

Серия «Государственный экзамен»

Г.Л. Билич, В.А. Крыжановский

БИОЛОГИЯ

ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В ВУЗЫ

Издание 6-е

Ростов-на-Дону
«Феникс»
2022

УДК 373.167.1:57
ББК 28я729
КТК 445
Б61

Рецензенты:

академик Международной академии высшей школы и Международной академии наук, доктор медицинских наук, профессор *Д.Б. Никитюк*;

доктор биологических наук *Л.Р. Сапожникова*

Авторы:

Билич Габриэль Лазаревич (1935–2021) — доктор медицинских наук, профессор, академик РАЕН, академик Международной академии наук. Занимал пост вице-президента Национальной академии ювенологии, возглавлял Северо-Западный филиал Восточно-Европейского института психоанализа. Автор свыше 330 печатных научных работ (в т. ч. по фармакологии восстановительных процессов, терапии ожогов), десятков учебников, пособий, атласов и руководств.

Крыжановский Валерий Анатольевич (1966–2012) — кандидат биологических наук, преподавал в Московской медицинской академии им. И. М. Сеченова, автор 68 опубликованных научных работ, 3 учебных пособий, руководства «Биология. Полный курс» в 3 томах, двухтомника «Универсальный атлас. Биология», русско-латинско-английского атласа «Анатомия человека» в 3 томах (большой и малоформатный), руководства «Биология для поступающих в вузы. Интенсивный курс» и двух учебных пособий.

Билич Г.Л.

Б61 Биология для поступающих в вузы / Г. Л. Билич, В. А. Крыжановский. — Изд. 6-е. — Ростов н/Д : Феникс, 2022. — 1075, [1] с. : ил. — (Государственный экзамен).

ISBN 978-5-222-36473-4

В справочнике представлены современные данные о строении, функциях и развитии живых организмов, их многообразии, распространении на Земле, взаимоотношениях между собой и с внешней средой. Рассмотрены проблемы общей биологии (строение и функция эукариотических и прокариотических клеток, вирусов, тканей, генетика, эволюция, экология), функциональной анатомии человека, физиологии, морфологии и систематики растений, а также грибов, лишайников и слизевиков, зоологии беспозвоночных и позвоночных животных.

Книга предназначена для учащихся школ и абитуриентов, поступающих в вузы по направлениям и специальностям в области медицины, биологии, экологии, ветеринарии, агрономии, зоотехники, педагогики, спорта, а также для школьных учителей. Ее с успехом могут использовать и студенты.

УДК 373.167.1:57
ББК 28я729

ISBN 978-5-222-36473-4

© Билич Г. Л., Крыжановский В. А., 2013
© ООО «Феникс», 2017

ПРЕДИСЛОВИЕ

Биология — один из основных общеобразовательных предметов, который нужен для поступления в вузы медицинского, биологического, сельскохозяйственного, ветеринарного, спортивного, педагогического профилей.

Сегодня положение российских абитуриентов существенно изменилось в связи с введением ЕГЭ. И это повышает требования к пособию для поступающих. Пока такая литература отсутствует. Авторы имеют многолетний успешный опыт подготовки абитуриентов, в связи с этим пытались создать пособие по биологии для всех поступающих в вузы, которое было бы востребовано большинством абитуриентов и соответствовало бы самым высоким требованиям, предъявляемым в ведущих российских и зарубежных вузах. Концепция пособия — комплексное изучение структуры и функции на различных иерархических уровнях живого. Для облегчения усвоения материала приведены 46 информативных таблиц, 400 рисунков и схем.

Во время работы над книгой скоропостижно скончался Валерий Анатольевич Крыжановский. Я всегда буду с любовью и благодарностью вспоминать об этом талантливом, умном, глубоко порядочном человеке.

Г. Л. Билич

СВОЙСТВА ЖИВОГО

Биология (греч. *bios* – жизнь, *logos* – наука) – это наука, которая изучает живые организмы на всех иерархических уровнях. Живые организмы характеризуются рядом особенностей, каждая из которых является принципиальной и необходимой для жизни. Основными из них являются следующие.

Обмен веществ (метаболизм) представляет собой совокупность последовательных химических процессов поступления веществ в организм, их превращения, использования, накопления и удаление продуктов распада. Метаболизм включает два непрерывно протекающих процесса: анаболизм и катаболизм.

Анаболизм (греч. *anabole* – подъем) – это комплекс биохимических процессов поступления веществ в клетку и их усвоения. При этом из поступивших веществ создаются необходимые клетке соединения, которые специфичны и для данного вида, и для конкретной особи (белки, полисахариды, жиры, нуклеиновые кислоты). С анаболизмом связана *ассимиляция* (лат. *assimilatio* – уподобление, отождествление), включающая внеклеточные процессы отложения запасных веществ. Все это осуществляется в результате *питания*, которое может быть автотрофным или гетеротрофным. При *автотрофном* питании организм синтезирует органические вещества из неорганических, при этом энергия запасается в виде химических связей. Известны два типа автотрофного питания: фотосинтез и хемосинтез. При фотосинтезе органические соединения образуются за счет энергии света, при хемосинтезе – за счет энергии химических реакций неорганических веществ. Наиболее широко распространен фотосинтез – к нему способны все растения и некоторые прокариоты. При *гетеротрофном* питании организм получает уже готовые органические соединения. Однако в первоначальном виде они обычно не используются, а расщепляются до мономеров, из которых затем синтезируются специфические для организма вещества.

Катаболизм (греч. *catabole* – сбрасывание вниз, разрушение) – это биохимические процессы, которые осуществляют распад энергонасыщенных соединений, полученных ранее путем питания. В результате катаболизма выделяется энергия, которая запасается в молекулах АТФ и затем используется для жизнедеятельности клетки.

Катаболизм охватывает энергетические процессы, связанные с расщеплением ранее накопленных веществ и происходящие на уровне отдельной клетки. Совокупность процессов распада, проходящих на уровне всего организма, называется *диссимиляцией*.

Не следует путать метаболизм, происходящий в живых системах, с обменом в неживой природе. В ходе органического метаболизма

происходят глубокие химические преобразования вовлекаемых соединений. Например, сложные органические вещества, поступившие в клетку, расщепляются до углекислого газа и воды. В неживой природе обычно такого не происходит. Например, кристаллы, вырастающие в насыщенном растворе соли, образуются путем ассоциации ранее диссоциированных ионов; вода, которая испаряется с поверхности озера или моря, затем конденсируется в пар и выпадает дождем в другом месте, имеет неизменное химическое строение.

Выделение, или экскреция, представляет собой удаление из организма продуктов обмена веществ. Отходы (шлаки) образуются в результате расщепления любого пищевого субстрата. Для организма они оказываются ненужными или даже вредными, поэтому подлежат удалению. Иногда удаление вредных веществ затруднено. Например, растения не всегда могут удалять вещества, поэтому они откладываются внутри организма, но в безопасной форме (различного рода вместилища).

Подвижность является неотъемлемым свойством живого. Подвижность животных хорошо заметна, у других организмов движение выражено в меньшей степени, но имеется всегда. Растения постоянно растут, изменяется положение листьев в зависимости от освещения, по той же причине меняется изгиб побега. Внутри клетки постоянно происходит движение цитоплазмы и веществ в ней. Молекулы, входящие в состав клеточных мембран, обладают высокой подвижностью.

