцы и скорпионы.

Отряд **скорпионы** является древнейшим из современных отрядов паукообразных. Педипальпы скорпионов преобразованы в клешни, напоминающие клешни раков. На конце брюшка имеется ядовитая железа. Обитают исключительно в тропических и субтропических регионах.

Отряд **пауки** представлен более чем 45.000 видов. Особенностью пауков является наличие паутинных бородавок на брюшке и ядовитых желез в основании хелицер. Паутина используется для построения ловчих сетей, плетения яйцевого кокона, обездвиживания жертвы и полета. Яд имеют все пауки кроме одного южноамериканского семейства. У пауков отсутствует зависимость между размером тела и токсичностью яда. Среди пауков Беларуси только несколько видов способны прокусить кожу человека. Токсичность яда этих видов примерно сопоставима с ядом ос и пчел. Укус ряда тропических и субтропических видов пауков (каракурт, австралийский воронковый паук) является смертельно опасным.

Крупнейшим по числу видов отрядом паукообразных (более 55.00 видов) являются **клещи**. В отличие от большинства отрядов паукообразных головогрудь и брюшко клещей слиты в единый отдел – сому. Как правило имеют размеры менее 1 мм. Большинство видов клещей имеют грызущий ротовой аппарат и обитают в почве питаются гифами грибов и другими мелкими беспозвоночными. Множество видов микроскопических клещей, известных под сборным названием «пылевые клещи», обитают в жилищах человека и питаются пылью, частичками слущенной кожи человека и т.д. Подобные «пылевые клещи» могут быть причиной аллергических реакций. Небольшое число видов из семейства иксодовые (например, клещ собачий) благодаря колющему ротовому аппарату питаются кровью позвоночных в том числе и людей. Кровососущие иксодовые клещи переносят ряд опасных заболеваний: боррелиоз, клещевой энцефалит и т.д. Ряд видов как чесоточный зудень и перьевые клещи являются **эктопаразитами** позвоночных и питаются кожными покровами и их производными. Некоторые виды (паутинные клещи) – вредители растений.

К клещам эволюционно близки **сенкосцы**. Из-за длинных ходильных ног большинство видов сенкосцев напоминают пауков. Однако, в отличие от пауков тело сенкосцев слито в единую сому. Сенкосцы при опасности способны отбрасывать ходильные ноги (автотомия) которые сокращаясь отвлекают этим внимание хищников. За эту особенность сенкосцы в народе получили название «косиножки». Не ядовиты, питаются другими беспозвоночными.

Многоножек раньше сближали с насекомыми и как предков последних. Однако современные исследования показывают, что многоножки являются отдельной эволюционной группой. Тело многоножек разделено на голову и туловище из множества сегментов. Часть видов (сколопендры) являются хищниками и имеют ядовитые железы. Другие виды (кивсяки) питаются грибами и мертвой органикой. Виды многоножек, обитающие на территории Беларуси, не представляют угрозы для человека. Укус нескольких тропических видов может быть смертельно-опасным.

Ракообразные крайне разнообразны по внешнему и внутреннему строению. части видов тело состоит из головы, груди и брюшка, в других – голова слита с грудью в головогрудь. У многих видов тело покрыто пропитанным известью панцирем – карапаксом. Как правило имеют значительное число конечностей (более 10 пар). У части видов одна или более пар грудных конечностей превращены в клешни. Большинство видов обитает в водной среде и дышит жабрами. Некоторые группы, например, мокрицы и пальмовые воры ведут наземный образ жизни. Ракообразные играют огромную роль водных

экосистемах: многие виды (дафнии, циклопы, криль) составляют важную часть планктона; донные (бентосные) виды как раки и крабы являются разрушителями мертвой органики. Крупные виды (раки, крабы, креветки, лангусты и омары) являются объектами промысла.

Наибольшее число видов членистоногих принадлежит к надклассу **насекомые**. Известно более миллиона видов насекомых и ежегодно описываются тысячи новых видов. Тело насекомых разделено на типичные для членистоногих отделы: голову, грудь и брюшко. На голове располагаются челюсти и пара антенн (усиков). Строение челюстей и всего ротового аппарата насекомых крайне разнообразно. Грызущие, лижущие, колющие, сосущие и лакающие ротовые аппараты значительно расширяют спектр доступных источников пищи, что позволяет множеству видов насекомых совместно обитать на одной территории. Грудь несет 3 пары конечностей и 1–2 пары крыльев. На основании цикла развития насекомых разделяют на 2 большие группы: без метаморфоза и с метаморфозом. У насекомых без метаморфоза из яйца выходит личинка в целом похожая на взрослую особь-имаго и отличающаяся в основном отличием половых органов, крыльев и малыми размерами. В ходе последовательных линек размеры и строение постепенно приближается к имаго. У насекомых с метаморфозом строение и образ жизни личинки значительно отличается от взрослой особи. После нескольких линек личинка таких насекомых превращается в куколку. Стадия куколки служит для перестройки механизма организма личинки в имаго. Наличие различных по образу жизни личинки и имаго позволяет избежать конкуренции между ними. Систематически насекомые принадлежат более чем к 30 отрядам наиболее известными из которых являются стрекозы, прямокрылые (кузнечики), пухоеды (вши), полужесткокрылые (клопы), жесткокрылые (жуки), блохи, перепончатокрылые (пчелы и осы), чешуекрылые (бабочки) и двукрылые (комары и мухи).

