**Викладач: Лебедєв О. С.**

***Лекція 7***

**Тема 2. Обмін речовин і перетворення енергії**

1. Енергетичне забезпечення процесів метаболізму.
2. Способи отримання енергії в різних груп автотрофних та гетеротрофних організмів.
3. Роль процесів дихання в забезпеченні організмів енергією.

***Рекомендована література:***

*1.Біологія і екологія (рівень стандарту): підруч. для 10 кл. закл. заг. серед. освіти / В. І. Соболь. – Кам’янець-Подільський : Абетка, 2018. – 272 с. : іл. ISBN 978-966-682-401-4.*

*2.Барна І.В. Загальна біологія. Збірник задач. – Тернопіль: Видавництво «Підручники та посібники», 2008. – 736 с.*

*3.Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології.- К.; 1995.- 286 с.*

*4.Біологія / За ред. В.О.Мотузного. – К.: Вища школа, 1991 – 607 с.*

*5.Загальна біологія: Підруч. Для 10 кл. загальноосвітн. навч. закладів / М.Є. 6.Кучеренко, Ю.Г. Вервес, П.Г. Балан. 2-ге вид. доопр. – К.: Генеза, 2004. – 160 с.*

1. **Енергетичне забезпечення процесів метаболізму.**

*Як відбувається транспортування речовин крізь плазматичну мембрану?*

Обмін речовин, енергії та інформації на рівні клітин відбувається внаслідок:

1) надходження речовин й енергії у клітину;

2) метаболізму;

3) видалення із клітин.

*Які структури клітин забезпечують ці процеси?*

**Мембранне транспортування** (лат. transporto – переміщую) забезпечує перенесення різноманітних речовин, енергії та інформації крізь клітинні мембрани. Малі молекули та йони проходять крізь мембрани шляхом пасивного або активного транспортування, а перенесення макромолекул здійснюється завдяки ендо- й екзоцитозу.

Функції тих чи інших клітин обов’язково позначаються на будові їхніх клітинних мембран. Так, гепатоцити на одному зі своїх полюсів мають мікроворсинки або внутрішньоклітинні вип’ячування мембран для збільшення поверхні й всмоктування шляхом дифузії речовин із крові. Розчинні у воді сполуки транспортуються в клітини шляхом осмосу, а гідрофобні неполярні речовини – шляхом полегшеної дифузії за участі білків-переносників. Мембрана гепатоцитів має високу ферментну активність для активного транспортування йонів й молекул як усередину клітини, так і з клітини.

Активне транспортування речовин крізь мембрану здійснюється проти градієнта їх концентрації із затратою енергії АТФ та за участі спеціальних мембранних білків, які називаються йонними насосами. Наприклад, натрій-калієвий насос забезпечує переміщення низькомолекулярних сполук (амінокислот, глюкози) крізь мембраТранспортування речовин крізь мембрани Пасивне транспортування Активне транспортування Проста дифузія Полегшена дифузія Осмос Крізь мембрану (йонні насоси) У мембранній упаковці: ендоцитоз (фагоцитоз і піноцитоз) та екзоцитозну за рахунок різної концентрації йонів Na+ і K+ всередині клітини і ззовні.

За участі АТФ відбуваються ендоцитоз та екзоцитоз. При ендоцитозі плазматична мембрана утворює вирости, які потім перетворюються на внутрішньоклітинні пухирці, що містять захоплений клітиною матеріал. Розрізняють два види ендоцитозу: фагоцитоз і піноцитоз.

Шляхом ендоцитозу відбувається всмоктування ліпопротеїнових частинок із крові після прийому жирної їжі, а шляхом екзоцитозу – вивільнення в кров жирових краплин, жовчі. У здійсненні транспортування речовин велике значення мають міжклітинні контакти. Так, біля жовчних канальців, у які секретується жовч, мембрани гепатоцитів зв’язані щільними контактами й десмосомами для запобігання дифузії. Для передачі сигнальних молекул чи поживних речовин між гепатоцитами існують щілинні контакти*. Отже, впорядкованість й регуляцію потоку речовин, енергії та інформації у клітину і з клітини забезпечує мембранне транспортування.*

Які структури клітини забезпечують процеси метаболізму?

