ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ КОЛЛЕДЖ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

ЛЕКЦИЯ 1. ВВЕДЕНИЕ. ТЕМА 1. УЧЕНИЕ О КЛЕТКЕ

Биология как наука. Объект изучения

Биология — система наук о живой природе, предметом изучения которой являются живые организмы, их строение, функционирование, развитие, происхождение, распространение и взаимосвязи с окружающей средой. Объектом изучения биологии выступает живая материя во всём её многообразии: от молекулярных структур клетки до биосферы как глобальной оболочки Земли, населённой живыми организмами.

Специфика биологического объекта определяется его принципиальными особенностями: живая система является открытой, саморегулирующейся и самовоспроизводящейся, она существует в неразрывном единстве с внешней средой и исторически развивалась в процессе эволюции. Этим обусловлено и своеобразие методов биологии: наряду с наблюдением и экспериментом живая природа требует исторического (эволюционного) и системного подходов к анализу.

Признаки живых организмов и их многообразие

Живые организмы характеризуются рядом фундаментальных свойств, отличающих их от объектов неживой природы:

• **Дискретность и целостность** — организм состоит из элементов (клеток, тканей, органов), образующих единую систему;

• **Обмен веществ и энергии (метаболизм)** — совокупность процессов поступления, превращения, запасания и выделения веществ; именно метаболизм обеспечивает гомеостаз — относительное постоянство внутренней среды организма;

• **Рост и развитие** — увеличение массы и размеров за счёт ассимиляции, а также закономерные качественные изменения в течение онтогенеза;

• **Самовоспроизведение (репродукция)** — способность к размножению на основе наследственной информации;

• **Наследственность и изменчивость** — сохранение и передача признаков потомкам при одновременной их вариабельности, создающей материал для эволюции;

• **Раздражимость и движение** — способность избирательно реагировать на внешние воздействия (раздражители);

• **Ритмичность** — регулярные колебания процессов жизнедеятельности, согласованные с суточными, сезонными и иными природными циклами.

Многообразие живых организмов крайне велико. В настоящее время биологи выделяют несколько надцарственных групп: бактерии и архебактерии (прокариоты, лишённые оформленного ядра), эукариоты (растения, грибы, животные, включая человека). Всего описано несколько миллионов видов, при этом полное их число, вероятно, значительно превышает известное. Разнообразие организмов проявляется в строении, размерах (от микоплазмы размером около 0,1 мкм до голубого кита массой более 150 т), типах питания (авто-, гетеро- и миксотрофия), способах размножения, среде обитания и уровне организации.

Уровневая организация живой материи

Живой мир характеризуется иерархической организацией, при которой каждый последующий уровень обладает эмерджентными свойствами, не сводимыми к свойствам элементов предыдущего. Выделяют следующие уровни:

1. **Молекулярный** — взаимодействие молекул неорганических и органических веществ (ДНК, белков, липидов и др.), составляющих основу жизни;
2. **Клеточный** — клетка как элементарная структурно-функциональная единица живого;
3. **Тканевый** — совокупность клеток и межклеточного вещества, сходных по строению, происхождению и функциям (характерен для многоклеточных эукариот);

4. **Органный** — органы, образованные несколькими тканями и выполняющие определённые функции;

5. **Организменный** — целостный организм как единица онтогенеза;

6. **Популяционно-видовой** — совокупности особей одного вида (популяции), внутри которых происходят элементарные эволюционные процессы;

7. **Биогеоценотический (экосистемный)** — сообщества организмов разных видов в единстве с факторами неживой среды;

8. **Биосферный** — совокупность всех экосистем Земли и её атмосферы, гидросферы, литосферы, охваченных круговоротом веществ.

Идея единого процесса развития живой природы — эволюции — является стержневой для современной биологии. Согласно эволюционной теории, все многообразие видов произошло в результате длительного исторического развития от общих предков; движущими силами эволюции считаются наследственная изменчивость, борьба за существование и естественный отбор (Ч. Дарвин), а наследование признаков обеспечивается законами генетики.