Насекомые являются крайне успешной группой живых существ. Они успешно освоили все наземные и водные экосистемы кроме морских. Множество насекомых являются хищниками и питаются различными беспозвоночными. И сами насекомые в свою очередь служат пищей для многих групп животных. Множество насекомых являются растительноядными-фитофагами. Некоторые насекомые-фитофаги поедают культурные растения и приносят значительный вред сельскому хозяйству. В то же время хищные насекомые и паразиты подобных фитофагов являются, безусловно, полезными. Осы-наездники, паразитирующие на вредителях сельского хозяйства (трихограмма и др.) используются в качестве биологического метода борьбы с вредителями. Кровососущие виды (комары, постельный клоп, вши, блохи, слепни и т.д.) являются переносчиками таких опасных заболеваний как малярия, сонная болезнь, желтая лихорадка, тиф и множества других (вирусной, бактериальной и протозойной природы). Несколько видов (вши, блохи, личинки оводов) являются эктопаразитами человека. Гусеницы тутового и дубового шелкопрядов производят шелковую нить, широко используемую в текстильной промышленности, а также медицине для производства само-рассасывающихся хирургических нитей. Наконец в ряде тропических и субтропических регионов мира насекомые (прежде всего прямокрылые и личинки жесткокрылых) играют достаточно важную роль в питании населения.

4. Вторичноротые. Тип иглокожие. К разделу **вторичноротые** относятся всего три типа: полухордовые, иглокожие и хордовые. Практическое значение имеют лишь 2 последних типа, которые и будут рассмотрены далее.

Тип **иглокожие** включает 5 классов важнейшими из которых являются морские звезды, морские ежи и голотурии. Все иглокожие в связи с малоподвижным образом жизни имеют достаточно простое строение. Особенностью иглокожих является наличие уникальной амбулакральной системы наравне с мышцами служащей для передвижения и работающей по принципам гидравлики. Хорошо развита регенерация. Многие виды способны размножаться бесполом путем. Все иглокожие обитают исключительно в морях. Представители класса **морские звезды** являются хищниками,

питающиеся в основном двустворчатыми моллюсками и коралловыми полипами чем приносят вред коралловым рифам и устричным фермам. **Морские ежи** имеют мощный внутренний карбонатный скелет, производными которого являются иглы, покрывающие тело. Уколы игл морских ежей достаточно опасны. При попадании в тело игла часто обламывается, и оставшаяся часть может стать причиной воспаления. У ряда видов морские ежи иглы являются ядовитыми.

5. Тип хордовые к которому принадлежит в том числе и человек объединяет животных, имеющих несколько общих черт важнейшей из которых является наличие **хорды** на той или иной стадии развития. В типе хордовые выделяют 3 подтипа важнейшим из которых являются **позвоночные**. Традиционно позвоночных разделяют на 6 классов: бесчелюстные, хрящевые рыбы, костные рыбы, амфибии, рептилии, птицы и млекопитающие.

Класс **бесчелюстные** объединяет полупаразитических миног и миксин внешне напоминающих рыб и являющихся самыми примитивными из современных позвоночных.

Класс **хрящевые рыбы** включает акул, скатов и химер, всего около 780 видов. К данному классу принадлежат крупнейшие из современных рыб (китовая акула). Большинство хрящевых обитает в морях, но несколько видов являются пресноводными. Ряд крупных видов акул (большая белая, тигровая, мако, акула-молот и др.) иногда нападают на человека. Среди скатов опасность для людей представляют хвостоколы и электрические скаты. Мясо хрящевых рыб обогащено аммиаком из-за несовершенства их выделительной системы. В связи с этим относительно редко используются в пищу.

Класс **костные рыбы** является крупнейшим по числу видов (более 28000, 69 видов в Беларуси) классом позвоночных. Подавляющее большинство костных рыб дышит жабрами, но несколько видов двоякодышащих имеют также и легкие. Большое количество видов и стайность ряда из них делает костных рыб удобным объектом промысла. Вместе с тем несколько видов имеют ядовитые железы в основании плавников (каменные окуни, рыба-зебра). Лучи плавников таких оканчиваются иглами, укол которыми опасен для человека. Также внутренние органы нескольких морских костных рыб, например, рыбы фугу, содержат сильнейший яд. Подобно электрическим скатам некоторые костные рыбы – электрические угри и сомы – способны генерировать импульсы напряжением до 600 В и представляющие опасность для человека.

Класс **амфибии** или **земноводные** включает более 7000 видов 13 из которых обитает в Беларуси. Большинство видов амфибий во взрослом состоянии ведут наземный образ жизни, личинки же обитают в воде. Кожа земноводных богата железами и участвует в дыхании. Несколько видов теряют легкие и дышат исключительно кожей. Часть кожных желез у многих видов вырабатывает яд. Яд ряда тропических лягушек смертельно опасен. В то же время во многих странах мясо амфибий употребляют в пищу.

Класс **рептилий** или **пресмыкающихся** насчитывает более 10.000 видов 7 из которых обитают в Беларуси. К рептилиям относятся черепахи, ящерицы, змеи и крокодилы. Наибольшего разнообразия рептилии достигают в тропических регионах. Наибольший практический интерес среди рептилий представляют виды, опасные для жизни и здоровья человека – ядовитые змеи и крокодилы. Яды змей представляют собой белки и разделяются на **нейротоксины** (воздействуют на нервную систему) и **гемовазотоксины** (вызывают сосудистый спазм, за ним – сосудистую проницаемость, и далее – отек тканей и внутренних органов). Яд обыкновенной гадюки является гемовазотоксическим. Для ядов большинства змей созданы антитоксические нейтрализующие сыворотки. Однако большинство сывороток хранятся только при низких температурах, и в связи с этим пострадавшего от укуса ядовитой змеи необходимо как можно быстрее доставить в лечебное учреждение для введения сыворотки. Яд змей используется для изготовления лекарств в том числе и сывороток. В связи с этим многих змей целенаправленно

содержат на специальных фермах для получения яда. Также необходимо упомянуть, что во многих странах мясо рептилий употребляется в пищу.