**МЕТАБОЛІЗМ** (від грец. метаболе – перетворення, зміна) – сукупність хімічних процесів, що забезпечують перетворення речовин, енергії та інформації в клітині. Ці зміни спрямовані на ВПОРЯДКОВАНІСТЬ клітини, тому в метаболічних процесах беруть участь усі структури клітини. Особливості будови клітин, кількість й різноманітність їх структур залежать від інтенсивності процесів її метаболізму та функцій в організмі. Для того щоб переконатись у цьому, розглянемо особливості будови гепатоцитів (іл. 62). У центральній частині гепатоцита розміщене ядро з одним або двома ядерцями. Ядра можуть бути диплоїдними (2n), тетраплоїдними (4n) й навіть октаплоїдними (8n), що залежить від функціонального стану організму. Кількість таких ядер із віком поступово збільшується і до старості досягає 80 %. Основною функцією гепатоцита є утворення й секреція жовчі у жовчні канальці. Через те в клітинах добре розвинуті секреторні міхурці. Цитоплазма гепатоцитів рясніє мітохондріями, кількість яких в одній клітині може досягати 2000. Ці двомембранні органели окиснюють органічні речовини й синтезують у великій кількості АТФ.

Важливу роль відіграють гепатоцити в синтезі білків, вуглеводів і ліпідів. Гепатоцити синтезують альбуміни, більшу частину глобулінів і білків, що беруть участь у зсіданні крові. Білки в гепатоцитах синтезуються в шорсткій ЕПС, надходять до комплексу Ґольджі, набувають функціональних особливостей, упаковуються в міхурці й виділяються за допомогою екзоцитозу в кров. Метаболізм вуглеводів й ліпідів пов’язаний з гладкою ЕПС, яка розсіяна в цитоплазмі у вигляді цистерн, трубочок й міхурців. Гепатоцити під дією інсуліну перетворюють надлишок глюкози на глікоген, який відкладається у вигляді зерен у цитоплазмі. За нестачі глюкози зерна глікогену розщеплюються до глюкози. У гепатоцитах також відбувається накопичення лідідів у вигляді жирових краплин.

*Отже, кількість, наявність та участь структур клітини в тих чи інших процесах визначається саме особливостями метаболізму та функціями клітин.*

Як відбувається знешкодження та виділення речовин із клітин?

У клітину разом з необхідними для її життя речовинами можуть потрапляти ззовні чужорідні або утворюватися всередині токсичні речовини (амоніак, гідроген пероксид, індол, скатол). Вони зазнають перетворень і видаляються. **Біотрансформація** (від грец. bios – життя, лат. transformatio – перетворення) – біо хімічні процеси, в ході яких речовини зазнають змін під дією різних ферментів клітин. У ході першої фази біотрансформації молекула шкідливої речовини збагачується полярними функціональними групами, що робить її реакційно- здатною і розчинною у воді. У другій фазі відбуваються синтетичні процеси поєднання з ендогенними молекулами (наприклад, з глюкуроновою кислотою, сульфатами, гліцином), у результаті чого утворюються полярні сполуки, які й виводяться з клітин. Знешкодження токсичних сполук у клітинах забезпечується ферментами оксидоредуктазами, гідролазами, пероксидазами та відбувається в цитоплазмі, ЕПС, мікротільцях, мітохондріях, лізосомах. Так, за допомогою ферментів ЕПС відбувається детоксикація алкоголю, пероксидаза мікротілець розщеплює гідроген пероксид на воду й кисень. У гепатоцитах отруйний амоніак знешкоджується в процесі перетворення на сечовину. Основними процесами клітинного виділення є: а) розчинення продуктів обміну речовин й видалення їх з клітин за участі вакуолей, залишкових тілець; б) ізолювання продуктів обміну у вигляді клітинних включень. ***Отже, у клітинах відбуваються процеси, під час яких знешкоджуються, перетворюються й видаляються назовні шкідливі речовини та підтримується клітинний гомеостаз.***

1. **Способи отримання енергії в різних груп автотрофних та гетеротрофних організмів.**