Раздражимость – это свойство живых организмов или отдельных клеток реагировать на изменение среды (внешней и внутренней). Это свойство позволяет организму оптимально перестраивать свою жизнедеятельность в соответствии с возникшими условиями. Клетка способна воспринимать различные физические и химические сигналы, переводя их в электрический импульс. Интенсивность действия воспринимаемого клеткой сигнала называется порогом.

Размножение – это воспроизведение себе подобных организмов, что обеспечивает непрерывность и преемственность жизни в ее видовой специфичности. Известны два основных типа размножения: половое и бесполое. В *половом* размножении участвуют два партнера разного пола, при этом происходит слияние двух половых клеток (гамет) с гаплоидным набором хромосом – оплодотворение, с образованием диплоидной зиготы. *Бесполое* размножение происходит с участием одного родительского организма.

Рост – это увеличение массы и объема организма за счет веществ, поступивших в процессе питания. Рост организмов отличается от роста кристаллов или иных неорганических объектов тем, что у них процессы идут внутри организма посредством построения новых клеточных и внеклеточных структур.

Развитие представляет собой направленный необратимый процесс качественных изменений организма. При этом может происходить как его усложнение, так и упрощение. Например, у родившегося детеныша млекопитающего по мере развития происходит усложнение большинства систем организма. Но после определенного периода начинается обратный процесс, например, постепенно уменьшается количество лимфоидной ткани иммунной системы, ослабляется половая функция и др. Известны случаи неотении – размножения личиночных форм (например, у личинки амбистомы – аксолотля).

УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОГО

Осуществление биологических функций возможно на разных иерархических уровнях. Рассмотрим их по мере увеличения сложности организации.

Молекулярный (молекулярно-генетический) уровень является начальным. Его изучает молекулярная биология. Существуют четыре класса соединений, которые выполняют основные биологические функции, поэтому их называют биологическими молекулами. Это белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды и липиды. Они обязательно присутствуют в любой клетке. Исключением являются неклеточные организмы – вирусы, которые состоят лишь из белков и нуклеиновой кислоты. Каждый из этих классов веществ выполняет специфические функции и не может быть заменен другим соединением. Например, нуклеиновые кислоты осуществляют хранение и реализацию наследственной информации. Белки управляют всеми биохимическими реакциями в клетке. Липиды формируют основу биологических мембран и т. д. Несмотря на разнообразие организмов, общий план строения главных биомолекул у них удивительно близок. Все белки образованы из 20 различных аминокислот, нуклеиновые кислоты состоят из нуклеотидов, одинаковых для всех организмов.

Более низкий уровень организации живого невозможен, поскольку рассматриваемые структуры будут одинаковыми как в живой материи, так и в неживой. Неорганические вещества, химические элементы и образующие их элементарные частицы, которые входят в состав организмов, ничем не отличаются от таковых в неживой природе. Например, электроны, протоны не имеют никаких особенностей. Вода в организмах химически идентична воде Мирового океана или водяного пара атмосферы.

Субклеточный уровень более высокий. Он охватывает процессы, происходящие в живой клетке. Биомолекулы могут самостоятельно выполнять свои функции (например, белки-ферменты) или ассоциироваться в субклеточные структуры – органеллы (мембранные и немембранные) и участвовать в их деятельности.

Клеточный уровень представляет собой самостоятельную живую систему – клетку. Каждой клетке присущи все свойства живого (обмен веществ, раздражимость, выделение и др.). Для одноклеточных форм жизни клеточный уровень организации тождествен организменному. У многоклеточных организмов тело состоит из множества клеток, поэтому у них между клеточным и организменным уровнями имеется несколько промежуточных уровней.

Тканевый уровень рассматривает клеточные ансамбли – ткани, которые имеются у большинства многоклеточных организмов. Колониальные одноклеточные и нитчатые организмы не могут считаться истинно многоклеточными, поскольку состоят из одинаковых клеток. Настоящие ткани имеются у организмов, чье тело образовано несколькими слоями клеток, ориентированных трехмерно. В этих случаях клетки специализируются для выполнения определенных функций, достигая при этом гораздо более высокой эффективности по сравнению с одноклеточными формами. Однако при этом клетки становятся зависимыми от деятельности других клеток. В частности, мышечные клетки способны эффективно сокращаться, но питательные вещества им должны доставлять другие ткани, например, кровь.

Органый уровень охватывает различные органы, которые образуются из тканей. Несмотря на то что каждый орган состоит из нескольких тканей, обычно только одна из них является рабочей, тогда как остальные выполняют вспомогательную функцию. Например, в сердце рабочей тканью является мышечная, соединительная ткань образует строму, а кровь снабжает кардиомиоциты необходимыми веществами и удаляет продукты жизнедеятельности, эпителиальная ткань (эндотелий) выстилает изнутри камеры сердца, нервная – передает органу импульсы от нервных центров.

Системный уровень рассматривает системы органов, которые образуют органы, выполняющие сообща какую-то большую функцию. При этом происхождение, строение и частные функции органов системы могут быть различными. Например, зубы, язык, желудок и печень входят в состав пищеварительной системы, но строение и функции этих органов разные. Однако все они, а также другие органы пищеварительной системы обеспечивают поступление в организм нужных веществ и удаление из него шлаков.

Совокупность систем образует многоклеточный *организм*.

Популяционный уровень, так же как и все последующие, является надорганизменным, поскольку охватывает не одну особь, а группу. Только популяция способна обеспечить размножение особей и преемственность видовых особенностей.

Видовой уровень охватывает все популяции того или иного вида, которые заселяют всю территорию ареала.

Биоценотический уровень рассматривает взаимоотношения между организмами, которые обитают на одной территории.

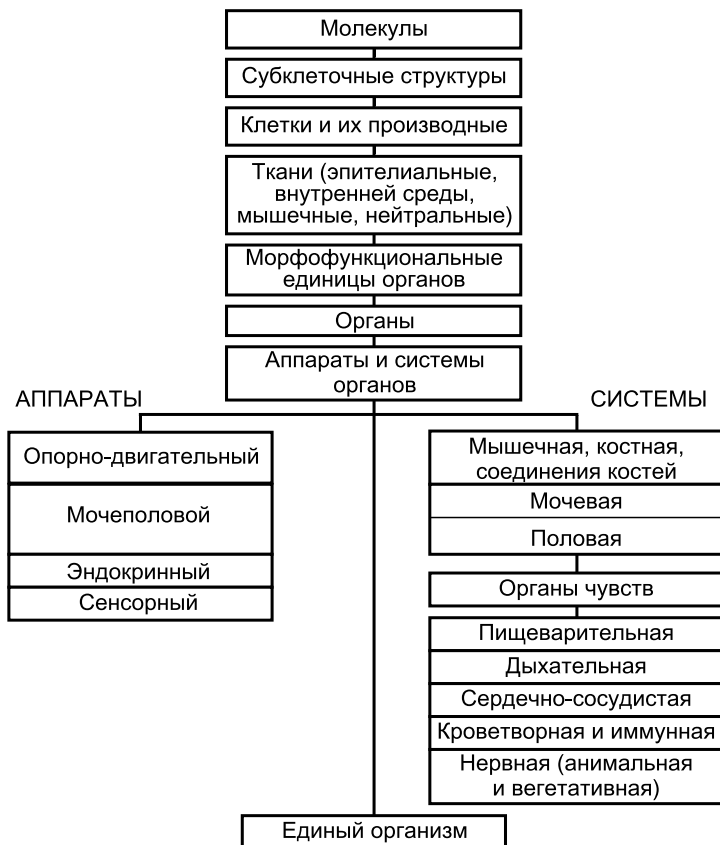
Биосферный уровень является самым крупным. Он включает в себя совокупность отношений между всеми организмами, обитающими на Земле. Биоценозы отличаются друг от друга, например, сообщество пустыни не похоже на лесной биоценоз. Однако любой биоценоз постепенно переходит в другой, поэтому сообщества неминуемо подвергаются взаимному воздействию.

