

Министерство просвещения ПМР
ГОУ ДПО «Институт развития образования и повышения квалификации»
ГОУ СПО «Тираспольский аграрно-технический колледж им. М.В. Фрунзе»
ГОУ СПО «Рыбницкий политехнический техникум»

БИОЛОГИЯ

В СХЕМАХ И ТАБЛИЦАХ

Учебно-методическое пособие

Тирасполь
2025

ББК 28.0я723

Б63

*Одобрено Учебно-методическим советом ГОУ ДПО «ИРОиПК»
(протокол № 7 от 17.11.2025 г.)*

Составители:

Г.М. Грибинча, преподаватель биологии ГОУ СПО «Тираспольский аграрно-технический колледж им. М.В. Фрунзе»;

А.А. Демушина, преподаватель биологии ГОУ СПО «Рыбницкий политехнический техникум».

Биология в схемах и таблицах: учеб.-метод. пособие / сост.: Г.М. Грибинча, Б63 А.А. Демушина. – Тирасполь: ГОУ ДПО «ИРОиПК», 92 с.

ББК 28.0я723

Пособие «Биология в схемах и таблицах» может применяться в аудиторной, самостоятельной и дистанционной работе обучающихся учреждений среднего профессионального образования и общеобразовательных школ, а также служить опорным материалом для учителей и преподавателей при подготовке и проведении занятий.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебно-методическое пособие «Биология в схемах и таблицах» представляет собой систематизированное, структурированное изложение ключевых тем курса биологии с использованием схем, таблиц, алгоритмов и кратких пояснений.

Пособие разработано в соответствии со структурой и содержанием примерной программы учебной дисциплины «Биология» для организаций профессионального образования, реализующих основные профессиональные образовательные программы начального и среднего профессионального образования, утвержденной приказом Министерства просвещения Приднестровской Молдавской Республики от 22.12.2022 г. № 1140. Учебно-методическое пособие составлено на основании календарно-тематического плана по биологии на 116 часов, рассмотренного и рекомендованного к использованию Республиканским методическим объединением преподавателей биологии, химии и географии (протокол № 2 от 15.03.2023 г.).

Пособие построено на основе принципов наглядности, системности, доступности и научности. Использование схем и таблиц позволяет сократить объем текстовой информации, облегчить восприятие сложных теоретических понятий и обеспечить логическую взаимосвязь между темами курса. Такой формат способствует формированию у студентов компетенций самоорганизации, анализа, обобщения и структурирования знаний.

Преимущества учебно-методического пособия: наглядность и структурированность материала, компактность и логическая взаимосвязанность представленных данных, универсальность и возможность применения в различных формах учебной деятельности, инклюзивность – пособие удобно для обучающихся с разными стилями восприятия информации.

Формы применения на занятиях:

- на вводном этапе – как опора при объяснении нового материала;
- при закреплении – для повторения и систематизации знаний;
- при контроле знаний – в качестве опорного материала для подготовки к проверочным работам;
- для самостоятельной работы студентов – как краткий справочник и навигационный инструмент;
- в дистанционном обучении – как элемент цифрового учебного контента.

Использование учебно-методического пособия способствует:

- формированию у обучающихся системного представления о биологии как о фундаментальной естественно-научной дисциплине;
- развитию аналитического и логического мышления;
- повышению эффективности усвоения теоретического материала и прочности знаний;
- воспитанию интереса к дисциплине и формированию устойчивых учебных навыков.

Пособие «Биология в схемах и таблицах» может применяться в аудиторной, самостоятельной и дистанционной работе обучающихся учреждений среднего профессионального образования и общеобразовательных школ, а также служить опорным материалом для учителей и преподавателей при подготовке и проведении занятий.

СОДЕРЖАНИЕ

Таблица 1. Введение в биологию	5
Таблица 2. Химический состав тел живой природы	9
Таблица 3. Органические вещества. Липиды и углеводы	11
Таблица 4. Белки	12
Таблица 5. Нуклеиновые кислоты	14
Таблица 6. Клеточная теория	17
Таблица 7. Структурно-функциональная организация клетки	19
Таблица 8. Клеточное ядро	23
Таблица 9. Типы обмена веществ живых организмов	25
Таблица 10. Пластический обмен – анаболизм	27
Таблица 11. Энергетический обмен – катаболизм	29
Таблица 12. Митоз	31
Таблица 13. Бесполое и половое размножение	33
Таблица 14. Образование половых клеток. Оплодотворение	35
Таблица 15. Эмбриональное развитие	38
Таблица 16. Постэмбриональное развитие	40
Таблица 17. История развития генетики, ее задачи	42
Таблица 18. Первый и второй законы Г. Менделя	45
Таблица 19. Неполное доминирование	47
Таблица 20. Третий закон Менделя	48
Таблица 21. Сцепленное наследование генов	48
Таблица 22. Генетика пола	49
Таблица 23. Взаимодействие генов	51
Таблица 24. Модификационная изменчивость	52
Таблица 25. Наследственная изменчивость	54
Таблица 26. Методы исследования генетики человека	56
Таблица 27. Основы селекции	568
Таблица 28. Успехи современной селекции	60
Таблица 29. Эволюционное учение Ч. Дарвина	62
Таблица 30. Вклад Ч. Дарвина в естествознание	64
Таблица 31. Движущие силы эволюции и их взаимосвязь	67
Таблица 32. Вид. Критерии вида	68
Таблица 33. Приспособленность – результат действия факторов эволюции	71
Таблица 34. Главные направления эволюции органического мира	73
Таблица 35. Возникновение жизни на Земле	74
Таблица 36. Развитие жизни на Земле	75
Таблица 37. Происхождение человека	78
Таблица 38. Человеческие расы	80
Таблица 39. Основы экологии	81
Таблица 40. Экологические сообщества	83
Таблица 41. Взаимоотношения в экосистеме	865
Таблица 42. Эволюция биосферы	89

Таблица 1. Введение в биологию

Биология как наука	
Биология (от греч. <i>bios</i> – жизнь, <i>logos</i> – наука) представляет собой комплекс наук о живой природе, предметом которых являются все проявления жизни: строение и функции живых организмов, их происхождение, развитие, взаимосвязи с окружающей средой	
Наука – это сфера человеческой деятельности по получению, систематизации объективных знаний о действительности	
Объектом науки биологии является жизнь во всех ее проявлениях и формах, а также на разных уровнях	
Задача биологии – изучить строение, функции и закономерности развития живых организмов для применения знаний в профессиональной деятельности и повседневной жизни	
Общие науки	
Биохимия	Исследует молекулярные и химические основы жизни, включая состав, структуру и химические реакции биомолекул, лежащие в основе обмена веществ и регуляции клеточных процессов
Цитология	Изучает структурно-функциональные особенности клеток, их органелл и внутриклеточных процессов, обеспечивающих жизнедеятельность и воспроизводство организмов
Гистология	Наука о микроскопическом строении тканей, их организации и функциональной значимости в организме
Физиология	Исследует функции организма и его систем, механизмы поддержания гомеостаза и адаптации к внешней среде
Морфология	Анализирует форму, строение и структурные закономерности организации организмов, их органов и тканей, выявляя связи между структурой и функцией
Анатомия	Исследует строение органов и систем организма, их взаимосвязи и организационные закономерности
Эмбриология	Изучает развитие организмов от оплодотворения до рождения, закономерности морфогенеза и дифференцировки тканей
Генетика	Наука о закономерностях наследственности и изменчивости, исследующая механизмы передачи генетической информации и процессы эволюционной адаптации
Эволюционная биология	Исследует историческое развитие жизни на Земле, механизмы видообразования, естественного отбора и эволюционных изменений организмов
Палеонтология	Изучает ископаемые организмы, их эволюцию и закономерности исторического развития биосферы
Экология	Изучает взаимодействие живых организмов между собой и с окружающей средой, а также закономерности функционирования экосистем и биоценозов
Частные науки	
Ботаника	Наука о растениях, изучающая их строение, жизненные процессы, разнообразие и значение в природе и для человека
Микробиология	Изучает микроорганизмы (бактерии, вирусы, простейшие, грибы), их роль в природе, здоровье человека и биотехнологии
Вирусология	Раздел микробиологии, посвященный строению, жизненным циклам и взаимодействию вирусов с организмами-хозяевами
Микология	Наука о грибах, их морфологии, физиологии, экологии и практическом значении для человека

Альгология (Фитология)	Изучает водоросли, их строение, жизненные процессы, экологическую роль и использование в биотехнологии
Бриология	Исследует мхи, их морфологию, развитие и адаптационные стратегии в различных экосистемах
Лихенология	Наука о лишайниках, их строении, симбиотических связях и значении для биосферы
Протозоология	Изучает одноклеточных животных (простейшие), их морфологию, жизненные циклы и экологическую роль
Малакология	Наука о моллюсках, их строении, физиологии, экологии и эволюционном разнообразии
Ихтиология	Наука о рыбах и рыбообразных, их строении, физиологии, экологии и эволюционном разнообразии
Орнитология	Наука о птицах, их строении, физиологии, экологии и эволюционном разнообразии
Герпетология	Исследует пресмыкающихся и амфибий, их строение, физиологию, поведение и экологические связи
Энтомология	Наука о насекомых, их морфологии, жизненных циклах, поведении и значении для природы и человека
Маммология/ Териология	Изучает млекопитающих, их строение, физиологию, поведение и эволюционное развитие
Антропология	Исследует человека, его биологические особенности, происхождение, развитие и взаимодействие с окружающей средой
<i>Прикладные науки</i>	
Медицинская биология	Применяет биологические знания для изучения здоровья человека, профилактики, диагностики и лечения заболеваний
Ветеринарная биология	Изучает биологические основы здоровья, заболеваний и лечения животных, обеспечивая сохранение их популяций и продуктивности
Селекция	Использует знания о наследственности и изменчивости для создания новых сортов растений и пород животных с улучшенными свойствами
Фитопатология	Исследует болезни растений, причины их возникновения, механизмы развития и методы защиты для повышения урожайности и сохранения экосистем
Биотехнология	Применяет микроорганизмы, клетки и биологические процессы для производства продуктов и технологий в медицине, промышленности и сельском хозяйстве
Растениеводство	Практическое применение биологии растений для выращивания культур с целью обеспечения продовольственной и сырьевой безопасности
Животноводство	Применение биологических знаний для разведения и содержания животных, повышения их продуктивности и здоровья
Ветеринария	Прикладная наука о здоровье животных, изучает болезни, методы их лечения, профилактику и сохранение продуктивности
Гигиена	Исследует влияние факторов окружающей среды, образа жизни и питания на здоровье человека и разрабатывает методы его охраны и профилактики заболеваний
Иммунология	Изучает защитные механизмы организма, работу иммунной системы и разрабатывает методы профилактики и лечения инфекционных и аутоиммунных заболеваний
Пищевые биотехнологии	Использует биологические процессы и микроорганизмы для производства и улучшения пищевых продуктов

Основные методы биологических исследований	
Эмпирические	Описательный метод заключается в сборе фактического материала и его описании
	Сравнительный метод заключается в сравнении изучаемых организмов, их структур и функций между собой с целью выявления сходств и различий
	Экспериментальный метод заключается в целенаправленном изучении явлений в точно установленных условиях, позволяющих воспроизводить и наблюдать эти явления
	Исторический метод заключается в сопоставлении результатов наблюдений с ранее полученными результатами
Теоретические	Метод моделирования заключается в изучении явлений и процессов на основе построения его копии (модели), замещающей оригинал
	Статистический метод заключается в изучении вариаций биологических признаков с целью выявления статистических закономерностей
Свойства живых систем	
Единство химического состава	Единство химического состава живой и неживой природы означает, что живые организмы состоят из тех же химических элементов, что и неживые объекты, но в разных соотношениях
Обмен веществ (метаболизм)	Обмен веществ (метаболизм) – это совокупность химических реакций, которые происходят в организме для поддержания жизни
Самовоспроизведение (репродукция)	Самовоспроизведение (репродукция) – это способность живого организма, клетки или даже более мелких структур, таких как органеллы, создавать себе подобные, то есть производить потомство
Наследственность	Наследственность – это свойство, которое заключается в способности организмов передавать свои признаки, свойства и особенности развития из поколения в поколение
Изменчивость	Изменчивость – это свойство живых организмов приобретать новые признаки и свойства, отличные от исходных, в процессе индивидуального развития или под влиянием факторов окружающей среды
Рост и развитие	Рост – это количественное увеличение размеров и массы тела, обусловленное делением и увеличением размеров клеток. Развитие – это качественные изменения в строении и функционировании организма, включающие дифференциацию клеток, формирование тканей и органов, а также приобретение новых свойств и возможностей
Раздражимость	Раздражимость – это способность живых организмов реагировать на изменения во внешней или внутренней среде, то есть на раздражители
Ритмичность	Ритмичность – это периодические изменения интенсивности физиологических функций с различными периодами колебаний (от нескольких секунд до года и столетия)
Саморегуляция (гомеостаз)	Саморегуляция (гомеостаз) – это способность живых организмов поддерживать постоянство внутренней среды (химического состава, физиологических процессов) в условиях изменяющейся внешней среды
Энергозависимость	Энергозависимость – это свойство живых организмов постоянно обмениваться энергией с окружающей средой для поддержания жизни
Уровни организации живой материи	
Молекулярно-генетический	На молекулярно-генетическом уровне изучают строение, свойства и роль биологически значимых органических соединений: белков, липидов, углеводов, нуклеиновых кислот, их роль в обмене веществ, хранении и передаче наследственной информации

Органоидно-клеточный	Органоидно-клеточный уровень предусматривает изучение структуры клетки и ее органоидов, процессов жизнедеятельности, которые в ней протекают
Тканевой	На тканевом уровне рассматривают характерные особенности специализации клеток, образующих ткани
Органный	На органном уровне изучают строение и функциональные особенности органов и систем органов
Организменный	Организменный уровень предусматривает изучение процессов жизнедеятельности целого организма
Популяционно-видовой	Популяционно-видовой уровень – это совокупность организмов одного и того же вида, объединенная общим местом обитания, создает популяцию как систему надорганизменного порядка
Биогеоценотический (экосистемный)	Биогеоценотический (экосистемный) – это совокупность организмов разных видов и различной сложности организации со всеми факторами среды их обитания
Биосферный	Биосфера – система высшего порядка, охватывающая все явления жизни на нашей планете (круговорот веществ и превращение энергии на Земле)
Систематика живых организмов	
Систематика в биологии – это наука, занимающаяся классификацией и изучением разнообразия живых организмов, а также установлением их родственных связей	
Основные принципы биологической классификации (систематики) включают: иерархичность и бинарную номенклатуру	
Иерархичность предполагает, что организмы распределяются по группам, вложенным друг в друга, от более общих к более частным	
Бинарная номенклатура , введенная К. Линнеем, присваивает каждому виду научное название, состоящее из двух слов (рода и вида)	
Классификация в биологии имеет огромное значение , так как она позволяет упорядочить и систематизировать огромное разнообразие живых организмов, устанавливать родственные связи между ними и предсказывать свойства новых видов	
Таксоны – это группы организмов, объединенные на основе общих признаков и свойств. Основные таксоны, используемые для классификации живых организмов, включают: царство, тип (у растений – отдел), класс, отряд (у растений – порядок), семейство, род, вид	



Принцип систематики животных и растений



Царство Животные
 Тип Хордовые
 Подтип Позвоночные
 Класс Млекопитающие
 Отряд Хищные
 Семейство Кошачьи
 Род Кошки
 Вид Кошка домашняя

Царство Растения
 Отдел Цветковые
 Класс Однодольные
 Порядок Лилейные
 Семейство Лилейные
 Род Ландыш
 Вид Ландыш майский

Таблица 2. Химический состав тел живой природы

Классификация химических элементов живых организмов

Группа элементов	Общая доля	Элемент	Доля (%)	Основные функции
Органогенные	~98 %	O	~65 %	Вода, дыхание, органические соединения
		C	~18 %	Основа органических веществ
		H	~10 %	Вода, энергетические процессы
		N	~3 %	Белки, нуклеиновые кислоты
Другие макроэлементы	~1,9 %	Ca	1,5 %	Кости, зубы, свертывание крови, мышцы
		P	1 %	АТФ, ДНК, РНК, фосфолипиды
		K	0,25 %	Нервные импульсы, работа сердца
		S	0,25 %	Аминокислоты (цистеин, метионин)
		Na	0,15 %	Водно-солевой баланс, импульсы
		Cl	0,15 %	Осмотическое давление, HCl
		Mg	0,05 %	Ферменты, хлорофилл
Микроэлементы	<0,1 %	Fe	0,01 %	Гемоглобин, дыхательные ферменты
		Zn	0,003 %	Ферменты, инсулин
		Cu	0,0001 %	Ферменты, дыхательные пигменты
		Mn	0,00005 %	Фотосинтез, ферменты
		I	0,00005 %	Гормоны щитовидной железы
		Co	0,00003 %	Витамин B ₁₂
		Mo	0,00001 %	Азотфиксация, ферменты
		Se	0,00001 %	Антиоксидантные ферменты
Ультрамикроэлементы	<0,000001 %	Cr, Ni, F, Si и др.	Следовые количества	Катализаторы, структурные компоненты
Токсичные элементы	В норме отсутствуют	Pb, Cd, Hg, As	—	Яды, нарушают обмен

Классификация химических веществ, входящих в состав живых организмов

Группа веществ	Класс	Среднее содержание (%)
Неорганические вещества	Вода	70–90 %
	Минеральные соли	1–1,5 %
Органические вещества	Белки	10–20 %
	Липиды	5–15 %
	Углеводы	1–2 %
	Нуклеиновые кислоты	1–2 %
	АТФ и др. органические молекулы	<1 %

Свойство воды и ее значение для биологических процессов

Свойство	Определение	Значение для организма
Полярность молекулы	Наличие положительно и отрицательно заряженных участков в молекуле воды	Обеспечивает растворение ионных и полярных веществ, делает воду универсальным растворителем
Водородные связи	Слабые связи между молекулами воды за счет водорода	Обеспечивают структурную организацию воды, ее аномальные свойства (теплоемкость, плотность, вязкость и др.)
Высокая теплоемкость	Способность поглощать и сохранять большое количество тепла без значительного изменения температуры	Стабилизирует температуру организмов и окружающей среды, предотвращает резкие колебания
Высокая теплопроводность	Быстрая передача тепла через водную среду	Способствует равномерному распределению тепла в клетках и тканях организма
Вязкость	Сопrotивление воды перемещению частиц	Создает благоприятные условия для движения клеток и органов (например, крови, лимфы), облегчает обмен веществ
Расширение при замерзании	Лед имеет меньшую плотность, чем жидкая вода	Лед всплывает на поверхность, защищая водоемы от полного промерзания, сохраняет жизнь водных организмов
Растворимость	Способность растворять вещества	Вода – универсальная среда для биохимических реакций, транспортировки питательных веществ и продуктов обмена

Минеральные соединения в клетке: основные ионы и функции

Группа ионов	Основные ионы	Функции в клетке
Катионы	Na ⁺ (натрий)	Регуляция осмотического давления, передача нервного импульса, водно-солевой баланс
	K ⁺ (калий)	Поддержание мембранного потенциала, сокращение мышц, регулирование водного баланса
	Ca ²⁺ (кальций)	Формирование костей и зубов, свертывание крови, сокращение мышц, передача нервного импульса
	Mg ²⁺ (магний)	Активация ферментов, синтез белка и ДНК, стабилизация мембран
	Fe ²⁺ /Fe ³⁺ (железо)	Составная часть гемоглобина и ферментов, участие в дыхании клетки
Анионы	Cl ⁻ (хлор)	Регуляция водно-солевого баланса, образование желудочного сока
	HCO ₃ ⁻ (гидрокарбонат)	Поддержание кислотно-щелочного баланса, транспорт CO ₂ в крови
	PO ₄ ³⁻ (фосфат)	Структурный компонент нуклеиновых кислот и АТФ, участие в энергетическом обмене
	SO ₄ ²⁻ (сульфат)	Составная часть белков, участие в обмене веществ

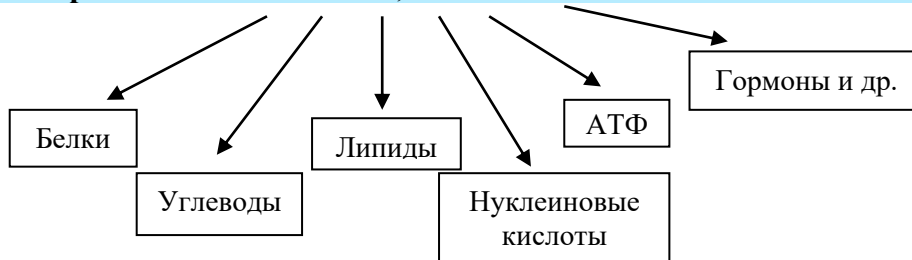
Буферные системы организма человека, растений и почвы

Тип системы	Буфер	Состав	Функции
Организм человека	Бикарбонатная	HCO ₃ ⁻ / H ₂ CO ₃	Поддержание pH крови, нейтрализация кислот
	Фосфатная	HPO ₄ ²⁻ / H ₂ PO ₄ ⁻	Поддержка pH клеток и почек

Тип системы	Буфер	Состав	Функции
	Белковая	Белки ($\text{COO}^- / \text{NH}_3^+$)	Буферизация внутри клеток и плазмы
	Гемоглобиновая	Hb / HHb	Связывание H^+ и CO_2 , поддержание pH крови
Растения/почва	Карбонатная	$\text{CaCO}_3 / \text{HCO}_3^-$	Нейтрализация кислот, обеспечение кальцием
	Фосфатная	$\text{HPO}_4^{2-} / \text{H}_2\text{PO}_4^-$	Регуляция pH, источник фосфора
	Гумусовая	Органические кислоты и соли	Буферизация изменений, удержание питательных веществ
	Сульфатная	$\text{SO}_4^{2-} / \text{HSO}_4^-$	Поддержка кислотности, источник серы
	Аммонийная	$\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$	Поддержка pH, источник азота

Таблица 3. Органические вещества. Липиды и углеводы

Органические вещества, входящие в состав клетки



Липиды (от греч. *lipos* – жир) – это органические вещества, представляющие собой сложные эфиры высших жирных кислот и трехатомного спирта глицерина.

Строение и функции липидов

Класс липидов	Примеры/Названия	Строение	Общие свойства	Функции в клетках
Триглицериды (нейтральные жиры)	Глицерин + 3 жирные кислоты	Эстер глицерина с жирными кислотами	Гидрофобны, (нерастворимы в воде), растворимы в органических растворителях	Энергетическая функция (резерв энергии), термоизоляция, защита органов
Фосфолипиды	Фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноламин	Глицерин + 2 жирные кислоты + фосфатная группа	Амфифильны (имеют гидрофильную и гидрофобную часть)	Основной компонент клеточных мембран, формирование липидного бислоя, транспорт веществ
Гликолипиды	Церамиды с углеводами	Сфингозин + жирная кислота + углевод	Амфифильны	Структурная функция в мембранах, участвуют в клеточной коммуникации
Стероиды	Холестерин, стероидные гормоны	4 соединенных углеродных кольца	Гидрофобны, частично амфифильны (холестерин)	Составляют мембраны, предшественники гормонов, регуляция fluidity мембран

Класс липидов	Примеры/Названия	Строение	Общие свойства	Функции в клетках
Воски	Цетилстеарат	Длинноцепочечные жирные кислоты + спирт	Водонепроницаемые, твердые при комнатной температуре	Защита поверхности растений и кожи, предотвращение потери воды

Углеводы (от лат. *carbo* – уголь) – это органические вещества, состоящие из атомов углерода, водорода и кислорода (общая формула $C_n(H_2O)_m$).

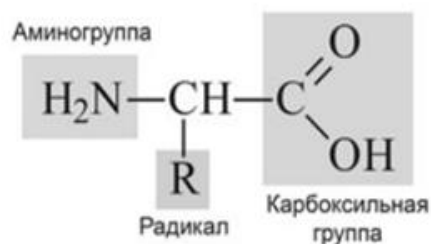
Строение и функции углеводов

Класс углеводов	Примеры	Строение	Свойства	Функции в клетке
Моносахариды (простые сахара)	Глюкоза, фруктоза, галактоза	Одна молекула сахара ($C_6H_{12}O_6$)	Растворимы в воде, сладкие, быстро усваиваются	Источник энергии, участвуют в образовании ДНК и РНК
Дисахариды	Сахароза, лактоза, мальтоза	Две молекулы моносахаридов, соединенные гликозидной связью	Растворимы в воде, сладкие	Энергетическая функция, транспорт углеводов в растениях
Олигосахариды (3–10 единиц)	Рафиноза, стахиоза	Несколько соединенных моносахаридов	Растворимы в воде, редко сладкие	Модифицируют белки, участвуют в клеточной коммуникации
Полисахариды (более 10 единиц)	Крахмал, гликоген, целлюлоза, хитин	Цепи моносахаридов	Несладкие, плохо растворимы, прочные	Запас энергии (крахмал, гликоген), структурная роль (целлюлоза, хитин)

Таблица 4. Белки

Белки (от греч. *proteios* – первый, главный) – это биополимеры, мономерами которых являются аминокислоты, соединенные между собой пептидными связями.