*Які особливості живлення зелених рослин як автотрофних організмів?* **АВТОТРОФНЕ ЖИВЛЕННЯ** (від грец. аутос – сам і трофос – їжа) – це надходження в організм неорганічних речовин, необхідних для синтезу власних органічних сполук. Залежно від джерел енергії, що використовується при цьому, розрізняють фотоавтотрофне живлення (властиве ціанобактеріям і зеленим рослинам, у клітинах яких є зелені пігменти, що вбирають зовнішню світлову енергію) та хемоавтотрофне живлення (у деяких груп бактерій, які використовують внутрішню хімічну енергію неорганічних сполук). Якими ж є особливості обміну речовин й енергії у зелених рослин як найдосконалішої групи автотрофів? По-перше, у зелених рослин надходження неорганічних речовин забезпечують регульовані процеси повітряного і мінерального живлення.

Повітряне живлення – це процес поглинання та засвоєння з повітря вуглекислого газу, який є вихідним продуктом для фотосинтезу. Надходження СО2 відбувається крізь продихи листка, тому саме цей вегетативний орган є органом повітряного живлення.

Мінеральне живлення – це процес поглинання та засвоєння з ґрунту води та хімічних елементів, необхідних для життєдіяльності. Органом мінерального живлення в рослин є корінь.

По-друге, звичайним явищем для зелених рослин є поєднання автотрофного живлення з гетеротрофним й використання готових органічних речовин із зовнішнього середовища або із резервів у клітинах. Схема фотоавтотрофного живлення в рослин організм використовує для життя раніше синтезовані та відкладені про запас органічні речовини. У темновий період живлення рослин також є гетеротрофним. За особливостями живлення серед рослин виокремлюють такі групи: рослини-сапрофіти (ялинник звичайний, гніздівка звичайна), рослини-напівпаразити (омела-біла, дзвінець, перестріч, очанка), рослини-паразити (вовчок, петрів хрест, повитиця), рослини-хижаки (венерина мухоловка, росичка

круглолиста, жирянка, пухирник, непентес).

По-третє, зелені рослини із середовища отримують енергію Сонця. Утворення глюкози залежить передусім від якості й кількості світлової енергії, що поглинається хлорофілом і каротиноїдами листків. Найбільше значення для рослин мають сині, фіолетові й червоні промені видимого спектра. На початкових стадіях вегетації для росту й розвитку рослин важливими є сині промені, а в дорослому віці більш необхідними стають червоні промені. *Отже, особливостями живлення зелених рослин є повітряне й мінеральне живлення, використання готових органічних речовин і світлової енергії.*

*Які особливості внутрішньоклітинного метаболізму автотрофних організмів?*

Визначальними процесами автотрофного метаболізму є анаболічні реакції. Це різні види фотосинтезу архей, фотобактерій та еукаріотичних рослин й хемосинтез залізо-, сірко- та нітрифікуючих бактерій. У деяких солелюбних (галофільних) архей спостерігається безхлорофільний фотосинтез, що здійснюється за участі бактеріородопсину.

Принциповою відмінністю між кисневим фотосинтезом зелених рослин й ціанобактерій та бактеріальним фотосинтезом зелених і пурпурних сіркобактерій є те, що останній відбувається за участі бактеріохлорофілів у анаеробних умовах, кисень не виділяється, джерелом Гідрогену є сірководень. Кисневий фотосинтез відбувається з виділенням кисню за участі хлорофілів й каротиноїдів у зелених рослин та хлорофілів і фікобілінів – у ціанобактерій. Джерелом Гідрогену та молекулярного кисню для цього фотосинтезу слугує вода. Ще однією особливістю автотрофів є їхня здатність перетворювати продукти фотосинтезу на амінокислоти, жирні кислоти, нуклеотиди, з яких далі утворюються складні біомолекули. Такий автотрофний анаболізм, що пов'язаний з фото- й хемосинтезом, називається первинним синтезом органічних речовин.

І ось тут виявляється ще одна особливість, пов’язана з використанням мінерального Нітрогену у вигляді амоніаку й нітратів, а точніше їхніх йонів (NН4 + , NO3 – ).