Методы познания живой природы

Основными методами биологических исследований являются:

• **наблюдение** — описание и систематизация фактов без вмешательства в естественный ход процессов;

• **эксперимент** — искусственное воспроизведение условий с целью проверки гипотез, позволяющий установить причинно-следственные связи;

• **сравнительно-описательный метод** — выявление сходства и различий между объектами (основы сравнительной анатомии, эмбриологии);

• **метод моделирования** — воспроизведение биологических процессов на физико-химических и математических моделях;

• **исторический (эволюционный) метод** — анализ событий прошлого развития жизни (палеонтология, сравнительная систематика);

• **молекулярно-генетические, биохимические, цитологические, гистологические методы** — исследование живых систем на субклеточном и молекулярном уровнях;

• **статистические и биометрические методы** — количественная обработка данных.

Современная биология всё в большей степени опирается на методы смежных наук — физики, химии, информатики (биоинформатика, геномика), что придаёт ей характер точной науки.

Общие закономерности биологии. Роль биологии в формировании естественнонаучной картины мира

Живая природа подчиняется общим законам, единым для всей материальной природы (законы термодинамики, законы сохранения), но вместе с тем обладает специфическими закономерностями, не сводимыми к физико-химическим: кодирование и реализация наследственной информации, эволюционное развитие, клеточное строение, дискретность и целостность организмов.

Значение биологии в формировании естественнонаучной картины мира определяется тем, что она:

• раскрывает материальную природу жизни и её единство с неживой природой;

• обосновывает идею исторического развития органического мира (эволюционный подход);

• даёт научные основы понимания места человека в природе и его зависимости от состояния биосферы;

• является теоретической базой медицины, сельского хозяйства, биотехнологии, экологии, фармацевтики и пищевой промышленности.

В практическом отношении достижения биологии лежат в основе получения лекарств и вакцин, генно-инженерных технологий, селекции растений и животных, охраны

окружающей среды, борьбы с эпидемиями. Понимание биологических закономерностей необходимо грамотному специалисту любого профиля: на фоне глобальных экологических проблем биологическая грамотность становится частью общей культуры и основой здорового образа жизни, а также профессиональной компетенцией специалистов среднего звена в медицине, сельском хозяйстве, экологии, биотехнологии, ветеринарии и пищевой промышленности.

Клетка — элементарная живая система

Клетка — элементарная структурно-функциональная единица всех живых организмов, обладающая всеми признаками жизни и способная к самостоятельному существованию, росту и размножению в благоприятных условиях. Все известные организмы либо являются одноклеточными, либо состоят из множества клеток. Вирусы, лишённые клеточного строения, проявляют свойства живого только внутри клеток-хозяев, что подтверждает исключительное положение клетки в системе живой материи.

Краткая история изучения клетки

Изучение клетки началось с изобретением микроскопа. В 1665 году Роберт Гук, рассматривая под микроскопом срез пробки, описал и ввёл термин «клетка». В 1674 году Антони ван Левенгук впервые увидел одноклеточные организмы (простейших, бактерии, сперматозоиды). В 1838–1839 годах ботаник М. Шлейден и зоолог Т. Шванн обобщили накопленные данные и сформулировали клеточную теорию, установив единство строения растений и животных. Р. Вирхов в 1858 году дополнил теорию положением о том, что каждая клетка происходит от клетки путём деления («Omnis cellula e cellula»).

В конце XIX века были описаны основные органеллы (митохондрии — Р. Альтман, аппарат Гольджи — К. Гольджи, хромосомы — Э. Страсбургер и В. Флемминг). В 1953 году Дж. Уотсон и Ф. Крик предложили пространственную модель ДНК, открыв молекулярную эру биологии. Во второй половине XX века электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ и молекулярная биология позволили расшифровать тонкое строение клетки и механизмы биосинтеза белка, а в XXI веке методы геномики и биоинформатики продолжают углублять представления о клетке как сложнейшей молекулярной системе.