Класс **птиц** включает почти 11.000 видов, более 300 из которых отмечено на территории Беларуси. Перьевой покров птиц помимо полета служит для терморегуляции и птицы наравне с млекопитающими являются теплокровными. Сердце птиц и млекопитающих четырехкамерное, что позволяет полностью разделить потоки венозной и артериальной крови и эффективно снабжать ткани кислородом. Птицы являются крайне важной группой в природе и жизни человека. Птицы являются поедателями насекомых, распространителями семян растений. В свою очередь птицы служат пищей для хищных млекопитающих и человека. Ряд видов как куры, утки, индейки и т.д. успешно одомашнены и разводятся в значительных количествах. Многие декоративные виды птиц содержатся как домашние животные. В то же время птицы могут причинять вред посевам и садам. Также птицы являются переносчиками и хозяевами ряда вирусов и паразитических червей, опасных для человека.

Класс **млекопитающих** включает более 6000 видов. Общими особенностями млекопитающих являются наличие волосяного покрова, живорождение и выкармливание детенышей молоком. Представители млекопитающих успешно адаптировались к большинству экосистем Земли. Многие виды успешно одомашнены и содержатся в пищевых, декоративных целях, как источник прядильной шерсти, тягловых и ездовых животных. Передача патогенных вирусов и бактерий происходит наиболее легко между близкородственными видами, поэтому множество вирусных и бактериальных заболеваний человека исторически передались и до сих пор передаются от других млекопитающих.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы червей.
2. Приведите примеры паразитических червей.
3. Назовите основные особенности моллюсков.
4. Какое значение имеют насекомые для человека?
5. Какие типы животных относятся к вторичноротым?
6. Приведите основные особенности рыб.
7. Какие механизмы действия яда змей?
8. Какое значение имеют птицы и млекопитающие для человека?

Лекция 15. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ОРГАНИЗМ

1. Экологические факторы и их классификация. Основные абиотические факторы. Антропогенные факторы.
2. Внутривидовые и межвидовые отношения.
3. Общие закономерности действия экологических факторов на организм.

1. Экологические факторы и их классификация. Любой организм в природе испытывает на себе воздействие самых разнообразных компонентов внешней среды. Любые свойства или компоненты окружающей среды, оказывающие влияние на организмы, называют экологическими факторами.

Экологические факторы подразделяют следующим образом:

- абиотические – температурные и климатические условия, влажность, химический состав атмосферы, почвы, воды, освещенность, особенности рельефа;
- биотические – живые организмы и непосредственные продукты их жизнедеятельности;
- антропогенные – человек и непосредственные продукты его хозяйственной и иной деятельности.

Основные абиотические факторы:

- Солнечная радиация: ультрафиолетовые лучи губительны для организма. Видимая часть спектра обеспечивает фотосинтез. Инфракрасные лучи повышают температуру окружающей среды и тела организмов.
- Температура влияет на скорость реакций обмена веществ. Животных с постоянной температурой тела называют гомойотермными, а с переменной— пойкилотермными.
- Влажность характеризуется количеством воды в среде обитания и внутри организма. Адаптации животных связаны с добыванием воды, запасанием жира как источника воды при окислении, с переходом к спячке в жару. У растений развиваются корневые системы, утолщается кутикула на листьях, уменьшается площадь листовой пластинки, редуцируются листья.
- Климат– совокупность факторов, характеризующихся сезонной и суточной периодичностью, обусловленной вращением Земли вокруг Солнца и собственной оси. Адаптации животных выражаются в переходе к спячке в холодное время года, в оцепенении у пойкилотермных организмов. У растений адаптации связаны с переходом в состояние покоя (летнего или зимнего). При больших потерях воды ряд организмов впадает в состояние анабиоза – максимального замедления процессов обмена веществ.
- Биологические ритмы – периодические колебания интенсивности действия факторов. Суточные биоритмы определяют внешние и внутренние реакции организмов на смену дня и ночи.

➤ **Антропогенные факторы** связаны с деятельностью человека, под влиянием которой среда изменяется и формируется. Деятельность человека распространяется практически на всю биосферу: добыча полезных ископаемых, освоение водных ресурсов, развитие авиации и космонавтики сказываются на состоянии биосферы. В результате возникают разрушительные процессы в биосфере, к которым относятся загрязнение вод, «парниковый эффект», связанный с увеличением концентрации диоксида углерода в атмосфере, нарушения озонового слоя, «кислотные дожди» и т.д.

2. Внутривидовые и межвидовые отношения. Организмы одного вида вступают в различные по характеру отношения как друг с другом, так и с представителями других видов. Эти отношения соответственно подразделяют на внутривидовые и межвидовые.

Внутривидовые отношения проявляются во внутривидовой конкуренции за пищу, кров, самку, а также в особенностях поведения, иерархии отношений между членами популяции.

Межвидовые отношения:

- мутуализм – форма взаимовыгодных симбиотических отношений двух популяций разных видов;
- комменсализм– форма симбиоза, при которой отношения выгодны преимущественно для одного из двух видов, обитающих совместно (рыбы-лоцманы и акулы);
- кооперация – взаимовыгодное, но необязательное совместное существование двух видов (птицы, поедающие паразитов на шерсти копытных животных);
- паразитизм – форма межвидовых отношений, при которых один вид (паразит) получает пищу из организма другого вида (хозяина);

➤ хищничество – отношения, при которых особи одного вида убивают и поедают особей другого вида.

Организмы адаптируются (приспосабливаются) к влиянию определенных факторов в процессе естественного отбора. Их адаптационные возможности определяются нормой реакции по отношению к каждому из факторов, как постоянно действующих, так и колеблющихся в своих значениях. Например, длина светового дня в конкретном регионе постоянна, а температура и влажность могут колебаться в достаточно широких пределах.

3. Общие закономерности действия экологических факторов на организм. Экологические факторы характеризуются интенсивностью действия, **оптимальностью значения** (оптимумом), **максимальным** и **минимальным** значениями, в пределах которых возможна жизнь конкретного организма. Эти параметры для представителей разных видов различны.

Отклонение от оптимума какого-либо фактора, например, снижение количества пищи, может сузить пределы выносливости птиц или млекопитающих по отношению к понижению температуры воздуха.