Зелені рослини можуть завдяки цьому синтезувати усі необхідні їм амінокислоти в процесах амінування й переамінування. Біосинтез білка в автотрофів відбувається так само, як і у тварин: на рибосомах за участі іРНК й тРНК. Однак у рослин існує додатковий шлях синтезу білка за допомогою ферментів-транспептидаз (транспептидази). Він полягає в тому, що ферменти переносять пептиди від однієї білкової молекули до іншої. При цьому відбувається рекомбінація ділянок різних білкових молекул із заданою амінокислотною послідовністю. В результаті нові білки утворюються без великих витрат енергії та речовин.

Для катаболізму автотрофів також характерні особливості, пов’язані з хемо- й фотосинтезом. Автотрофні організми в реакціях катаболізму розщеплюють синтезовані ними ж органічні речовини (найчастіше глюкозу або крохмаль). Окрім того, АТФ синтезується не лише в процесі дихання після окиснення глюкози, а й під час світлової фази фотосинтезу завдяки фотофосфорилюванню. *Отже, метаболізм автотрофних організмів має особливості, що визначаються їхньою здатністю до первинного синтезу органічних сполук з неорганічних речовин.*

*Які особливості виділення речовин у автотрофів?*

**Екскреція** – сукупність процесів, спрямованих на виведення невикористаних продуктів обміну речовин й енергії, а також чужорідних і шкідливих для клітини сполук. Особливостями екскреції у автотрофів є те, що вони – первинні продуценти і синтезують в необхідній кількості усі потрібні органічні речовини. Наприклад, у рослин синтезується лише стільки білків, скільки необхідно на даний час. Вони ніколи не утворюють білків у надлишку і тому виділяють дуже мало нітрогеновмісних відходів – продуктів розщеплення білків. Окрім того, кінцеві продукти обміну речовин у автотрофних організмів (О2, СО2, вода) слугують вихідними сполуками для інших реакцій. *Наприклад, у рослин СО2 використовується в темновій фазі фотосинтезу, а вода – в світловій*. Спеціалізованих органів екскреції у автотрофів немає, однак продукти виділення в них можуть накопичуватися та видалятися в середовище з тканинами й органами, що відмирають. Так, у зелених рослин відходи метаболізму відкладаються у відмерлих тканинах, у листках чи корі, що періодично видаляються. Виділення води у вигляді пари відбувається під час транспірації через продихи, сочевички, видалення надлишку води (гутація – від лат. gutta – крапля) – через водяні продихи (гідатоди) тощо. Вода випаровується через усі частини рослини та найінтенсивніше це здійснюють листки. Своєрідним способом виділення є внутрішньоклітинне виділення та ізоляція переведених у важкорозчинну форму продуктів обміну. Наприклад, органічні кислоти, що можуть спричинити шкоду клітині, зв’язуються з катіонами і відкладаються у вигляді кристалів у цитоплазмі (наприклад, включення з кальцій оксалату в щавлю). Отже, виділення речовин у процесі життєдіяльності є важливим компонентом обміну речовин і гомеостазу рослинного організму.

ОБМІН РЕЧОВИН У АВТОТРОФНИХ ОРГАНІЗМІВ – це обмін, що характеризується надходженням неорганічних речовин, які є джерелом Карбону, Гідрогену й Нітрогену, переважанням у клітинах анаболічних реакцій, первинним синтезом власних органічних сполук і використанням кінцевих продуктів обміну для реакцій.

***Чому розрізняють різні типи й види гетеротрофного живлення?***

ГЕТЕРОТРОФНЕ ЖИВЛЕННЯ (від грец. гетерос – різний і трофос – їжа) – це процес надходження в організм готових органічних речовин, що слугують джерелом Карбону. Залежно від джерел енергії розрізняють фотогетеротрофне жив лення (пурпурні несірчані бактерії, геліобактерії мають бактеріохлорофіли, що використовують зовнішню світлову енергію) та хемогетеротрофне живлення (археї, більшість бактерій, тварини, гриби, що використовують внутрішню хімічну енергію органічних сполук). У живій природі виокремлюють ще один тип живлення – міксотрофний.

Мікстотрофне живлення (від грец. міксо – змішаний і їжа) – це процес надходження в організм за одних умов середовища неорганічних речовин для фотоавтотрофного живлення, а за інших умов – готових органічних речовин для хемогетеротрофного живлення. Іншими словами, це змішане живлення, що спостерігається в ко махоїдних рослин, рослин-паразитів, евглени зеленої, діатомових водоростей, певних груп бактерій. Найбільш поширеними є організми з хемогетеротрофним типом живлення – хемогетеротрофи. Саме вони демонструють різноманітність видів гетеротрофного живлення.