КЛЕТКА

Организм целостен, но организован, как и многие сложные системы, по иерархическому принципу (табл. 1). Изучение каждого из уровней организации живого требует своих подходов

Таблица 1

Иерархические уровни строения организма



и методов. *Первые уровни организации живого – молекулярный, субклеточный и клеточный – изучает ветвь биологических наук, именуемая цитологией.*

КЛЕТОЧНАЯ ТЕОРИЯ

Развитие цитологии связано с созданием и усовершенствованием оптических устройств, позволяющих рассмотреть и изучить клетки. В 1609 – 1610 гг. **Галилео Галилей** сконструировал первый микроскоп, однако лишь в 1624 г. он его усовершенствовал так, что им можно было пользоваться. Этот микроскоп увеличивал в 35 – 40 раз. Через год **И. Фабер** дал прибору название «микроскоп». В 1665 г. **Роберт Гук** впервые увидел в пробке ячейки, которым дал название «cell» – «клетка». Благодаря усовершенствованию микроскопа **Антоном ван Левенгуком** появилась возможность изучать клетки и детальное строение органов и тканей. В 1696 г. была опубликована его книга «Тайны природы, открытые с помощью совершеннейших микроскопов». Левенгук впервые рассмотрел и описал эритроциты, сперматозоиды, открыл дотоле неведомый и таинственный мир микроорганизмов, которые он назвал инфузориями. Левенгук по праву считается основоположником научной микроскопии. Ян Пуркинье впервые употребил термин «протоплазма». **Р. Браун** описал ядро как постоянную структуру и предложил термин «nucleus» – «ядро». В 1838 г. **М. Шлейден** создал теорию цитогенеза (клеткообразования). Его основная заслуга – постановка вопроса о возникновении клеток в организме. Основываясь на работах Шлейдена, **Теодор Шванн** создал клеточную теорию. В 1839 г. была опубликована его бессмертная книга «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений».

Основными исходными положениями **клеточной теории** были следующие: 1) *все ткани состоят из клеток*; 2) *клетки растений и животных имеют общие принципы строения, так как возникают одинаковыми путями*; 3) *каждая отдельная клетка самостоятельна, а деятельность организма представляет собой сумму жизнедеятельности отдельных клеток*.

Большое влияние на дальнейшее развитие клеточной теории оказал **Рудольф Вирхов**. Он не только свел воедино все многочисленные разрозненные факты, но и убедительно показал, что клетка является постоянной структурой и возникает только путем размножения себе подобных – «каждая клетка из клетки» («omnia cellula e cellulae»).

Клетка является элементарной единицей всего живого, потому что ей присущи все свойства живых организмов: высокоупорядоченное строение, получение энергии извне и ее использование

Система живой природы

Надцарства	Царства	Отделы, типы	Классы
Неклеточные	Вирусы		
Прокариоты		Бактерии	
Эукариоты	Растения	Низшие растения (водоросли)	Сине-зеленые водоросли
			Пирофитовые водоросли
			Золотистые водоросли
			Хризоподовые, хризомонадовые, хризоклапсовые, хризозферные, хризотриховые
			Диатомовые водоросли
			Центрические Диатомеи, пеннатные диатомеи
			Бурые водоросли
			Фозоспоровые, циклоспорные
			Красные водоросли
			Бангиевые, флоридеевые
			Желто-зеленые водоросли
			Ксантоподовые, ксантомонадовые, ксантоклапсовые, ксантококковые, ксантотриховые, ксантосифоновые
Зеленые водоросли			
Вольвовковые, протококковые, улотриховые, сифоновые, конъюгаты (сцеплянки)			
Харовые водоросли			
Харовые			
Высшие растения	Мохообразные	Харовые водоросли	
		Печеночники, листостебельные	
		Папоротникообразные	
		Папоротниковидные, плауновидные, хвощевидные (членистые)	
		Голосеменные	
		Саговниковые, гнетовые, гинкговые, хвойные	
Слизевики		Покрытосеменные	
		Двудольные, однодольные	
Грибы		Аскомицота	
		Базидиомицота	
		Несовершенные грибы (сборная группа)	
Животные	Простейшие	Саркомастигофоры	
		Саркодовые, жгутиковые	
		Споровики	
		Гregarины, коццидиеобразные	

	Книдоспоридии	
	Микроспоридии	
	Инфузории	Ресничные инфузории, сосущие инфузории
Фагоцител- лозои	Пластинчатые	
Паразит	Губки	Известковые губки, стеклянные губки, обыкновенные губки
Эуметазои	Кишечнополостные	Гидрозои, сцифоидные медузы, коралловые полипы
	Гребневика	Гребневика
	Плоские черви	Ресничные черви (турбеллярии), сосальщики, монотремные, ленточные черви, цестодообразные
	Немертины	Немертины
	Круглые черви	Брюхоресничные черви, нематоды, киноринхи, волосатики, коловратки
	Скребни	Скребни
	Кольчатые черви	Многощетинковые, малощетинковые, пиявки
	Членистоногие	Ракообразные, многоножки, насекомые, мечехвосты, паукообразные
	Моллюски	Панцирные (хитоны), беспанцирные, моноплакофоры, брюхоногие, двустворчатые, лопатоногие, головоногие
	Онихофоры	Первичнотрахейные
	Щупальцевые	Мшанки, плеченогие, форониды
	Иглокожие	Морские звезды, морские ежи, голотурии, офиуры, морские лилии
	Полухордовые	Кишечнодышащие, крыложаберные
	Погонофоры	Погонофоры
	Щетинкочелюстные	Щетинкочелюстные
	Хордовые	Аппендикулярии, асцидии, сальпы, головохордовые (ланцетник), круглоротые, хрящевые рыбы, костные рыбы, земноводные, рептилии, птицы, млекопитающие

для выполнения работы и поддержания упорядоченности (преодоление энтропии), обмен веществ, активная реакция на раздражения, рост, развитие, размножение, удвоение и передача биологической информации потомкам, регенерация, адаптация к окружающей среде.

Клеточная теория в современной интерпретации включает следующие главные положения: 1) *клетка является универсальной элементарной единицей живого*; 2) *клетки всех организмов принципиально сходны по своему строению, функции и химическому составу*; 3) *клетки размножаются только путем деления исходной клетки*; 4) *клетки хранят, перерабатывают и реализуют генетическую информацию*; 5) *многоклеточные организмы являются сложными клеточными ансамблями, образующими целостные системы*; 6) *именно благодаря деятельности клеток в сложных организмах осуществляются рост, развитие, обмен веществ и энергии*.

Современная систематика живых организмов представлена в табл. 2.

ПРОКАРИОТИЧЕСКИЕ И ЭУКАРИОТИЧЕСКИЕ КЛЕТКИ

В настоящее время различают **прокариотические** и **эукариотические организмы**. К первым принадлежат сине-зеленые водоросли, актиномицеты, бактерии, спирохеты, микоплазмы, риккетсии и хламидии, ко вторым – большинство водорослей, грибы и лишайники, растения и животные. В отличие от прокариотической, эукариотическая клетка имеет ядро, ограниченное оболочкой из двух мембран, и большое количество мембранных органелл (табл. 3).