Общая формула аминокислот



Аминокислота	Символы	Аминокислота	Символы
Аланин	Ала	Лейцин	Лей
Аргинин	Арг	Лизин	Лиз
Аспарагин	Асн	Метионин	Мет
Аспарагиновая кислота	Асп	Фенилаланин	Фен
Валин	Вал	Пролин	Про
Гистидин	Гис	Серин	Сер
Глицин	Гли	Треонин	Тре
Глутамин	Глн	Триптофан	Три
Глутаминовая кислота	Глу	Тирозин	Тир
Изолейцин	Иле	Цистеин	Цис

Классификация белков

Тип белка	Характеристика	Примеры
1. По структуре молекулы		
Простые белки	Состоят только из аминокислот	Альбумины, глобулины
Сложные белки (протеиды)	Состоят из аминокислот + небелковой части (группы)	Гликопротеины, липопротеины, металлопротеины, нуклеопротеины
2. По форме молекулы		
Фибриллярные (структурные)	Вытянутые, нерегулярные, прочные, мало растворимы в воде	Коллаген, кератин, фиброин
Глобулярные (функциональные)	Сферические, компактные, растворимы в воде	Гемоглобин, миоглобин, ферменты, антитела
3. По химической природе небелковой части		
Гликопротеины	Белок + углевод	Муцины, некоторые гормоны
Липопротеины	Белок + липид	Липопротеины плазмы крови
Нуклеопротеины	Белок + нуклеиновая кислота	Хроматин, рибосомы
Металлопротеины	Белок + ион металла	Гемоглобин (Fe), церулоплазмин (Cu)

Уровни организации белковой молекулы

Уровень организации	Характеристика	Типы связей
Первичная структура 	Линейная последовательность аминокислот в полипептидной цепи. Определяет все последующие уровни организации	Пептидные связи (ковалентные, между $-\text{COOH}$ и $-\text{NH}_2$ группами соседних аминокислот)
Вторичная структура 	Пространственное расположение отдельных участков полипептидной цепи, в виде спирали. Основные формы: α-спираль и β-складчатый лист	Водородные связи между атомами N–H и C=O в полипептидной цепи
Третичная структура 	Пространственная конфигурация всей полипептидной цепи в целом (глобула). Определяет биологическую активность белка	– Водородные связи. – Дисульфидные мостики ($-\text{S}-\text{S}-$). – Ионные связи. – Гидрофобные взаимодействия. – Ван-дер-ваальсовы силы
Четвертичная структура 	Объединение нескольких полипептидных цепей (субъединиц) в единый функционирующий комплекс (например, гемоглобин)	Те же, что и в третичной: водородные, ионные, гидрофобные, дисульфидные связи и ван-дер-ваальсовы взаимодействия

Денатурация – утрата белковой молекулой своей природной структуры. Она может возникать под действием температуры, химических веществ, обезвоживания, облучения и других факторов.

Функции белков

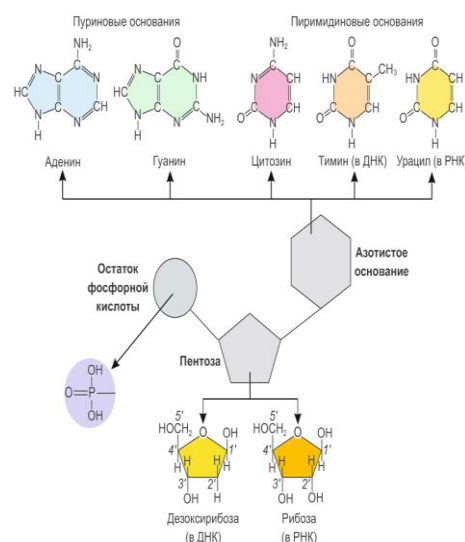
Функция	Характеристика	Примеры
Структурная	Входят в состав клеток и тканей, обеспечивают прочность и форму	Кератин (волосы, ногти), коллаген (связки, кожа)
Ферментативная (каталитическая)	Ускоряют химические реакции в клетке	Амилаза, липаза, ДНК-полимераза
Транспортная	Переносят вещества в организме	Гемоглобин (перенос O_2), альбумины крови
Защитная	Обеспечивают иммунную защиту и свертывание крови	Антитела, фибриноген
Регуляторная (гормональная)	Передают сигналы, регулируют обмен веществ	Инсулин, глюкагон
Энергетическая	При расщеплении дают энергию (1 г белка = 17,6 кДж)	Используются при голодании или высоких нагрузках
Запасающая	Накапливают запас питательных веществ	Казеин (молоко), овальбумин (яйцо)
Двигательная (сократительная)	Обеспечивают движение клеток и тканей	Актин, миозин (мышцы)
Рецепторная	Участвуют в восприятии сигналов (свет, запах, гормоны)	Родопсин (сетчатка глаза), мембранные рецепторы

Таблица 5. Нуклеиновые кислоты

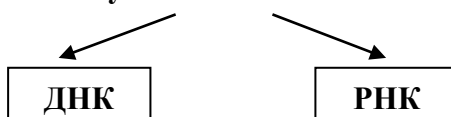
Нуклеиновые кислоты (от лат. *nucleus* – ядро) – это биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды.

Нуклеотид состоит из трех компонентов:

1. **Азотистое основание** (пуриновое: аденин (А), гуанин (Г); пиримидиновое: цитозин (Ц), тимин (Т), урацил (У)).
2. **Пятиуглеродный сахар** (дезоксирибоза в ДНК, рибоза в РНК).
3. **Фосфатная группа**.



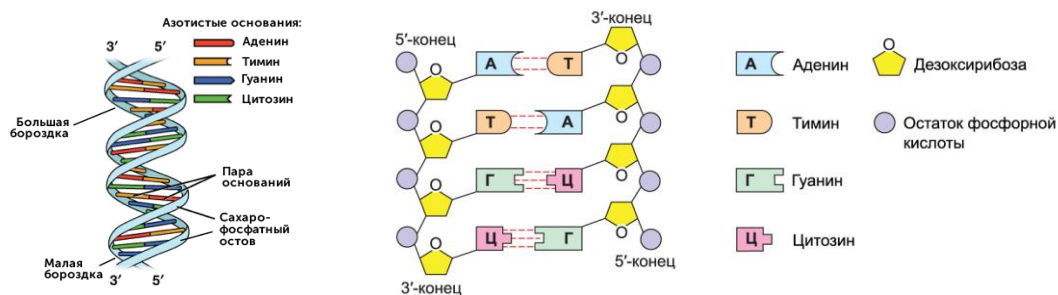
Типы нуклеиновых кислот



ДНК – строение и функции

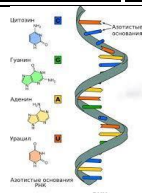
Характеристика	Описание
Полное название	Дезоксирибонуклеиновая кислота
Химический состав	Полимер нуклеотидов, каждый нуклеотид состоит из азотистого основания (А, Т, Г, Ц), дезоксирибозы и фосфатной группы
Структура	Двойная спираль, антипараллельные цепи, основаны на водородных связях: А–Т (2 связи), Г–Ц (3 связи)
Принцип комплементарности	В ДНК каждый азотистый компонент одной цепи строго соответствует определенному основанию другой цепи: – Аденин (А) ↔ Тимин (Т); – Гуанин (Г) ↔ Цитозин (Ц). Это обеспечивает точное копирование и передачу генетической информации
Локализация в клетке	В ядре (эукариоты), митохондриях, хлоропластах, в цитоплазме (прокариоты)
Функции	1. Хранение наследственной информации. 2. Передача генетической информации при делении клеток. 3. Определяет последовательность аминокислот в белках через РНК

Принцип комплементарности



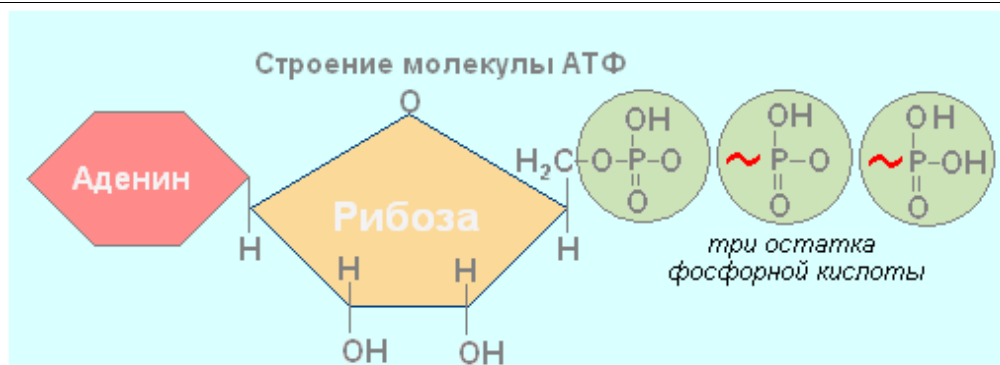
РНК – строение и функции

Характеристика	Описание
Полное название	Рибонуклеиновая кислота
Химический состав	Полимер нуклеотидов: азотистое основание (А, У, Г, Ц), сахар рибоза, фосфатная группа
Структура	Обычно одноцепочечная молекула, может формировать локальные вторичные структуры (спирали, петли)
Типы РНК	1. мРНК (матричная) – переносит генетическую информацию от ДНК к рибосомам (переписывает наследственную информацию с ДНК на РНК). 2. тРНК (транспортная) – переносит аминокислоты к рибосоме. 3. рРНК (рибосомная) – входит в состав рибосом, обеспечивает синтез белка
Локализация в клетке	Локализуется в ядре, митохондриях, пластидах и рибосомах клетки
Функции	1. Передача наследственной информации от ДНК к рибосомам (мРНК). 2. Транспорт аминокислот (тРНК). 3. Образование рибосом и катализ белкового синтеза (рРНК). 4. Регуляция экспрессии генов (некодирующие РНК)



АТФ – строение и функции

Параметр	Характеристика
Полное название	Аденозинтрифосфат (АТФ)
Строение	– Азотистое основание – аденин . – Углевод – рибоза (пентоза). – Три остатка фосфорной кислоты , соединенные макроэргическими связями
Особенности	– При разрыве макроэргических связей выделяется 30–40 кДж энергии. – Не имеет постоянной структуры в клетке: молекулы АТФ быстро расходуются и синтезируются заново
Локализация синтеза	– Митохондрии – окислительное фосфорилирование. – Хлоропласты – световая фаза фотосинтеза. – Цитоплазма – гликолиз
Функции АТФ	1. Энергетическая – универсальный источник энергии клетки. 2. Транспортная – активный транспорт веществ через мембраны. 3. Механическая – мышечные сокращения, движение жгутиков и ресничек. 4. Синтетическая – биосинтез белков, нуклеиновых кислот, липидов. 5. Регуляторная – фосфорилирование ферментов, регуляция их активности. 6. Информационная – участие в сигнальных процессах (цАМФ и др.)



Основные группы биологически активных веществ

Группа БАВ	Примеры	Функции
Ферменты (энзимы)	Амилаза, липаза, ДНК-полимераза	Ускоряют (катализируют) биохимические реакции
Гормоны	Инсулин, адреналин, тироксин	Регулируют обмен веществ, рост, развитие, работу органов
Витамины	А, D, E, K, C, группы B	Участвуют в метаболизме, антиоксидантная защита, коферменты
Нуклеотиды и их производные	АТФ, цАМФ, ГТФ	Энергетическая и сигнальная функции
Алкалоиды	Морфин, кофеин, никотин	Нервное возбуждение или угнетение, защитные функции растений
Флавоноиды, сапонины, эфирные масла	Кверцетин, ментол, гликозиды	Антиоксидантные, противовоспалительные, защитные свойства
Иммуномодуляторы	Интерфероны, цитокины	Регуляция работы иммунной системы
Антибиотики и фитонциды	Пенициллин, аллицин (из чеснока)	Защита организма от микроорганизмов

Таблица 6. Клеточная теория

Клеточная теория – это фундаментальная биологическая концепция, утверждающая, что клетка является структурной и функциональной единицей жизни.

Основные положения клеточной теории

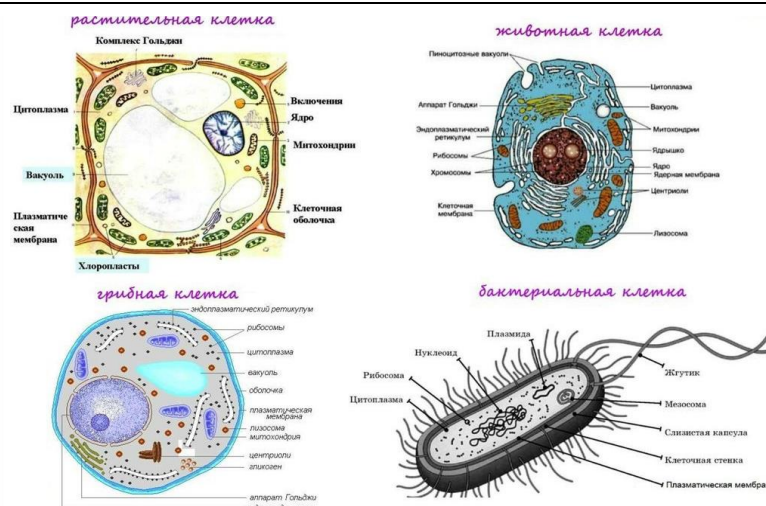
№ п/п	Положение клеточной теории	Авторы/дополнения
1	Клетка является элементарной единицей строения всех живых организмов	Шлейден (1838), Шванн (1839)
2	Клетка является единицей жизнедеятельности: в ней протекают все основные процессы обмена веществ и превращения энергии	Шванн (1839)
3	Новые клетки возникают только путем деления ранее существовавших клеток («Omniscellula e cellula»)	Р. Вирхов (1855)
4	Клетка – единица роста, развития и размножения организмов	Шванн, Вирхов
5	Клетки многоклеточного организма объединяются в ткани, органы и системы, которые функционируют согласованно	Развитие идей XIX–XX вв.
6	Клетка содержит наследственную информацию, передающуюся от клетки к клетке при делении	XX в., молекулярная биология

Методы цитологии

Метод	Характеристика	Применение	Использование
Световая микроскопия	Исследование клеток и тканей с помощью видимого света; можно наблюдать живые клетки; увеличение до ~1000–2000	Наблюдение ядра, хлоропластов, митоза, окрашенных тканей	НПО, СПО и ВО биология, лабораторная диагностика, микробиология
Электронная микроскопия	Использует пучок электронов вместо света; высокая разрешающая способность (~0,1 нм); клетки фиксируют и обрабатывают	Изучение ультраструктуры органелл: митохондрий, рибосом, мембран	Научные исследования, молекулярная биология, вирусология, нанотехнологии
Центрифугирование (субклеточное)	Разделение клеточных компонентов по массе и плотности с помощью вращения; получение клеточных фракций	Выделение ядра, митохондрий, хлоропластов, лизосом	Биохимия, генетика, микробиология, фармакология
Метод клеточных структур	Наблюдение и анализ структур клетки с помощью различных окрашиваний и фиксаций	Окраска ядра (гематоксилин), митохондрий (трифенилтетразолий), цитоскелета (флуоресцентные белки)	Гистология, патология, микробиология, биомедицина
Метод меченых атомов (изотопный)	Использование радиоактивных изотопов для отслеживания движения веществ в клетке	Изучение синтеза белка (¹⁴ C-лейцин), ДНК (³² P-фосфат)	Биохимия, молекулярная биология, физиология, фармакология
Рентгеноструктурный метод	Анализ структуры молекул на основе рентгеновской дифракции	Определение структуры ДНК (модель Уотсона и Крика), белков, вирусных частиц	Молекулярная биология, биохимия, фармакология, кристаллография

Отличия прокариот и эукариот

Признак	Прокариоты	Эукариоты
Ядро	Нет оформленного ядра; генетический материал (ДНК) находится в нуклеоиде	Есть оформленное ядро, окруженное ядерной оболочкой
Органеллы	Нет мембранных органелл; есть рибосомы 70S	Есть мембранные органеллы (митохондрии, ЭПС, аппарат Гольджи и др.); рибосомы 80S
Размер клетки	Мелкие (0,1–5 мкм)	Крупные (10–100 мкм)
Клеточная стенка	Обычно из муреина (пептидогликана)	У растений – целлюлоза; у животных – отсутствует
Размножение	Бесполое, бинарное деление	Половое и бесполое деление (митоз, мейоз)
ДНК	Круглая, кольцевая, без гистонов	Линейная, с гистонами; упакована в хромосомы
Цитоскелет	Отсутствует или примитивный	Развернутый цитоскелет (микротрубочки, микрофиламенты)
Примеры	Бактерии, цианобактерии (сине-зеленые водоросли)	Животные, растения, грибы, протисты



Особенности строения и состава клеток

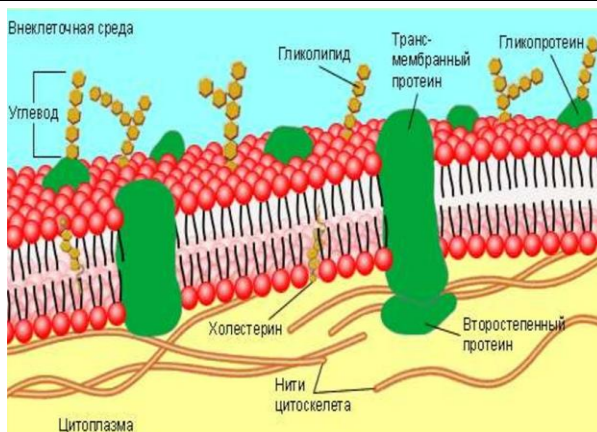
Признак	Бактериальная клетка	Растительная клетка	Животная клетка	Грибная клетка
Тип клетки	Прокариот	Эукариот	Эукариот	Эукариот
Ядро	Нет; ДНК в нуклеоиде	Есть	Есть	Есть
Клеточная стенка	Из муреина (пептидогликана)	Из целлюлозы	Отсутствует	Из хитина
Плазматическая мембрана	Есть	Есть	Есть	Есть
Органеллы	Нет мембранных органелл; рибосомы 70S	Мембранные органеллы: митохондрии, ЭПС, аппарат Гольджи, пластиды (хлоропласты)	Мембранные органеллы: митохондрии, ЭПС, аппарат Гольджи, лизосомы	Мембранные органеллы: митохондрии, ЭПС, аппарат Гольджи, вакуоли

Признак	Бактериальная клетка	Растительная клетка	Животная клетка	Грибная клетка
Рибосомы	70S	80S (в цитоплазме), 70S в пластид	80S	80S
Вакуоли	Отсутствуют или мелкие	Большая центральная вакуоль	Мелкие	Средние или крупные вакуоли
Пластиды	Отсутствуют	Хлоропласты, хромопласты, лейкопласты	Отсутствуют	Отсутствуют
Форма клетки	Разнообразная: кокки, бациллы, спирали, вибрионы	Прямоугольная или правильная форма	Разнообразная: округлая, овальная	Разнообразная, часто удлинённая
Способ деления	Бинарное деление	Митоз и мейоз	Митоз и мейоз	Митоз и мейоз
Накопление питательных веществ	В цитоплазме (гликоген, липиды)	Крахмал в пластидных вакуолях	Гликоген в цитоплазме	Гликоген и липиды

Таблица 7. Структурно-функциональная организация клетки

Поверхностный аппарат клетки: строение и функции

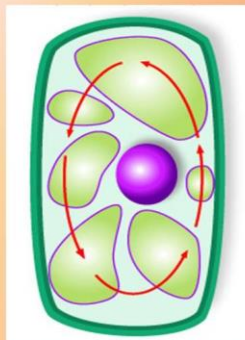
Структура	Строение	Функции
Клеточная мембрана (плазмалемма)	Липидно-белковый слой (фосфолипиды + белки + углеводы), толщиной ~7–10 нм	– Избирательный транспорт веществ. – Передача сигналов. – Поддержание формы клетки. – Контакт с соседними клетками
Клеточная стенка	У растений – целлюлоза, у грибов – хитин, у бактерий – муреин	– Механическая защита. – Поддержание формы клетки. – Предотвращение разрыва при осмотическом давлении
Жгутики и реснички	Внешние выросты цитоплазмы, покрытые мембраной	– Движение клетки. – Перемещение жидкости вокруг клетки
Микроворсинки	Мелкие выросты мембраны	– Увеличение площади поверхности для всасывания веществ
Гликокаликс	Углеводно-белковый слой на поверхности мембраны (у животных клеток и некоторых бактерий)	– Защита клетки от патогенов и механических повреждений. – Сигнальная функция и адгезия клеток



Цитоплазма

Основное вещество цитоплазмы получило название гиалоплазмы. Она представляет собой густой бесцветный коллоидный раствор. Основа гиалоплазмы – вода (70–90 % от массы), в ней много белков, обнаруживаются также липиды и различные неорганические соединения. У всех эукариот в цитоплазме имеется сложная опорная система – цитоскелет.

Цитоплазма

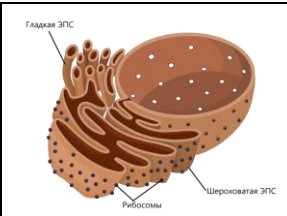


Цитоплазма (от греч. «цитос» – клетка и «плазма» – вылепленное, оформленное) – внутренняя среда клетки, вязкое, полужидкое вещество, в котором расположены все части клетки.

Функции:

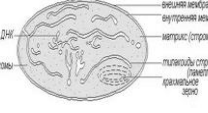
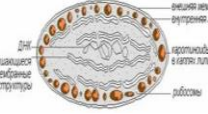
- связывает между собой все органоиды клетки
- обеспечивает перемещение веществ внутри клетки
- служит средой для протекания химических реакций

Одномембранные органоиды клетки: строение и функции

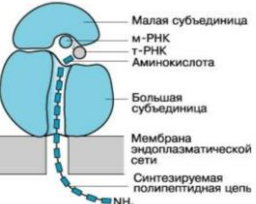
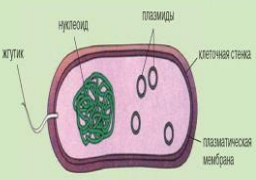
	Органоид	Строение	Функции
	Эндоплазматическая сеть (ЭПС)	Система мембранных каналов и трубочек; гранулярная (с рибосомами) и гладкая (без рибосом)	– Синтез белков (гранулярная). – Синтез липидов и детоксикация (гладкая). – Транспорт веществ внутри клетки
	Аппарат Гольджи	Уплотненные мембранные цистерны с пузырьками	– Модификация, упаковка и транспорт белков и липидов. – Формирование секреторных пузырьков и лизосом
	Лизосомы	Мембранные пузырьки, содержащие гидролитические ферменты	– Переваривание веществ. – Участие в аутофагии и деградации старых органелл
	Вакуоль	Мембранные пузырьки (тонопласт), заполненные клеточным соком	– Запас веществ и воды. – Поддержание внутреннего давления клетки (тургора). – Выведение продуктов обмена

Двумембранные органоиды клетки

Органоид	Строение	Функции	Цвет	Где встречается
Митохондрия Мембранное пространство Матрикс Молекулы АТФ-синтазы Кристы Рибосомы Гранулы Внутренняя мембрана ДНК Наружная мембрана	Две мембраны: наружная гладкая, внутренняя с кристами; матрикс с ферментами; собственная ДНК и рибосомы	– Выработка энергии (АТФ). – Метаболизм липидов и аминокислот. – Апоптоз	Без цвета (прозрачные)	Растительные и животные клетки

Органоид	Строение	Функции	Цвет	Где встречается
Хлоропласт  Рис. 13-1.2. Схема строения хлоропласта	Две мембраны; тилакоиды, граны; строма с ферментами; собственная ДНК и рибосомы	– Фотосинтез. – Запас крахмала. – Синтез аминокислот и липидов	Зеленый (хлорофилл)	Листья и зеленые части растений
Лейкопласт 	Две мембраны; строма; собственная ДНК	– Запас питательных веществ (крахмал, белки, жиры). – Синтез некоторых органических веществ	Белый или бесцветный	Корни, клубни, семена растений
Хромопласт 	Две мембраны; пигменты (каротиноиды) в строме; собственная ДНК	– Придание окраски плодам, цветкам. – Привлечение насекомых и животных. – Косвенное участие в фотосинтезе	Желтый, оранжевый, красный (каротиноиды)	Цветки, плоды, листья (осенью)

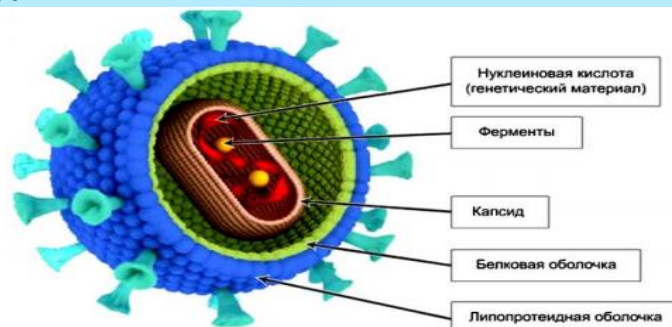
Немембранные органоиды клетки: строение и функции

Органоид	Строение	Функции
Рибосома 	Мельчайшие структуры, состоящие из двух субъединиц (большая и малая); не имеют мембраны	– Синтез белка. – Связаны с ЭПС (гранулярные) или свободно в цитоплазме
Центриоли 	Цилиндрические структуры из микротрубочек (9×3)	– Формирование веретена деления при митозе и мейозе. – Организация микротрубочек цитоскелета
Цитоскелет 	Система белковых нитей: микротрубочки, микрофиламенты, промежуточные филаменты	– Поддержка формы клетки. – Транспорт органелл и веществ. – Участие в движении клетки и делении
Нуклеоид (у прокариот) 	Участок цитоплазмы с ДНК, не окруженный мембраной	– Хранение генетической информации. – Контроль жизнедеятельности клетки

Органоид	Строение	Функции
Включения цитоплазмы 	Накопления веществ: гранулы крахмала, липидные капли, пигменты	– Запас питательных веществ. – Энергетический резерв. – Придает окраску клеткам

Вирусы

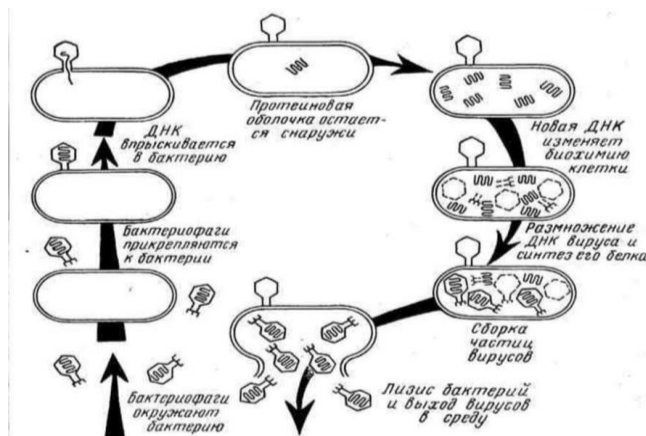
Вирусы (от лат. *virus*, что означает «яд») – неклеточные формы жизни, являющиеся внутриклеточными паразитами, которые для своего размножения используют клетки других организмов.