За джерелом готових органічних речовин їх класифікують на хижаків (хижі тварини, хижі гриби, хижі рослини отримують готові органічні речовини з тіла своєї жертви), фітофагів (рослиноїдні тварини використовують органічні речовини зеленої маси), сапрофагів (жук-гнойовик, річкові раки, гієни, грифи споживають органічні речовини відмерлих організмів), паразитів (черви-гельмінти, блохи, воші живляться поживними речовинами живих організмів, чим завдають їм шкоди) та симбіотрофів (актинії, губани-чистильники, мікоризні гриби живляться поживними речовинами живих організмів, не завдаючи їм шкоди). Способи здобування їжі в гетеротрофних організмів є дуже різноманітними, але шлях засвоєння поживних речовин у більшості з них подібний і складається з таких етапів: поглинання їжі – перетравлювання складних поживних речовин – всмоктування малих біомолекул – метаболізм – виділення.

*Отже, типи й види гетеротрофного живлення розрізняють за джерелом енергії та джерелами отримання готових органічних речовин.*

*Які особливості метаболізму гетеротрофів?*

Визначальними й переважаючими процесами метаболізму гетеротрофів є катаболічні реакції розщеплення складних органічних речовин. Завдяки їм відбуваються вивільнення хімічної енергії, перетворення її в енергію АТФ і використання для життєдіяльності та реакцій анаболізму.

Катаболізм більшості гетеротрофів можна поділити на три етапи.

• Підготовчий етап – це специфічний для гетеротрофів етап перетравлювання й розщеплення біополімерів до малих молекул: білки – до амінокислот, жири – до жирних кислот і гліцеролу, полісахариди – до моносахаридів. Цей етап відбувається у травній системі, а також внутрішньоклітинно в лізосомах. У цих процесах не виділяється достатньої кількості енергії для синтезу АТФ, вся вона втрачається в тепловій формі.

• Безкисневий (анаеробний) етап – розщеплення мономерів до ще менших молекул, переважно ацетил-КоА; на цьому етапі в реакціях синтезується незначна кількість АТФ. За неповного розщеплення 1 моль глюкози вивільняється 200 кДж енергії. Одним із основних шляхів 2-го етапу аеробного дихання є гліколіз.

• Кисневий (аеробний) етап включає цикл Кребса та окиснювальне фосфорилювання, що відбуваються в мітохондріях. На цьому етапі органічні речовини окиснюються до вуглекислого газу, а всі відщеплені від них електрони та протони переносяться на кисень, внаслідок чого утворюється вода. На цьому етапі синтезується найбільша кількість АТФ.

Так, з 1 моль глюкози вивільняється 2600 кДж енергії. Вивільнена енергія й малі молекули беруть участь в анаболічних процесах утворення власних органічних речовин. Таку сукупність перетворень називають вторинним синтезом органічних речовин. Цей синтез здійснюється завдяки внутрішньоклітинній енергії окиснення речовин, а не зовнішній світловій енергії, як у автотрофів. Ще однією особливістю анаболізму гетеротрофів є потреба в незамінних амінокислотах й жирних кислотах, що не синтезуються в їхніх організмах і мають надходити з їжею. На відміну від автотрофів, здатних засвоювати Нітроген мінеральних сполук, гетеротрофні організми потребують Нітроген в органічній формі (амінокислоти, білки). Отже, метаболізм гетеротрофних організмів має особливості, що визначаються використанням готових органічних речовин та їхньою здатністю до вторинного синтезу органічних речовин.

*Як відбувається екскреція у гетеротрофних організмів?*

У зв’язку з різноманіттям видів живлення й переважанням катаболічних реакцій розщеплення в організмі гетеротрофів утворюються й видаляються дуже різні речовини. Такими сполуками можуть бути:

1) кінцеві продукти окиснення (вуглекислий газ, вода);

2) надлишок води й солей;

3) отруйні сполуки, що надійшли до організму з їжею або утворилися під час реакцій (наприклад, токсини);

4) кінцеві продукти обміну білків (амоніак, сечовина);

5) чужорідні речовини (наприклад, отрутохімікати, радіонукліди).