Фактор, значение которого в данный момент находится на пределах выносливости или выходит за них, называют **ограничивающим** (лимитирующим).

Организмы, способные существовать в широких пределах колебания фактора, называют **эврибионтами**. Например, организмы, обитающие в условиях континентального климата, переносят широкие колебания температур. Такие организмы обычно имеют широкие ареалы распространения.

Организмы, обитающие в условиях постоянства какого-либо фактора или их совокупности, называют **стенобионтами**. Например, паразиты или симбионты. Ареал таких организмов ограничен.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные экологические факторы среды.
2. Какие абиотические факторы вы знаете.
3. Какие существуют типы межвидовых взаимоотношений организмов?
4. Как экологические факторы воздействуют на организм.
5. Кто такие эврибионты?
6. Кто такие стенобионты?
7. Какие факторы называются антропогенными?

ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

МОДУЛЬ 1

Практическая работа № 1 СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КЛЕТКИ

Вопросы к подготовке к занятию.

1. Докажите, что клетка является основной формой организации живых систем.
2. Укажите основные положения клеточной теории.
3. Дайте характеристику следующим методам изучения растительной клетки:
 - 1) Метод световой микроскопии.
 - 2) Метод электронной микроскопии.
 - 3) Метод цитохимии и гистохимии.
 - 4) Метод дифференциального (разделительного) центрифугирования.
 - 5) Метод рентгеноструктурного анализа.
 - 6) Метод клеточных культур.
 - 7) Метод микрохирургии.
4. Вода, строение, значение для организма.
5. Микроэлементы. Их значение для организма.
6. Макроэлементы. Их значение для организма.

Практическая работа № 2 ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ. МЕМБРАНА, ЦИТОСКЕЛЕТ КЛЕТКИ

Вопросы к подготовке к занятию.

1. Белки. Строение, функции.
2. Аминокислоты. Строение, функции.
3. Липиды, строение, функции.
4. Углеводы. Строение, функции.
5. Нуклеиновые кислоты. Строение, функции.
6. АТФ. Строение и ее роль в клетке.
7. Биологическая мембрана, строение, функции.
8. Цитоплазма. Состав, функции цитоплазмы.
9. Цитоскелет клетки. Строение, функции.

Практическая работа № 3 ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ЭУКАРИОТИЧЕСКИХ И ПРОКАРИОТИЧЕСКИХ КЛЕТОК

Вопросы к подготовке к занятию.

1. Рибосомы. Строение и функции.
2. Клеточный центр. Строение, функции.
3. Эндоплазматическая сеть. Строение, функции.
4. Аппарат Гольджи. Строение, функции.
5. Лизосомы клетки. Строение, функции.
6. Вакуоли растительной клетки. Строение, функции.

7. Митохондрии клетки. Строение, функции.
8. Пластиды растительной клетки. Классификация пластид.
9. Ядро клетки. Строение, функции.
10. Клетки прокариот и эукариот. Отличия и сходство.
11. Строение, многообразие вирусов.
12. Классификация вирусов.
13. Профилактика вирусных заболеваний.

МОДУЛЬ 2

Практическая работа № 4

ОНТОГЕНЕЗ ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА. СТРОЕНИЕ И ОБРАЗОВАНИЕ ПОЛОВЫХ КЛЕТОК, ЭМБРИОГЕНЕЗ

Вопросы для подготовки к занятию.

1. Строение сперматозоида.
2. Строение яйцеклетки.
3. Митоз и его стадии.
4. Мейоз и его стадии.
5. Стадии сперматогенеза.
6. Стадии оогенеза.
7. Способы дробления зиготы.
8. Механизмы гастрюляции
9. Зародышевые листки эмбриона человека.
10. Основные события стадии нейруляции.

Практическая работа № 5

ГЕНЕТИКА ПОЛА

Вопросы для подготовки к практической.

1. Типы определения пола
2. Механизмы определения пола.
3. Типы половых хромосом. Гетеро- и гомогаметный пол.
4. Факторы, определяющие пол у человека.
5. Соотношение полов у человека
6. Наследование признаков, сцепленных с полом.
7. Наследование X-сцепленных признаков.
8. Наследование Y-сцепленных признаков.
9. Наследование контролируемых и ограниченных полом признаков.

Практическая работа № 6

ИЗМЕНЧИВОСТЬ И НАСЛЕДСТВЕННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Вопросы для подготовки к практической.

1. Модификационная изменчивость.
2. Морфозы и адаптации.
3. Комбинативная изменчивость и ее роль в эволюции.
4. Мутационная изменчивость и ее типы.
5. Мутагены и антимутагены.

6. Генные заболевания человека.
7. Геномные заболевания человека.
8. Мультифакторные заболевания человека.

МОДУЛЬ 3

Практическая работа № 7

ВИД. СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ: РАЗНООБРАЗИЕ ЖИВОГО МИРА (ПРОКАРИОТЫ, ВОДОРОСЛИ, ВЫСШИЕ РАСТЕНИЯ, ГРИБЫ)

Вопросы для подготовки к практической.

1. Вид и его критерии.
2. Понятие о популяции.
3. Основные таксономические ранги.
4. Основные особенности прокариот.
5. Основные группы водорослей.
6. Отделы высших растений.
7. Основные группы грибов.
8. Строение лишайников.
9. Водоросли и грибы, используемые в пищевой промышленности и биотехнологии.

Практическая работа № 8

РАЗНООБРАЗИЕ ЖИВОГО МИРА (ПРОТИСТЫ И ЖИВОТНЫЕ)

Вопросы для подготовки к практической.

1. Основные группы простейших.
2. Паразитические простейшие.
3. Основные группы червей.
4. Паразитические плоские и круглые черви.
5. Хозяйственное значение моллюсков.
6. Основные группы членистоногих.
7. Классы рыб и их особенности.
8. Ядовитые представители амфибий и рептилий.
9. Значение птиц и млекопитающих для человека.

РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

ТЕСТЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. К нуклеиновым кислотам относятся:
 - 1) ДНК
 - 2) сахароза
 - 3) коллаген
 - 4) липиды
2. Функцией ДНК является:
 - 1) синтез белка
 - 2) хранение генетической информации
 - 3) хранение энергии
 - 4) синтез липидов
3. Транспортная РНК выполняет следующую функцию:
 - 1) синтез белка
 - 2) хранение генетической информации
 - 3) транспортировка аминокислот к рибосоме
 - 4) участвует в сборке рибосомы
4. Фенотип это:
 - 1) совокупность генов организма
 - 2) совокупность видимых признаков и свойств организма
 - 3) совокупность видимых признаков популяции
 - 4) совокупность РНК организма
5. Генотип это:
 - 1) совокупность генов организма
 - 2) совокупность видимых признаков и свойств организма
 - 3) совокупность видимых признаков популяции
 - 4) совокупность РНК организма
6. Кольцевая хромосома бактерий называется это:
 - 1) хромонема
 - 2) лизосома
 - 3) нуклеоид
 - 4) нуклеоморф
7. В состав ДНК **НЕ** входит:
 - 1) тимин
 - 2) аденин
 - 3) урацил
 - 4) цитозин
8. ДНК чаще всего представлена:
 - 1) одноцепочечной спиральной молекулой
 - 2) одноцепочечной линейной молекулой
 - 3) двухцепочечной спиральной молекулой
 - 4) двухцепочечной линейной молекулой

9. Комплекс из ДНК и белков, входящий в состав хромосомы называется:
- 1) лизоцим
 - 2) коллаген
 - 3) хроматин
 - 4) нуклеоморф
10. Белки гистоны:
- 1) входят в состав хромосомы
 - 2) переносят кислород
 - 3) являются сократимыми
 - 4) выполняют запасающую функцию
11. Активные участки генома состоят из:
- 1) гетерохроматина
 - 2) РНК
 - 3) эухроматина
 - 4) белков
12. Хроматиды в хромосоме соединены при помощи:
- 1) гистонов
 - 2) шаперонов
 - 3) центромеры
 - 4) хромонемы
13. Кариотип соматической клетки человека включает:
- 1) 44 хромосомы
 - 2) 47 хромосом
 - 3) 46 хромосом
 - 4) 23 хромосомы
14. Кариотип яйцеклетки человека включает:
- 1) 44 хромосомы
 - 2) 47 хромосом
 - 3) 46 хромосом
 - 4) 23 хромосомы
15. Двойной набор хромосом соматических клеток человека называется:
- 1) диплоидным
 - 2) гаплоидным
 - 3) триплоидным
 - 4) тетраплоидным
16. Синдром Дауна является примером:
- 1) генной мутации
 - 2) моносомии
 - 3) трисомии
 - 4) делеции

17. Хромосомы, одинаковые у обоих полов называются:
- 1) лизосомы
 - 2) центросомы
 - 3) аутосомы
 - 4) моносомы
18. Удвоение (синтез) ДНК называется:
- 1) трансляция
 - 2) транскрипция
 - 3) репликация
 - 4) трансляция
19. Синтез РНК на основе ДНК называется:
- 1) трансляция
 - 2) транскрипция
 - 3) репликация
 - 4) трансляция
20. Каждая аминокислота белка закодирована:
- 1) нуклеотидом ДНК
 - 2) нуклеотидами ДНК
 - 3) нуклеотидами ДНК
 - 4) нуклеотидами ДНК
21. Гемофилия является:
- 1) аутосомным заболеванием
 - 2) У-сцепленным заболеванием
 - 3) Х-сцепленным заболеванием
 - 4) приобретенным заболеванием
22. Ферменты, разрезающие молекулу ДНК называются:
- 1) лигазами
 - 2) полимеразами
 - 3) рестриктазами
 - 4) праймазами
23. Метод установления родства и идентификации человека на основе ДНК это:
- 1) Саузерн-блоттинг
 - 2) электрофорез
 - 3) ДНК-дактилоскопия
 - 4) трансдукция
24. ПЦР это:
- 1) метод установления родства человека на основе ДНК
 - 2) метод внедрения ДНК в клетку
 - 3) 3.метод многократного копирования ДНК в пробирке
 - 4) методом выявления наличия заболеваний
25. Группа особей, имеющих общее происхождение, обладающих сходным строением, способных свободно скрещиваться между собой и давать плодовитое потомство это:
- 1) семейство
 - 2) род
 - 3) вид
 - 4) тип

26. Относительно обособленная на определенной территории группа свободно скрещивающихся особей одного вида, способная длительное время существовать, воспроизводиться и эволюционировать:

- 1) экосистема
- 2) сообщество
- 3) популяция
- 4) морфа }

27. Высшей единицей систематики является:

- 1) отряд
- 2) класс
- 3) домен
- 4) тип

28. Малярийный плазмодий является представителем:

- 1) амёб
- 2) жгутиконосцев
- 3) апикомплексов
- 4) грибов

29. Клеточная стенка клеток бактерий состоит из:

- 1) хитина
- 2) целлюлозы
- 3) муреина
- 4) псевдомуреина

30. Лишайник представляет собой:

- 1) симбиоз гриба и водоросли
- 2) симбиоз гриба и мха
- 3) симбиоз гриба и высших растений
- 4) особую группу простейших

31. Микориза это:

- 1) симбиоз гриба и водоросли
- 2) симбиоз гриба и мха
- 3) симбиоз гриба и высших растений
- 4) особую группу простейших

32. Цианобактерия спирулина это:

- 1) продуцент витаминов и биологически активных веществ
- 2) симбионт животных
- 3) патогенная бактерия
- 4) продуцент антибиотиков

33. Аспергилл и пеницилл это:

- 1) продуценты крахмала
- 2) симбионты животных
- 3) патогенные бактерии
- 4) продуценты антибиотиков

34. Панцирь из кремнезема характерен для:
- 1) диатомовых водорослей
 - 2) красных водорослей
 - 3) инфузорий
 - 4) ракообразных
35. Агар-агар изготавливают из:
- 1) красных водорослей
 - 2) плесневых грибов
 - 3) бурых водорослей
 - 4) зеленых водорослей
36. Диплоидное поколение растений называется:
- 1) спорофит
 - 2) гаметофит
 - 3) хамефит
 - 4) споробласт
37. Гаметофит это:
- 1) половое поколение
 - 2) бесполое поколение
 - 3) диплоидное поколение
 - 4) зеленых водорослей
38. У большинства наземных растений в жизненном цикле доминирует:
- 1) спорофит
 - 2) гаметофит
 - 3) хамефит
 - 4) споробласт
39. В жизненном цикле мхов доминирует:
- 1) спорофит
 - 2) гаметофит
 - 3) бесполое поколение
 - 4) споробласт
40. Заражение кошачьей двуусткой происходит при:
- 1) употреблении сырой или вяленой рыбы
 - 2) купании в водоеме
 - 3) поедании околотовной растительности
 - 4) питье некипяченой воды
41. Заражение кошачьей двуусткой происходит при:
- 1) употреблении сырой или вяленой рыбы
 - 2) купании в водоеме
 - 3) поедании околотовной растительности
 - 4) употреблении сырой или плохо прожаренной печени
42. Кошачья двуустка относится к типу:
- 1) плоские черви
 - 2) круглые черви
 - 3) кольчатые черви
 - 4) споровики

43. В организме человека кошачья двуустка обитает в:
- 1) протоках печени
 - 2) тонком кишечнике
 - 3) толстом кишечнике
 - 4) кровеносных сосудах
44. В организме аскарида обитает в:
- 1) протоках печени
 - 2) тонком кишечнике
 - 3) толстом кишечнике
 - 4) кровеносных сосудах
45. В организме человека бычий цепень обитает в:
- 1) протоках печени
 - 2) тонком кишечнике
 - 3) толстом кишечнике
 - 4) кровеносных сосудах
46. Заражение бычьим цепнем происходит при:
- 1) употреблении сырой или вяленой рыбы
 - 2) купании в водоеме
 - 3) поедании околоводной растительности
 - 4) употреблении сырого или плохо прожаренного мяса
47. Иксодовые клещи являются переносчиками:
- 1) боррелиоза
 - 2) описторхоза
 - 3) малярии
 - 4) бешенства
48. Кровососущие двукрылые **не являются** переносчиками:
- 1) сонной болезни
 - 2) энцефалита
 - 3) малярии
 - 4) желтой лихорадки
49. Яд обыкновенной гадюки относится к:
- 1) гемовазотоксинам
 - 2) нейротоксинам
 - 3) алкалоидам
 - 4) гепатотоксинам
50. Укажите ряд химических элементов, входящих и в состав белков и в состав нуклеиновых кислот
- 1) азот, фосфор, сера, кислород
 - 2) кислород, кальций, железо, углерод
 - 3) водород, углерод, азот, кислород
 - 4) водород, азот, кислород, кальций
51. Белков особенно много в семенах
- 1) конопли
 - 2) фасоли
 - 3) льна
 - 4) хлопчатник

52. Пептидная связь образуется при взаимодействии
- 1) OH и COOH
 - 2) NH₂ и OH
 - 3) COOH и NH₂
 - 4) COOH и OH
53. Только из водорода, углерода и кислорода состоят
- 1) белки и жиры
 - 2) жиры и углеводы
 - 3) углеводы и белки
 - 4) нуклеиновые кислоты и белки
55. Фосфор входит в состав
- 1) молекул хлорофилла
 - 2) нуклеиновых кислот и АТФ
 - 3) углеводов
 - 4) аминокислот
56. Биологическая функция воды
- 1) энергетическая;
 - 2) структурная
 - 3) проводниковая
 - 4) универсальный растворитель
57. Среди предельных (ненасыщенных) высших карбоновых кислот наиболее часто в состав жиров входят:
- 1) олеиновая, линолевая, стеариновая
 - 2) пальмитиновая, стеариновая, линоленовая
 - 3) арахидоновая, стеариновая, пальмитиновая
 - 4) олеиновая, линоленовая, линолевая
58. Липиды в клетке выполняют следующие функции
- 1) энергетическую и структурную
 - 2) все ответы верны
 - 3) защитную и теплоизоляционную
 - 4) регуляторную
59. В состав липидов входит:
- 1) магний
 - 2) сахароза
 - 3) глицерин
 - 4) азот
60. К липидам относятся
- 1) жиры, фосфолипиды, воски
 - 2) стероиды (терпены)
 - 3) гликопротеины и нуклеопротеины
 - 4) жиры, фосфолипиды, воски и стероиды (терпены)