Признак	Характеристика
Строение	Нуклеиновая кислота (ДНК или РНК) внутри белковой оболочки – капсида; у некоторых есть липидная оболочка – капсомер + мембрана (оболочка)
Размер	Очень мелкие (20–300 нм), заметны только под электронным микроскопом
Генетический материал	ДНК или РНК, одно- или двуцепочечные
Метаболизм	Не имеют собственного обмена веществ; не способны синтезировать белки самостоятельно
Жизненный цикл	Проникают в клетку-хозяина → используют ее аппаратуру для синтеза белка и нуклеиновых кислот → сбор новых вирусных частиц → выход из клетки

Размножение вирусов

Этап	Описание	Примеры особенностей
1. Прикрепление (адсорбция)	Вирус связывается со специфическими рецепторами на поверхности клетки-хозяина	Определяется типом клетки и видом вируса
2. Проникновение (вход)	Вирус или его генетический материал проникает внутрь клетки	Через эндоцитоз, слияние оболочек или инъекцию ДНК (бактериофаги)
3. Репликация (синтез нуклеиновых кислот и белков)	Используются механизмы клетки-хозяина для копирования вирусной ДНК/РНК и синтеза капсидных белков	ДНК-вирусы чаще используют ядро; РНК-вирусы – цитоплазму
4. Сборка (созревание)	Формируются новые вирусные частицы (капсид + нуклеиновая кислота)	Внутри ядра или цитоплазмы клетки
5. Выход (экзоцитоз или лизис)	Новые вирусы покидают клетку	Оболочечные вирусы – экзоцитоз; бактериофаги – лизис клетки



Вирусные болезни

Объект поражения	Примеры заболеваний	Возбудители (вирусы)
Человек	Грипп, ОРВИ, ВИЧ/СПИД, Корь, Краснуха, Ветряная оспа, Полиомиелит, Гепатит В и С	Вирусы гриппа, коронавирусы, ВИЧ, вирусы кори и краснухи, вирус ветряной оспы, полиовирус, вирус гепатита
Животные	Бешенство, Чума свиней, Ящур, Птичий грипп	Вирус бешенства, вирус чумы свиней, вирус ящура, вирус птичьего гриппа
Растения	Мозаика табака, Желтая мозаика тыквы, Огуречная мозаика	Вирус мозаики табака, вирус желтой мозаики, вирус огуречной мозаики

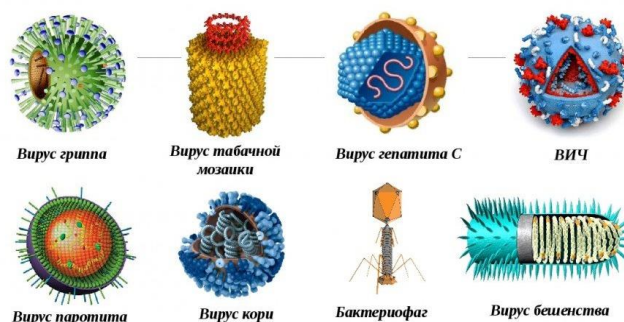


Таблица 8. Клеточное ядро

Ядро – это важнейшая структура эукариотической клетки, в которой хранится наследственная информация и осуществляется управление всеми процессами ее жизнедеятельности. Впервые ядро клетки открыл шотландский ботаник Роберт Броун в 1831 году, изучая клетки орхидей.



Строение и функции ядра

Компонент ядра	Строение	Функции
Ядерная оболочка	Две мембраны с порами; наружная соединена с ЭПС	– Ограничивает ядро и отделяет его от цитоплазмы. – Контролирует транспорт РНК и белков через поры

Компонент ядра	Строение	Функции
Поры ядра	Каналы в ядерной оболочке	– Обмен веществ между ядром и цитоплазмой (РНК, белки)
Кариоплазма (ядерный сок)	Желеобразная среда внутри ядра	– Среда для растворения и перемещения веществ. – Поддерживает форму и структуру ядра
Хроматин	ДНК + белки (гистоны), компактная или рыхлая форма	– Хранение и защита генетической информации. – Контроль активности генов (транскрипция)
Ядрышко	Плотная структура внутри ядра	– Синтез рРНК и формирование рибосомных субъединиц

Хромосомы: строение, форма, типы и функции

Хромосома – это нуклеопротеидная структура в ядре клетки, которая содержит генетическую информацию в виде ДНК, упакованную с белками.



Рис. 2. Структурная организация хромосом

Параметр	Описание
Строение	ДНК + белки (гистоны и негистоновые белки); состоит из хроматина; содержит центромеру и теломеры
Форма	– Палочковидная (во время деления клетки). – Нитевидная/рыхлая (в интерфазе, хроматин)
Типы	– По расположению центромеры: метацентрические, субметацентрические, акроцентрические, телоцентрические. – По функции: аутосомы (обычные хромосомы), половые хромосомы (определяют пол организма)
Функции	– Хранение и передача наследственной информации. – Контроль синтеза белков. – Обеспечение точного распределения генетического материала при делении клетки

Кариотип: характеристика

Параметр	Описание/Характеристика
Определение	Совокупность всех хромосом клетки организма, упорядоченных по форме, размеру и числу
Число хромосом	Видовое постоянное количество хромосом; у человека – 46 (23 пары)
Состав	– Аутосомы: все хромосомы, кроме половых (22 пары у человека). – Половые хромосомы: определяют пол организма (1 пара у человека: XX или XY)
Форма хромосом	Метацентрические, субметацентрические, акроцентрические, телоцентрические

Параметр	Описание/Характеристика
Особенности	– Упорядочен по размеру и форме. – Позволяет выявлять генетические аномалии (трисомии, моносомии)
Применение	– Диагностика наследственных заболеваний. – Определение пола. – Исследования эволюции и систематики

Аутосомы и половые хромосомы

Тип хромосом	Определение	Количество у человека	Функции/Особенности
Аутосомы	Все хромосомы, кроме половых	44 (22 пары)	– Контролируют наследование большинства признаков организма. – Одни и те же для мужчин и женщин
Половые хромосомы	Хромосомы, определяющие пол организма	2 (1 пара: XX у женщин, XY у мужчин)	– Определяют пол. – Могут нести гены, связанные с наследственными признаками пола и некоторыми болезнями (например, гемофилия, дальтонизм)

Набор хромосом

Тип набора	Обозначение	Количество хромосом	Примеры/Особенности
Гаплоидный	n	Содержит одну полную копию каждой хромосомы	– Образуется в половых клетках (гаметах). – У человека $n = 23$
Диплоидный	2n	Содержит по две копии каждой хромосомы (пары гомологичных хромосом)	– Образуется соматические клетки. – У человека $2n = 46$. – Обеспечивает стабильность наследственной информации

Таблица 9. Типы обмена веществ живых организмов

Обмен веществ (метаболизм) – это совокупность всех химических реакций, происходящих в живой клетке или организме, в ходе которых вещества преобразуются, разрушаются или синтезируются, обеспечивая энергию и материалы для роста, развития и поддержания жизнедеятельности.

Типы обмена веществ

Тип обмена	Определение	Основные процессы	Примеры веществ	Функция
Пластический (анаболизм)	Синтез сложных веществ из более простых	Построение клеточных структур, биосинтез белков, нуклеиновых кислот, липидов, углеводов	Белки, липиды, нуклеиновые кислоты, полисахариды	Создание и обновление клеточных структур, рост и развитие
Энергетический (катаболизм)	Расщепление веществ с выделением энергии	Гликолиз, клеточное дыхание, бета-окисление жирных кислот	Глюкоза, жиры, белки	Обеспечение организма энергией (АТФ) для всех процессов жизнедеятельности

Взаимосвязь пластического и энергетического обмена

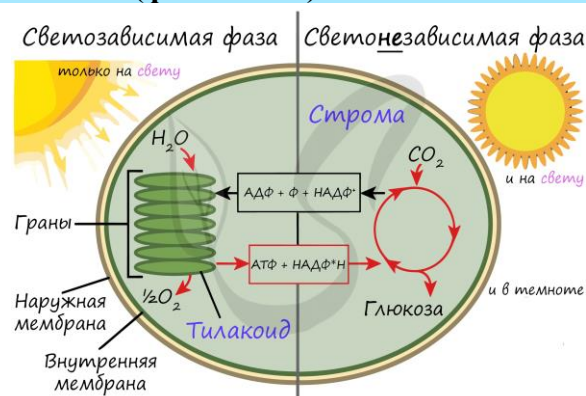
Аспект	Описание
Общий принцип	Пластический и энергетический обмен тесно связаны: энергия, получаемая при катаболизме (энергетическом обмене), используется для синтеза сложных веществ (анаболизма)
Пример	– Расщепление глюкозы в процессе клеточного дыхания → выделение энергии в виде АТФ (энергетический обмен). – АТФ используется для синтеза белков, нуклеиновых кислот, липидов (пластический обмен)
Цикличность	– Пластический обмен создает новые молекулы, необходимые для жизни клетки. – Энергетический обмен обеспечивает энергией эти процессы. – Таким образом, один процесс поддерживает другой
Взаимозависимость	Без энергетического обмена анаболические процессы невозможны. Без пластического обмена клетки не могли бы использовать энергию эффективно

Классификация организмов по типу питания

Тип питания	Подтипы	Описание	Примеры
Автотрофы	Фототрофы	Синтезируют органические вещества из неорганических с использованием световой энергии	Зеленые растения, водоросли, цианобактерии
	Хемотротрофы	Получают энергию за счет окисления неорганических веществ (Fe^{2+} , NH_3 , H_2S)	Нитрифицирующие бактерии, серобактерии, железобактерии
Гетеротрофы	Сапротрофы	Питаются разлагающейся органикой	Грибы, бактерии, некоторые простейшие
	Паразиты	Живут за счет других организмов, нанося им вред	Гельминты, вирусы, патогенные бактерии
	Симбионты	Живут совместно с другими организмами, принося взаимную пользу	Ризобии (бактерии бобовых), микориза (грибы и растения)
	Галлозои	Питаются органикой других организмов, разрушая их структуры	Клещи, корни растений-хищников, некоторые бактерии
Миксотрофы	–	Могут питаться как автотрофно, так и гетеротрофно в зависимости от условий	Эвглена зеленая, некоторые простейшие

Пластический обмен в растительных клетках (фотосинтез)

Фотосинтез – это сложный биохимический процесс, при котором зеленые растения, водоросли и некоторые бактерии с помощью энергии солнечного света превращают неорганические вещества (углекислый газ и воду) в органические вещества, такие как углеводы, выделяя в качестве побочного продукта кислород.



Этап/Аспект	Описание	Локализация в клетке	Особенности
Световая фаза	Преобразование световой энергии в химическую (АТФ и НАДФ·Н)	Тилакоиды хлоропластов	– Используется световая энергия. – Вода расщепляется, выделяется O ₂ . – Синтез АТФ и НАДФ·Н
Темновая фаза (цикл Кальвина)	Синтез органических веществ из CO ₂ с использованием энергии АТФ и НАДФ·Н. Суммарная реакция фотосинтеза: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$	Строма хлоропластов	– Не требует света напрямую. – Синтез глюкозы и других органических соединений
Исходные вещества	CO ₂ и H ₂ O	–	CO ₂ поступает через устьица, вода – через корни
Продукты	Органические вещества (глюкоза, крахмал), O ₂	–	Обеспечивают рост, развитие и энергию для растений
Регуляция	Ферменты, температура, свет, концентрация CO ₂	–	Скорость фотосинтеза зависит от внешних условий и состояния хлоропластов

Хемосинтез

Параметр	Характеристика
Определение	Процесс синтеза органических веществ из неорганических с использованием энергии химических реакций
Источник энергии	Химические реакции окисления неорганических веществ (NH ₃ , H ₂ S, Fe ²⁺ , NO ₂ ⁻ и др.)
Локализация в клетке	Цитоплазма и мембраны бактерий
Тип организмов	Хемотрофные бактерии: нитрифицирующие, железобактерии, серобактерии
Продукты	Органические вещества (глюкоза и др.) для роста и развития клетки
Особенности	– Не требует света. – Используется микроорганизмами в почве, воде и экстремальных условиях. – Важен для круговорота веществ в природе

Таблица 10. Пластический обмен – анаболизм

Биосинтез белка – это процесс образования белковых молекул в клетке на основе генетической информации, закодированной в ДНК.

Генетический код – это система, с помощью которой последовательность нуклеотидов в ДНК или РНК определяет последовательность аминокислот в белке. Иными словами, генетический код «переводит» информацию с нуклеиновой кислоты на белковую молекулу.

Свойства генетического кода

Свойство	Описание	Примеры/Пояснения
Триплетность	Каждая аминокислота кодируется последовательностью из трех нуклеотидов (кодон)	Например, АУГ → метионин
Специфичность (однозначность)	Каждый кодон соответствует только одной аминокислоте	АУГ всегда кодирует метионин

Свойство	Описание	Примеры/Пояснения
Вырожденность (избыточность)	Одна аминокислота может кодироваться несколькими кодонами	Серин → UCU, UCC, UCA, UCG
Универсальность	Генетический код одинаков у большинства организмов	AУГ → метионин у бактерий, растений и животных
Безопасность (коллинеарность)	Последовательность кодонов читается без пропусков, один за другим	Нет наложения кодонов
Наличие старт- и стоп-кодонов	Определяют начало и конец синтеза белка	Старт: АУГ; Стоп: UAA, UAG, UGA

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У (А)	Ц (Г)	А (Т)	У (А)	
У (А)	ФЕН	СЕР	ТИР	ЦИС	У (А)
	ФЕН	СЕР	ТИР	ЦИС	Ц (Г)
	ЛЕЙ	СЕР	—	—	А (Т)
	ЛЕЙ	СЕР	—	ТРИ	Г (Ц)
Ц (Г)	ЛЕЙ	ПРО	ГИС	АРГ	У (А)
	ЛЕЙ	ПРО	ГИС	АРГ	Ц (Г)
	ЛЕЙ	ПРО	ГИС	АРГ	А (Т)
	ЛЕЙ	ПРО	ГИС	АРГ	Г (Ц)
А (Т)	ИЛЕ	ТРЕ	АСН	СЕР	У (А)
	ИЛЕ	ТРЕ	АСН	СЕР	Ц (Г)
	ИЛЕ	ТРЕ	ЛИЗ	АРГ	А (Т)
	МЕТ	ТРЕ	ЛИЗ	АРГ	Г (Ц)
Г (Ц)	ВАЛ	АЛА	АСП	ГЛИ	У (А)
	ВАЛ	АЛА	АСП	ГЛИ	Ц (Г)
	ВАЛ	АЛА	ГЛУ	ГЛИ	А (Т)
	ВАЛ	АЛА	ГЛУ	ГЛИ	Г (Ц)

Правила пользования таблицей: первый нуклеотид в триплете берется из левого вертикального ряда, второй – из верхнего горизонтального ряда и третий – из правого вертикального. Там, где пересекутся линии, идущие от всех трех нуклеотидов, и будет название нужной аминокислоты.

Заменимые аминокислоты

Название аминокислоты	Функции в организме	Примеры источников в пище
Аланин	Участвует в энергетическом обмене, превращении глюкозы	Мясо, молочные продукты, яйца
Аргинин	Синтез оксида азота, детоксикация аммиака	Мясо, орехи, семена, рыба
Аспарагин	Участвует в метаболизме азота, синтезе белков	Мясо, яйца, молочные продукты
Аспарагиновая кислота	Передача аминогрупп, участие в цикле Кребса	Мясо, яйца, молочные продукты
Глутамин	Источник азота, участвует в синтезе белков и нуклеотидов	Мясо, молочные продукты
Глутаминовая кислота	Передача аминогрупп, нейротрансмиттер	Мясо, рыба, соя
Глицин	Строительный блок белков, участвует в синтезе коллагена	Мясо, молочные продукты
Пролин	Участие в формировании коллагена, регуляция клеточного осмотического давления	Мясо, молочные продукты
Серин	Синтез белков, нуклеотидов, фосфолипидов	Мясо, молочные продукты, соя
Тирозин	Синтез нейротрансмиттеров и гормонов щитовидной железы	Мясо, молочные продукты, яйца

Название аминокислоты	Функции в организме	Примеры источников в пище
Цистеин	Формирование дисульфидных связей, детоксикация	Мясо, яйца, молочные продукты

Незаменимые аминокислоты

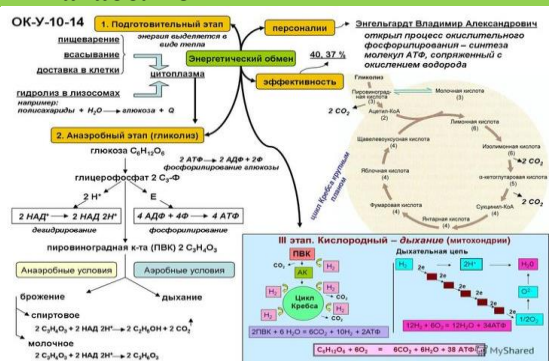
Название аминокислоты	Особенности	Примеры источников в пище
Лейцин	Не синтезируется организмом, необходим для роста и восстановления тканей	Мясо, рыба, яйца, молочные продукты
Изолейцин	Регулирует уровень сахара в крови, участвует в энергетическом обмене	Мясо, яйца, соя, орехи
Лизин	Участвует в синтезе белков и гормонов	Мясо, рыба, бобовые
Метионин	Источник серы, важен для синтеза белков и ферментов	Рыба, мясо, яйца, семена
Фенилаланин	Предшественник тирозина и нейромедиаторов	Мясо, яйца, молочные продукты
Треонин	Участвует в формировании коллагена, иммунных белков	Мясо, молочные продукты, соя
Триптофан	Предшественник серотонина и мелатонина	Молочные продукты, рыба, орехи
Валин	Важен для энергетического обмена и мышечной ткани	Мясо, рыба, бобовые, орехи
Гистидин (для взрослых – частично заменимая)	Необходим для роста и восстановления тканей, синтеза гемоглобина	Мясо, рыба, молочные продукты

Синтез белков в клетке

Этап	Описание	Локализация в клетке	Особенности
1. Транскрипция	Переписывание информации с ДНК на мРНК	Ядро	– ДНК используется как матрица. – Образуется первичная РНК (пре-мРНК). – Происходит сплайсинг (удаление интронов)
2. Трансляция	Сборка полипептидной цепи по информации мРНК	Рибосомы (цитоплазма, на ЭПС)	– тРНК приносит аминокислоты. – Кодоны мРНК соответствуют антикодонам тРНК. – Образуется полипептидная цепь

Таблица 11. Энергетический обмен – катаболизм

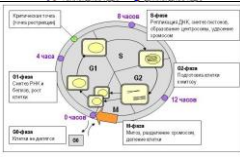
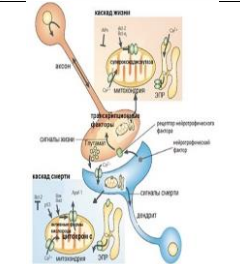
Энергетический обмен (катаболизм, диссимиляция) – это совокупность биохимических процессов расщепления органических веществ (углеводов, жиров, белков) до более простых соединений, сопровождающихся выделением энергии, которая используется клеткой для синтеза АТФ.



Этапы энергетического обмена

Этап энергетического обмена	Где происходит	Сущность процесса	Конечные продукты	Выделение энергии
Подготовительный	В пищеварительном тракте и в лизосомах	Расщепление сложных органических веществ (белков, жиров, углеводов) до мономеров: аминокислот, глицерина, жирных кислот, глюкозы	Простые органические вещества	Энергия не запасается в АТФ, выделяется в виде тепла
Бескислородный (анаэробный, гликолиз)	Цитоплазма клетки	Расщепление глюкозы до пирувата (при брожении – до молочной кислоты или этанола + CO₂). В мышечных клетках молекула глюкозы окисляется, при этом образуется 2 молекулы пировиноградной кислоты (ПВК) и 2 молекулы АТФ: $C_6H_{12}O_6 + 2H_3PO_4 + 2ADP \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 2ATP + 2H_2O$ Если кислорода в клетке недостаточно, то вновь образовавшаяся ПВК (C₃H₄O₃) превращается в молочную кислоту. У большинства растительных клеток и в клетках некоторых грибов на этом этапе происходит спиртовое брожение: $C_6H_{12}O_6 + 2H_3PO_4 + 2ADP \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 2ATP + 2H_2O$	2 молекулы пирувата (или продукты брожения)	Синтезируется 2 АТФ
Кислородный (аэробный)	Митохондрии	Полное окисление органических веществ (пирувата, ацетил-КоА) до CO₂ и H₂O с участием кислорода (цикл Кребса + дыхательная цепь). $2C_3H_6O_3 + 6O_2 + 36ADP + 36H_3PO_4 \rightarrow 6CO_2 + 42H_2O + 36ATP$	Углекислый газ и вода	Синтезируется до 36–38 АТФ
Суммарное уравнение энергетического обмена: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 36H_3PO_4 + 36ADP \rightarrow 6CO_2 + 44H_2O + 38ATP$				

Таблица 12. Митоз

Жизненный цикл организма – это совокупность стадий индивидуального развития организма от зиготы до образования новых половых клеток или гибели	
Клеточный цикл – это последовательность процессов, через которые проходит клетка от момента ее возникновения (в результате деления материнской клетки) до собственного деления или гибели	
Апоптоз – это запрограммированная клеточная смерть, при которой клетка активно уничтожает себя без повреждения окружающих тканей. Биологическое значение апоптоза: – удаление поврежденных или старых клеток; – поддержание гомеостаза тканей; – формирование органов и структур во время эмбриогенеза (например, разделение пальцев у человека)	

Митоз

Кариокинез –
деление ядра

Цитокинез –
деление цитоплазмы

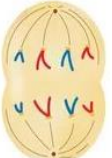
Митоз – это процесс непрямого деления ядра эукариотической клетки, в результате которого из одной материнской клетки образуются две дочерние клетки с полностью идентичным набором хромосом.