Виділення з організму може здійснюватись шляхом дифузії (у грибів, твариноподібних організмів, бактерій) або за участі спеціальних видільних органів (протонефридії, метанефридії, зелені залози, видільні трубочки, нирки).

Своєрідним способом виділення є відкладання переведених у важкорозчинну форму продуктів обміну в клітинах тіла (наприклад, у клітинах жирового тіла комах). Для гетеротрофів важливим видом обміну речовин є обмін білків. У ньому кінцевими продуктами є нітрогеновмісні сполуки – амоніак, сечовина, сечова кислота, що швидко видаляються з організму. Досить часто у зв’язку з потребами економії води легкорозчинні амоніак і сечовина замінюються на важкорозчинні речовини, якими є гуанін (наприклад, у павуків) або сечова кислота (наприклад, у комах, плазунів, птахів). Отже, завершальний етап обміну речовин й енергії у гетеротрофів також має свої особливості, якими є наявність нітрогеновмісних кінцевих продуктів і спеціалізованих органів виділення.

ОБМІН РЕЧОВИН У ГЕТЕРОТРОФНИХ ОРГАНІЗМІВ – це обмін, що характеризується надходженням готових органічних речовин, які є джерелом вільної хімічної енергії, Карбону, Гідрогену й Нітрогену, переважанням у клітинах катаболічних реакцій розщеплення цих речовин, вторинним синтезом власних органічних сполук і видаленням із клітин кінцевих продуктів обміну, зокрема амоніаку.

1. **Роль процесів дихання в забезпеченні організмів енергією**

У процесі дихання між організмом та середовищем відбувається обмін газами. Аеробним організмам потрібен кисень, що надходить з навколишнього середовища, натомість назовні аеробні організми та більшість анаеробних вивільняють карбон(IV) оксид — кінцевий продукти дихання.

Обмін CO2 та O2 з навколишнім середовищем носить назву «газообмін», а поверхня, на якій це фактично відбувається, — «дихальною поверхнею». Для того щоб цей процес відбувався, дихальна поверхня має відповідати таким вигонам:

1) бути проникною, для того щоб гази могли проходити крізь неї;

2) шар, що її утворює, має бути тонким, оскільки дифузія є ефективною на відстані не більше 1 см;

3) вона має бути вологою, оскільки обидва гази — і O2, і CO2 — дифундують у розчині;

4) дихальна поверхня має бути великою, для того щоб крізь неї могли обмінюватися достатні кількості газів відповідно до потреб організму.

Організми отримують кисень або безпосередньо з атмосфери, або з води, в який він розчинений. Вміст кисню в одиниці об’єму повітря є набагато більшим, ніж у такому ж об’ємі води. Тому об’єм води, що мають пропускати над дихальними поверхнями водні організми для потреб метаболізму, набагато більший за об’єм повітря, достатнього для наземних тварин.

*2. Надходження газів у організмів тварин. Виникнення й еволюція дихальної системи. Різновиди органів дихання і принципів організації дихальних систем*

*Одноклітинні*: у звичайної амеби тіло менше 1 мм, тому відношення поверхні до об’єму є досить великим. Дифузія газів відбувається крізь усю клітинну мембрану. І цього достатньо для її метаболічних потреб.

*Кишковопорожнинні*: у двошарової багатоклітинної прісноводної гідри всі клітини перебувають у контакті з водним середовищем. У кожній з цих клітин газообмін відбувається крізь клітинну мембрану, що контактує із середовищем. Такий газообмін є достатнім для її потреб.

*Плоскі черви*: у вільноживучої білої планарії кисень потрапляє в організм через усю поверхню тіла. Цьому сприяє сплощена форма тіла (товщина не більше 0,06 см), яка збільшує відношення поверхні до об’єму. Дифузії сприяє те, що планарії мешкають у добре аерованих водоймах.

