

ЛЕКЦІЯ №12
з курсу «Фізіологічна екологія»
на тему: «ЕКОЛОГО-ФІЗІОЛОПЧНА
ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДІЛЬНОЇ СИСТЕМИ»

**Викладач курсу: доцент кафедри
фізіології, імунології і біохімії з курсом
цивільного захисту та медицини
Григорова Наталя Володимирівна**

ПЛАН

1. Значення водно-сольового обміну для життєдіяльності організму.
2. Водно-сольовий обмін у водних тварин – прісноводних мешканців.
3. Водно-сольовий обмін у водних тварин – мешканців моря.
4. Водний обмін та осморегуляція у амфібій.
Пристосування до дегідратації.
5. Водний обмін у наземних безхребетних.
6. Водний обмін у рептилій.
7. Водно-сольовий обмін у птахів.
8. Водно-сольовий обмін у ссавців.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Гончаренко М. С., Бойчук Ю. Д. Екологія людини : підручник. Суми : Університетська книга. 2023. 400 с.
2. Екологічна фізіологія людини : навч. посіб. для студентів спеціальності 091 Біологія, освітньо-професійних програм Біологія, Лабораторна діагностика / укладачі : Т. Ф. Поручинська, І. Ф. Пасичнюк, А. І. Поручинський. Луцьк : ВНУ імені Лесі Українки, 2021. 272 с.
3. Мазуркевич А. Й., Карповський В. І., Камбург М. Д., Федорук І. С. Фізіологія тварин. Вінниця : Нова книга, 2012. 424 с.
4. Медична фізіологія за Ґайтоном і Голлом [Текст = Guyton and Hall. Textbook of Medical Physiology : підруч.: пер. з англ. 14-го вид. : у 2 т. / Дж. Е. Голл, М. Е. Голл ; наук. ред. пер.: К. Тарасова, І. Міщенко. Київ : ВСВ Медицина, 2022. Т. 1. 634 с.
5. Пашко К. О., Кашуба М. О., Лотоцька О. В. Гігієна та екологія : підручник. Терновіль : Укрмедкнига, 2022. 528 с.
6. Фізіологія : підруч. для студ. вищ. мед. навч. закл. IV рівня акредитації / за ред. В. Г. Шевчука. 5-те вид. Вінниця : Нова книга, 2021. 448 с.

1. Значення водно-сольового обміну для життєдіяльності організму

Водний обмін організму з довкіллям включає два протилежні процеси: надходження води в організм та віддачу її у зовнішнє середовище. Тварини отримують вологу не тільки у вигляді питної води, але і з їжею, а також через покриви чи спеціалізовані ділянки тканин, які є проникними для води (наприклад, зябра). Значення їжі у водному балансі організму полягає не тільки в тому, що вона містить воду в тканинах харчових об'єктів. Посилене харчування викликає накопичення в організмі запасів жиру; в процесі окислення жирів та інших органічних речовин утворюється так звана **метаболічна вода**.

Значні коливання умов забезпеченості тварин водою обумовили виникнення ряду еколого-фізіологічних адаптацій.