Периоды интерфазы

Период	Обозначение	Основные процессы	Средняя продолжительность (час)
Пресинтетический	G ₁	Рост клетки, синтез белков и РНК, накопление энергии	(8–9 ч)
Синтетический	S	Репликация ДНК, синтез гистонов	(9–10 ч)
Постсинтетический	G ₂	Подготовка к делению, синтез белков веретена деления	(3–4 ч)
Итого интерфаза	G ₁ + S + G ₂	Подготовка и удвоение наследственного материала	(21–22 ч)

Фазы митоза

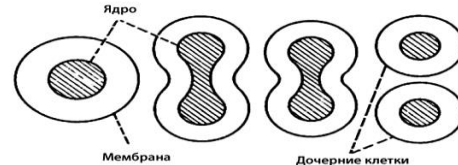
Фаза митоза	Характеристика процессов	Количество хромосом и ДНК	Средняя продолжительность
Профаза 2n4c 	– Спирализация (уплотнение) хромосом. – Центриоли расходятся к полюсам. – Начало формирования веретена деления. – Разрушение ядерной оболочки и ядрышка	2n 4c	30–40 мин

Метафаза $2n4c$ 	– Хромосомы максимально спирализованы. – Выстраиваются в экваториальной плоскости (метафазная пластинка). – Нити веретена прикрепляются к центромерам	$2n\ 4c$	20–30 мин
Анафаза $4n4c$ 	– Центромеры делятся. – Сестринские хроматиды расходятся к полюсам. – Каждая хроматида становится самостоятельной хромосомой	В начале $2n\ 4c$, в конце $4n\ 4c$ (для клетки до цитокинеза)	10–15 мин
Телофаза $2n2c$ 	– Деспирализация хромосом. – Формирование ядерной оболочки и ядрышек. – Завершение цитокинеза – образование двух клеток	$2n\ 2c$ в каждой дочерней клетке	30–40 мин

Биологическое значение митоза

Процесс/результат митоза	Биологическое значение
Сохранение набора хромосом ($2n \rightarrow 2n$)	Обеспечивает генетическую стабильность клеток и всего организма
Равномерное распределение наследственного материала	Каждая дочерняя клетка получает идентичный геном
Рост организма	Увеличение количества клеток, формирование тканей и органов
Регенерация и обновление	Восстановление поврежденных тканей, обновление клеток кожи, крови, эпителия
Бесполое размножение	Обеспечивает размножение одноклеточных и вегетативное размножение у растений
Поддержание постоянства числа хромосом	Предотвращает хаос в передаче наследственного материала от клетки к клетке

Амитоз – это прямое деление клетки, при котором ядро делится перетяжкой без образования веретена деления и спирализации хромосом



Основные характеристики амитоза

Показатель	Характеристика
Процессы	Прямая, простая форма деления ядра без образования веретена деления; хромосомы равномерно распределяются между дочерними клетками; нет профазы, метафазы, анафазы, телофазы
Где встречается	В основном в клетках простых организмов, в клетках тканей взрослого организма, где не требуется точное распределение ДНК (например, печеночные клетки, эпителиальные клетки растений), а также в некоторых опухолевых клетках

Показатель	Характеристика
Биологическое значение	Обеспечивает быстрый рост и восстановление клеток, но не гарантирует точное сохранение генетической информации; может участвовать в развитии опухолей , где происходит аномальное деление клеток
Примеры	Опухоли печени, некоторые злокачественные опухоли (карциномы) при быстром неконтролируемом делении клеток

Таблица 13. Бесполое и половое размножение

Размножение – универсальное свойство живого

Размножение – это свойство живых организмов воспроизводить себе подобных, обеспечивающее непрерывность и наследственность жизни.

Бесполое размножение – это форма воспроизведения организмов, при которой одна родительская особь образует генетически идентичных дочерних особей без участия половых клеток (гамет)	Половое размножение – это процесс образования нового организма в результате слияния специализированных половых клеток (гамет) двух родительских организмов, приводящее к объединению их наследственной информации
--	--

Формы бесполого и полового размножения

Форма размножения	Способы	Краткая характеристика	Примеры
Бесполое	Деление клетки	Материнская клетка делится на две или несколько дочерних	Амеба, инфузория
	Спорообразование	Образование спор, из которых развивается новый организм	Грибы, папоротники, мхи
	Полиэмбриония	Из одной зиготы развивается несколько зародышей	Близнецы у человека, наездники
	Вегетативное	Размножение частями тела (побеги, корни, листья)	Лук (луковицы), картофель (клубни), клубника (усы)
	Фрагментация	Организм распадается на части, каждая дает начало новой особи	Планария (плоские черви), полихеты (морские кольчатые черви), водоросли, грибы
	Почкование	На теле образуется вырост (почка), из него развивается новый организм	Гидра, дрожжи
Половое	Конъюгация	Обмен наследственным материалом при соединении клеток	Инфузория
	Копуляция	Слияние гамет	—
<i>Изогамия</i>	Слияние одинаковых по форме и подвижности гамет	Хламидомонада	
<i>Анизогамия</i>	Слияние гамет разного размера и подвижности	Водоросли	

Форма размножения	Способы	Краткая характеристика	Примеры
Оогамия	Слияние крупной яйцеклетки и мелкого подвижного сперматозоида	Животные, высшие растения	
	Партеногенез	Развитие из неоплодотворенной яйцеклетки	Пчелы (трутни), тля, ящерицы

Формы бесполого размножения, которые используют в сельском хозяйстве

Форма бесполого размножения	Краткая характеристика	Примеры в сельском хозяйстве
Деление клеток/микроорганизмов	Быстрое размножение одноклеточных организмов	Дрожжи для хлебопечения и производства спирта
Спорообразование	Образование спор, которые дают новые растения	Грибы-шампиньоны, грибы для биопрепаратов
Вегетативное размножение	Размножение частями растения: корни, побеги, листья, клубни, луковички, усики	Картофель (клубни), лук (луковички), клубника (усы), земляника, виноград (черенки)
Почкование	От материнского организма отделяется почка, развивается новая особь	Гидропонные культуры дрожжей, некоторые микроводоросли для биотехнологий
Фрагментация	Организм распадается на части, каждая часть развивается в новый организм	Водоросли для производства кормов и биопродуктов, грибы

Особенности бесполого и полового размножения

Признак	Бесполое размножение	Половое размножение
Количество родителей	Один родитель	Два родителя (мужской и женский)
Генетическая идентичность потомства	Потомство генетически идентично родителю (клон)	Потомство генетически разнообразно
Процесс деления клеток	Митоз (часто без участия гамет)	Мейоз (образование гамет)
Скорость размножения	Быстрое, может происходить многократно за короткое время	Медленнее, зависит от созревания половых клеток и оплодотворения
Приспособленность к изменению условий	Низкая – потомство идентично родителю	Высокая – генетическое разнообразие повышает выживаемость
Примеры	Одноклеточные организмы (амеба, бактерии), вегетативное размножение растений	Животные и большинство растений с половым циклом (человек, цветковые растения)

Двойное оплодотворение

Процесс	Характеристика	Биологическое значение/функция
Двойное оплодотворение	– В пыльцевой трубке образуются две спермии. – Один сперматозоид сливается с яйцеклеткой → образуется зигота (2n). – Второй сперматозоид сливается с двумя полярными ядрами центральной клетки → образуется эндосперма (3n)	– Обеспечивает формирование семени с развивающимся эмбрионом. – Эндосперма служит питательной тканью для зародыша

Процесс	Характеристика	Биологическое значение/функция
Эндосперма	– Триплоидная ткань ($3n$) внутри семени. – Образуется в результате слияния второго сперматозоида с полярными ядрами. – Может быть клеточной, многоклеточной или бесклеточной	– Питает зародыш во время прорастания семени. – Обеспечивает запас питательных веществ (углеводы, белки, жиры). – Важна для выживания и успешного роста нового растения

Двойное оплодотворение – уникальная особенность цветковых растений, обеспечивающая образование зиготы и эндоспермы одновременно.

Эндосперма – питательная ткань, поддерживающая развитие зародыша и повышающая шансы семени на выживание

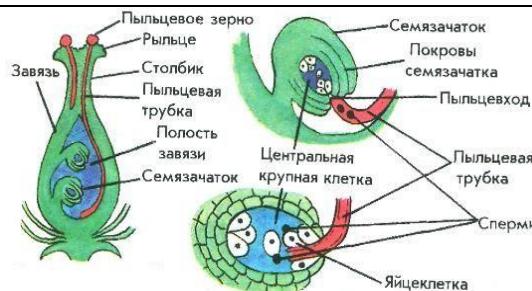


Таблица 14. Образование половых клеток. Оплодотворение

Гаметогенез – это процесс образования половых клеток (гамет) у организмов, в результате которого формируются сперматозоиды у самцов и яйцеклетки у самок.

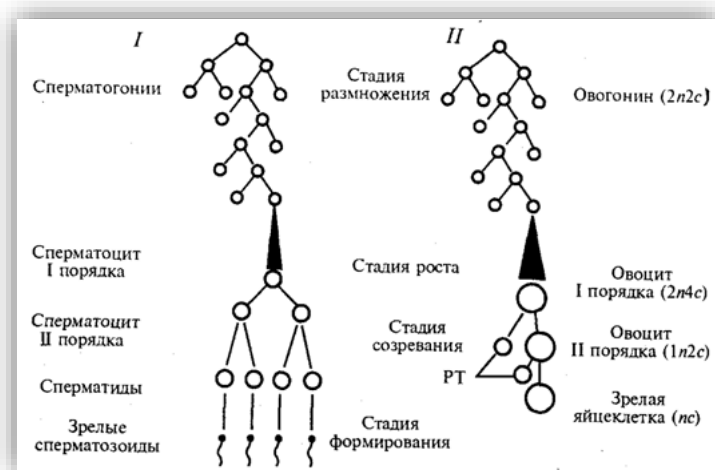
Виды гаметогенеза

Сперматогенез – образование подвижных мужских гамет (сперматозоидов)

Оогенез – образование крупных неподвижных женских гамет (яйцеклеток)

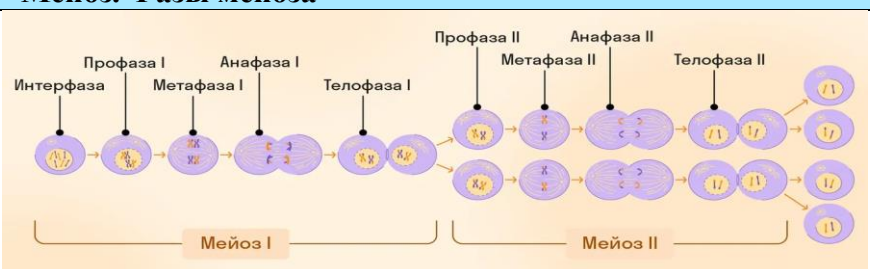
Фазы гаметогенеза

Фаза	Мужской гаметогенез (сперматогенез)	Женский гаметогенез (оогенез)	Особенности/ количество хромосом
Период размножения	Сперматогонии делятся митозом, увеличивая число клеток	Оогонии делятся митозом, образуя большое количество клеток	$2n, 2c$
Период роста	Сперматоциты I порядка увеличиваются в размере, накапливают питательные вещества	Ооциты I порядка увеличиваются, накапливают питательные вещества	$2n, 4c$
Период созревания	Мейоз I → вторичные сперматоциты ($n, 2c$). Мейоз II → сперматиды (n, c)	Мейоз I → вторичный ооцит ($n, 2c$) и первое полярное тельце. Мейоз II → яйцеклетка (n, c) и второе полярное тельце	Редукция числа хромосом, формирование гаплоидных клеток
Период формирования	Сперматиды превращаются в подвижные сперматозоиды с жгутиком	Вторичный ооцит превращается в зрелую яйцеклетку, полярные тельца деградируют	Зрелые гаметы: сперматозоиды (n, c), яйцеклетка (n, c)



Мейоз. Фазы мейоза

Мейоз – это процесс редукционного деления эукариотической клетки, в результате которого из одной диплоидной клетки образуются четыре генетически различные гаплоидные клетки



Этап/Фаза	Характеристика	Кол-во хромосом/ДНК	Средняя продолжительность
Интерфаза	Рост клетки, синтез белков и РНК, репликация ДНК, подготовка к мейозу	2n, 4c	~12–24 ч
Профаза I	Длительная стадия, включает несколько подфаз, происходит конденсация хромосом, конъюгация (сближение гомологичных хромосом), образование тетрад, кроссинговер	2n, 4c	~12–14 ч
→ Лептотена	Хромосомы начинают спирализоваться, становятся видимыми как нити	2n, 4c	~1–2 ч
→ Зиготена	Сближение и конъюгация гомологичных хромосом, образование тетрад	2n, 4c	~2–3 ч
→ Пахитена	Происходит кроссинговер – обмен участками между гомологами	2n, 4c	~4–5 ч
→ Диплотена	Хромосомы начинают расходиться, видны точки кроссинговера (хиазмы), ядро сохраняется	2n, 4c	~3–4 ч
→ Диакинез	Завершается спирализация хромосом, распад ядерной оболочки, формирование веретена деления	2n, 4c	~1 ч
Метафаза I	Тетрады выстраиваются на экваторе, прикрепляются к веретену деления	2n, 4c	~0,5–1 ч
Анафаза I	Гомологичные хромосомы расходятся к полюсам, сестринские хроматиды остаются соединенными	2n → n, 4c	~0,5 ч

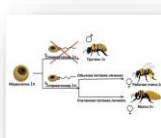
Этап/Фаза	Характеристика	Кол-во хромосом/ ДНК	Средняя продолжительность
Телофаза I	Образуются две гаплоидные клетки с 2-хроматидными хромосомами, ядра формируются, возможен короткий цитокинез	n, 2с	~0,5–1 ч
Профаза II	Хромосомы конденсируются, формируется веретено деления, распад ядерной оболочки	n, 2с	~0,25–0,5 ч
Метафаза II	Хромосомы выстраиваются на экваторе клетки, прикрепляются к веретену	n, 2с	~0,25–0,5 ч
Анафаза II	Сестринские хроматиды расходятся к полюсам	n, с	~0,25–0,5 ч
Телофаза II и цитокинез	Образуются четыре гаплоидные клетки (гаметы), деспирализация хромосом, формирование ядер, завершение цитокинеза		

Оплодотворение

Оплодотворение – это процесс слияния мужской и женской гамет (сперматозоида и яйцеклетки) с образованием зиготы, которая содержит полный диплоидный набор хромосом ($2n$).

Типы оплодотворения

Тип оплодотворения	Характеристика	Примеры
Внутреннее	Слияние гамет происходит внутри тела самки; защищает гаметы от неблагоприятных условий, повышает вероятность оплодотворения	Млекопитающие, птицы, рептилии, насекомые
Внешнее	Слияние гамет происходит вне тела родителей, обычно в воде; требует большого количества гамет	Рыбы, амфибии, большинство водных беспозвоночных
Двойное (у цветковых растений)	Один сперматозоид сливается с яйцеклеткой → зигота, второй с полярными ядрами → эндосперма	Цветковые растения (пшеница, лилия, яблоня)
Самооплодотворение (аутогамия)	Оплодотворение яйцеклетки спермой того же организма	Некоторые растения (кукуруза, пшеница), гермафродитные животные
Перекрестное оплодотворение (аллогамия)	Слияние гамет от разных особей	Большинство животных и растений



Понятие	Характеристика	Примеры
Партеногенез	Развитие нового организма из неоплодотворенной яйцеклетки; потомство гаплоидное или диплоидное	Пчелы (мужские особи), тли, некоторые ящерицы, водные раки
Половой диморфизм	Различие мужских и женских особей одного вида по внешнему виду, размерам, окраске, анатомии или поведению	Павлин (самец яркий, самка скромная), олени (самцы с рогами), человек

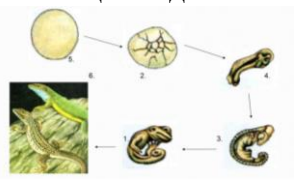
Понятие	Характеристика	Примеры
Гермафродитизм	Наличие у одного организма обоих типов половых органов (мужских и женских), возможность вырабатывать и сперму, и яйцеклетки	Дождевой червь, улитки, многие цветковые растения

Таблица 15. Эмбриональное развитие

Онтогенез и филогенез

Онтогенез – индивидуальное развитие организма от зиготы до смерти, включая все стадии эмбрионального и постэмбрионального развития	Филогенез – эволюционное развитие вида или группы организмов во времени, формирование новых видов и приспособлений
---	---

Типы онтогенеза с яйцекладным и внутриутробным развитием

Тип онтогенеза	Характеристика	Примеры
Личиночный 	Развитие проходит через личиночные стадии, которые сильно отличаются от взрослой особи; затем личинка превращается во взрослую форму (метаморфоз)	Лягушки (головастики), насекомые с полным превращением (гусеница → бабочка), морские ежи (планула → взрослый организм)
Яйцекладный 	Развитие происходит в яйце вне организма матери; питание эмбриона за счет желтка	Птицы (курица), рептилии (ящерицы), большинство насекомых
Внутриутробный (живорождение) 	Развитие происходит внутри организма матери; эмбрион получает питание через плаценту или аналогичные структуры	Млекопитающие (человек, корова, кит), некоторые пресмыкающиеся (например, некоторые змеи)

Эмбриональное развитие. Этапы эмбрионального развития

Эмбриональное развитие – это процесс от образования зиготы до рождения (или выхода из яйцевых оболочек), в ходе которого происходит формирование тканей, органов и систем организма



Этап	Характеристика	Зародышевые листки и их производные	Примеры/особенности
Оплодотворение	Слияние мужской и женской гамет → образование зиготы	—	Восстановление диплоидного набора хромосом (2n)
Бластула (бластуляция)	Многоклеточная стадия; формируется полый шар клеток – бластула	—	Полость – бластоцель; клетки активно делятся митозом
Гаструла (гаструляция)	Образуются зародышевые листки: эктодерма, мезодерма, энтодерма	Эктодерма → кожа, волосы, ногти, нервная система. Мезодерма → мышцы, кости, сердце, почки, кровеносная система. Энтодерма → эпителий дыхательной и пищеварительной систем, печень, поджелудочная	Закладываются основы органов и тканей
Нейрула (нейруляция)	Формирование зачатков нервной системы	Эктодерма → нервная трубка, мозг и спинной мозг	У позвоночных – нервная трубка, зародышевые структуры мозга
Органогенез	Развитие органов и систем организма из зародышевых листков	Эктодерма → кожа, нервная система. Мезодерма → мышцы, кости, сердце, почки. Энтодерма → пищеварительная и дыхательная системы	Формируются все органы и ткани, дифференцировка клеток
Рост и дифференцировка	Увеличение размеров эмбриона, специализация клеток и тканей	Все три листка участвуют в росте и окончательной дифференцировке	Подготовка к рождению или вылуплению

Близнецы: однояйцевые и разнояйцевые

Признак	Однояйцевые (монозиготные)	Разнояйцевые (дизиготные)
Происхождение	Из одной зиготы, которая разделилась на два эмбриона	Из двух разных яйцеклеток, оплодотворенных разными сперматозоидами
Генетическая идентичность	Идентичны, одинаковый набор ДНК	Различны, как обычные братья и сестры
Пол	Всегда одинаковое	Может быть одинаковым или разным
Внешность	Очень похожи, иногда почти одинаковы	Могут различаться сильно, как обычные братья и сестры
Частота	Менее частые (~1 случай на 250 родов)	Более частые (~1 случай на 80–90 родов, зависит от наследственности и возраста матери)
Особенности развития	Возможны сращенные близнецы при позднем делении	Срастающиеся случаи практически не встречаются
Аномалии/осложнения	Риск общего плацентарного кровотока, осложнений при беременности	Обычно развиваются независимо, риск аномалий не выше среднего

Уродства и аномалии развития – это нарушения нормального строения и функции органов и тканей, возникающие в эмбриональном или постнатальном периоде.

Причины:

1. **Генетические факторы** – мутации, хромосомные нарушения (например, синдром Дауна, синдром Эдвардса).
2. **Внешние воздействия (тератогены)** – лекарства, химикаты, алкоголь, радиация, инфекции матери во время беременности (например, врожденный порок сердца, заячья губа).
3. **Комбинированные** – сочетание наследственных и внешних факторов (например, множественные пороки органов при генетической предрасположенности и воздействии токсинов)

Таблица 16. Постэмбриональное развитие

Постэмбриональное развитие – это индивидуальное развитие организма, которое начинается после рождения или выхода из зародышевых оболочек (например, яйцевых) и продолжается до момента смерти.

Периоды постэмбрионального развития

Период	Характеристика	Примеры/особенности
Младенчество/ранний постэмбриональный	Организм адаптируется к внешней среде, активно растет, формируются базовые функции	У человека – новорожденный период; у животных – период выхода из яйца и освоения самостоятельного питания
Ювенильный/детский	Активный рост, развитие органов и систем, обучение и социализация	Человек – детство; у животных – подрастающий этап до половой зрелости
Пубертат/половое созревание	Формирование половых органов, начало репродуктивной функции	Человек – подростковый возраст; у животных – период первой яйцекладки или спаривания
Взрослая форма/генеративный период	Достижение полной взрослой формы, максимальная репродуктивная активность	Период размножения у животных и человека
Старение	Замедление обмена веществ, снижение репродуктивной функции, угасание жизненных процессов	Старение человека и животных, уменьшение способности к размножению

Типы развития

Тип развития	Характеристика	Примеры/последовательность
Прямое	Молодой организм появляется похожим на взрослого, без личиночной стадии; рост и половое созревание происходят постепенно	Человек, большинство млекопитающих, рептилии, птицы
Непрямое (личиночное)	Развитие проходит через личиночные стадии, сильно отличающиеся от взрослой особи; затем личинка превращается во взрослую форму (метаморфоз)	Лягушки (головастики), морские ежи
→ Полное превращение (голометаболия)	Личинка сильно отличается от взрослой особи; проходит стадии: яйцо → личинка → куколка → имаго	Бабочка, жук, муха

Тип развития	Характеристика	Примеры/последовательность
→ Неполное превращение (гемиметаболия)	Личинка (нимфа) похожа на взрослую особь, но не имеет развитых половых органов и крыльев; рост постепенный	Клоп, кузнечик, таракан; последовательность: яйцо → нимфа → имаго

Старость – это заключительный этап онтогенеза человека, характеризующийся постепенным снижением функциональных возможностей организма, замедлением обмена веществ, уменьшением адаптационных резервов и возрастными изменениями психики и личности.

Раздел	Содержание	Примеры/Особенности
Морфологическая характеристика процессов старения	– Атрофия тканей (мышц, кожи, внутренних органов). – Склерозирование сосудов и органов. – Уменьшение массы мозга, замедление нервных процессов. – Снижение эластичности кожи и сосудов. – Ухудшение регенерации клеток	– Морщины, седина, облысение. – Остеопороз, уменьшение роста. – Снижение зрения и слуха
Роль факторов на разных этапах онтогенеза	– Дородовый и детство: питание матери, экология, наследственность, инфекции. – Юность: образ жизни, закаливание, физическая активность, вредные привычки. – Зрелость: профессиональные нагрузки, стресс, питание, условия труда. – Пожилой возраст: хронические болезни, социальная активность, уход	– Курение и алкоголь ускоряют старение. – Здоровое питание и спорт повышают адаптационные резервы
Борьба за активное долголетие	– Правильный режим труда и отдыха. – Рациональное питание (богатое белками, витаминами, антиоксидантами). – Физическая активность (умеренные регулярные нагрузки). – Отказ от вредных привычек. – Медицинская профилактика и диспансеризация. – Психологическая активность (общение, обучение, хобби)	– Йога, плавание, пешие прогулки. – Профилактика сердечно-сосудистых и эндокринных заболеваний. – Социальная вовлеченность снижает риск деменции

Таблица 17. История развития генетики, ее задачи

Генетика (от греч. *genesis* – происхождение) – наука о законах наследственности и изменчивости организмов.