Химическая организация клетки. Из всех элементов периодической системы Д.И. Менделеева в организме человека обнаружено 86 постоянно присутствующих, из них 25 необходимы для нормальной жизнедеятельности, 18 из которых абсолютно, а 7 полезны. Профессор В.Р. Вильямс назвал их элементами жизни.

В состав веществ, участвующих в реакциях, связанных с жизнедеятельностью клетки, входят почти все известные химические элементы, причем на долю четырех из них приходится около 98% массы клетки. Это *кислород* (65 – 75%), *углерод* (15 – 18%), *водород* (8 – 10%) и *азот* (1,5 – 3,0%). Остальные элементы подразделяются на две группы: *макроэлементы* (около 1,9%) и *микроэлементы* (около 0,1%). К **макроэлементам** относятся *сера, фосфор, хлор, калий, натрий, магний, кальций и железо*, к **микроэлементам** –

Характерные признаки прокариотических и эукариотических клеток

Признак	Прокариоты	Эукариоты
Клеточная организация	В основном одноклеточные организмы	В основном многоклеточные организмы с выраженной дифференцировкой клеток и тканей
Размеры клеток	1 – 10 мкм	10 – 100 мкм
Энергетический обмен	Аэробный или анаэробный	Аэробный
Органеллы	Отсутствуют или весьма малочисленные	Многочисленные
Синтез РНК и белка	В цитоплазме	Разделен: синтез и процессинг РНК – в ядре, синтез белка – в цитоплазме
Плазматическая мембрана	Имеется	Имеется
Ядерная оболочка	Отсутствует	Имеется
Хромосомы	Одиночные оголенные структуры, состоящие только из ДНК кольцевой формы	Несколько структур, состоящих из ДНК и белка
Митохондрии	Отсутствуют	Имеются
Цитоплазматическая сеть	Отсутствует	Имеется
Аппарат Гольджи	Отсутствует	Имеется
Рибосомы	Имеются – 70 S	Имеются – 80 S (в цитоплазме), 70 S (в оргanelлах)
Клеточная стойка	Имеются, состоит из аминокислот и муравьиной кислоты	Отсутствует у животных клеток, у растительных клеток состоит главным образом из целлюлозы
Капсула	Если имеется, то состоит из мукополисахаридов	Отсутствует
Вакуоли	Отсутствуют	Имеются (особенно у растительных клеток)
Лизосомы	Отсутствуют	Имеются
Фотосинтетический аппарат	Мембраны с хлорофиллом и фиксацианном у синне-зеленых водорослей и с бактериохлорофиллом у некоторых бактерий	Хлоропласты, содержащие хлорофиллы А и В, собранные в стопки (у растений)
Жгутики	Имеются у некоторых видов, но лишены структуры (9 + 2)	Имеются у некоторых видов и обладают структурой (9 + 2)
Ядрышко	Отсутствует	Имеется
Цитоскелет	Отсутствует	Имеется
Амебoidное движение	Отсутствует	Имеется
Ток цитоплазмы	Отсутствует	Самостоятельный
Эндодцитоз, экзоцитоз	Отсутствуют	Имеются
Внутриклеточное пищеварение	Отсутствует	Имеется
Деление клеток	Бинарное	Митоз (у половых клеток – мейоз)

цинк, медь, йод, фтор, марганец, селен, кобальт, молибден, стронций, никель, хром, ванадий и др. Несмотря на очень малое содержание, микроэлементы играют важную роль. Они влияют на обмен веществ. Без них невозможна нормальная жизнедеятельность каждой клетки в отдельности и организма как целого.

Клетка состоит из неорганических и органических веществ. Среди неорганических преобладает вода, ее относительное количество составляет от 70 до 80%. Вода – универсальный растворитель, в ней происходят все биохимические реакции в клетке, при участии воды осуществляется ее теплорегуляция. Вещества, растворяющиеся в воде (соли, основания, кислоты, белки, углеводы, спирты и др.), называются гидрофильными. Гидрофобные вещества (жиры и жироподобные) не растворяются в воде. Есть органические вещества с вытянутыми молекулами, у которых один конец гидрофилен, а другой гидрофобен; их называют амфипатическими. Примером амфипатических веществ могут служить фосфолипиды, участвующие в образовании биологических мембран.

Неорганические вещества (соли, кислоты, основания, положительные и отрицательные ионы) составляют от 1,0 до 1,5% массы клетки. Среди органических веществ преобладают белки (10 – 20%), жиры, или липиды (1 – 5%), углеводы (0,2 – 2,0%), нуклеиновые кислоты (1 – 2%). Содержание низкомолекулярных веществ в клетке не превышает 0,5%.

Молекула белка является полимером, который состоит из большого количества повторяющихся единиц (мономеров). Момеры белка – аминокислоты (их 20) одновременно обладают двумя активными атомными группами: аминогруппой (она сообщает молекуле аминокислоты свойства основания) и карбоксильной группой (она сообщает молекуле свойства кислоты) (рис. 1). Аминокислоты соединены между собой пептидными связями, образуя полипептидную цепь (первичную структуру белка) (рис. 2). Она закручивается в спираль, представляющую, в свою очередь, вторичную структуру белка. Благодаря определенной пространственной ориентации полипептидной цепи возникает третичная структура белка, которая определяет специфичность и биологическую активность молекулы белка. Несколько третичных структур, объединяясь между собой, образуют четвертичную структуру.

Белки выполняют важнейшие функции. Ферменты – биологические катализаторы, увеличивающие скорость химических

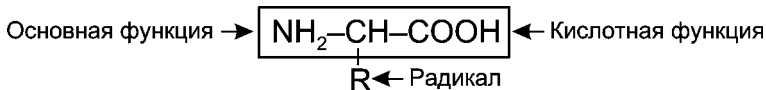


Рис. 1. Общая схема аминокислоты:

R – радикал, по которому аминокислоты различаются между собой; в рамке – общая часть для всех аминокислот

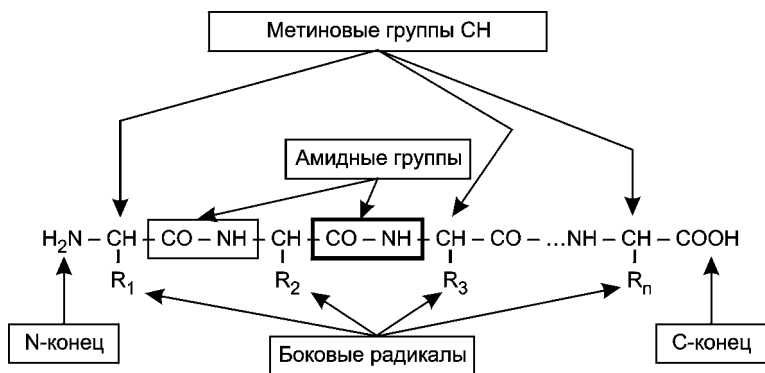


Рис. 2. Фрагмент полипептида

реакций в клетке в сотни тысяч – миллионы раз, являются белками. Белки, входя в состав всех клеточных структур, выполняют пластическую (строительную) функцию. Они образуют клеточный скелет. Движения клеток также осуществляют специальные белки (актин, миозин, динеин). Белки обеспечивают транспорт веществ в клетку, из клетки и внутри клетки. Антитела, которые наряду с регуляторными выполняют и защитные функции, также являются белками. И наконец, белки являются одним из источников энергии.