Химическая организация клетки

В состав клетки входит около 80 химических элементов из известных в природе. Наиболее важны углерод (C), водород (H), кислород (O), азот (N), сера (S), фосфор (P) — на их долю приходится основная масса органических молекул; они называются биогенными (органогенными) элементами.

Все вещества клетки делятся на неорганические и органические.

Неорганические вещества

Вода составляет в среднем 70–80 % массы клетки и служит средой, в которой протекают все биохимические реакции. Молекула воды полярна, образует водородные связи, обладает высокой теплоёмкостью — отсюда её роль термостабилизатора, растворителя, участника реакций гидролиза и переносчика тепла и веществ. **Минеральные соли** представлены катионами (Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}) и анионами (Cl^-, PO_4^{3-}, HCO_3^-); они поддерживают осмотическое давление, кислотно-щелочное равновесие (pH), участвуют в передаче нервных импульсов, свёртывании крови, входят в состав костей, раковин и других структур.

Органические вещества

Углеводы (сахара и их полимеры) — универсальный источник и запас энергии (глюкоза, крахмал у растений, гликоген у животных), а также структурные компоненты клеточных стенок (целлюлоза) и признаки принадлежности клеток (олигосахариды мембран). Различают моно- (глюкоза, фруктоза, рибоза, дезоксирибоза), ди- (сахароза, лактоза) и полисахариды (крахмал, гликоген, целлюлоза, хитин).

Липиды — гидрофобные вещества, в основном сложные эфиры глицерина и жирных кислот. Функции: энергетическая (при окислении 1 г жира выделяется около 38,9 кДж — более чем вдвое больше, чем при окислении углеводов), структурная (фосфолипиды образуют билипидный слой биологических мембран), запасающая, терморегуляционная, защитная (жировая ткань), гормональная (стероидные гормоны), витаминная.

Белки — высокомолекулярные полимеры, мономерами которых служат аминокислоты (в составе белков — 20). Различают четыре уровня структурной организации белковой молекулы: первичный (последовательность аминокислот), вторичный (спираль или складчатый слой за счёт водородных связей), третичный (трёхмерная укладка полипептида), четвертичный (объединение нескольких полипептидных субъединиц, например в гемоглобине). Денатурация — нарушение пространственной структуры белка под действием температуры, кислот и других факторов — ведёт к потере функции. Белки выполняют многообразные функции: ферментативную (катализ), структурную, транспортную (гемоглобин), защитную (антитела), сократительную (актомиозин), регуляторную (гормоны), рецепторную, запасающую, энергетическую (при недостатке углеводов и жиров).

Нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК) — биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды, состоящие из азотистого основания, пентозы и остатка фосфорной кислоты. ДНК содержит сахар дезоксирибозу и основания аденин, гуанин, цитозин, тимин; РНК — рибозу и урацил вместо тимина. ДНК является носителем наследственной информации, РНК участвует в её реализации: информационная (матричная) РНК (иРНК/мРНК) переносит информацию о структуре белка, транспортная РНК (тРНК) доставляет аминокислоты к рибосомам, рибосомальная РНК (рРНК) входит в состав рибосом. Существуют также малые РНК с регуляторными функциями. Особую группу нуклеотидов составляют АТФ (аденозинтрифосфат) — универсальный источник энергии в клетке.

Строение и функции клетки. Прокариоты и эукариоты

Все клетки по типу организации делятся на **прокариотические** (безъядерные) и **эукариотические** (ядерные).

Признак	Прокариотическая клетка	Эукариотическая клетка
Ядро	Отсутствует; ДНК кольцевая, в нуклеоиде, без гистонов	Оформленное ядро с двойной мембраной; ДНК линейная, с гистонами
Мембранные органеллы	Отсутствуют (нет митохондрий, ЭПС, комплекса Гольджи)	Присутствуют
Рибосомы	Мелкие (70S)	Крупные (80S) в цитоплазме, 70S в органеллах
Клеточная стенка	Есть (муреин/пептидогликан)	Есть у растений и грибов (целлюлоза, хитин), нет у животных
Деление	Простое бинарное деление	Митоз, мейоз
Размеры	0,5–5 мкм	10–100 мкм

ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ КОЛЛЕДЖ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

Признак	Прокариотическая клетка	Эукариотическая клетка
Представители	Бактерии, архебактерии	Растения, животные, грибы, протисты

Цитоплазма и клеточная мембрана

Клеточная (плазматическая) мембрана — биологическая мембрана толщиной около 7–10 нм, построенная по жидкостно-мозаичной модели: двойной слой фосфолипидов с погружёнными белками (интегральными, полуинтегральными, периферическими) и молекулами холестерина. Мембрана выполняет барьерную, транспортную (пассивный транспорт — диффузия и осмос, активный — с затратой энергии АТФ: калий-натриевый насос, эндо- и экзоцитоз), рецепторную, контактную и защитную функции.

Цитоплазма — внутреннее содержимое клетки, включающее гиалоплазму (коллоидный раствор белков) и органеллы. Гиалоплазма объединяет все структуры клетки в единую систему и является средой биохимических реакций.

Органоиды клетки

• **Ядро** — носитель генетической информации; окружено двойной мембраной (кариолеммой) с ядерными порами; содержит хроматин (комплекс ДНК и белков), ядрышко (место синтеза рРНК), нуклеоплазму;

• **Эндоплазматическая сеть (ЭПС)** — система канальцев и цистерн; шероховатая (гранулярная) ЭПС несёт рибосомы и участвует в синтезе белков, гладкая (агранулярная) — в синтезе липидов и углеводов, детоксикации;

• **Аппарат (комплекс) Гольджи** — стопка мембранных цистерн, в которой происходит модификация, сортировка и упаковка белков и липидов, а также формирование лизосом;

• **Лизосомы** — пузырьки с гидролитическими ферментами, обеспечивающие внутриклеточное пищеварение и аутофагию;

• **Митохондрии** — двумембранные органеллы с внутренней кристой, содержащие собственную ДНК и рибосомы; осуществляют клеточное дыхание и синтез АТФ (энергетические станции клетки);

• **Пластиды** (только у растений) — хлоропласты (фотосинтез), хромопласты (окраска), лейкопласты (запасные вещества); также двумембранные с собственной ДНК;

• **Рибосомы** — немембранные структуры, состоящие из большой и малой субъединиц; место синтеза белка;

• **Вакуоли** — у растений крупные полости с клеточным соком, поддерживающие тургор и запасающие вещества;

• **Клеточный центр** (центросома) — участвует в образовании веретена деления у животных;

• **Цитоскелет** — микротрубочки и микрофиламенты, обеспечивающие форму клетки, внутриклеточный транспорт и движение;

• **Органоиды движения** — жгутики и реснички;

• **Включения** — непостоянные структуры (капли жира, зёрна крахмала, пигменты).

Вирусы как неклеточная форма жизни

Вирусы — облигатные внутриклеточные паразиты, не имеющие клеточного строения. Их тело (вирион) состоит из нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и белковой оболочки (капсида), нередко окружённой суперкапсидом. Вне клетки-хозяина вирусы не проявляют признаков жизни; проникая в клетку, они используют её биосинтетический аппарат для собственной репликации. Особую группу составляют ретровирусы (ВИЧ), способные

встраивать копию своего генома в ДНК клетки-хозяина, и бактериофаги — вирусы бактерий.

Вирусы имеют большое значение как возбудители инфекционных заболеваний человека, животных и растений: гриппа, кори, оспы, бешенства, гепатитов, герпеса, ВИЧ-инфекции, СПИДа, COVID-19 и др. Борьба с вирусными инфекциями ведётся по нескольким направлениям: профилактика (вакцинация — исторически первая успешная вакцина Дженнера против оспы), противовирусные препараты (интерфероны, ингибиторы обратной транскриптазы и протеаз), санитарно-эпидемиологические меры, а в экосистемном аспекте — естественный контроль численности бактерий фагами. Наиболее сложной проблемой остаётся ВИЧ-инфекция и СПИД — синдром приобретённого иммунодефицита, при котором вирус поражает Т-лимфоциты (хелперы) и разрушает иммунную систему; эффективной вакцины против ВИЧ до настоящего времени не создано, что связано с высокой изменчивостью вируса.