Основные задачи генетики

Задача генетики	Содержание	Применение
Изучение наследственности	Закономерности передачи признаков и свойств от родителей к потомству	Селекция растений и животных, медицина
Изучение изменчивости	Причины и механизмы возникновения различий между организмами	Эволюция, создание новых сортов и пород
Выяснение материальных основ наследственности	Структура и функции ДНК, гены, хромосомы	Молекулярная биология, генная инженерия
Изучение взаимодействия генов и факторов среды	Как наследственность и условия влияют на проявление признаков	Экология, медицина, педагогика
Раскрытие роли генетики в эволюции	Генетические механизмы изменчивости и отбора	Теория эволюции, сохранение биоразнообразия
Разработка методов управления наследственностью	Искусственный отбор, гибридизация, генная инженерия	Сельское хозяйство, фармакология, медицина

Методы изучения генетики

Метод	Суть метода	Применение
Гибридологический (менделевский)	Скращивание организмов и анализ наследования признаков у потомства	Определение законов наследования, селекция
Цитогенетический	Изучение хромосом под микроскопом (окраска, кариотипирование)	Диагностика наследственных болезней, определение пола, мутаций
Популяционно-статистический	Изучение частоты генов и признаков в популяциях	Эволюция, медицинская генетика, прогноз заболеваний
Близнецовый	Сравнение однояйцевых и разнояйцевых близнецов	Определение роли наследственности и среды в формировании признаков
Биохимический	Изучение белков, ферментов и обмена веществ, связанных с генами	Диагностика наследственных болезней, молекулярная биология
Молекулярно-генетический	Изучение структуры ДНК, РНК, гена (секвенирование, ПЦР)	Генная инженерия, медицина, криминалистика
Онтогенетический	Изучение проявления генов в процессе индивидуального развития	Физиология, эмбриология
Соматико-клеточной гибридизации	Слияние разных клеток и анализ их генетического материала	Создание гибридных клеток, исследование генома
Генно-инженерный	Целенаправленное изменение наследственного материала	Создание ГМО, генная терапия
Компьютерный (биоинформатика)	Моделирование процессов, работа с геномными базами данных	Геномика, медицина, эволюционные исследования

Этапы развития генетики

Этап	Время	Основные достижения	Представители
Классический (до Менделя)	До 1865 г.	Накопление знаний о наследственности (доместикация растений и животных, первые наблюдения)	Аристотель, Дарвин, Кювье
Менделевский	1865 г. – начало XX в.	Законы наследования признаков (опыты на горохе)	Г. Мендель
Период открытия законов Менделя	1900 г.	Повторное открытие законов наследственности	К. Корренс, Г. де Фриз, Э. Чермак
Хромосомная теория	1902–1930-е гг.	Установлена связь генов и хромосом, законы сцепленного наследования	Т. Морган и его школа
Биохимический этап	1930–1950-е гг.	Понимание роли генов в синтезе белков, открытие генетического кода	Бидл, Татум, Озан, Крик
Молекулярно-генетический	1953 г. – конец XX в.	Расшифровка структуры ДНК (1953 г.), разработка методов секвенирования, клонирование генов	Дж. Уотсон, Ф. Крик, Р. Франклин, Ф. Сэнгер
Современный (геномный)	XXI в.	Проект «Геном человека», развитие биоинформатики, геновая инженерия, CRISPR	Современные международные проекты

Роль отечественных ученых в развитии генетики

Ученый	Основные достижения	Значение для генетики
 Н.И. Вавилов (1887–1943)	– Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. – Учение о центрах происхождения культурных растений. – Организация крупнейшей коллекции семян	– Основы селекции растений. – Фундаментальные идеи по сохранению генофонда
 С.С. Четвериков (1880–1959)	– Основы популяционной генетики. – Исследования роли мутаций и отбора. – Ввел понятие «скрытая наследственная изменчивость»	– Один из основателей эволюционной генетики. – Подготовил почву для синтетической теории эволюции
 Б.Л. Астауров (1904–1974)	– Опыт получения поли- и партеногенетических форм у шелкопряда. – Работы по экспериментальной морфологии и генетике развития	– Важные исследования по генетике пола и наследственной изменчивости

Ученый	Основные достижения	Значение для генетики
 Г.Д. Карпеченко (1899–1941)	– Получение межвидовых гибридов (капустно-редечный гибрид). – Работы по полиплоидии	– Доказал возможность межвидовой гибридизации. – Заложил основы цитогенетики в СССР
 Н.П. Дубинин (1907–1998)	– Работы по популяционной и радиационной генетике. – Изучение влияния мутагенов. – Исследования генетики человека	– Один из ведущих генетиков СССР. – Развивал медико-биологическое направление в генетике

Гибридологический анализ Г. Менделя

Аспект	Содержание
Сущность	Метод изучения наследственности, основанный на систематическом скрещивании организмов с различающимися признаками и последующем анализе проявления этих признаков у потомков
Основные приемы	– Использование чистых (гомозиготных) линий. – Скрещивание по одному признаку (моногибридное) или по нескольким (дигибридное, полигибридное). – Подсчет числа потомков с разными признаками. – Математическая обработка результатов
Открытые закономерности	– Закон единообразия гибридов первого поколения. – Закон расщепления признаков во втором поколении. – Закон независимого наследования признаков
Значение	– Стал основой генетики как науки. – Показал, что наследственные признаки передаются в виде дискретных единиц (генов). – Дал возможность предсказывать результаты скрещиваний. – Используется в селекции, медицине, биотехнологии

Борьба материализма и идеализма в истории генетики

Направление	Суть взглядов	Представители	Последствия для науки
Идеализм	– Признаки организмов объяснялись «жизненной силой», «душой», «нематериальными началами». – Отрицание материальной основы наследственности	Аристотель (идея «формирующей силы»), сторонники преформизма (XVII–XVIII вв.)	– Торможение развития науки. – Отсутствие понимания законов наследования
Материализм	– Наследственность имеет материальную основу (клетки, ядро, хромосомы, гены, ДНК). – Изменчивость объясняется реальными биологическими процессами	Ч. Дарвин (теория эволюции), Г. Мендель (законы наследственности), Т. Морган (хромосомная теория)	– Создание генетики как науки. – Возможность предсказывать наследование признаков. – Применение в медицине и сельском хозяйстве

Направление	Суть взглядов	Представители	Последствия для науки
В СССР (XX в.)	– Материалистическая генетика (Вавилов, Четвериков, Карпенченко) развивалась до 1930-х гг. – В 1940–1950-е гг. распространились идеалистические взгляды Лысенко (отрицание генов, утверждение о «наследовании приобретенных признаков»)	Н.И. Вавилов, С.С. Четвериков (материализм), Т.Д. Лысенко (идеализм, «мичуринская биология»)	– Подавление генетики в СССР («лысенковщина») – Гибель ученых (Вавилов). – Отставание отечественной науки на десятилетия

Таблица 18. Первый и второй законы Г. Менделя

Основные понятия генетики	
Понятие	Определение
Наследственность	Способность организмов передавать свои признаки и свойства потомству
Изменчивость	Способность организмов приобретать новые признаки и отличаться друг от друга
Альтернативные признаки	Признаки, которые проявляются в одном из двух возможных вариантов (например, желтые или зеленые семена)
Доминантный признак	Признак, который проявляется у гибрида в первом поколении и подавляет альтернативный признак. <i>Пример:</i> желтые семена гороха (А)
Рецессивный признак	Признак, который не проявляется у гибрида в первом поколении, но может проявиться в последующих поколениях при гомозиготном состоянии. <i>Пример:</i> зеленые семена гороха (а)
Генотип	Совокупность всех генов организма, определяющих его наследственные признаки
Фенотип	Совокупность внешних и внутренних проявлений генотипа, то, что видно или измеримо
Ген	Участок ДНК, который кодирует определенный признак
Аллельные гены	Гены, расположенные в одних и тех же локусах гомологичных хромосом, ответственные за развитие одного признака
Локус	Место расположения гена на хромосоме
Гибрид	Потомок от скрещивания организмов с различающимися признаками (моногибридный, дигибридный и др.)
Гомозигота	Организм, у которого оба аллельных гена одной пары одинаковы (АА или аа)
Гетерозигота	Организм, у которого аллельные гены одной пары различны (Аа)

Моногибридное скрещивание (от лат. *monos* – один и *hybrida* – помесь) – это скрещивание организмов, различающихся по одной паре альтернативных признаков.

Генетическая символика		
Символ	Обозначение	Пояснение
А, а	Аллельные гены одного признака (заглавная буква – доминантный, строчная – рецессивный)	А – желтые семена (доминантный), а – зеленые семена (рецессивный)
АА, Аа, аа	Генотипы организма	АА – гомозигота доминантная, Аа – гетерозигота, аа – гомозигота рецессивная

Символ	Обозначение	Пояснение
$F_1, F_2, F_3 \dots$	Поколения потомства	F_1 – первое поколение, F_2 – второе поколение
P	Родительское поколение	$P: AA \times aa$
$\rightarrow$	Скрещивание или передача генов	$AA \times aa \rightarrow F_1 (Aa)$
$+$	Объединение генов при скрещивании	$A + a \rightarrow Aa$
G	Гаметы (половые клетки)	A или a – гаметный набор аллелей
♀	Женский пол	♀ – материнская гамета
♂	Мужской пол	♂ – отцовская гамета
$\times$	Символ скрещивания	♀ $AA \times$ ♂ aa

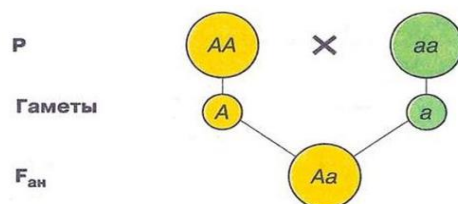
Первый закон Г. Менделя (закон единообразия гибридов первого поколения, или правило доминирования): при скрещивании двух гомозиготных организмов, отличающихся по одной паре альтернативных признаков, все гибриды первого поколения (F_1) будут одинаковыми по фенотипу и будут проявлять только доминантный признак



Второй закон Г. Менделя (закон расщепления): при скрещивании гибридов первого поколения (F_1), отличающихся по одной паре альтернативных признаков, во втором поколении (F_2) признаки расщепляются по фенотипу в определенном соотношении 3:1, а по генотипу – 1:2:1



Закон чистоты гамет можно сформулировать следующим образом: при образовании половых клеток в каждую гамету попадает только один ген из аллельной пары



Анализирующее скрещивание

Исследуемый организм: гомозигота доминантная (AA)

Фенотипы родителей: желтые ♀ × зеленые ♂

Генотипы родителей: $AA \times aa$

Гаметы: $A \quad a$

Скрещивание: ♀ $A \times$ ♂ a

Генотип F_1 : все Aa

Фенотип F_1 : все желтые семена

Вывод: исследуемый организм гомозиготен

Исследуемый организм: гетерозигота (Aa)

Фенотипы родителей: желтые ♀ × зеленые ♂

Генотипы родителей: $Aa \times aa$

Гаметы: A, a

Скрещивание: ♀ $A/a \times$ ♂ a

Генотип F_1 : 50 % Aa , 50 % aa

Фенотип F_1 : 50 % желтые, 50 % зеленые семена

Вывод: исследуемый организм гетерозиготен

Таблица 19. Неполное доминирование

Неполное доминирование — это тип наследования, при котором гетерозигота проявляет промежуточный фенотип между двумя гомозиготами



Типы наследования

Тип наследования	Определение	Пример	Особенности фенотипа
Неполное доминирование 	Доминантный аллель не полностью подавляет рецессивный, гетерозигота проявляет промежуточный фенотип	Красные (RR) × Белые (rr) → Розовые (Rr) цветы	Фенотип Aa ≠ доминантный
Сверхдоминирование 	Гетерозигота проявляет выраженный или преимущественный признак, сильнее, чем у обоих гомозигот	Кукуруза	Гетерозигота имеет преимущество
Множественный аллелизм 	Один ген имеет несколько альтернативных форм (аллелей) в популяции	Кровь человека: группа ABO (IA, IB, i)	Возможны 3 и более вариантов признака
Кодоминирование 	Два аллеля одновременно проявляются в гетерозиготе, не подавляя друг друга	Кровь человека: группа AB (IAIB); KPC	Фенотип гетерозиготы сочетает оба признака

Сравнение полного и неполного доминирования

Признак	Полное доминирование	Неполное доминирование
Определение	Доминантный аллель полностью подавляет рецессивный в гетерозиготе	Доминантный аллель не полностью подавляет рецессивный, гетерозигота проявляет промежуточный фенотип
Генотипы F₁	Aa (гетерозигота)	Rr (гетерозигота)
Фенотипы F₁	Все проявляют только доминантный признак	Гетерозигота проявляет промежуточный признак
Пример	Горох: желтые (A) × зеленые (a) семена → все F ₁ желтые	Цветы: красные (RR) × белые (rr) → F ₁ розовые
Фенотипическое расщепление F₂	3:1 (доминантный : рецессивный)	1:2:1 (красный : розовый : белый)

Генофонд – это совокупность всех генов и их аллельных состояний, присутствующих у особей определенной популяции или вида в данный момент времени. Иными словами, генофонд отражает генетическое разнообразие вида и служит основой для его эволюции и адаптации к изменяющимся условиям среды.

Таблица 20. Третий закон Менделя

Дигибридное скрещивание – это скрещивание организмов, которые отличаются друг от друга по двум парам альтернативных признаков, наследуемых независимо друг от друга	Полигибридное скрещивание – это скрещивание организмов, которые отличаются друг от друга по трем и более парам альтернативных признаков
--	--

Третий закон Менделя (закон независимого наследования признаков)

Третий закон Менделя: при скрещивании двух гомозиготных особей, отличающихся друг от друга по двум и более парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях. В результате во втором поколении (F₂) при дигибридном скрещивании наблюдается характерное расщепление фенотипов **9:3:3:1**.

Горох

Признак	Ген
Жёлтый	A
Зелёный	a
Гладкая	B
Морщинистая	b

Р:	♀ жёлтые гладкие	×	♂ зелёные морщинистые
	AABB		aabb
G:	AB		ab
F ₁ :	100% жёлтые, гладкие		
	AaBb		AaBb
Р:	♀ жёл. глад.	×	♂ жёл. глад.
	AaBb		AaBb
G:	AB; Ab; aB; ab		AB; Ab; aB; ab
F ₂ :	9 жёлтые, гладкие 3 зелёные, гладкие 3 жёлтые, морщинистые 1 зелёные, морщинистые 9 : 3 : 3 : 1		

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

Значение третьего закона:

1. Доказал, что гены наследуются независимо (если находятся в разных парах хромосом).
2. Показал, что признаки могут свободно комбинироваться, создавая новые сочетания.
3. Стал основой для изучения полигибридных скрещиваний.
4. Используется в селекции растений и животных для выведения новых сортов и пород.
5. Положил начало изучению сцепленного наследования (когда признаки не наследуются независимо, а вместе)

Таблица 21. Сцепленное наследование генов

Закон Моргана – закон сцепленного наследования – гены, расположенные в одной хромосоме, образуют группу сцепления и наследуются совместно, так как находятся в одной хромосоме и попадают в одну гамету.	Опыт Томаса Моргана часть 2 Исследуемый признак дрозофилы: - A – серое тело - a – черное тело - B – длинные крылья - b – зачаточные крылья Р: ♀ AaBb × ♂ aabb G: AB ab ab ab кроссоверные гаметы F₂: AaBb 41,5% ; aabb 41,5% Aabb 8,5% ; aaBb 8,5% Механизм кроссинговера
--	--

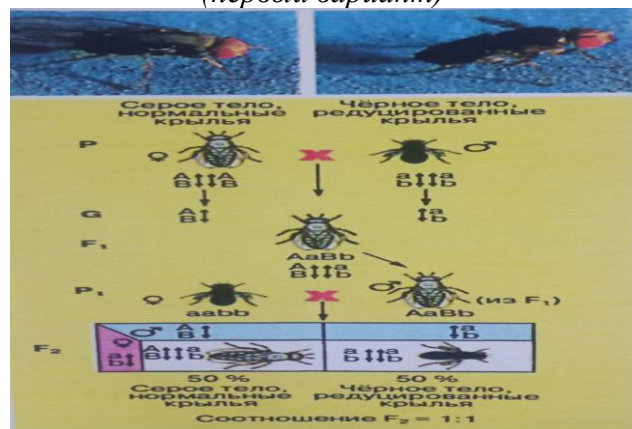
Основные положения хромосомной теории наследственности (Морган)

1. Гены находятся в хромосомах и располагаются линейно (в строгом порядке, один за другим). 2. Каждый ген занимает определенное место в хромосоме – локус. 3. Аллельные гены находятся в гомологичных хромосомах. 4. При мейозе происходит расхождение гомологичных хромосом, что обеспечивает расхождение аллельных генов. 5. Гены, находящиеся в одной хромосоме, образуют группу сцепления и обычно наследуются вместе. 6. Число групп сцепления = числу хромосом в гаплоидном наборе. 7. Кроссинговер (обмен участками между гомологичными хромосомами) нарушает сцепление и приводит к рекомбинации генов. 8. Поведение хромосом в мейозе объясняет закономерности наследования признаков, открытые Г. Менделем

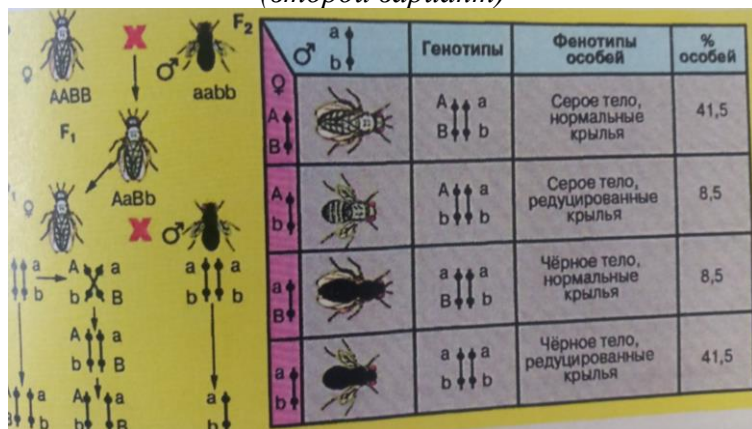
Типы сцепления генов

Тип сцепления	Определение	Причина/Механизм	Результат для потомства	Пример
Полное сцепление	Гены находятся в одной хромосоме и наследуются полностью совместно	Гены расположены близко друг к другу, кроссинговер практически не происходит	Потомство получает только родительские комбинации генов, нет рекомбинации	Гены, отвечающие за цвет глаз и крылья у дрозофилы (очень близко расположенные)
Неполное сцепление	Гены находятся в одной хромосоме, но происходит частичный обмен (кроссинговер)	Кроссинговер между гомологичными хромосомами	Потомство содержит родительские и рекомбинантные комбинации генов	Гены, отвечающие за форму и цвет семян у гороха (удаленные друг от друга)

Сцепленное наследование окраски тела и длины крыльев у дрозофилы (первый вариант)



Нарушение сцепленного наследования окраски тела и длины крыльев у дрозофилы (второй вариант)



Хромосомная карта. Основные положения

Хромосомная карта – это схема, показывающая положение генов на хромосоме и расстояние между ними, определяемое через частоту кроссинговера.

1. Гены располагаются линейно вдоль хромосомы.
2. Расстояние между генами определяется в процентах кроссинговера (1% = 1 морганида).
3. Чем чаще происходит кроссинговер между двумя генами, тем дальше они находятся друг от друга.
4. Близко расположенные гены сцеплены сильнее, кроссинговер между ними маловероятен.
5. Хромосомные карты позволяют определять порядок генов и группы сцепления

Таблица 22. Генетика пола

Хромосомная теория определения пола – это теория, согласно которой пол организма определяется набором половых хромосом, а наследование половых признаков связано с их расположением на этих хромосомах.

Механизм определения пола

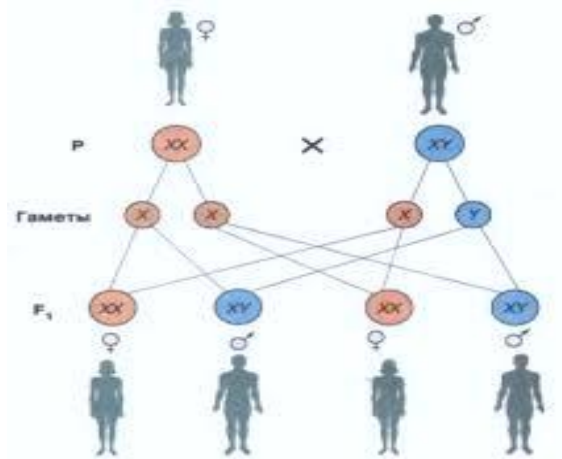
Механизм определения пола – это способ, с помощью которого формируется пол потомства, основанный на сочетании половых хромосом и генов, связанных с ними.

Аутосомы – это хромосомы, которые одинаковы у особей обоего пола и не участвуют в определении пола организма.

Половые хромосомы – это хромосомы, которые определяют пол организма и несут гены, связанные с половыми признаками.

Гомогаметный пол – это пол, у которого половые хромосомы одинаковые (XX у человека и большинства млекопитающих, ZZ у птиц).

Гетерогаметный пол – это пол, у которого половые хромосомы разные (XY у человека и большинства млекопитающих, ZW у птиц)



Механизм	Суть	Организмы/Примеры
XY-система	Самцы XY, самки XX. Пол потомства зависит от того, какая гамета от самца (X или Y) оплодотворяет яйцеклетку (X)	Люди, дрозофила, большинство млекопитающих
ZW-система	Самцы ZZ, самки ZW. Пол потомства определяется гаметой матери (Z или W)	Птицы, бабочки, некоторые рыбы
XO-система	Самки XX, самцы X0 (одна X-хромосома, нет второй). Пол определяется наличием или отсутствием второй X-хромосомы	Некоторые насекомые (например, кузнечики)
Гаплодиплоидная система	Самцы гаплоидные (из неоплодотворенных яиц), самки диплоидные (из оплодотворенных)	Пчелы, осы, муравьи
Температурная система	Пол зависит от температуры инкубации яйца	Некоторые рептилии (крокодилы, черепахи)

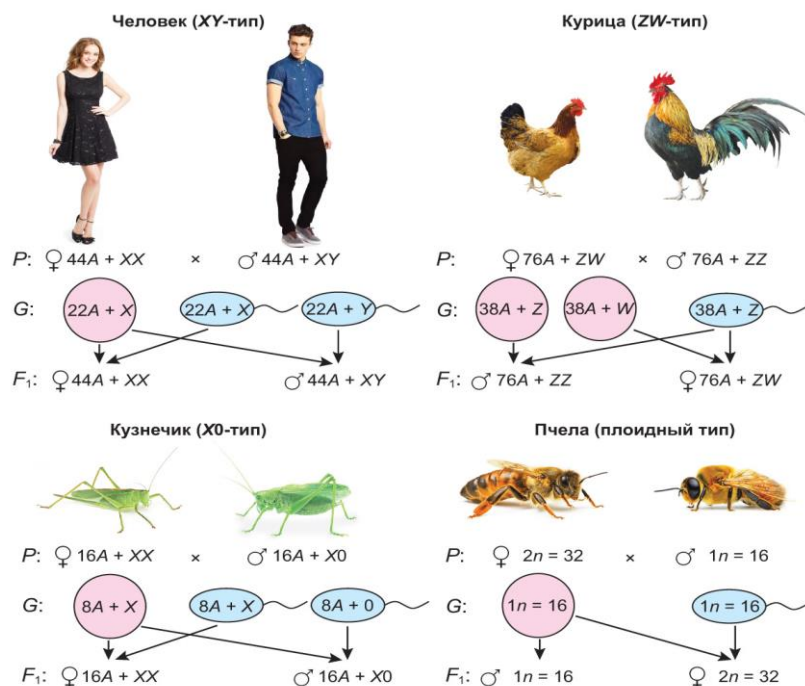
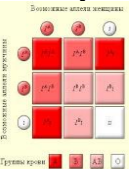


Таблица 23. Взаимодействие генов

Взаимодействие генов – это явление, при котором различные гены или их аллели совместно влияют на проявление одного признака.

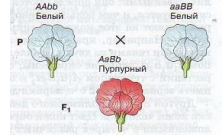
Аллельные взаимодействия – это взаимодействие между аллелями одного и того же гена, которые находятся в одинаковых локусах гомологичных хромосом. Именно такие взаимодействия объяснял в опытах Г. Мендель.

Основные типы аллельных взаимодействий

Тип взаимодействия	Суть	Пример
Полное доминирование 	Один аллель (доминантный) полностью подавляет действие другого (рецессивного)	У гороха: A (желтые семена) доминирует над a (зеленые семена)
Неполное доминирование 	У гетерозиготы проявляется промежуточный признак	У гвоздики: красные цветки × белые → розовые
Кодоминирование 	Оба аллеля в гетерозиготе выражаются независимо друг от друга	У человека: группа крови AB (IA и IB проявляются вместе)
Сверхдоминирование 	Гетерозигота имеет преимущество по признаку перед обеими гомозиготами	У человека: носители одного аллеля серповидноклеточной анемии устойчивы к малярии

Взаимодействие неаллельных генов – это взаимодействие генов, расположенных в разных локусах (не аллели), но совместно влияющих на проявление одного и того же признака.

Основные типы взаимодействия неаллельных генов

Тип	Суть	Пример
Комплементарность 	Два доминантных гена из разных локусов дополняют друг друга, и только вместе дают новый признак	У душистого горошка: белые цветки × белые → фиолетовые (если присутствуют и ген A, и ген B)
Эпистаз 	Один ген (эпистатический) подавляет действие другого гена (гипостатического)	У мышей: ген C отвечает за синтез пигмента. Если он рецессивный (cc), цвет шерсти будет всегда белым, независимо от других генов окраски
Полимерия 	Несколько генов усиливают проявление одного признака количественно	Рост, масса тела, цвет кожи у человека (чем больше доминантных аллелей, тем ярче признак)

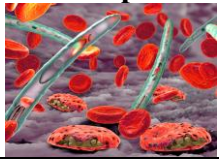
Тип	Суть	Пример
Плейотропия 	Один ген влияет на несколько признаков организма	Ген серповидноклеточной анемии: изменяет форму эритроцитов и повышает устойчивость к малярии

Таблица 24. Модификационная изменчивость

Изменчивость – это свойство живых организмов приобретать новые признаки и различия, отличающие их друг от друга и от родителей, возникающие в процессе индивидуального развития под действием наследственных факторов и условий среды.