*Кільчасті черви*: не мають систем, спеціально призначених для газообміну. Вони і не потрібні: завдяки циліндричній формі тіла відношення поверхні до об’єму є великим, а активність червів і потреба в кисні є незначною. Газообмін відбувається всією поверхнею тіла. Кровоносна система є, в крові розчинений дихальний пігмент гемоглобін. Скорочення кровоносних судин, як насос, проштовхують кров по всьому тілу. Кутикула на поверхні тіла постійно зволожується виділеннями залоз епітелію. Відстань між кровоносними судинами та поверхнею тіла є невеликою — це забезпечує швидку дифузію кисню у кров. У водних кільчастих червів вирости стінки тіла пронизані численними судинами.

*Членистоногі*: у комах газообмін відбувається через систему трубочок — трахей. Завдяки їм кисень з повітря потрапляє прямо до тканин, і необхідності транспортувати його кров’ю нема. це набагато швидший спосіб, ніж дифузія кисню крізь тканини. Але, зважаючи на те що дифузія достатньо ефективна лише на відстані 1 см, комахи не можуть бути надто великими. Хоча деякі з них сягають у довжину 16 см, товщина їхнього тіла не повинна перевищувати 2 см.

*Кісткові риби*. Газообмін відбувається, коли вода проходить крізь зяброві порожнині. Кров у зябрових пелюстках тече у напрямку, що є протилежним току води, і, таким чином, постійно зустрічається з водою, яка має високу концентрацію кисню, що збільшує ефективність газообміну.

*Земноводні*. Газообмін може відбуватися трьома різними шляхами:

• через зволожену слизовими залозами шкіру; кисень розчиняється у слизу, а потім потрапляє у кров;

• через епітелій, що вистилає ротову порожнину; газообміну сприяють рухи горла;

• через легені, які являють собою пару порожніх мішків, стінки яких утворюють численні складки, а поверхня зволожена слизом.

*Плазуни*: тіло вкрите роговим покривом, що є непроникним для газів, тому шкірне дихання відсутнє. Газообмін відбувається лише в легенях більш складної будови, ніж у земноводних. Вентиляція легенів відбувається за рахунок руху ребер грудної клітини.

*Птахи*: мають інтенсивний метаболізм і велику потребу в кисні. Легені невеликі, компактні, мало еластичні, мають численні бронхи, що пронизані численними кровоносними судинами. Прирослі до ребер та хребта. Вентиляція наскрізна. З легенями пов’язані п’ять пар дихальних мішків, які є виростами бронхів. Вони задіяні під час польоту.

*Ссавці*: дихальна система створена добре розвинутими парними легенями, які розміщені в грудній порожнині, верхніми і нижніми дихальними шляхами. Газообмін відбувається в альвеолах. Дихання за допомогою рухів грудної клітки та діафрагми.

*3. Надходження газів до організмів рослин і грибів. Роль продихів. Усмоктування речовин із ґрунту*

Кожна клітина рослин та грибів обмінюється з повітрям киснем та вуглекислим газом шляхом дифузії. Інтенсивність газообміну в рослин та грибів зазвичай нижча, ніж у тварин, оскільки вони витрачають менше енергії. Будь-які спеціальні вентиляційні механізми у рослин і грибів відсутні, але у рослин є спеціальні пристосування: продихи на листках, сочевички на корі дерев, міжклітинники з повітрям.

Кисень легко дифундує з повітря у проміжки між дрібними частками ґрунту, у плівку води, що їх оточує. Потім — у гіфи грибів або кореневі волоски рослин, а далі — в клітини кори і клітини центрального циліндру. Вуглекислий газ, що утворюється під час дихання, дифундує у зворотному напрямку і виходить з кореня назовні через кореневі волоски. Крім того, гази легко дифундують і через сочевички на коренях та стовбурах старих дерев і кущів. У листках газообмін здійснюється крізь продихи з градієнтом концентрації.

Листки рослин, так само як і легені тварин, мають забезпечувати достатній газообмін, не втрачаючи при цьому багато води. це досягається тим, що листки (наприклад, у рослин посушливих місць) більш товсті та м’ясисті, мають товсту кутикулу з продихами, які розташовані у заглибленнях (товста кутикула із заглибленими продихами є й у хвойних). Також листові пластинки тонкі та з великою площею поверхні.

Більше кисню потребують ті частини рослин і грибів, які ростуть. Газообмін насінин відбувається дуже повільно. Газообміну в коренях може заважати ущільнений ґрунт.