Обмен веществ и превращение энергии в клетке

Метаболизм — совокупность всех реакций в организме; в клетке он складывается из двух взаимосвязанных сторон.

Пластический обмен (анаболизм, ассимиляция) — совокупность реакций синтеза сложных веществ из более простых, протекающих с поглощением энергии. Типичный пример — биосинтез белка, а у растительных организмов — фотосинтез.

Энергетический обмен (катаболизм, диссимиляция) — совокупность реакций расщепления сложных веществ с высвобождением энергии и запасанием её в виде АТФ. Различают три этапа: подготовительный (внеклеточное расщепление сложных веществ до мономеров), бескислородный (гликолиз — расщепление глюкозы до пировиноградной кислоты с образованием 2 молекул АТФ) и кислородный (цикл Кребса, окислительное фосфорилирование в митохондриях с образованием до 36–38 молекул АТФ из одной молекулы глюкозы). При недостатке кислорода у организмов возможно анаэробное дыхание (брожение — молочнокислое, спиртовое), дающее лишь 2 молекулы АТФ.

Строение и функции хромосом. ДНК — носитель наследственной информации

Хромосомы — нуклеопротеидные структуры ядра, в которых сосредоточена наследственная информация и которые обеспечивают её хранение, реализацию и передачу. Хромосома состоит из одной молекулы ДНК, связанной с белками-гистонами (в эукариот); структурными элементами являются центромера, плечи, теломеры. В неделящейся клетке ДНК находится в форме хроматина (деспирализованного состояния), перед делением происходит спирализация в компактные хромосомы. Хромосомы обладают индивидуальностью, парностью (гомологичные хромосомы) и непрерывностью. Количество хромосом постоянно для каждого вида: у человека — 46 (23 пары).

ДНК — дезоксирибонуклеиновая кислота, макромолекула, состоящая из двух антипараллельных полинуклеотидных цепей, закрученных в правую двойную спираль (модель Дж. Уотсона и Ф. Крика, 1953 г.). Азотистые основания комплементарны: аденин спаривается с тимином (две водородные связи), гуанин — с цитозином (три водородные связи). Именно комплементарность обеспечивает удвоение (репликацию) ДНК и точную передачу информации. ДНК локализована в ядре (у эукариот), а также в митохондриях и пластидах; у прокариот — в нуклеоиде и плазмидах.

Репликация ДНК — процесс удвоения молекулы ДНК перед делением клетки, происходящий по полуконсервативному механизму: фермент ДНК-полимераза раскручивает двойную спираль (при участии геликазы) и синтезирует на каждой из родительских цепей комплементарную дочернюю, ориентируясь по принципу комплементарности. Синтез на одной цепи (ведущей) идёт непрерывно, на другой (отстающей) — в виде фрагментов Оказаки. Репликация обеспечивает точность передачи наследственной информации при делении клетки.

Ген. Генетический код. Биосинтез белка

Ген — участок молекулы ДНК, кодирующий структуру одного полипептида (белка) или молекулы РНК; единица наследственности и мутаций. Совокупность генов организма составляет его генотип (геном).

Генетический код — система записи наследственной информации в виде последовательности нуклеотидов. Его свойства: триплетность (одна аминокислота кодируется сочетанием трёх нуклеотидов — кодоном), вырожденность (одна аминокислота может кодироваться несколькими кодонами), однозначность (один кодон кодирует только одну аминокислоту), универсальность (один и тот же у всех организмов), неперекрываемость и коллинеарность (гены расположены линейно). Из 64 возможных триплетов 61 — смысловые, три — стоп-кодоны, завершающие синтез белка (УАА, УАГ, УГА).