Типы изменчивости

Ненаследственная
(фенотипическая или
модификационная)

Наследственная или
генотипическая

Ненаследственная изменчивость (ее еще называют **фенотипическая** или **модификационная**) – это изменения признаков организма, вызванные воздействием факторов внешней среды, не затрагивающие генотип и не передающиеся по наследству.



Наследственная изменчивость (**генотипическая**) – это изменчивость, основанная на изменениях в генотипе организма, которая проявляется в признаках и передается по наследству потомкам.

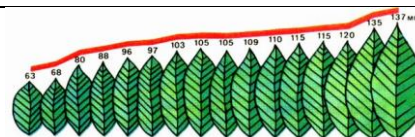


Классификация признаков

Признак	Качественные признаки	Количественные признаки
Определение	Имеют четко выраженные различия, проявляются дискретно (скачкообразно)	Изменяются постепенно, выражаются числовыми величинами
Зависимость от среды	Практически не зависят от условий среды	Сильно зависят от условий среды
Генетический контроль	Обычно контролируются одним или несколькими генами	Контролируются многими генами (полигенные признаки)
Способ наследования	Подчиняются законам Менделя	Наследуются количественно, через совокупность генов
Норма реакции	Практически отсутствует	Широкая норма реакции
Примеры	Цвет глаз, окраска цветков, форма семян	Рост человека, масса тела, урожайность, количество молока у коровы



Вариационный ряд – это расположение организмов (или их признаков) в порядке возрастания или убывания по изучаемому количественному признаку



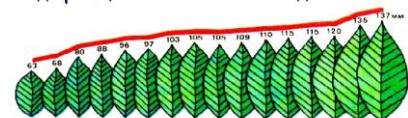
Вариационная кривая – это графическое изображение признака в популяции, показывающее размах вариаций и частоту встречаемости отдельных вариантов.

**средняя величина
выраженности
признака**

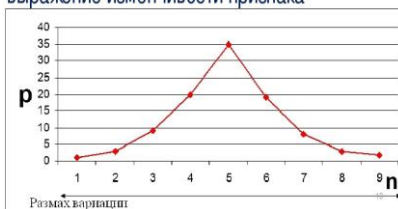
$$M = \frac{\sum (V * P)}{n}$$

- где М – средняя величина, V – варианта, P – частота встречаемости вариант, n – общее число вариант вариационного ряда.

Модификационная изменчивость длины листа

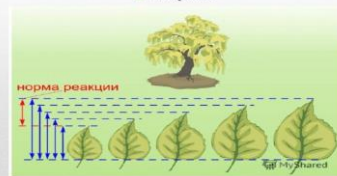


Вариационная кривая – графическое выражение изменчивости признака



Норма реакции – это пределы модификационной изменчивости признака, которые определяются генотипом. Она характеризует диапазон фенотипических проявлений признака – от минимального до максимального значения. Например, рост растения при одинаковом генотипе может сильно различаться в бедной и богатой почве

НОРМА РЕАКЦИИ - это диапазон изменчивости:
1. Узкая
2. Широкая



Практическое значение нормы реакции

Сфера применения	Практическое значение нормы реакции	Примеры
Селекция растений и животных	Подбор сортов и пород с нужной шириотой нормы реакции для получения стабильных или гибких признаков	Высокопродуктивные сорта пшеницы, новые породы коров
Сельское хозяйство	Создание оптимальных условий, чтобы признаки проявились максимально (урожайность, привесы)	Удобрения, полив, освещенность теплиц
Медицина	Понимание различий проявления наследственных заболеваний и устойчивости организма	Разная степень тяжести генетических болезней при одинаковом генотипе
Экология	Определение адаптационных возможностей организма в разных условиях среды	Выживание растений в засушливых и влажных районах
Человек (бытовой уровень)	Объяснение влияния условий жизни на проявление наследственных признаков	Рост и масса тела зависят от питания и ухода

Свойства модификационной изменчивости

Свойство	Характеристика	Примеры
Ненаследственность	Признак не передается потомкам	Загар у человека
Зависимость от среды	Признак изменяется под влиянием внешних условий	Размер листьев в тени и на солнце
Обратимость	При устранении фактора среды признак возвращается к исходному состоянию	Масса тела после прекращения тренировок
Проявление в пределах нормы реакции	Изменения происходят в пределах генетически заложенных возможностей	Рост растений при разном освещении
Множественное повторение у разных особей	Одни и те же условия вызывают похожие изменения у многих организмов	Форма плодов у растений при одинаковом поливе
Не влияет на генотип	Генетическая структура организма остается неизменной	Любые модификации, вызванные средой, не меняют ДНК

Таблица 25. Наследственная изменчивость

Наследственная (генотипическая) изменчивость – это возникновение у организмов новых признаков, вызванное изменениями в генотипе, которые передаются потомству.

В отличие от ненаследственной (модификационной) изменчивости, которая возникает под влиянием внешней среды и не затрагивает генотип, наследственная изменчивость связана с изменениями в генетическом материале – ДНК.

Виды наследственной изменчивости

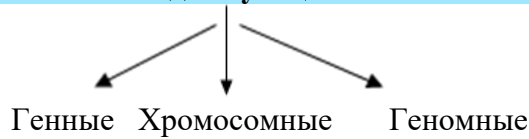
Комбинативная изменчивость

Мутационная изменчивость

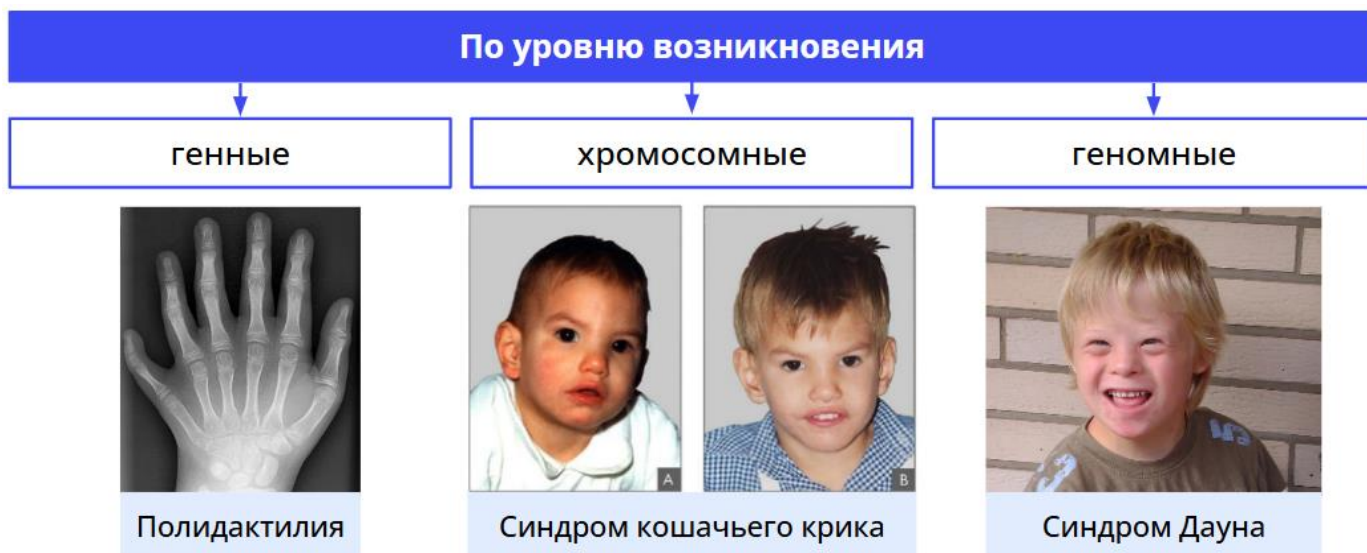
Виды наследственной изменчивости	Суть	Причины	Пример
Комбинативная изменчивость	Возникает в результате новых сочетаний уже существующих генов, а не появления новых. Гены остаются неизменными, но их комбинации в генотипах потомков отличаются от родительских	– Мейоз: случайное расхождение хромосом при образовании половых клеток. – Кроссинговер: обмен участками гомологичных хромосом. – Оплодотворение: случайная встреча гамет	Наблюдаемое разнообразие потомства у родителей, которые имеют разные комбинации одних и тех же генов (например, разные сочетания цвета глаз и волос)
Мутационная изменчивость	Связана с внезапными и ненаправленными изменениями в самом генетическом материале – структуре или количестве хромосом.	Мутагенные факторы (физические, химические, биологические)	Появление альбинизма из-за генной мутации, или синдром Дауна, вызванный геномной мутацией (лишняя хромосома)

	Мутации возникают случайно и могут быть как полезными, так и вредными		
--	---	--	--

Виды мутаций



Вид мутаций	Изменения	Пример
Генными или точечными называют мутации, возникающие в результате изменения гена, то есть структуры молекулы ДНК	– Замена нуклеотида. – Вставка нуклеотида. – Выпадение нуклеотида	 Наследственные заболевания альбинизм, фенилкетонурия (нарушение обмена веществ)
Хромосомными мутациями называют мутации, возникшие в результате изменения структуры хромосом	Утрата – потеря хромосомой своей концевой части. Делеция – выпадение участка средней части хромосомы. Дупликация – удвоение фрагмента хромосомы. Инверсия – поворот участка хромосомы на 180°. Транслокация – перенос участка одной хромосомы на другую	Потеря небольшой части 21 хромосомы приводит к лейкозу
Геномными называют мутации, обусловленные увеличением числа хромосом в кариотипе организма	Полиплоидия – кратное увеличение гаплоидного набора хромосом. Анеуплоидия – некрatное увеличение числа хромосом	 Диплоидное растение  Полиплоидное растение



Значение наследственной изменчивости	
Эволюционный материал	Наследственная изменчивость создает новые комбинации признаков и мутации, которые служат материалом для естественного отбора
Приспособление к среде	Обеспечивает разнообразие организмов, что позволяет им выживать и адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды
Селекция	Наследственная изменчивость используется человеком для выведения новых сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов

Таблица 26. Методы исследования генетики человека

Генетика человека изучает наследственность и изменчивость, а также генетические особенности популяций людей. Она является теоретической основой современной медицины и использует целый спектр методов исследования.

Основные методы изучения генетики человека		
Метод	Описание	Применение
Генеалогический	Анализ родословных для отслеживания распространения признаков в поколениях	Определение типа и характера наследования признаков и заболеваний
Близнецовый	Сравнение однояйцевых и разнаяйцевых близнецов для оценки влияния наследственности и среды	Определение наследуемости признаков и заболеваний, оценка степени влияния наследственности
Цитогенетический	Исследование хромосом и их изменений	Диагностика хромосомных аномалий (например, синдром Дауна, Тернера, Клайнфельтера)

Молекулярно-генетический	Анализ ДНК, РНК и белков для выявления генетических вариаций	Поиск генетических мутаций, диагностика генетических заболеваний (например, фенилкетонурия)
Популяционно-статистический	Сбор и анализ данных о частоте и распределении генов в популяциях	Определение частоты аллелей и генотипов в популяции, расчет частоты наследственных заболеваний
Биохимический	Изучение биохимических показателей организма и нарушений обмена веществ	Выявление наследственных заболеваний, связанных с нарушениями метаболизма
Дерматоглифический	Анализ узоров папиллярных линий на коже	Изучение наследственности признаков, а также как вспомогательный метод в диагностике

Дополнительные методы

Метод	Описание
Онтогенетический	Изучение проявления гена в течение жизни организма
Гибридизация соматических клеток	Метод, позволяющий изучать локализацию генов на хромосомах
Метод моделирования	Изучение наследственных заболеваний на модельных организмах
Биоинформационный	Использование компьютерных технологий для анализа больших объемов генетических данных

Клинические и пренатальные методы

Метод	Описание
Пренатальная диагностика	Комплекс методов, направленных на выявление наследственных заболеваний на ранних стадиях развития плода. Включает неинвазивные (например, УЗИ и биохимический скрининг) и инвазивные (биопсия хориона, амниоцентез) процедуры
Медико-генетическое консультирование	Проводится для оценки рисков наследственных заболеваний в семье. Генетики собирают данные о родословной и результатах анализов, чтобы дать прогноз и рекомендации

Значение генетики человека

Значение	Описание
Диагностика и профилактика наследственных заболеваний	Генетика помогает выявлять мутации и хромосомные аномалии, которые приводят к наследственным болезням, например, синдрому Дауна или гемофилии. Благодаря этому, возможно раннее обнаружение и даже пренатальная диагностика
Прогнозирование предрасположенности	Генетические тесты позволяют оценить риски развития мультифакторных заболеваний, таких как диабет, рак или болезни сердца, что дает человеку возможность предпринять профилактические меры

Генная терапия	Достижения генетики открывают путь к новым методам лечения, в том числе генной терапии, которая направлена на коррекцию генетических дефектов
Изучение происхождения человека	Сравнительная генетика позволяет проследить эволюционный путь человека, его родство с другими видами и миграционные маршруты предков, что помогает понять историю колонизации планеты
Понимание приспособления	Популяционная генетика исследует, как изменения в генах связаны с приспособлением человека к различным условиям окружающей среды, например, к климату, пищевому рациону или инфекциям

Таблица 27. Основы селекции

Основные понятия	
Селекция – наука о методах создания и улучшения сортов, пород и штаммов	
Сорт, порода, штамм – искусственно созданные человеком популяции организмов с определенными наследственными признаками	
Искусственный отбор – целенаправленное человеком закрепление полезных признаков путем размножения особей с этими признаками	
Гибридизация – метод скрещивания организмов с целью получения новых комбинаций признаков	

Цели и задачи:

1. Повышение продуктивности и урожайности.
2. Улучшение качества продукции.
3. Устойчивость к болезням и вредителям.
4. Устойчивость к неблагоприятным условиям окружающей среды, например, к засухе или холоду.
5. Создание организмов с заданными признаками, закрепленными на наследственном уровне.

Этапы развития селекции

Этап	Время	Характеристика	Пример
Примитивная (бессознательная) селекция	От зарождения земледелия (около 10–12 тыс. лет назад) до примерно XVII в.	На этом этапе люди не ставили осознанной цели по созданию новых сортов. Отбор происходил неосознанно: для посева откладывали семена самых крупных, урожайных или выносливых растений	Первые земледельцы инстинктивно отбирали зерна от тех колосьев, которые не осыпались, что привело к появлению современных культурных форм
Народная селекция	С XVII в. и вплоть до конца XIX в.	С развитием земледелия отбор стал более целенаправленным и организованным	Создание местных сортов зерновых, овощей и плодовых деревьев, которые передавались из поколения в поколение и адаптировались к конкретному климату и почве
Промышленная селекция	Конец XIX – начало XX вв.	Этот этап ознаменовался появлением	Создание гибридов кукурузы, которые

Этап	Время	Характеристика	Пример
		профессиональных селекционных учреждений и внедрением более систематических методов	давали более высокий урожай и были более устойчивы к болезням
Научная селекция	Начало XX в. – настоящее время	Началась с открытия законов генетики Г. Менделем. Включает использование методов, основанных на генетических знаниях	Создание сортов, устойчивых к засухе, болезням и вредителям, а также с повышенной урожайностью и питательной ценностью, путем целенаправленного использования достижений генетики

Методы селекции

Методы селекции – это способы выведения новых сортов растений и пород животных с нужными человеку признаками.

Метод	Определение	Виды методов	Характеристика
Искусственный отбор	Процесс, при котором человек целенаправленно выбирает организмы с нужными признаками для дальнейшего размножения	Массовый отбор	Выбор большого числа особей со сходными, желательными признаками
		Индивидуальный отбор	Выбор одной, наиболее выдающейся особи
Гибридизация	Получение потомства в результате скрещивания генетически разных организмов	Внутривидовая гибридизация	Скрещивание особей одного вида. Включает: 1. Инбридинг: близкородственное скрещивание. 2. Аутбридинг: скрещивание неродственных особей одного вида
		Межвидовая гибридизация	Скрещивание разных видов, которые обычно бесплодны, но могут сочетать ценные свойства родительских форм (например, мул)
Искусственный мутагенез	Вызывает мутации (изменения в ДНК) у организмов с помощью химических веществ или облучения		
Генная инженерия	Современный метод, позволяющий добавлять организму гены с новыми свойствами, которые		

Метод	Определение	Виды методов	Характеристика
	ему ранее не были присущи		

Применение методов селекции

В селекции растений: активно используются гибридизация, отбор и искусственный мутагенез для создания высокоурожайных сортов и гибридов, устойчивых к засухе, болезням и другим стрессовым условиям

В селекции животных: основными методами являются гибридизация и отбор. С помощью инбридинга закрепляют важные породные качества, а аутбридинг позволяет улучшать и выводить новые породы

В селекции микроорганизмов: для создания новых штаммов, способных производить лекарства и другие полезные вещества, используют искусственный мутагенез и последующий отбор наиболее продуктивных мутантов

Таблица 28. Успехи современной селекции

Современная селекция – это комплексное направление, которое использует передовые достижения генетики, молекулярной биологии и биотехнологии для создания новых сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов. В отличие от классической селекции, она позволяет ускорить процесс выведения и улучшения организмов, делая его более точным и целенаправленным.

Ключевые методы современной селекции

Метод	Характеристика	Результат
Маркер-ассоциированная селекция	Этот метод позволяет отбирать организмы не по внешним признакам (фенотипу), а по наличию определенных генетических маркеров (генотипу), связанных с нужными свойствами	Существенно ускоряет процесс отбора и делает его более точным
Геномная селекция	Основывается на анализе всего генома организма для выявления связи между генетическими вариантами и интересующими признаками	Позволяет прогнозировать потенциал будущих поколений с высокой точностью
Генное редактирование	Эта технология позволяет вносить точечные, направленные изменения в ДНК, имитируя естественные мутации	С ее помощью можно быстро придать организму новые полезные свойства, например, устойчивость к заболеваниям или засухе
Ускоренное размножение растений	Выращивания растений в специальных климатических камерах с оптимизированными условиями	Позволяет значительно сократить время, необходимое для выведения новых сортов
Тканевые культуры	Позволяют выращивать целое растение из небольшого фрагмента ткани	Полезно для быстрого размножения ценных сортов, а также для получения безвирусного посадочного материала
Генная инженерия	Позволяет переносить гены между разными видами, чтобы придать организму новые свойства	Например, можно добавить ген устойчивости к вредителям или засухе

Достижения и цели современной селекции

Улучшение качества продукции	Выведение растений и животных с улучшенными питательными свойствами, например, с более высоким содержанием витаминов, белка или полезных жиров
Повышение урожайности и устойчивости	Создание сортов, способных давать высокие урожаи и при этом быть устойчивыми к неблагоприятным условиям среды, таким как засуха, жара, болезни и вредители
Адаптация к изменению климата	Создание организмов, которые могут эффективно расти и развиваться в условиях меняющегося климата
Сокращение времени селекции	Новые технологии позволяют значительно ускорить процесс выведения новых сортов, что делает селекцию более эффективной

Достижения современных селекционеров

Ученый	Основные достижения	Значение для селекции
 Н.И. Вавилов (1887–1943)	– Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. – Учение о центрах происхождения культурных растений. – Организация крупнейшей коллекции семян	– Позволяет целенаправленно искать новые сорта, полезные для сельского хозяйства, в конкретных регионах. – Обосновал, что устойчивость к болезням имеет генетическую природу и развивалась в центрах происхождения растений
 И.В. Мичурин (1855–1935)	– Разработал методы преодоления генетических барьеров между нескрещиваемыми растениями. – Показал, как можно целенаправленно воздействовать на молодые гибридные сеянцы, чтобы управлять их развитием и формировать нужные признаки	– Вывел более 300 новых сортов плодовых, ягодных и декоративных культур. – Продвижение теплолюбивых южных культур, таких как виноград, абрикос и черешня, в более северные регионы России, адаптируя их к суровому климату
 А.И. Потапенко (1922–2010)	– Является автором и соавтором множества новых сортов сельскохозяйственных культур, в первую очередь зерновых	– Вывел новые сорта зерновых культур. Эти сорта могли обеспечивать высокие урожаи при минимальных затратах ресурсов и адаптироваться к различным агроклиматическим условиям
 Е.Н. Седов (1931–2015)	– Селекции зерновых культур. – Активно участвовал в подготовке специалистов, обучая их новым методам селекции и агротехники	– Вывел сорта, устойчивые к основным болезням зерновых, таким как ржавчина и мучнистая роса

Ученый	Основные достижения	Значение для селекции
 С.И. Исаев (1905–1991)	– Создание высокоурожайных сортов пшеницы, которые были устойчивы к различным болезням и неблагоприятным погодным условиям, включая засуху и морозы. – Занимался активным отбором и сохранением генетических ресурсов для дальнейшей селекции	– Создание устойчивых сортов зерновых культур



Таблица 29. Эволюционное учение Ч. Дарвина

Эволюционное учение – это научная система знаний об историческом развитии жизни на Земле, ее многообразии и приспособленности организмов к условиям среды.

История эволюционного учения

Период	Ученый	Вклад в науку
Древний	Анаксимандр (VI в. до н.э.) 	Предполагал, что жизнь возникла из первичного «сурового вещества», а более сложные формы жизни появились в результате изменений
	Аристотель (384–322 гг. до н.э.) 	Создавал классификацию живых существ, разделяя их на различные группы, но его взгляды оставались статичными, и идеи об изменчивости видов отсутствовали
Эпоха возрождения (XIV–XVII вв.)	Жорж Луи Леклерк, граф де Бюффон (1707–1788) 	Он считал, что виды не являются постоянными, а могут изменяться с течением времени в ответ на изменения в окружающей среде
	Леонардо да Винчи (1452–1519) 	Активно занимался изучением анатомии человека и животных, что позволило ему осознать, что строение живых существ сложно и адаптировано к их среде

Период	Ученый	Вклад в науку
	Пьеро де ла Франческа (1415–1492) 	Он изучал законы симметрии и пропорций, что было важно для будущих исследований в биологии и анатомии
	Андреас Везалий (1514–1564) 	На основе анатомических исследований открыл, что многие структуры организма человека и животных имеют сходства, что может указывать на общее происхождение
	Рене Декарт (1596–1650) 	Предполагал, что животные могут быть воспринимаемы как «машины», а их поведение – результат работы механизма
XVIII–XIX вв.	Жан-Батист Ламарк (1744–1829) 	Он считал, что: – организмы могут изменяться в процессе своей жизни в ответ на изменения окружающей среды; – эти изменения могут передаваться по наследству (это известно как наследование приобретенных признаков)
	Карл Линней (1707–1778) 	– Создал классификацию, в которой все организмы были объединены в категории, такие как род и вид. – Ввел бинарную номенклатуру
	Чарльз Дарвин (1809–1882)	Вышла работа Дарвина «Происхождение видов» (1859)
	Альфред Рассел Уоллес (1823–1913) 	Уоллес, независимо от Дарвина, пришел к схожим выводам о естественном отборе. Уоллес считается соавтором теории естественного отбора
	Ричард Оуэн (1804–1892) 	Утверждал, что эволюция существует. Он был сторонником концепции архетипов – идеи о том, что существует универсальный план строения живых существ, который повторяется в различных формах жизни

Период	Ученый	Вклад в науку
	Томас Мальтус (1766–1834) 	Утверждал, что популяции организмов растут экспоненциально, но ресурсы ограничены, что ведет к борьбе за выживание
Русские эволюционисты	Иван Мечников (1845–1916) 	– Создал теорию фагоцитоза. – Рассматривая эволюцию в контексте многообразия форм жизни, а также исследуя влияние внешних факторов на развитие организма
	Александр Ковалевский (1840–1901) 	– Известен своими работами по эмбриологии и исследованиям развития животных. – Он продемонстрировал, что стадии развития различных животных (включая человека) имеют сходство на ранних этапах, что свидетельствует о возможном общем предке
	Константин Сергеевич Геммерлинг (1865–1937) 	Активно работал над тем, как на микроуровне происходит отбор и изменение видов, что открыло новые направления для изучения эволюции в микроорганизмах
	Петр Платонович Суслов (1836–1903) 	– Утверждал, что человек и животные происходят от общих предков. – Анализировал, как различные антропологические признаки (например, строение черепа) могут быть результатом эволюционных изменений

Таблица 30. Вклад Ч. Дарвина в естествознание

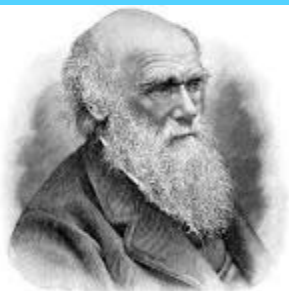
Дарвинизм – это научная теория эволюции органического мира, основанная на трудах Чарльза Дарвина.