Углеводы подразделяются на моносахариды и полисахариды. Полисахариды, подобно белкам, построены из мономеров – моносахаридов. Среди моносахаридов в клетке наиболее важны глюкоза (содержит шесть атомов углерода) и пентоза (пять атомов углерода). Пентозы входят в состав нуклеиновых кислот. Моносахариды хорошо растворяются в воде, полисахариды – плохо. В животных клетках полисахариды представлены гликогеном, в растительных – в основном растворимым крахмалом и нерастворимыми целлюлозой, гемицеллюлозой, пектином и др. Углеводы являются источником энергии. Сложные углеводы, соединенные с белками (гликопротеины) и (или) жирами (гликолипиды), участвуют в образовании клеточных поверхностей и взаимодействиях клеток.

К липидам относятся жиры и жироподобные вещества. Молекулы жиров построены из глицерина и жирных кислот (рис. 3). К жироподобным веществам относятся холестерин, некоторые гормоны, лецитин. Липиды, являющиеся основным компонентом клеточных мембран, выполняют тем самым строительную функцию. Они являются важнейшим источником энергии. Так, если при полном окислении 1 г белка или углеводов освобождается 17,6 кДж энергии, то при полном окислении 1 г жира – 38,9 кДж.

Нуклеиновые кислоты являются полимерными молекулами, образованными мономерами – нуклеотидами, каждый из которых

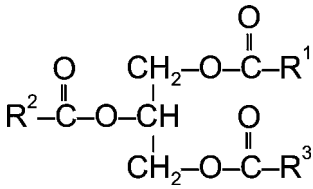


Рис. 3. Общая формула триацилглицерина (жира или масла), где R^1, R^2, R^3 – остатки жирных кислот

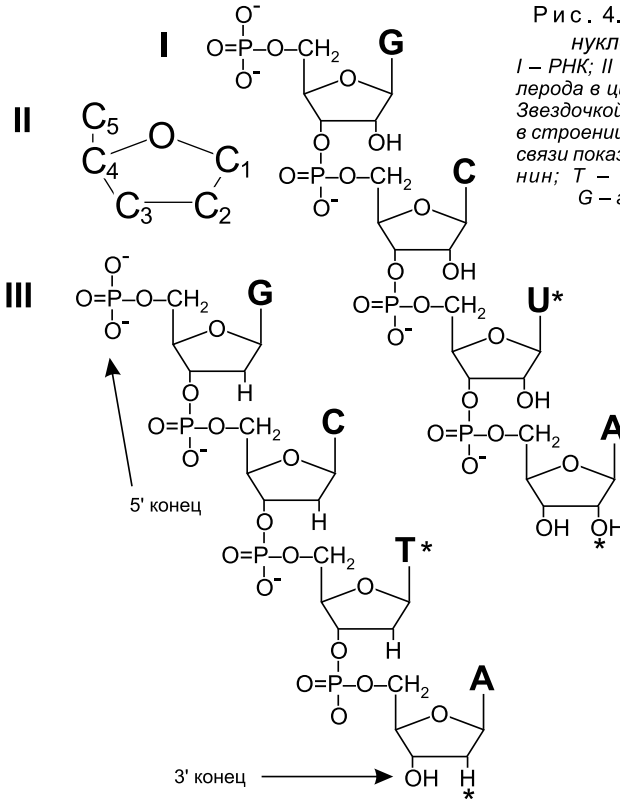


Рис. 4. Строение молекул нуклеиновых кислот: I – РНК; II – нумерация атомов углерода в цикле пентозы; III – ДНК. Звездочкой (*) отмечены различия в строении ДНК и РНК. Валентные связи показаны упрощенно: А – аденин; Т – тимин; С – цитозин; G – гуанин; U – урацил

состоит из пуринового или пиримидинового основания, сахара пентозы и остатка фосфорной кислоты. Во всех клетках существует два типа нуклеиновых кислот: дезоксирибонуклеиновая (ДНК) и рибонуклеиновая (РНК), которые отличаются по составу оснований и сахаров (рис. 4, табл. 4).

Молекула РНК образована одной полинуклеотидной цепью (рис. 5).

Молекула ДНК состоит из двух разнонаправленных полинуклеотидных цепей, закрученных одна вокруг другой в виде двойной спирали. Каждый нуклеотид состоит из азотистого основания,

Состав нуклеиновых кислот

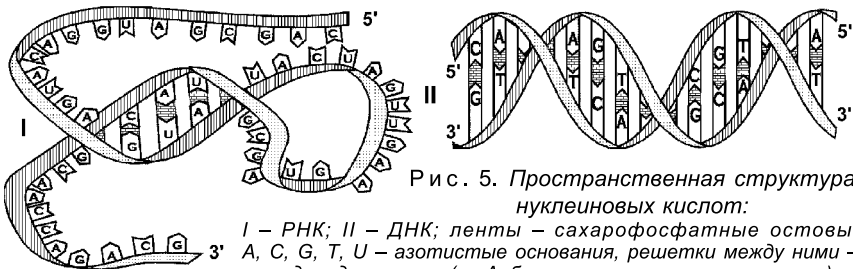
Кислота	Сахар	Азотистые основания	
		пуриновые	пиримидиновые
РНК	Рибоза	Аденин (А)	Цитозин (С)
		Гуанин (G)	Урацил (U)
ДНК	Дезоксирибоза	Аденин (А)	Цитозин (С)
		Гуанин (G)	Тимин (Т)

сахара и остатка фосфорной кислоты. При этом основания расположены внутри двойной спирали, а сахаро-фосфатный скелет – снаружи. Азотистые основания обеих цепей соединены между собой комплементарно водородными связями, при этом **аденин соединяется только с тимином, а цитозин с гуанином**. В зависимости от номера атома по отношению к связи с основанием концы цепи обозначают как 5' и 3' (см. рис. 4 и 5).

Все биохимические реакции в клетке строго структурированы и осуществляются при участии высокоспецифических биокатализаторов – **ферментов**, или **энзимов** (*греч.* en – в, zyme – брожение, закваска), – белков, которые, соединяясь с биологическими молекулами – субстратами, снижают энергию активации, необходимую для осуществления той или иной реакции (энергия активации – это минимальное количество энергии, необходимое молекуле для вступления в химическую реакцию). Ферменты ускоряют реакцию на 10 порядков (в 10^{10} раз).

Названия всех ферментов складываются из двух частей. Первая содержит указание либо на субстрат, либо на действие, либо на то и другое. Вторая часть – окончание, оно всегда представлено буквами «аза». Так, название фермента «сукцинатдегидрогеназа» означает, что он воздействует на соединения янтарной кислоты («сукцинат-»), отнимая от них водород («-дегидроген-»).

По общему типу воздействия ферменты подразделяются на шесть классов. *Оксиредуктазы* катализируют окислительно-восстановительные реакции, *трансферазы* участвуют в переносе



функциональных групп, *гидролазы* обеспечивают реакции гидролиза, *лиазы* – присоединение групп по двойным связям, *изомеразы* осуществляют перевод соединений в другую изомерную форму, а *лигазы* (не путать с лиазами!) связывают молекулярные группировки в цепи.

Основа любого фермента – белок. Вместе с тем есть ферменты, которые не обладают каталитической активностью, пока к белковой основе (*апоферменту*) не присоединится более простая по строению небелковая группировка – *кофермент*. Иногда коферменты имеют собственные названия, иногда их обозначают буквами. Нередко в состав коферментов входят вещества, называемые витаминами. Многие витамины не синтезируются в организме и должны поэтому поступать с пищей. При их недостатке возникают заболевания (авитаминозы), симптомы которых, по сути дела, это проявления недостаточной активности соответствующих ферментов.