61. Малое количество жиров содержится в семенах
- 1) конопли
 - 2) льна
 - 3) подсолнечника
 - 4) гороха
62. Подсолнечное масло имеет жидкую консистенцию благодаря
- 1) рафинизации
 - 2) наличию ненасыщенных жирных кислот
 - 3) наличию витамина Е
 - 4) добавлению холестерина
63. Масла жидкие, так как они образованы
- 1) олеиновой, линолевой, линоленовой кислотами
 - 2) арахидовой, линоленовой, пантотеновой кислотами
 - 3) пантотеновой, линоленовой, олеиновой кислотами
 - 4) арахидовой, пантотеновой, олеиновой кислотами
64. Синтез жиров и углеводов в клетке осуществляется в
- 1) аппарате Гольджи
 - 2) рибосомах
 - 3) лизосомах
 - 4) гладком эндоплазматическом ретикулуме
65. Полисахариды растений это:
- 1) глюкоза и фруктоза
 - 2) сахароза и гликоген.
 - 3) крахмал, целлюлоза, пектин
 - 4) хитин и муреин
66. Мономером крахмала является
- 1) сахароза
 - 2) рибоза
 - 3) глюкоза
 - 4) дезоксирибоза
67. Целлюлоза состоит из
- 1) из глюкозы и галактозы
 - 2) остатков глюкозы
 - 3) глюкозы и ксилозы
 - 4) с остатков ксилозы
68. Среди пентоз в природе наиболее часто встречаются
- 1) рибоза, дезоксирибоза, рибулоза
 - 2) рибоза, глюкоза, фруктоза
 - 3) мальтоза, сахароза, лактоза
 - 4) мальтоза и ксилоза
69. Гликолипиды – это комплекс
- 1) углеводов и белков
 - 2) белков и липидов
 - 3) углеводов и липидов
 - 4) липидов и этиленгликоля

70. Гликопротеины – это комплекс
- 1) углеводов и липидов
 - 2) углеводов и белков
 - 3) углеводов и нуклеиновых кислот
 - 4) белков и липидо
71. Первичная структура белка зависит
- 1) от количества аминокислотных остатков
 - 2) от видов аминокислот и их количества
 - 3) от видов сахаров
 - 4) от последовательности аминокислот и их количества
72. Вторичная структура белковой молекулы стабилизируется связями
- 1) ионными
 - 2) сульфгидрильными
 - 3) водородными
 - 4) ковалентными
73. Третичная структура белка стабилизируется следующими связями
- 1) только водородными и ионными
 - 2) только ковалентными
 - 3) только ионными
 - 4) дисульфидными, водородными, гидрофобными и ионными
74. Простые белки это:
- 1) Гистоны, альбумины, глобулины,
 - 2) гликопротеины и липопротеины
 - 3) альбумины и глобулины
 - 4) гемоглобин и цитохром
75. Сложные белки
- 1) альбумины
 - 2) гистоны
 - 3) гликопротеины и липопротеины
 - 4) глобулины
76. Восходящий ток у семенных растений обеспечивают
- 1) только ситовидные трубки
 - 2) только сосуды
 - 3) трахеиды и ситовидные трубки
 - 4) сосуды и трахеиды
77. Активный транспорт – это
- 1) захват мембраной клетки жидких веществ и перенос их в цитоплазму клетки
 - 2) захват мембраной клетки твердых частиц и перенос их в цитоплазму
 - 3) поступление воды в клетку
 - 4) избирательный транспорт в клетку веществ против градиента концентрации с затратой энергии

78. Ионы K^+ поступают через мембрану внутрь клетки
- 1) активным транспортом
 - 2) диффузией
 - 3) осмосом
 - 4) облегченной диффузией
79. Понятия "макроэлементы" и "микроэлементы" характеризуют
- 1) их важность для живых существ
 - 2) их содержание в живых организмах
 - 3) их содержание в земной коре
 - 4) размеры их атомов
80. Элементы, присутствующие в тканях в концентрации 0,1% называют
- 1) микроэлементами
 - 2) органоногенами
 - 3) макроэлементами
 - 4) нет правильного ответа
 - 5)
81. Элементы, присутствующие в тканях в концентрации 0,001% называют
- 1) макроэлементами
 - 2) органоногенами
 - 3) микроэлементами
 - 4) органогенами
82. Укажите макроэлементы
- 1) Ca, Mg, Au, As
 - 2) Mn, Cu, Zn, B, Mo, N
 - 3) O, H, C, N, P, S, K, Ca, Mg, Fe
 - 4) Ag, Hg, I, Co, Au, As, Ra
83. Укажите микроэлементы
- 1) O, H, C, N, P, S, K, Ca, Mg, Fe
 - 2) N, P, S, K, Ca, Mg, Fe
 - 3) Mn, Cu, Zn, B, Mo
 - 4) Ag, Hg, I, Co, Au, As, Ra
84. 95% сухой массы растения составляют
- 1) углерод, водород, кислород, азот
 - 2) углерод, кислород, фосфор, кальций
 - 3) кислород, азот, кальций, калий
 - 4) кислород, водород, азот, калий
85. Значение азота в жизни растений
- 1) обязательный элемент хлорофилла
 - 2) способствует продвижению углеводов из листовых пластинок в другие органы растения
 - 3) входит в состав ядерных белков (нуклеопротеидов), нуклеиновых кислот, липидов, фитина
 - 4) необходимая и незаменимая составная часть всех аминокислот, белков, нуклеиновых кислот, хлорофилла и ряда других органических соединений

86. Назовите элемент, участвующий в накоплении вегетативной массы растения

- 1) Ca
- 2) N
- 3) P
- 4) K

87. Значение фосфора в организме

- 1) обязательный элемент хлорофилла
- 2) способствует продвижению углеводов из листовых пластинок в другие органы растения
- 3) входит в состав ядерных белков (нуклеопротеидов), нуклеиновых кислот, АТФ
- 4) необходимая и незаменимая составная часть всех аминокислот, белков, нуклеиновых кислот, хлорофилла и ряда других органических соединений

88. К аэробным бактериям относится (-ятся)

- 1) кишечная палочка
- 2) ианобактерии
- 3) молочнокислые бактерии
- 4) плеврококк

89. Хлорофилл растений находится

- 1) в вакуолях
- 2) в пластидах
- 3) ядре
- 4) митохондриях

90. В строении хлоропласта имеются

- 1) рибосомы, ДНК+РНК
- 2) пероксисомы
- 3) рибосомы, ДНК
- 4) лизосомы

91. Универсальным источником энергии является

- 1) глюкоза
- 2) жир
- 3) АТФ
- 4) НАД

92. Молекула АТФ содержит:

- 1) только пиримидиновое азотистое основание
- 2) две макроэргические связи
- 3) гексозу
- 4) 4 атома фосфора