Основные положения дарвинизма

Положение	Характеристика
Естественный отбор	Этот механизм считается главной движущей силой эволюции. В борьбе за выживание и размножение более приспособленные особи имеют больше шансов оставить потомство, передав свои благоприятные признаки
Борьба за существование	В природе постоянно идет борьба за ограниченные ресурсы (пищу, территорию и т.д.), что приводит к отсеву менее приспособленных особей

Положение	Характеристика
Наследственная изменчивость	Организмы имеют способность к изменениям, которые могут передаваться по наследству
Наследственность	Изменения, которые дают преимущество, передаются следующим поколениям, накапливаясь со временем
Постепенность эволюции	Эволюция происходит медленно, через накопление небольших наследственных изменений на протяжении многих поколений
Образование новых видов	В результате длительного действия естественного отбора и накопления изменений происходит дивергенция (расхождение) признаков и формирование новых видов

Жизнь и труды Ч. Дарвина



Чарльз Дарвин (1809–1882) – английский натуралист, путешественник и основоположник современной теории эволюции.

Родился	12 февраля 1809 года в Шрусбери, Англия
Образование	Учился в Эдинбургском и Кембриджском университетах
Кругосветное путешествие (1831–1836)	На борту корабля «Бигль» он совершил кругосветное плавание, собрав огромное количество данных о флоре, фауне и геологии в различных частях света, включая Южную Америку, Галапагосские острова и Австралию
Брак	В 1839 году женился на Эмме Вэджвуд, у них было десять детей
Исследования	После путешествия почти 20 лет изучал собранные материалы, в том числе усоногих раков, за исследование которых получил королевскую медаль в 1853 году
Умер	19 апреля 1882 года в Даун-Хаус

Основные труды

«Путешествие натуралиста вокруг света на корабле „Бигль”» (1839)	В этой книге Дарвин описал свои наблюдения и открытия, сделанные во время кругосветного плавания
«Происхождение видов путем естественного отбора» (1859)	Главный труд Дарвина, в котором он представил свою теорию эволюции, основывающуюся на наследственной изменчивости и естественном отборе как главном механизме эволюции
«Изменение животных и растений в домашнем состоянии» (1868)	Второй крупный труд, где он дополнил теорию примерами эволюции в процессе искусственного отбора, проведенного человеком
«Происхождение человека и половой отбор» (1871)	В этой работе Дарвин применил свою теорию к человеку, объяснив развитие его интеллекта и морали как результат эволюции
«Выражение эмоций у человека и животных» (1872)	Еще одна важная книга, посвященная сравнительной психологии и поведению животных

Доказательства эволюции

Доказательства	Характеристика	Пример
Палеонтологические	Окаменелости показывают, что организмы прошлого отличаются от современных, и демонстрируют последовательную картину эволюционных изменений	Млекопитающие не встречаются в отложениях, относящихся к эпохе рыб
	Переходные формы: ископаемые останки переходных форм представляют собой убедительное свидетельство эволюции	Археоптерикс: обладал признаками как рептилий (челюсти с зубами, когти), так и птиц (перья). Тиктаалик: эта переходная форма между рыбами и амфибиями имела жабры, чешую и плавники, а также признаки конечностей, которые позволили ему опираться на дно
	Филогенетические ряды: это последовательность ископаемых форм, показывающая постепенное изменение одного вида и образование нового	Филогенетический ряд лошадей, который демонстрирует, как их предки, величиной с собаку, со временем увеличились в размерах, а количество пальцев на ногах уменьшилось
Генетические и молекулярно-биологические	Сходство ДНК	Сравнение последовательностей ДНК разных видов показывает, что чем более родственными являются виды, тем больше сходства в их генетическом коде
	Единство жизни	Все живые организмы используют ДНК в качестве генетического материала, имеют сходный химический состав и единый генетический код
	«Молекулярные часы»	Сравнение скорости накопления мутаций в генах позволяет оценить, когда примерно разошлись пути разных видов
Сравнительно-анатомические	Гомологичные органы: органы, имеющие общее происхождение и сходный план строения, но выполняющие разные функции	Передние конечности человека, летучей мыши, кита и кошки имеют одинаковые кости
	Аналогичные органы: органы, выполняющие схожие функции, но имеющие разное происхождение	Крыло бабочки и крыло птицы
	Рудименты: органы, которые полностью или частично утратили свою функцию у взрослых особей, но были развиты у их предков	Копчик у человека, тазовые кости у китов или крылья у страусов
	Атавизмы: появление у отдельных особей признаков, характерных для их далеких предков	Многососковость у людей или обильный волосной покров на теле

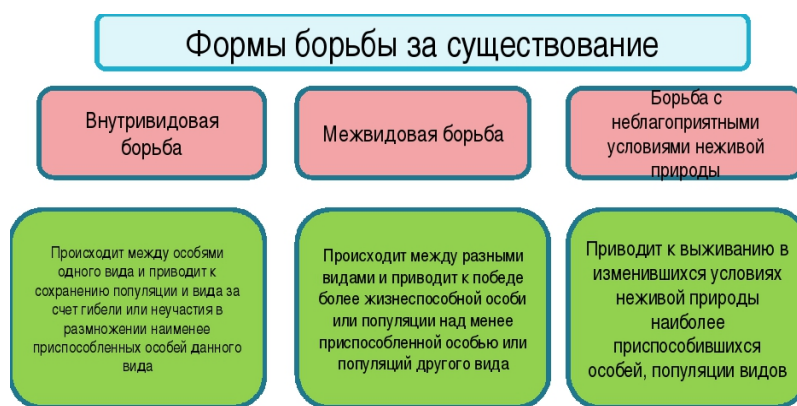
Доказательства	Характеристика	Пример
Биогеографические	Географическое распространение: виды, близкородственные друг другу, обычно обитают на близких территориях	Уникальная фауна Австралии (эндемики), которая эволюционировала в условиях изоляции
	Островные виды: изоляция на островах часто приводит к появлению уникальных видов, адаптировавшихся к местным условиям	Вьюрки Дарвина на Галапагосских островах
Эмбриологические	Сходство зародышей: на ранних стадиях развития зародыши разных позвоночных (рыб, птиц, млекопитающих) очень похожи	У всех них есть жаберные щели и хвостовой отдел. По мере развития различия становятся более явными

Таблица 31. Движущие силы эволюции и их взаимосвязь

Движущие силы эволюции – это наследственность, изменчивость, борьба за существование и естественный отбор, которые взаимосвязаны в едином процессе.



Движущая сила эволюции	Определение
Наследственность и изменчивость	Наследственность – способность организмов передавать свои признаки потомству
	Изменчивость – способность организмов приобретать новые признаки. В основе лежат два процесса: 1. Мутационная изменчивость – случайные, ненаправленные изменения в генотипе. 2. Комбинативная изменчивость – возникает при половом размножении из-за комбинации генов от родителей
Борьба за существование	Возникает из-за несоответствия между способностью организмов к неограниченному размножению и ограниченностью ресурсов (пища, территория, свет)
Естественный отбор	Движущая сила, которая отбирает наиболее приспособленных к среде особей. В результате выживают и оставляют потомство те, кто лучше приспособлен, а менее приспособленные особи вытесняются



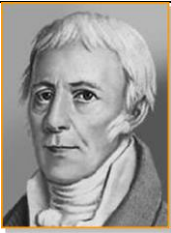
Формы естественного отбора

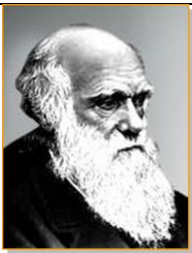
Формы естественного отбора:

- 1. Движущий:** действует при изменении условий среды, выявляет новые приспособления (например, устойчивость бактерий к антибиотикам).
- 2. Стабилизирующий:** действует в стабильных условиях, поддерживает средние значения признака (например, новорожденные со средней массой тела).
- 3. Дизруптивный (разрывающий):** отбирает особей с крайними значениями признака, что может привести к дивергенции (например, насекомые на острове – либо без крыльев, либо с мощными крыльями).

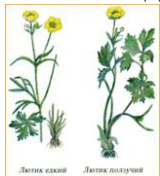
Таблица 32. Вид. Критерии вида

Вид – это группа особей, схожих по морфологическим, физиологическим и биохимическим признакам, способных скрещиваться между собой и давать плодовитое потомство.

Ученый	Вклад в науку
 Джон Рей (1628–1705)	Английский ботаник впервые ввел в биологию термин «вид»
 Карл Линней (1707–1778)	– Признавал реальное существование видов в природе. – Считал виды постоянными и неизменными
 Ж.Б. Ламарк (1774–1829)	– Считал, что термин «вид» придуман человеком для удобства классификации. – Отрицал реальное существование видов в природе. Реальными считал только особи

Ученый	Вклад в науку
Ч. Дарвин (1809–1882) 	– Виды реально существуют в природе. – Виды изменяются, дают начало другим видам

Критерии вида – это признаки, по которым одна группа организмов, составляющая вид, отличается от других видов.

Критерии вида	
Критерии	Характеристика
Морфологический	Сходство внешнего и внутреннего строения особей одного вида.  
Физиологический	Сходство процессов жизнедеятельности, особенно размножения. Особи разных видов, как правило, не скрещиваются или их потомство бесплодно. 
Биохимический	Видовая специфичность белков и нуклеиновых кислот, сходство химического состава и особенностей обмена веществ
Генетический	Определенный, присущий только виду набор хромосом (кариотип), их структура и состав ДНК
Экологический	Комплекс условий среды, к которым адаптирован вид, и его место в биоценозе (экологическая ниша). Экологический критерий 
Географический	

Видообразование. Способы видообразования

Видообразование – это эволюционный процесс, в результате которого из одного предкового вида образуется два или более новых.

Основные способы видообразования

Способ видообразования	Определение	Характеристика	Пример
Географическое (аллопатрическое)	Разделение единой популяции на части	Разделенные популяции развиваются независимо	Галапагосские вьюрки. На каждом из островов

видообразование	из-за географических барьеров, таких как горы, реки или океаны	друг от друга в разных условиях. В каждой из них накапливаются уникальные мутации	архипелага они развили клювы, приспособленные к разным источникам пищи, что привело к появлению множества новых видов
Экологическое (симпатрическое) видообразование	Формирование новых видов в пределах одного ареала, без физической изоляции	Видообразование происходит из-за различий в использовании экологических ниш (например, разные источники питания) или мутаций, приводящих к репродуктивной изоляции	Большие синицы и лазоревки в одном лесу. Они питаются разными насекомыми, что позволяет им не конкурировать и формировать отдельные виды
Полиплоидия	Внезапное видообразование, которое происходит в результате кратного увеличения числа хромосом в клетках организма	Организм-полиплоид оказывается репродуктивно изолированным от своих диплоидных предков, так как не может с ними скрещиваться	Некоторые виды папоротников, пшеницы и картофеля возникли в результате полиплоидии
Перипатрическое видообразование	От большой родительской популяции отделяется небольшая группа и изолируется на периферии ареала	В маленькой группе сильнее проявляются генетический дрейф и эффект основателя	Эволюция некоторых островных видов
Парапатрическое видообразование	Происходит между популяциями, которые занимают смежные, но неперекрывающиеся ареалы	Генетический обмен между популяциями ограничен, но не полностью прекращен	Травянистые растения в районах добычи полезных ископаемых, которые развили устойчивость к тяжелым металлам
Филетическое видообразование	Эволюция, в результате которой один вид полностью преобразуется в другой на протяжении длительного времени	Этот способ не приводит к увеличению числа видов	Эволюция лошадей, где более древние виды постепенно сменялись более современными

Популяции. Основные свойства популяций

Популяция – это группа особей одного вида, которая живет на общей территории, свободно скрещивается между собой и воспроизводит потомство.

Основные свойства популяции

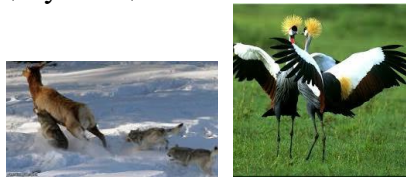
Численность	Общее количество особей в популяции
Плотность	Количество особей на единицу площади или объема

Численность	Общее количество особей в популяции
Рождаемость	Количество новых особей, появившихся в популяции за определенный период. Различают абсолютную (общее количество) и удельную (на одну особь) рождаемость
Смертность	Количество особей, погибших за определенный период. Так же, как и рождаемость, может быть абсолютной или удельной
Возрастная структура	Соотношение особей разного возраста в популяции. Распределение по возрастным группам влияет на ее рост и скорость обновления
Половая структура	Соотношение самцов и самок. Эта характеристика особенно важна для размножения и динамики численности популяции
Динамичность	Способность популяции к изменению численности, структуры и распространения во времени
Уникальность	Каждая популяция обладает уникальным генофондом, что позволяет виду приспосабливаться к различным условиям в пределах своего ареала

Таблица 33. Приспособленность – результат действия факторов эволюции

Приспособленность – это совокупность особенностей строения, физиологии и поведения, которые позволяют организму выживать и размножаться в конкретных условиях окружающей среды.

Виды приспособленности

Вид приспособленности	Описание	Примеры
Морфологические	Приспособления, связанные с особенностями внешнего строения организма	Толстый мех у животных в холодном климате; защитная окраска; острые когти и зубы для охоты. 
Физиологические	Приспособления, связанные с особенностями работы внутренних органов и систем	Спячка у медведей; миграция птиц; замедление обмена веществ у растений зимой. 
Поведенческие (этологические)	Приспособления, связанные с особенностями поведения организма	Охота стаей у хищников; брачные танцы у птиц. 
Биохимические	Приспособления, связанные с особенностями химических процессов в организме	Выработка яда у змей; устойчивость к определенным химическим веществам

Приспособительное поведение

Приспособительное поведение – действия, направленные на избежание отрицательных факторов окружающей среды. Является одним из эффективных способов адаптации к среде обитания.

Виды приспособленности	Значение	Примеры
Замирание	Защита от поедания травоядными животными	Земноводные, птицы, некоторые жуки
Угрожающая поза	Защита от поедания	Ушастая круглоголовка, бородачатая ящерица
Запасание корма	Переживание бескормицы	Сойка, кедровка, бурундук, белка
Формирование брачных пар	Воспроизведение потомства и совместный уход за ним	Птицы, волки

Приспособленность организмов в Приднестровье

Приспособленность организмов в Приднестровье определяется сочетанием степных, лесостепных и речных экосистем, а также умеренно-континентальным климатом с засушливым летом и мягкой зимой.

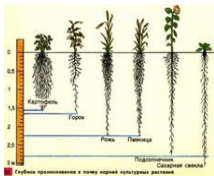
Виды приспособленности	Проявление
Устойчивость к засухе	Глубокая корневая система, которая позволяет добывать влагу из нижних слоев почв. 
	Опушение листьев (например, у некоторых полыней), что помогает уменьшить испарение влаги. 
	Способность быстро проходить жизненный цикл до наступления сильной жары
Изучение экзотических видов	В Республиканском ботаническом саду проводится работа по адаптации экзотических растений к местным условиям. Ученые изучают, как привозные виды приживаются в приднестровском климате, что позволяет обогащать флору региона
Приспособления к условиям городов	Городские растения, согласно природоохранным нормам, выбираются с учетом их способности выдерживать специфические условия. Например, не допускается высадка женских экземпляров тополей, пух которых может вызывать аллергию

Таблица 34. Главные направления эволюции органического мира

Эволюция – процесс исторического развития живой природы на основе изменчивости, наследственности и естественного отбора.

Главные направления эволюции

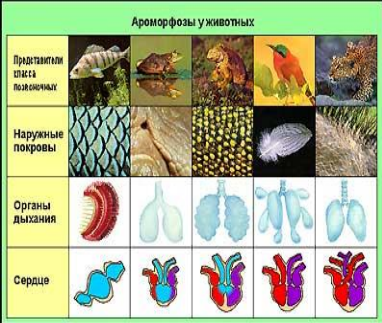
Биологический прогресс

- Возрастание приспособленности организмов к окружающей среде.
- Увеличение численности вида.
- Расширение ареала

Биологический регресс

- Снижение уровня приспособленности к условиям обитания.
- Уменьшение численности вида.
- Сокращение ареала

Главные направления эволюции органического мира

Направление эволюции	Характеристика	Примеры
Биологический прогресс	Увеличение приспособленности организмов к условиям окружающей среды, что ведет к росту численности вида, расширению ареала и образованию новых систематических групп	Процветающие виды (насекомые, грызуны), расширение ареала зайца-русака, развитие круглых червей (нематод)
Ароморфоз (арогенез)	Эволюционные преобразования, которые приводят к усложнению организации, повышению энергетического уровня и, как следствие, к выходу в новую среду обитания. Ведет к возникновению крупных систематических групп (классов, типов)	
Идиоадаптация (аллогенез)	Небольшие эволюционные изменения, которые повышают приспособленность к конкретным условиям среды, не затрагивая общий уровень организации	Различная форма клюва у вьюрков, приспособления к жизни в пустыне (например, у верблюда), покровительственная окраска у зайца-беляка
Общая дегенерация (катагенез)	Упрощение организации, связанное с переходом к сидячему или паразитическому образу жизни. В результате этого сохраняется приспособленность к среде, но снижается общий уровень развития	Исчезновение органов чувств и пищеварительной системы у паразитических червей, упрощение нервной системы у асцидий
Биологический регресс	Снижение приспособленности к условиям среды. Проявляется в уменьшении численности вида, сужении ареала, уменьшении числа	Угроза исчезновения редких и вымирающих видов животных (например, амурский тигр, белый

	популяций и угрозе вымирания	медведь) и растений, занесенных в Красную книгу
--	------------------------------	---

Частные закономерности эволюции

Эти закономерности описывают взаимосвязи между различными эволюционными путями и формами.

Закономерность	Характеристика	Пример
Дивергенция	Расхождение признаков у родственных организмов в результате адаптации к разным условиям. Приводит к образованию новых видов, родов и семейств (адаптивная радиация)	Ласты китов, крылья летучих мышей и конечности человека развились из общей конечности древних млекопитающих
Конвергенция	Независимое развитие сходных признаков у неродственных организмов в одинаковых условиях. Приводит к формированию аналогичных органов, имеющих разное происхождение	Крылья бабочки, птицы и летучей мыши
Параллелизм	Независимое развитие сходных признаков у родственных групп организмов, которое происходит в похожих условиях	Развитие саблезубости у разных групп кошек

Таблица 35. Возникновение жизни на Земле

Древние представления и гипотеза самозарождения

Теория	Суть
Креационизм	Жизнь была создана высшим существом
Самозарождение	Жизнь возникает из неживой материи, например, из гниющей плоти или грязи. (Современной наукой отвергнута.)
Стационарное состояние	Жизнь существовала на Земле всегда, возможно, в разных формах
Панспермия	Жизнь или ее «зародыши» были занесены на Землю из космоса с метеоритами или кометами
Биохимическая эволюция (гипотеза Опарина–Холдейна)	Жизнь возникла из неорганических веществ в три этапа: абиогенный синтез простых органических молекул, образование из них биополимеров (белков, нуклеиновых кислот), а затем формирование первых живых клеток (протобионтов)
Мир РНК	Предполагает, что вначале жизни РНК (а не ДНК) выполняла роль как носителя генетической информации, так и катализатора ферментативных реакций

Гипотеза А.И. Опарина

Биохимическая эволюция, или гипотеза Опарина – это наиболее известная и аргументированная научная теория, объясняющая происхождение жизни на Земле. Она утверждает, что жизнь возникла в результате постепенной химической эволюции молекул, содержащих углерод, из неживой материи.



Алекса́ндр Ива́нович Опа́рин – советский биолог и биохимик, создавший теорию возникновения жизни на Земле из абиотических компонентов.

Основные положения гипотезы

Первичный «бульон»	На ранней Земле в условиях бескислородной атмосферы в теплых океанах образовался так называемый «первичный бульон» – насыщенный раствор различных органических соединений
Синтез органических полимеров	Под воздействием внешних факторов (ультрафиолетовое излучение, грозовые разряды, вулканическая активность) из простых неорганических веществ в океане синтезировались простейшие органические соединения (аминокислоты, нуклеотиды, сахара). Затем они соединялись в более сложные органические полимеры – белки, нуклеиновые кислоты, жиры
Коацерватные капли	Советский биолог Александр Опарин предположил, что в растворах высокомолекулярных соединений могли самопроизвольно образовываться области повышенной концентрации – коацерватные капли. Эти капли были относительно обособлены от окружающей среды и могли поддерживать с ней обмен веществ
Пробионты	Коацерваты послужили основой для развития пробионтов – доклеточных форм жизни. Эти образования уже обладали элементарными свойствами живого: они могли расти, питаться, дышать и обмениваться веществами с внешней средой
Первые живые организмы	Дальнейшая самоорганизация привела к появлению первых примитивных одноклеточных существ, похожих на бактерии. Они были гетеротрофами, то есть получали энергию из готовых органических веществ, имеющих в «первичном бульоне», а не синтезировали ее сами

Таблица 36. Развитие жизни на Земле

Жизнь – это особая форма существования материи, которая отличается от неживой природы способностью к обмену веществ, самовоспроизведению и развитию.

Появление и эволюция первых клеток

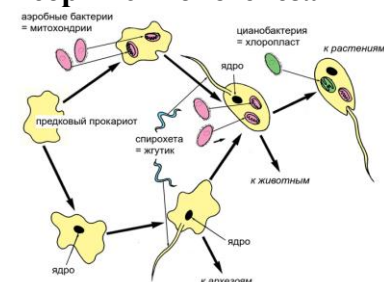
Согласно современным научным представлениям, жизнь зародилась на Земле около 3,8–3,9 миллиардов лет назад.

Этап	События	Процессы
Абиогенез и «первичный бульон»	Жизнь возникла в воде из «первичного бульона» – смеси неорганических и органических соединений, существовавших на молодой Земле	В этой бескислородной среде под воздействием энергии (ультрафиолетовое излучение, грозы) из простых неорганических веществ (метан, аммиак, вода) формировались более сложные органические молекулы (аминокислоты, нуклеотиды)
Гипотеза «мира РНК»	Гипотеза «мира РНК» предполагает, что первыми	РНК может не только хранить информацию, но и выполнять каталитические функции,

	носителями генетической информации были молекулы РНК	действуя как ферменты (рибозимы)
Формирование мембраны	Для возникновения клетки необходимо было отделить внутреннюю среду от внешней с помощью мембраны	Липиды (жироподобные молекулы) могут спонтанно образовывать микрокапсулы, в водной среде. Могли заключать в себя органические молекулы и, под воздействием внешних факторов, таких как дожди, объединяться и делиться. Это давало толчок к появлению первых примитивных «протоклеток»
Первые организмы прокариоты	Первые настоящие клетки были прокариотами – одноклеточными организмами без ядра и других сложных органелл	Изначально они были гетеротрофами, получавшими энергию из органических молекул. По мере уменьшения органики развились автотрофные прокариоты цианобактерии

Эволюция от прокариот до эукариот

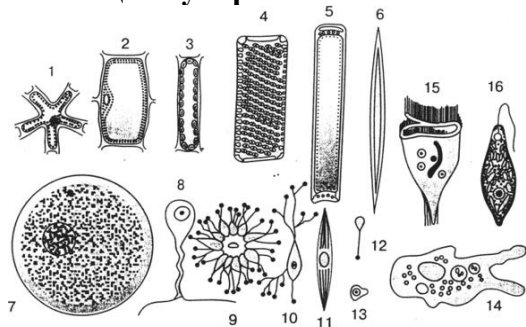
Теория симбиогенеза



Три симбиогенетических события:

- приобретение митохондрий, жгутиков и хлоропластов;
- появление ядра, митохондрии и жгутика;
- появление хлоропластов

Эволюция эукариот



- С появлением эукариотической клетки возникла возможность создания более сложных форм жизни.
- Со временем эукариоты приобрели другие структуры, такие как цитоскелет, ядро и половое размножение.
- Появились многоклеточные организмы (растения, животные, грибы), колониальные организмы.