Биосинтез белка — реализация информации, заключённой в гене, в структуру полипептида; протекает в два этапа:

1. **Транскрипция** — синтез иРНК на матрице ДНК в ядре при участии фермента РНК-полимеразы по принципу комплементарности (в эукариот с последующим процессингом — вырезанием интронов и сшиванием экзонов);
2. **Трансляция** — синтез полипептида на рибосомах в цитоплазме: иРНК соединяется с рибосомой, тРНК по принципу комплементарности (антикодон–кодон) доставляет соответствующие аминокислоты, пептидные связи образуются при участии ферментов рибосомы. Энергетическим обеспечением трансляции служит АТФ и ГТФ. Завершается процесс достижением стоп-кодона.

Клеточная теория

Клеточная теория — одно из фундаментальных обобщений биологии, сформулированное М. Шлейденом и Т. Шванном (1838–1839) и дополненное Р. Вирховым (1858). Современные её положения:

1. Клетка — элементарная единица строения, жизнедеятельности, роста и развития живых организмов; вне клетки жизни нет.
2. Клетки всех организмов гомологичны, то есть имеют единый план строения (мембрана, цитоплазма, ядро или нуклеоид), что свидетельствует о единстве происхождения всего живого.
3. Новые клетки образуются только путём деления исходных клеток («каждая клетка от клетки»).
4. Многоклеточный организм представляет собой целостную систему, состоящую из взаимодействующих клеток, объединённых в ткани и органы; развитие организма начинается с одной клетки (зиготы).

Дифференцировка клеток и их разнообразие в многоклеточном организме

Все клетки многоклеточного организма происходят от одной зиготы и имеют одинаковый генетический набор, однако по строению и функциям они резко различаются. Это различие обусловлено **дифференцировкой** — процессом специализации клеток в ходе онтогенеза, в основе которого лежит избирательная активность (экспрессия) определённых генов при репрессии (выключении) остальных. Дифференцировка приводит к образованию специализированных клеток — нервных, мышечных, эпителиальных, соединительнотканных — и формированию тканей. При этом полный набор генов сохраняется во всех клетках, что подтверждено опытами по клонированию и открытием стволовых клеток, способных при определённых условиях превращаться в разные типы клеток.

Жизненный цикл клетки. Митоз

Жизненный (клеточный) цикл — период существования клетки от момента её образования путём деления материнской клетки до собственного деления или гибели. Он состоит из интерфазы (периода между делениями) и митоза (собственно деления).

Интерфаза включает три периода: пресинтетический (G_1 — рост клетки, синтез белков, накопление органелл), синтетический (S — репликация ДНК, удвоение хромосом) и постсинтетический (G_2 — подготовка к делению, синтез белков веретена деления). Длительность интерфазы значительно превышает длительность митоза.

Митоз (непрямое деление) — способ деления эукариотической клетки, обеспечивающий равномерное распределение удвоенного наследственного материала между дочерними клетками и сохранение постоянства числа хромосом. Фазы митоза:

1. **Профаза** — спирализация хромосом (становятся видимыми), разрушение ядерной оболочки, образование веретена деления из микротрубочек;
2. **Метафаза** — хромосомы располагаются в экваториальной плоскости клетки; формируется метафазная пластинка;
3. **Анафаза** — деление центромер, расхождение сестринских хроматид к полюсам клетки;
4. **Телофаза** — образование двух дочерних ядер, деконденсация хромосом, восстановление ядерных оболочек, завершение цитокинеза (деления цитоплазмы).

В результате митоза образуются две дочерние клетки с набором хромосом, идентичным материнской клетке (у человека — 46 хромосом), что обеспечивает рост, регенерацию тканей, бесполое размножение и онтогенез. Нарушения митоза могут приводить к появлению патологических клеток и, в частности, к онкологическим заболеваниям, что подчёркивает значение точности клеточных механизмов для здоровья организма.

Таким образом, клетка представляет собой элементарную живую систему, в которой в миниатюре реализуются все фундаментальные закономерности живого: обмен веществ и энергии, хранение и реализация наследственной информации, рост и размножение. Учение о клетке, опирающееся на клеточную теорию, молекулярную биологию и современную генетику, является теоретическим фундаментом медицины, биотехнологии, селекции и экологии и образует стержневое звено современной естественнонаучной картины мира.