93. АТФ выполняет функцию

- 1) запасующую
- 2) энергетическую
- 3) структурную
- 4) транспортную

94. Пигменты фотосинтеза
- 1) хлорофиллы
 - 2) все указанные
 - 3) каротиноиды
 - 4) фикобилины
95. Зеленый пигмент хлоропластов сосредоточен в
- 1) наружной мембране
 - 2) тилакоидах
 - 3) строме
 - 4) тилакоидах и строме
 - 5)
96. Синтез АТФ происходит в
- 1) вакуолях
 - 2) митохондриях
 - 3) лизосомах
 - 4) рибосомах
97. Универсальным источником энергии является
- 1) глюкоза
 - 2) АТФ
 - 3) жир
 - 4) белки
98. Реакцией энергетического обмена является
- 1) синтез белков
 - 2) расщепление жиров
 - 3) фотосинтез
 - 4) синтез нуклеиновых кисло
99. Какие меристемы не характерны для растений
- 1) верхушечные
 - 2) промежуточные
 - 3) боковые
 - 4) вставочные
100. Назовите элемент, ускоряющий репродуктивное развитие растения
- 1) Са
 - 2) N
 - 3) P
 - 4) К

**ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ.
ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ**

1. Клетка – основная форма организации живых систем.
2. Методы изучения клетки.
3. Вода строение, функции.
4. Микроэлементы. Их значение для организма.
5. Макроэлементы. Их значение для организма.

6. Белки. Строение, функции.
7. Аминокислоты. Строение, функции.
8. Липиды, строение, функции.
9. Углеводы. Строение, функции.
10. Нуклеиновые кислоты. Строение, функции.
11. АТФ. Строение и ее роль в клетке.
12. Биологическая мембрана, строение, функции.
13. Цитоплазма. Состав, функции цитоплазмы.
14. Цитоскелет клетки. Строение, функции.
15. Одномембранные органоиды. Строение, функции.
16. Двумембранные органоиды. Строение, функции.
17. Немембранные органоиды. Строение, функции.
18. Клетки прокариот и эукариот. Отличия и сходство.
19. Строение, многообразие вирусов. Классификация вирусов.
20. Клеточный цикл. Деление клеток.
21. Обмен веществ и преобразование энергии.
22. Хранение наследственной информации.
23. Понятие о генетическом коде. Свойства генетического кода.
24. Ткани растений.
25. Ткани животных.
26. Уровни укладки ДНК. Строение хромосом.
27. Основной закон молекулярной биологии. Репликация ДНК.
28. Реализация генетической информации. Транскрипция и трансляция.
29. Строение половых клеток.
30. Этапы сперматогенеза и оогенеза.
31. Основные стадии развития эмбриона человека.
32. Генетика пола. Половые хромосомы.
33. Методы генной инженерии. ПЦР.
34. Методы генной инженерии. Способы создания гибридных ДНК и введения их в клетку.
35. Вид, его признаки и критерии.
36. Популяция. Структура популяции.
37. Экологические факторы и их виды.
38. Межвидовые отношения у существ.
39. Особенности строения бактерий и архей.
40. Основные группы простейших.
41. Основные группы водорослей.
42. Основные группы грибов.
43. Основные группы высших растений.
44. Представители паразитических червей.
45. Основные особенности членистоногих.
46. Основные особенности моллюсков.
47. Основные особенности рыб.
48. Основные особенности земноводных и пресмыкающихся.
49. Основные особенности птиц.
50. Основные особенности млекопитающих.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Антонова, Е.В. Ботаника: анатомия и морфология растений: пособие. / Е.В. Антонова, И.М. Морозова. – Витебск: ВГУ имени П. М. Машерова, 2019. – 235.
2. Зиматкин, С.М. Гистология, цитология, эмбриология: краткий курс: учебное пособие для студентов учреждения высшего образования по медицинским специальностям / С.М. Заматкин и др. – Минск: Высшая школа, 2020. – 477 с.
3. Биология: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по естественнонаучным направлениям. Ч.1 / В.Н. Ярыгин, И.Н. Волков; под ред. Ярыгина, И.Н. Волкова. – 7 изд., перераб. и доп.– Москва: Юрайт, 2023. – 427.
4. Биология: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по естественнонаучным направлениям. Ч.2 / В.Н. Ярыгин, И.Н. Волков; под ред. Ярыгина, И.Н. Волкова. – 7 изд., перераб. и доп.– Москва: Юрайт, 2023. – 347.
5. Тарчевский, И.А. Сигнальные системы клеток растений / И.А. Тарчевский. – Москва: Наука, 2002. – 296 с.
6. Лазаревич, С.В. Ботаника: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по агрономическим специальностям / С.В. Лазаревич. – Мн.: ИВЦ Минфина, 2012. – 480 с.
7. Льюин, Б. Гены: учебник / Б. Льюин; пер. И. А. Кофиади [и др.]. –М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2022. – 896 с.
8. Сазонов, А.А. Генетика: учеб, пособие / А.А. Сазонов – СПб.: Ленингр. гос.ун-т, 2011. – 264 с.
9. Инге-Вечтомов, С.Г. Генетика с основами селекции: учеб, для студентов вузов / С.Г. Инге-Вечтомов. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Изд-во Н-Л, 2015. – 720 с.

Перечень используемых информационных ресурсов
Научная электронная база – <http://www.elibrary.ru>
Электронный каталог журналов – <http://www.benran.ru>

Учебное издание

БИОЛОГИЯ
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ
40-05-01-07 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ
(В ЗДРАВООХРАНЕНИИ)

Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине

Составители:

МОРОЗОВА Инна Михайловна

КОЦУР Владимир Михайлович

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Компьютерный дизайн

Л.В. Рудницкая

Подписано в печать 07.08.2023. Формат 60x84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 7,03. Уч.-изд. л. 8,26. Тираж 45 экз. Заказ 77.

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.