Некоторые коферменты играют ключевую роль во многих важнейших биохимических реакциях. В качестве примера можно привести кофермент А (КоА), который обеспечивает перенос группировок уксусной кислоты. Кофермент никотинамидадениндинуклеотид (сокращенно – NAD) обеспечивает перенос ионов водорода в окислительно-восстановительных реакциях; таковы же и никотинамидадениндинуклеотидфосфат (NADP), флавинадениндинуклеотид (FAD) и ряд других. Кстати, никотинамид – один из витаминов.

СТРОЕНИЕ ЖИВОТНОЙ КЛЕТКИ

Клетка является основной структурной и функциональной единицей живых организмов, осуществляющей рост, развитие, обмен веществ и энергии, хранящей, перерабатывающей и реализующей генетическую информацию. Клетка представляет собой сложную систему биополимеров, отделенную от внешней среды плазматической мембраной (цитолеммой) и состоящую из ядра и цитоплазмы, в которой располагаются органеллы и включения.

Размеры клеток человека варьируют от нескольких микрометров (например, малые лимфоциты – около 7) до 200 мкм (яйцеклетка). Напомним, что один микрометр (мкм) = 10^{-6} м; 1 нанометр (нм) = 10^{-9} м; 1 ангстрем (Å) = 10^{-10} м. Форма клеток разнообразна. Они могут быть шаровидными, овоидными, веретенообразными, плоскими, кубическими, призматическими, полигональными, пирамидальными, звездчатыми, чешуйчатыми, отростчатыми, амёбовидными и др.

Основными функциональными структурами клетки являются *ее поверхностный комплекс, цитоплазма и ядро.*

Поверхностный комплекс включает в себя *гликокаликс*, *плазматическую мембрану (цитолемму)* и *кортикальный слой цитоплазмы*. Нетрудно видеть, что резкого отграничения поверхностного комплекса от цитоплазмы нет.

В **цитоплазме** выделяют *гиалоплазму (матрикс, цитозоль)*, *органеллы* и *включения*.

Основными структурными компонентами **ядра** являются *кариолемма (кариотека)*, *нуклеоплазма* и *хромосомы*; петли некоторых хромосом могут переплетаться, и в этой области образуется *ядрышко*. Нередко к структурным элементам ядра относят хроматин. Однако, по определению, хроматин – это вещество хромосом.

Цитолемма, кариолемма и часть органелл образованы *биологическими мембранами*.

Основные структуры, образующие клетку, перечислены в табл. 5 и представлены на рис. 6.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕМБРАНЫ

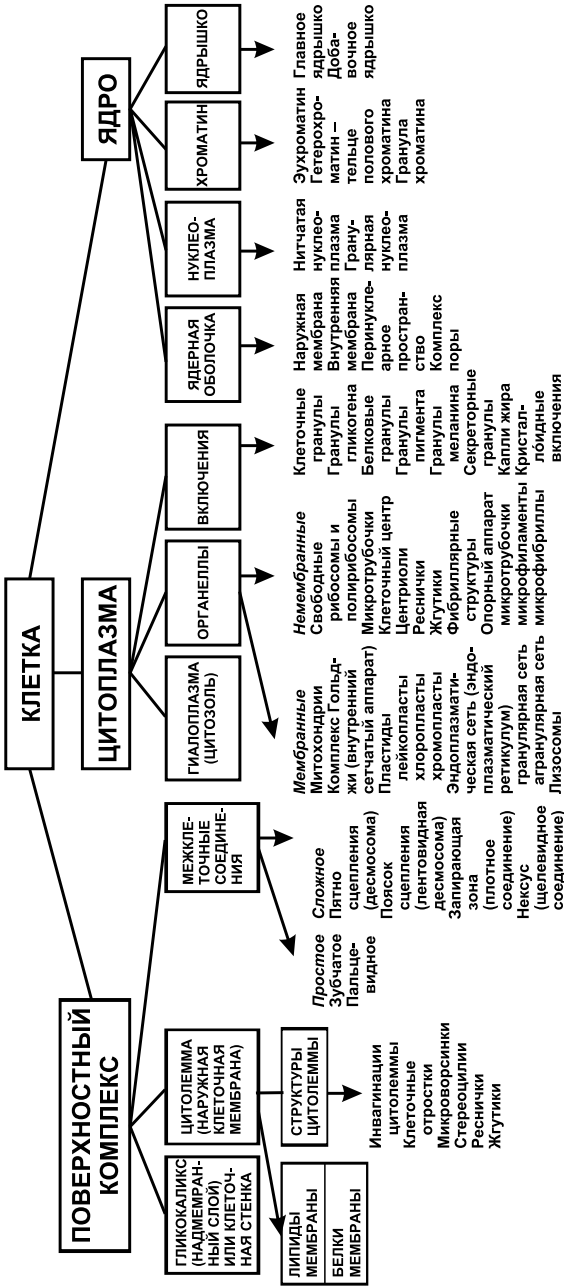
Наиболее полно строение биологических мембран отражает жидкостно-мозаичная модель, первоначальный вариант которой был предложен в 1972 г. Г. Николсоном и С. Сингером. Мембрана состоит из двух слоев амфипатических молекул липидов (билипидный слой, или бислой). Каждая такая молекула имеет две части – головку и хвост. Гидрофобные хвосты обращены друг к другу. Головки, напротив, гидрофильны и направлены наружу и внутрь клетки. В билипидный слой погружены молекулы белка (рис. 7). Молекулы липидов способны быстро диффундировать в боковом направлении в пределах одного монослоя и крайне редко переходят из одного монослоя в другой.

Билипидный слой ведет себя как жидкость, обладающая значительным поверхностным натяжением. Вследствие этого он образует замкнутые полости, которые не спадаются.

Некоторые белки проходят через всю толщину мембраны, так что один конец молекулы обращен в пространство по одну сторону мембраны, другой – по другую. Их называют *интегральными (транс-мембранными)*. Другие белки расположены так, что в околосмембранное пространство обращен лишь один конец молекулы, второй же конец лежит во внутреннем или в наружном монослое мембраны. Такие белки называют *внутренними* или, соответственно, *внешними* (иногда те и другие называют полуинтегральными). Некоторые белки (обычно переносимые через мембрану и временно находящиеся в ней) могут лежать между фосфолипидными слоями.

Концы белковых молекул, обращенные в околосмембранное пространство, могут связываться с различными веществами, находящимися в этом пространстве. Поэтому интегральные белки играют

Структурные компоненты клетки



Примечание: данная таблица является обобщенной по растительной и животной клетке

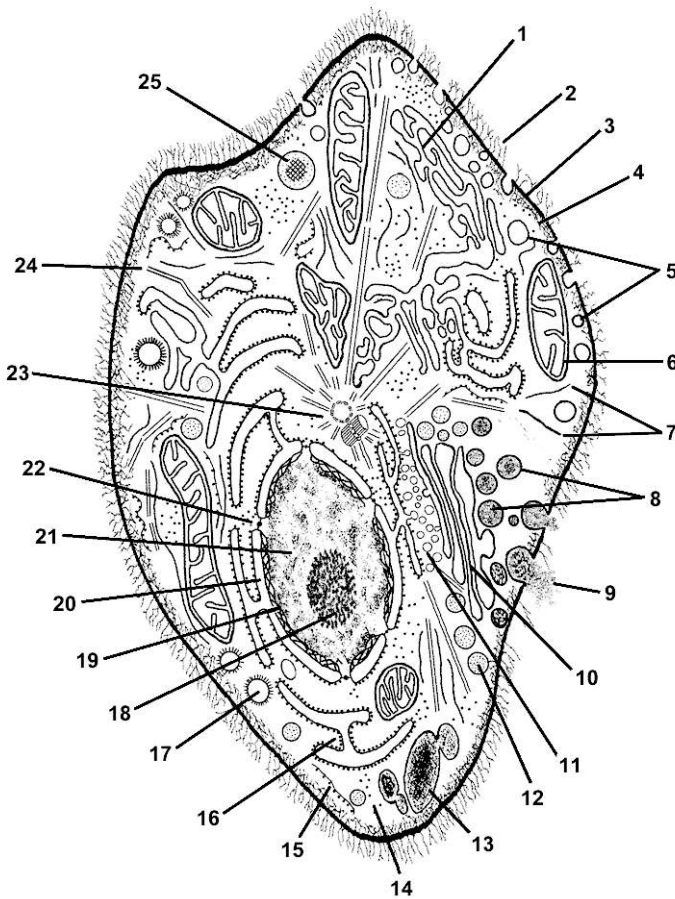


Рис. 6. Основные структуры животной клетки:

1 – агранулярная (гладкая) эндоплазматическая сеть; 2 – гликокаликс; 3 – цитолемма; 4 – кортикальный слой цитоплазмы; 2+3+4 = поверхностный комплекс клетки; 5 – пиноцитозные пузырьки; 6 – митохондрия; 7 – промежуточные филаменты; 8 – секреторные гранулы; 9 – выделение секрета; 10 – комплекс Гольджи; 11 – транспортные пузырьки; 12 – лизосомы; 13 – фагосома; 14 – свободные рибосомы; 15 – полирибосома; 16 – гранулярная эндоплазматическая сеть; 17 – окаймленный пузырек; 18 – ядрышко; 19 – ядерная ламина; 20 – перинуклеарное пространство, ограниченное наружной и внутренней мембранами кариотеки; 21 – хроматин; 22 – поровый комплекс; 23 – клеточный центр; 24 – микротрубочка; 25 – пероксисома

большую роль в организации трансмембранных процессов. С полуинтегральными белками всегда связаны молекулы, осуществляющие восприятие сигналов из среды (молекулярные *рецепторы*) или передачу сигналов от мембраны в среду. Многие белки обладают ферментативными свойствами.

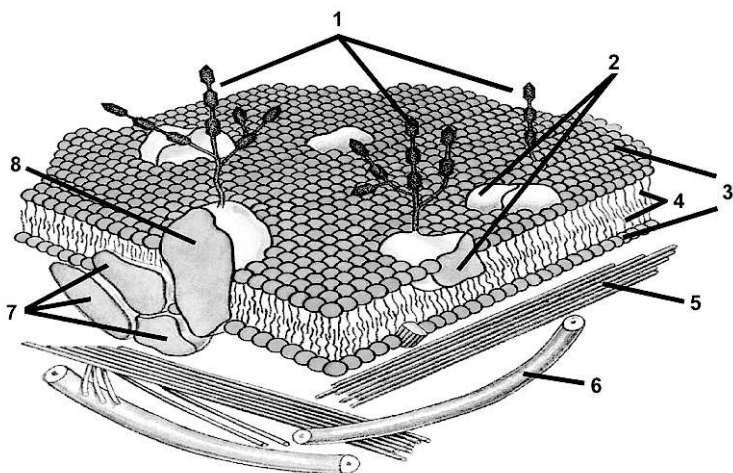


Рис. 7. Поверхностный комплекс:

1 – гликопротеины; 2 – периферические белки; 3 – гидрофильные головки фосфолипидов; 4 – гидрофобные хвосты фосфолипидов; 5 – микрофиламенты; 6 – микротрубочки; 7 – субмембранные белки; 8 – трансмембранный (интегральный) белок (по Хэму и Кормаку, с изменениями)

Бислой асимметричен: в каждом монослое располагаются различные липиды, гликолипиды обнаруживаются только в наружном монослое так, что их углеводные цепи направлены кнаружи. Молекулы холестерина в мембранах эукариот лежат во внутренней, обращенной к цитоплазме половине мембраны. Цитохромы располагаются в наружном монослое, а АТФ-синтетазы – на внутренней стороне мембраны.

Подобно липидам, белки также способны к латеральной диффузии, однако скорость ее меньше, чем у липидных молекул. Переход из одного монослоя в другой практически невозможен.

Концентрация веществ, в частности ионов, по обе стороны мембраны не одинакова. Поэтому каждая сторона несет свой электрический заряд. Различия в концентрации ионов создают соответственно и разность электрических потенциалов.

Поверхностный комплекс (см. рис. 7) обеспечивает взаимодействие клетки с окружающей ее средой. В связи с этим он выполняет следующие основные функции: разграничительную (барьерную), транспортную, рецепторную (восприятие сигналов из внешней для клетки среды), а также функцию передачи информации, воспринятой рецепторами, глубоким структурам цитоплазмы.

Основой поверхностного комплекса является биологическая мембрана, называемая **наружной клеточной мембраной** (иначе – **цитолеммой**). Ее толщина около 10 нм, так что в световом микроскопе она неразличима. О строении и роли биологических

мембран как таковых сказано ранее, цитолемма же обеспечивает, в первую очередь, разграничительную функцию по отношению к внешней для клетки среде. Естественно, она выполняет при этом и другие функции: транспортную и рецепторную (восприятия сигналов из внешней для клетки среды). Цитолемма, таким образом, обеспечивает поверхностные свойства клетки.

Белки осуществляют большую часть мембранных функций: многие из них являются рецепторами, другие – ферментами, третьи – переносчиками. Подобно липидам, белки также способны к латеральной диффузии, однако скорость ее меньшая, чем у липидных молекул. Переход молекул белка из одного монослоя в другой практически невозможен. Так как в каждом монослое содержатся свои белки, бислоем асимметричен. Несколько белковых молекул могут образовать канал, через который проходят определенные ионы или молекулы.

Одной из важнейших функций плазматической мембраны является транспорт. Напомним, что обращенные друг к другу «хвосты» липидов образуют гидрофобный слой, препятствующий проникновению полярных водорастворимых молекул. Как правило, внутренняя цитоплазматическая поверхность цитолеммы несет отрицательный заряд, что облегчает проникновение в клетку положительно заряженных ионов.

Малые (18 Да) незаряженные молекулы воды быстро диффундируют через мембраны, также быстро диффундируют малые полярные молекулы (например, мочевины, CO_2 , глицерол), гидрофобные молекулы (O_2 , N_2 , бензол), крупные незаряженные полярные молекулы вообще не способны диффундировать (глюкоза, сахараза). В то же время через цитолемму указанные вещества диффундируют легко благодаря наличию в ней мембранных транспортных белков, специфических для каждого химического соединения.

Различают два типа транспорта: *пассивный* и *активный*. Первый не требует затрат энергии, второй – энергозависимый (рис. 8). **Пассивный транспорт** незаряженных молекул осуществляется по градиенту концентрации, транспорт заряженных молекул зависит от градиента концентрации H^+ и трансмембранной разности потенциалов, которые объединяются в *трансмембранный градиент* H^+ , или *электрохимический протонный градиент*. Как правило, внутренняя цитоплазматическая поверхность мембраны несет отрицательный заряд, что облегчает проникновение в клетку положительно заряженных ионов.