Геохронологическая таблица развития жизни на Земле

Эон	Эра	Период	Время (млн лет назад)	Основные события в развитии жизни
Криптозой (Докембрий)	Архей		4000–2500	Появление простейших одноклеточных организмов (прокариот), таких как бактерии и цианобактерии. Начинается фотосинтез, который приводит к накоплению кислорода в атмосфере
	Протерозой		2500–541	Появление первых многоклеточных организмов

				(около 1 млрд лет назад) и более сложных клеток (эукариот). Возникает половое размножение. Появление первых животных (морских губок) около 700 млн лет назад
Фанерозой	Палеозой	Кембрий	541–485	«Кембрийский взрыв»: резкое увеличение разнообразия многоклеточных организмов, появление большинства современных типов животных. Возникают первые животные с твердым скелетом
		Ордовик	485–443	Господство беспозвоночных в морях. Появление первых позвоночных (бесчелюстных рыб). Завершается массовым вымиранием
		Силур	443–419	Распространение рыб. Выход растений на сушу
		Девон	419–359	«Век рыб»: расцвет хрящевых и костных рыб. Появление первых амфибий. Активное заселение суши растениями, развитие лесов
		Карбон	359–299	Расцвет амфибий. Появление рептилий и крылатых насекомых. Формирование залежей каменного угля из остатков древних деревьев
		Пермь	299–250	Разнообразие рептилий. Самое крупное в истории массовое вымирание на границе с мезозоем
	Мезозой	Триас	252–201	Появление первых динозавров и млекопитающих. Вымирание многих морских организмов
		Юра	201–145	«Век динозавров»: расцвет гигантских динозавров. Появление первых птиц. Развитие голосеменных растений
		Мел	145–66	Появление цветковых растений (покрытосеменных). Исчезновение динозавров и многих других видов в результате падения астероида

	Кайнозой	Палеоген	66–23	Расцвет млекопитающих и птиц, которые заняли освободившиеся ниши. Появление приматов
		Неоген	23–2,6	Развитие современных видов млекопитающих. Появление первых гоминид, прямоходящих предков человека
		Четвертичный	2,6–наст. время	«Век человека»: появление и развитие современного человека (около 200 тыс. лет назад). Ледниковые периоды и формирование современного климата

Таблица 37. Происхождение человека

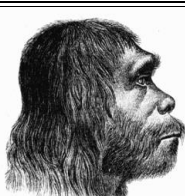


Происхождение человека (антропогенез) – это длительный эволюционный процесс, в ходе которого люди развились от своих обезьяноподобных предков.

Науки, изучающие антропогенез

Палеоантропология	Занимается изучением ископаемых останков древних людей
Археология	Изучает материальную культуру древних обществ, в том числе орудия труда и поселения
Генетика	Позволяет проследить эволюционные связи между видами и анализировать генетические особенности человека
Лингвистика	Исследует происхождение и развитие язык

Ключевые этапы эволюции

Древнейшие предки (6–8 млн лет назад)	Впервые обнаружены в Африке. Общий предок человека и человекообразных обезьян	
Ранние гоминины (6–4 млн лет назад)	Австралопитеки Один из важнейших шагов – переход к прямохождению, о чем свидетельствуют окаменелые следы. Мозг был сопоставим по размерам с мозгом шимпанзе	
	Ардипитек Отличаются смешанным прямохождением и способностью к лазанию по деревьям	
Древнейшие люди (род Homo)	Человек умелый (Homo habilis) Появился около 2,5 млн лет назад. Первый, кто начал изготавливать простейшие каменные орудия труда. Объем мозга был больше, чем у австралопитеков	
	Человек прямоходящий (Homo erectus) Жил около 1,8 млн – 400 тыс. лет назад. Овладел огнем и начал активно использовать его для приготовления пищи. Первый вид, который начал миграцию из Африки, распространившись по Евразии. Отличался более развитыми орудиями труда	
Древние люди (палеоантропы)	Неандертальцы (Homo neanderthalensis) Жили в Европе и Азии. Обладали крупным мозгом, развитой мускулатурой и примитивной культурой. Исчезли около 40 тыс. лет назад	
Современные люди (Homo sapiens)	Человек разумный (Homo sapiens) Появились в Африке около 300 тыс. лет назад. Отличаются более высоким и округлым черепом, меньшим лицом и надбровными дугами, а также выраженным подбородком. Около 60 тыс. лет назад мигрировали из Африки и расселились по всему миру. Характерны развитая речь, сложное символическое мышление, искусство, разнообразные орудия труда и сложная культура	

Основные факторы антропогенеза

Биологические факторы	Изменчивость: обеспечивает появление новых признаков. Наследственность: закрепляет полезные изменения. Естественный отбор: отбирает особей с наиболее приспособленными к среде признаками
Социокультурные факторы	Труд: изготовление и использование орудий труда стимулировали развитие мозга, кисти руки и прямохождения. Речь: развитие голосового аппарата и центров речи в мозге способствовало общению и передаче опыта.

	Мышление: усложнение умственных процессов привело к развитию интеллекта и появлению абстрактного мышления. Общественный образ жизни: совместная деятельность, воспитание потомства и передача знаний способствовали развитию культуры и социальных навыков
--	--

Таблица 38. Человеческие расы

Человеческие расы – это исторически сложившиеся группы людей, отличающиеся некоторыми наследственными внешними признаками, такими как цвет кожи, глаз, волос, строение лица и др.

Основные факторы, повлиявшие на формирование рас

Изоляция	Разделенные большими расстояниями и естественными барьерами, группы людей развивались независимо, что привело к накоплению определенных генетических признаков
Естественный отбор	Климатические условия оказали сильное влияние на формирование расовых признаков: цвет кожи, разрез глаз, форма носа
Мутации и дрейф генов	Случайные генетические мутации, а также дрейф генов также способствовали накоплению небольших генетических различий между группами людей

Основные человеческие расы

Европеоидная	Характерны светлая кожа, мягкие волосы, меняющие цвет от светло-русого до темно-каштанового, цвет глаз от карего до голубого	Проживают в Европе, Северной Африке, Передней и Центральной Азии, а также на северной части Индостана	«ЕВРОПЕОИДНАЯ РАСА» 
Монголоидная	Отличается желтоватым цветом кожи, жесткими прямыми черными волосами, карими глазами и узким разрезом глаз	Восточная, Северная и Юго-Восточная Азия, а также коренное население Америки (индейцы)	
Негроидная	Характерны темно-коричневая или черная кожа, жесткие курчавые волосы, карие глаза, широкий нос и толстые губы	Тропическая Африка, но их потомки также живут в Латинской Америке, США и странах Карибского бассейна	
Австралоидная	Часто выделяется как четвертая большая раса. Ее представители, такие как австралийские аборигены, имеют схожие с негроидной расой признаки	Южная Азия и Океания, Австралия	

Смешанные расы

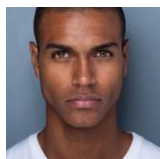
Смешанные расы – это потомки людей, принадлежащих к разным расовым группам			
Мулаты	Потомки от скрещивания людей европеоидной и негроидной рас	Составляют значительную часть населения таких стран, как Куба – 51 %, Бразилия – 38 %, а также некоторых стран Африки (ЮАР, Намибия)	
Метис	Потомок европеоидной расы и монголоидной – «евроазиат»	Метисы присутствуют практически во всех странах Западного полушария, а также России	
Самбо	Потомки от смешанных браков индейцев и негров	Латинская Америка	
Мальгаши	Потомки монголоидной и негроидной рас	О. Мадагаскар	

Таблица 39. Основы экологии

Основы экологии изучает взаимоотношения живых организмов друг с другом и с окружающей средой.

Основные понятия экологии

Среда обитания	Совокупность природных условий, в которых существуют организмы
Экологические факторы	Экологические факторы – это любые элементы или условия среды, оказывающие влияние на организмы
Абиотические	Неживые компоненты среды, такие как температура, свет, вода, состав почвы и воздуха
Биотические	Взаимодействия между живыми организмами (конкуренция, хищничество, симбиоз)
Пищевые цепи	Последовательности переноса энергии и питательных веществ от одного организма к другому
Круговороты веществ	Циклические процессы, в ходе которых химические элементы (например, углерод, азот) перемещаются между биотическими и абиотическими компонентами экосистемы
Экологическая ниша	Роль, которую занимает вид в экосистеме, включая его место обитания, способ питания и взаимодействия с другими видами
Биоразнообразие	Разнообразие жизни на всех уровнях: генетическое, видовое и экосистемное. Чем выше биоразнообразие, тем устойчивее экосистема

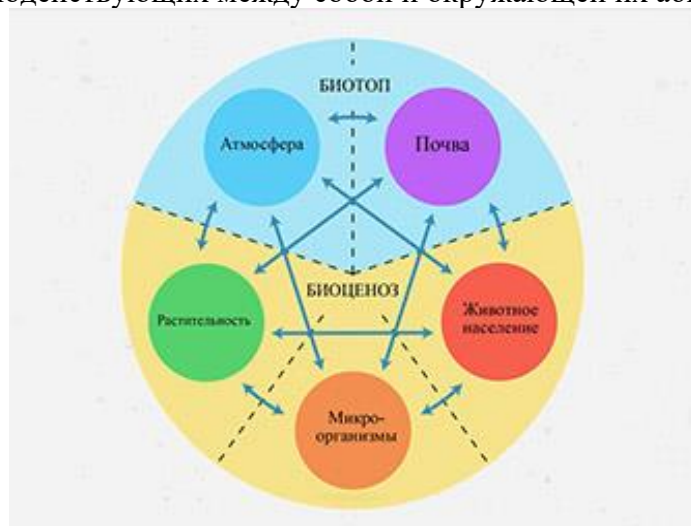
Экологические факторы – это компоненты среды обитания, которые влияют на организмы и делятся на абиотические (неживой природы), биотические (живой природы) и антропогенные (деятельность человека).

Экологические факторы среды

Тип фактора	Описание	Примеры
Абиотические	Факторы неживой природы. Включают в себя физические и химические условия окружающей среды	Климатические: температура, влажность, свет, осадки, давление воздуха. Эдафические: состав, структура и влажность почвы. Гидрологические: течение, соленость и температура воды. Орографические: рельеф, высота над уровнем моря
Биотические	Факторы живой природы. Взаимодействие между организмами одного (внутривидовые) или разных видов (межвидовые)	Внутривидовые: конкуренция за пищу, территорию, партнеров. Межвидовые: 1. Симбиоз: мутуализм (взаимовыгодное), комменсализм (выгодно одному, нейтрально другому), паразитизм (выгодно одному, вредно другому). 2. Конкуренция: соревнование за ресурсы. 3. Хищничество: поедание одних организмов другими. 4. Растительность: поедание растений животными
Антропогенные	Факторы, связанные с деятельностью человека, которая влияет на окружающую среду и организмы	Прямые воздействия: охота, рыболовство, вырубка лесов, строительство. Косвенные воздействия: загрязнение воздуха, воды и почвы (промышленные отходы, пестициды), изменение климата, разрушение среды обитания, интродукция (внесение) чужеродных видов

Экологические сообщества

Экологические сообщества – это совокупность живых организмов (растений, животных, микроорганизмов), взаимодействующих между собой и окружающей их абиотической средой.



Структуры экологических сообществ

Аспект структуры	Описание	Примеры
Видовое разнообразие	Общее количество видов, обитающих в сообществе. Определяет его устойчивость: чем больше видов, тем выше устойчивость	В тропическом лесу видовое разнообразие выше, чем в тундре
Пространственная	Распределение организмов в пространстве (по ярусам)	В лесу: ярусы деревьев, кустарников, трав, мхов
Трофическая (пищевая)	Пищевые взаимоотношения между организмами	Продуценты (растения). Консументы первого порядка (травоядные). Консументы второго и высших порядков (хищники). Редуценты (бактерии, грибы)
Доминирование	Виды, преобладающие по численности или биомассе	В дубраве доминирующий вид – дуб
Экологическая	Соотношение жизненных форм и приспособлений к условиям среды	Соотношение крупных и мелких животных, видов с разным типом питания

Классификация экологических сообществ

Критерий классификации	Типы сообществ	Примеры
По среде обитания	Наземные	Леса, луга, степи, пустыни
	Водные	Морские (океан, море), пресноводные (озера, реки)
По происхождению	Естественные (природные)	Лес, болото, река
	Искусственные (антропогенные)	Сад, огород, аквариум
По масштабу	Микроэкосистемы	Ствол дерева, лужа
	Мезоэкосистемы	Лес, поле, озеро
	Макроэкосистемы	Континент, океан, тайга
	Биосфера	Глобальная экосистема, совокупность всех экосистем Земли
По динамике	Климаксные	Стабильные, устойчивые сообщества (например, зрелый лес)
	Пионерные	Сообщества, возникающие на новых территориях (например, первые растения на выжженном участке)
	Сменные	Сообщества, сменяющие друг друга в процессе сукцессии

Таблица 40. Экологические сообщества

Экологическое сообщество, или биоценоз – это совокупность живых организмов (растений, животных, грибов, микроорганизмов), которые населяют определенную территорию (биотоп) и взаимосвязаны друг с другом.

Основные типы экологических сообществ по среде обитания

Тип сообщества	Описание	Примеры
Наземные		
Лесные	Характеризуются преобладанием деревьев, наличием нескольких ярусов растительности и высоким видовым разнообразием	Тропические леса, тайга, смешанные и широколиственные леса
Степные и саванные	Состоят преимущественно из травянистой растительности. Растительность разрежена или сгруппирована	Прерии Северной Америки, африканская саванна
Пустынные	Приспособлены к засушливому климату, с редкой растительностью и животными, ведущими ночной образ жизни	Сахара, пустыни Австралии
Арктические	Обитают в холодных регионах, где большая часть года покрыта снегом и льдом. Растительность представлена мхами и лишайниками.	Тундра, арктические пустыни
Водные		
Пресноводные	Населяют озера, реки, пруды и другие пресные водоемы	Озера, реки, пруды, болота
Морские	Обитают в морях и океанах, в зависимости от глубины и температуры	Рифы, глубоководные сообщества, прибрежные зоны
Искусственные (Агроценозы)	Созданы и поддерживаются человеком. Отличаются низкой устойчивостью, видовым разнообразием и требуют постоянного вмешательства	Поля, огороды, парки

Функциональная структура сообщества

Функциональная группа	Описание	Примеры
Продуценты	Производят органическое вещество из неорганического с помощью фотосинтеза. Создают основу пищевой цепи	Растения, некоторые водоросли и бактерии
Консументы	Потребляют органическое вещество	
– Первого порядка	Травоядные организмы, питающиеся растениями	Зайцы, олени
– Второго и высших порядков	Хищники, питающиеся другими животными	Лисы, львы
Редуценты	Разлагают мертвую органику, возвращая минеральные вещества в почву и воду	Бактерии, грибы, некоторые беспозвоночные

У экосистем нет фиксированных размеров или четких границ – они могут быть большими или маленькими.

Классификация экосистем по размеру и границам

Тип экосистемы	Характерный размер	Особенности границ	Пример
Микроэкосистема	Небольшой, ограниченный	Часто имеют четко выраженные, физически ограниченные границы	Гниющий ствол дерева, лужа, муравейник

Мезоэкосистема	Средний, региональный	Границы более размыты и определяются не столько физически, сколько экологическими условиями (например, границами леса или озера)	Участок леса, поле, пруд, небольшая река, озеро
Макроэкосистема	Крупный, континентальный	Границы очень размыты, охватывают огромные территории и зависят от климатических, географических и других факторов	Океан, пустыня, тундра, тайга, континент
Биосфера	Глобальный	Глобальная система, которая включает в себя все существующие экосистемы и границы которой определяются всей поверхностью планеты, где существует жизнь	Вся планета Земля

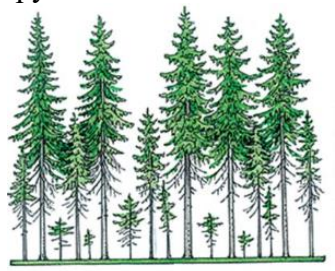
Сравнительная таблица естественных и искусственных экосистем

Критерии	Природные экосистемы	Искусственные экосистемы
Происхождение	Возникают и функционируют без вмешательства человека	Создаются и поддерживаются людьми
Биоразнообразие	Высокое; включает множество видов и генетическое разнообразие	Низкое; обычно состоит из нескольких видов, отобранных человеком (например, монокультура на полях)
Устойчивость	Более устойчивы и могут самостоятельно адаптироваться к изменениям окружающей среды	Менее устойчивы и нуждаются в постоянном контроле и поддержке со стороны человека
Саморегуляция	Саморегулирующиеся, что позволяет им поддерживать равновесие без внешнего вмешательства	Не способны к саморегуляции; для поддержания баланса необходимы постоянные усилия человека
Пищевые цепи	Сложные и разветвленные пищевые сети	Простые и часто незавершенные пищевые цепи
Круговорот веществ	Замкнутый и эффективный	Часто неполный и требует постоянного внесения удобрений и других ресурсов
Энергия	Основной источник энергии – солнечный свет	Помимо солнечного света, часто требуются дополнительные источники энергии (например, для производства удобрений и пестицидов)
Примеры	Лес, океан, пустыня, река	Поле, аквариум, сад, водохранилище

Таблица 41. Взаимоотношения в экосистеме

Взаимоотношения в экосистеме – это биотические (живые) и абиотические (неживые) связи между организмами и окружающей их средой.

Биотические взаимоотношения в экосистеме

Вид взаимоотношений	Описание	Примеры
Мутуализм	Взаимовыгодное сотрудничество, часто необходимое для выживания обоих видов	Опыление цветков пчелами, лишайник (гриб и водоросль)
Комменсализм	Один вид извлекает пользу, не принося вреда или выгоды другому	Морские желуди на теле кита, рыбы-прилипалы и акулы Комменсализм  Рыбы-горчаки и моллюски Акула и рыба-прилипала
Паразитизм	Один организм (паразит) живет за счет другого (хозяина), нанося ему вред	Клещи и другие кровососущие, глисты в организме млекопитающего 
Хищничество	Один организм (хищник) охотится на другой (жертву) и поедает его	Волк и олень, лиса и заяц 
Травоядность	Организм питается растительной пищей, нанося вред растениям	Корова и трава, олень и листья кустарников 
Внутривидовая конкуренция	Особи одного вида борются за ограниченные ресурсы (пищу, территорию, партнера)	Деревья одного вида в лесу, конкурирующие за свет 

Межвидовая конкуренция	Особи разных видов борются за общие ограниченные ресурсы	Львы и гиены, конкурирующие за добычу 
Нейтрализм	Виды сосуществуют, не оказывая заметного влияния друг на друга	Белка и лось в одном лесу (влияние неочевидно) 
Аменсализм	Один вид подавляет другой, сам при этом не испытывая ни пользы, ни вреда	Высокие деревья затеняют почву, подавляя рост низкорослых растений 

Паразитизм как экологическое явление

Паразитизм – это форма взаимоотношений между двумя видами организмов, при которой один (паразит) живет за счет другого (хозяина) и причиняет ему вред.

Ключевые характеристики паразитизма

Отношения между видами	Паразит и хозяин образуют единую биологическую систему, где физиология паразита подчинена физиологии хозяина
Источник питания	Паразит получает от хозяина питательные вещества, ткани или кровь
Среда обитания	Паразит использует организм хозяина как место для жизни и размножения
Вред для хозяина	Паразит наносит вред хозяину, который может варьироваться от снижения работоспособности до гибели организма
Виды вреда	Воздействие паразита на хозяина может быть механическим, токсическим (выделение токсинов) или трофическим (поглощение питательных веществ)

Жизненный цикл паразитов – это последовательность стадий, которые паразит проходит для своего развития, роста и размножения.

Стадии жизненного цикла паразитов



Природно-очаговые болезни – это инфекционные заболевания, возбудители которых существуют в природе в определенных очагах и передаются человеку от диких или домашних животных, а также через переносчиков (например, клещей, комаров) или зараженные объекты окружающей среды.

Природно-очаговые болезни

Человека	Животных
1. Чума. 2. Туляремия. 3. Клещевой и комариный энцефалиты. 4. Бешенство. 5. Лептоспирозы. 6. Геморрагические лихорадки. 7. Кожный лейшманиоз. 8. Клещевой сыпной тиф	- Бешенство. - Ящур. - Лептоспироз. - Трихинеллез. - Эхинококкоз

Профилактика очагово-инфекционных болезней

Защита от укусов	Используйте репелленты, надевайте закрытую одежду во время прогулок на природе, осматривайте себя после посещения леса
Гигиена	Соблюдайте личную гигиену, мойте руки перед едой. Не прикасайтесь к животным голыми руками
Продукты питания и вода	Не употребляйте в пищу немытые овощи, фрукты и ягоды, некипяченое молоко. Пейте только кипяченую или бутилированную воду
Устранение факторов риска	Обеспечьте недоступность продуктов для грызунов, утилизируйте пищевые отходы, проводите дератизацию (борьбу с грызунами) на дачных и придомовых участках
Соблюдение мер предосторожности	Избегайте купания в неизвестных водоемах и питья воды из открытых источников, особенно если выше по течению есть места водопоя животных

Таблица 42. Эволюция биосферы

Биосфера – это живая оболочка Земли, охватывающая совокупность всех живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в постоянном обмене с этими организмами.

Эволюция биосферы – это длительный процесс развития жизни на Земле и ее взаимодействия с абиотической (неживой) природой, в результате которого биосфера усложнялась и приобретала современные черты.

Компоненты биосферы по В.И. Вернадскому

Компоненты	Характеристика	Функции
Живое вещество	Это совокупность всех живых организмов, населяющих Землю	1. Аккумулирует и трансформирует солнечную энергию. 2. Участвует в окислительно-восстановительных реакциях, происходящих в окружающей среде. 3. Создает условия для жизни, преобразуя физико-химические параметры среды
Биогенное вещество	Это вещество, создаваемое живыми организмами. К нему относятся: – каменный уголь; – нефть и торф; – известняк, образованный из остатков организмов	1. Энергетическая. 2. Газовая. 3. Окислительно-восстановительная. 4. Средообразующая
Косное вещество	Горные породы (за исключением биогенных) и минералы, которые не содержат следов жизнедеятельности	Косное вещество служит «сырьем» или средой для живых и биокосных веществ
Биокосное вещество	Это результат совместной работы живых организмов и неживой природы (косного вещества)	1. Формирование и сохранение почвы. 2. Регуляция круговорота вещества. 3. Создание и поддержка среды обитания. 4. Участие в геологических процессах

Границы биосферы

Оболочка Земли	Характеристика
Атмосфера	Верхняя граница проходит на высоте 15–20 км от поверхности Земли. Жизнь сосредоточена в тропосфере, а ее распространение ограничивает ультрафиолетовое излучение
Гидросфера	Жизнь распространена по всей толще водной оболочки, включая самые глубокие океанические впадины (до 11 км)
Литосфера	Нижняя граница проходит на глубине 3–4 км. Распространение жизни ограничивается высокой температурой и давлением

Функции биосферы

Функция	Описание
Энергетическая	Живые организмы преобразуют солнечную энергию в энергию химических связей органических веществ (в процессе фотосинтеза), которая затем используется для обеспечения жизнедеятельности. Это обеспечивает круговорот энергии на планете

Газовая	Живые организмы влияют на газовый состав атмосферы. Например, микроорганизмы участвуют в процессах, связанных с азотом и другими газами
Концентрационная	Живые организмы способны концентрировать различные химические элементы, извлекая их из окружающей среды. Например, морские водоросли накапливают йод
Окислительно-восстановительная	Живые организмы участвуют в окислительно-восстановительных процессах, изменяя химическое состояние веществ в окружающей среде
Деструктивная	Живые организмы, главным образом бактерии и грибы, осуществляют разложение мертвого органического вещества, возвращая его в круговорот веществ
Средообразующая	Живые организмы формируют окружающую среду, создавая условия для жизни других организмов (например, почву)
Транспортная	Организмы осуществляют перенос вещества в биосфере

Ноосфера – это сфера разума и последняя из последовательных стадий эволюции Земли, в которой разумная человеческая деятельность становится определяющим фактором развития.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

Печатные издания

1. Каменский А.А., Криксунов Е.А., Пасечник В.В. Общая биология. 10–11 классы. – М.: Дрофа, 2009.
2. Теремов А.М., Петросова Р.А. Биология. 10 класс. – М.: Мнемозина, 2012.
3. Теремов А.М., Петросова Р.А. Биология. 11 класс. – М.: Мнемозина, 2012.

Электронные издания (электронные ресурсы)

4. Виртуальная школа Кирилла и Мефодия. Уроки биологии. 10–11 классы. – 2003.
5. Библиотека электронных наглядных пособий. Биология. 8–11 классы. – М., 2003.
6. Репетитор по биологии Кирилла и Мефодия. – М., 2009–2013.
7. Электронная школа Приднестровья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edu.gospmr.org>
8. Развитие, биология, генетика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mglinets.narod.ru>
9. Проблемы Эволюции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://evolbiol.ru/>
10. Новости науки. Элементы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elementy.ru/news/>
11. Изучаем биологию (биология в интернете) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://learnbiology.narod.ru/index.htm>
12. Биология. Электронный учебник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biologylib.ru/catalog/>

Учебное издание

БИОЛОГИЯ В СХЕМАХ И ТАБЛИЦАХ

Учебно-методическое пособие

Составители:

Г.М. Грибинча, А.А. Демушина

Подписано в печать 01.12.2025.

Формат издания 60×84 ¹/₈. Усл. печ. л. 10,7.

Изготовлено в ГОУ ДПО «Институт развития образования и повышения квалификации». 3300, г. Тирасполь, ул. Краснодонская, 31/2.