Диффузия (лат. *diffusio* – распространение, растекание) – это переход ионов или молекул, вызванный их броуновским движением через мембраны из зоны, где эти вещества находятся в более высокой концентрации, в зону с более низкой концентрацией до тех

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Свойства живого	4
Уровни организации живого	6
Клетка	8
Клеточная теория	8
Прокариотические и эукариотические клетки	12
Строение животной клетки	18
Биологические мембраны	19
Рибосомы	30
Органеллы	31
Немембранные органеллы	36
Ядро	37
Целостные реакции клетки	42
Внутриклеточные биохимические реакции	44
Основные реакции тканевого обмена	48
Жизненный путь клеток	60
Строение растительной клетки	76
Пластиды	81
Фотосинтез	86
Фотосинтетические пигменты	86
Световая стадия фотосинтеза	92
Темновая стадия фотосинтеза	97
Строение и функционирование прокариотической клетки	100
Морфология микроорганизмов	100
Физиология микроорганизмов	110
Вирусы	131
Ткани	139
Органы, системы и аппараты органов	164
Опорно-двигательный аппарат	165
Пассивная часть опорно-двигательного аппарата	165
Скелет и его соединения	168
Активная часть опорно-двигательного аппарата	184
Работоспособность, работа, утомление и отдых	194
Внутренние органы	199
Пищеварительная система	200
Полость живота. Брюшина и брюшинная полость	241
Дыхательная система	243
Функция дыхательной системы	249
Мочеполовой аппарат	255
Мочевые органы	255
Половая система	263
Мужские половые органы	263
Женские половые органы	269
Молочная железа	274
Гаметогенез	274
Особенности развития, роста и строения человека	288
Сердечно-сосудистая система	300
Кровеносная система	300
Функции сердца	304
Кровоснабжение тела человека	307
Функция сосудистой системы	310
Лимфатическая система	313
Органы кроветворения и иммунной системы	314
Костный мозг	319
Тимус	320
Лимфоидная ткань стенок органов пищеварительной и дыхательной систем	321

Лимфатические узлы	321
Селезенка	323
Неспецифическая сопротивляемость организма	324
Эндокринный аппарат	325
Гипофиз	329
Щитовидная железа	329
Надпочечник	330
Паращитовидные железы	330
Шишковидное тело	331
Панкреатические островки	331
Диффузная нейроэндокринная система (APUD-система)	332
Гомеостаз	332
Нервная система	333
Центральная нервная система (ЦНС)	333
Спинальный мозг	333
Головной мозг	335
Периферическая нервная система	343
Вегетативная (автономная) нервная система (ВНС)	346
Органы чувств	351
Орган зрения	352
Преддверно-улитковый орган (орган слуха и равновесия)	356
Орган обоняния	359
Орган вкуса	360
Кожа	361
Функции нервной системы	362
Ритмы мозга	370
Сон и бодрствование	371
Сознание и мышление	373
Научение и память	374
Мотивации и эмоции	381
Интеллект и творчество	383
Поведение	385
Особенности высшей нервной деятельности человека	386
Растения	390
Низшие растения	390
Водоросли	391
Размножение водорослей	401
Чередование поколений	404
Экологические формы водорослей	405
Значение водорослей	405
Высшие растения	407
Ткани растений	410
Образовательные ткани (меристемы)	410
Покровные ткани	413
Паренхима	417
Механические ткани	418
Выделительные ткани	421
Проводящие ткани	424
Органы растений	431
Корень	432
Побег	446
Стебель	449
Почка	457
Лист	459
Отдел мохообразные	472
Жизненный цикл мохообразных	473
Отдел папоротникообразные	478
Класс папоротниковидные	480

Класс плауновидные	486
Класс клинолистовидные, или членистые	494
Семенные растения	501
Отдел голосеменные	503
Класс хвойные	506
Отдел покрытосеменные, или цветковые	518
Цветок	521
Околоцветник	522
Семя	559
Плод	561
Вегетативное размножение цветковых	581
Классификация покрытосеменных	593
Грибы	596
Экологические формы грибов	600
Низшие грибы	602
Высшие грибы	602
Лишайники	612
Компоненты лишайника	612
Животные	627
Подцарство одноклеточные, или простейшие	627
Тип саркомастигофоры	631
Класс саркодовые	631
Класс жгутиконосцы, или жгутиковые	634
Подкласс растительные жгутиконосцы	637
Подкласс животные жгутиконосцы	637
Тип споровики	640
Класс грегарины	640
Класс кокцидиеобразные	641
Тип кнidosпоридии	648
Тип микроспоридии	649
Тип инфузории, или ресничные	650
Класс ресничные инфузории	650
Класс сосущие инфузории	655
Подцарство многоклеточные	656
Теории происхождения многоклеточных организмов	656
Тип кишечнополостные	657
Класс гидроидные	659
Класс сцифоидные медузы	666
Класс коралловые полипы	668
Тип плоские черви	670
Класс ресничные черви, или турбеллярии	673
Класс сосальщики	678
Класс ленточные черви	685
Тип круглые черви	699
Класс собственно круглые черви	700
Тип кольчатые черви	713
Подтип беспоясковые	716
Класс многощетинковые	716
Подтип поясковые	722
Класс малощетинковые	722
Класс пиявки	728
Тип членистоногие	731
Подтип жабродышащие	735
Класс ракообразные	735
Подтип трахейные	744
Класс насекомые	744
Подтип хелицердовые	764
Класс паукообразные	764

Тип моллюски	773
Класс брюхоногие	774
Класс пластинчатожаберные, или двустворчатые	783
Класс головоногие	789
Тип хордовые	798
Подтип позвоночные, или черепные	805
Класс хрящевые рыбы	805
Класс костные рыбы	822
Класс земноводные, или амфибии	841
Класс пресмыкающиеся, или рептилии	863
Класс птицы	881
Класс млекопитающие	901
Генетика	924
Наследственность	929
Взаимодействие аллельных генов	929
Взаимодействие неаллельных генов	936
Хромосомная теория наследственности	942
Изменчивость	953
Ненаследственная (фенотипическая, или модификационная) изменчивость ..	954
Наследственная (генотипическая) изменчивость	959
Комбинативная изменчивость	959
Мутационная изменчивость	960
Селекция	978
Селекция растений	982
Селекция животных	984
Биотехнология	986
Эволюция	988
Микроэволюция	1001
Предпосылки (элементарные факторы) эволюции	1002
Борьба за существование	1006
Естественный отбор	1010
Адаптации (приспособления) и адаптациогенез	1017
Относительная целесообразность адаптаций	1020
Критерии и признаки вида	1021
Видообразование	1022
Макроэволюция	1024
Направления эволюции	1026
Биологический прогресс и биологический регресс	1028
Основные закономерности эволюции	1029
Доказательства эволюции	1031
Гипотезы происхождения жизни на Земле	1033
Развитие органического мира	1035
Положение человека в природе	1036
Экология	1044
Абиотические факторы	1045
Биотические факторы	1049
Развитие экосистем	1054
Круговорот веществ с участием живых организмов. Биогенная миграция атомов	1058
Биосфера	1062
Единый государственный экзамен и рекомендации по подготовке к нему	1065
Список литературы, рекомендуемой для самостоятельной подготовки к вступительному экзамену по биологии и ЕГЭ	1072



Учебное издание

**Билич Габриэль Лазаревич
Крыжановский Валерий Анатольевич**

Биология
для поступающих в вузы

Ответственный редактор *А. Боровиков*
Выпускающий редактор *Г. Логвинова*
Корректор *Е.Ю. Зигалова*
Компьютерная верстка *П. И. Куренкова*

Формат 60×90/16. Печать офсетная. Усл. печ. л. 32,0.
Бумага типографская. Тираж 3500 экз. Заказ №