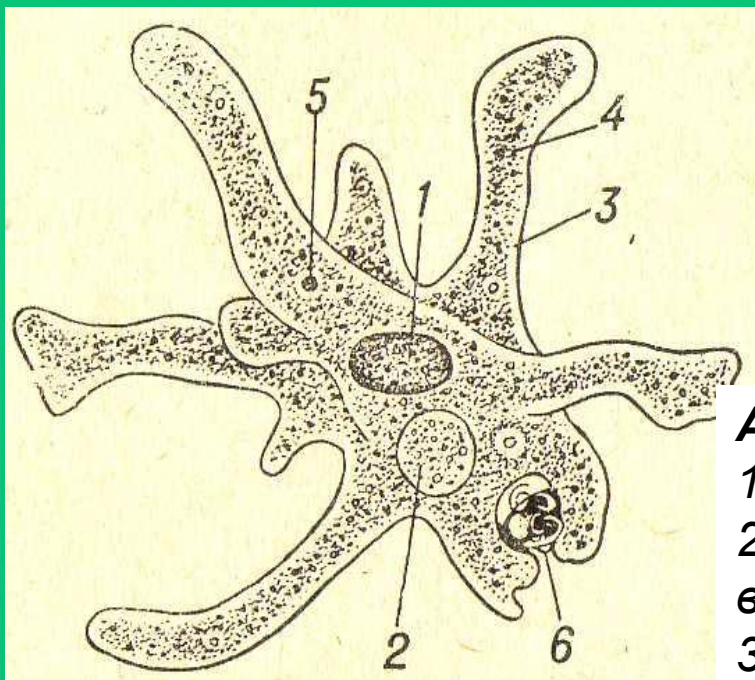
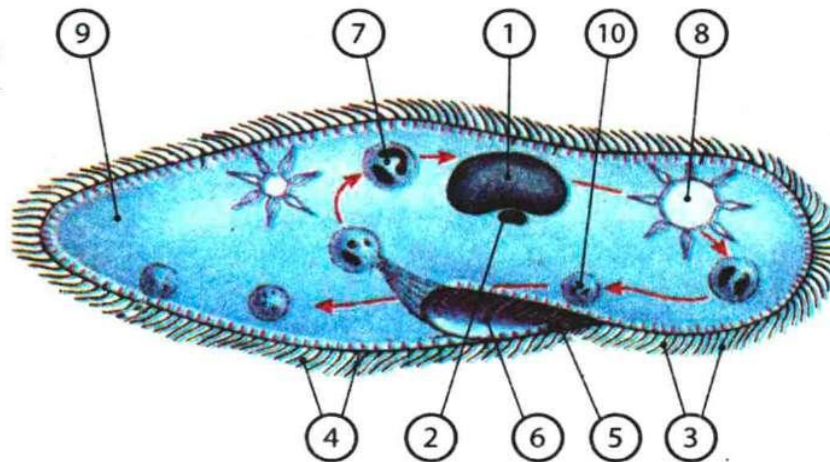
Водний обмін сильно пов'язаний з обміном солей. Певний набір солей (іонів) представляє собою необхідну умову нормальної функції організму, так як солі входять до складу багатьох тканин, відіграючи важливу роль в обмінних процесах клітин. Зміна кількості як води, так і солей порушує осмотичні процеси та іонну рівновагу; в організмі тварин постійно проходить активне регулювання концентрації та іонного складу рідин та тканин тіла. Особливо важливе значення підтримання водно-сольового обміну має для водних тварин, у яких осмотичні процеси протікають не тільки на суборганізменному рівні, але і з оточуючим їх водним середовищем.

2. Водно-сольовий обмін у водних тварин - прісноводних мешканців

Всі прісноводні тварини (починаючи з одноклітинних) мають спеціальні структури, котрі забезпечують зберігання їх гіперосмотичності. У найпростіших та кишковопорожнинних цю роль виконує **скоротлива вакуоль**; у прісноводних плоских червив – диференційований **протонефрид з довгим звивистим дистальним відділом**, а також поверхня тіла, спроможна змінювати проникність для води та іонів; у кільчастих червив – **метанефридіальна система** з добре розвиненим потовщеним дистальним відділом, котрий реабсорбує натрій настільки ефективно, що осмотичний тиск сечі порівняно з кров'ю знижується в 10 разів. У прісноводних молюсків процес гіпотонізації сечі відбувається в дистальному тонкому відділі **Боянусова органу**, а у ракоподібних – в добре розвиненому **тонкому каналці**, що починається від лабіринту та впадає у сечовий міхур.

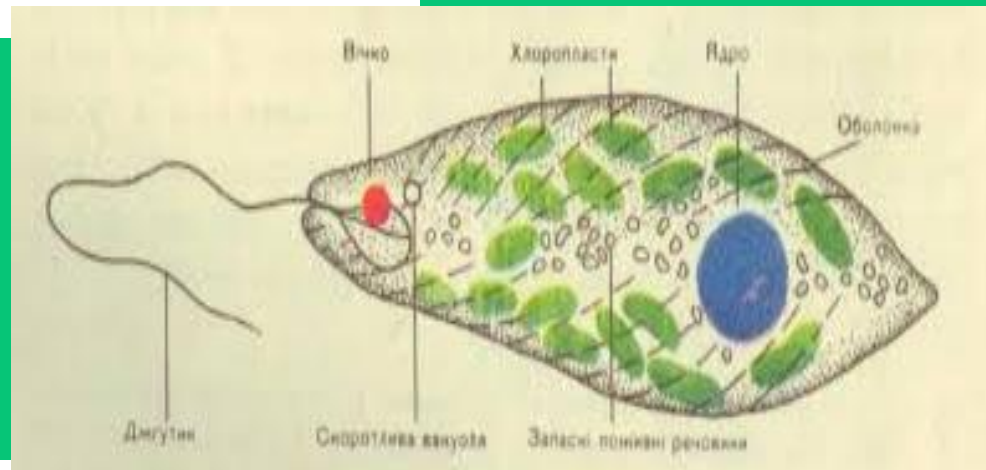
■ Схема будови інфузорії-туфельки (стрілками показаний рух цитоплазми і органел):

- 1 — велике ядро
- 2 — маленьке ядро
- 3 — війки
- 4 — оболонка
- 5 — клітинний рот
- 6 — клітинна глотка
- 7 — травна вакуоля
- 8 — скоротлива вакуоля
- 9 — цитоплазма
- 10 — порошиця



Амеба:

- 1 — ядро;
- 2 — скоротлива вакуоля;
- 3 — ектоплазма;
- 4 — ендоплазма



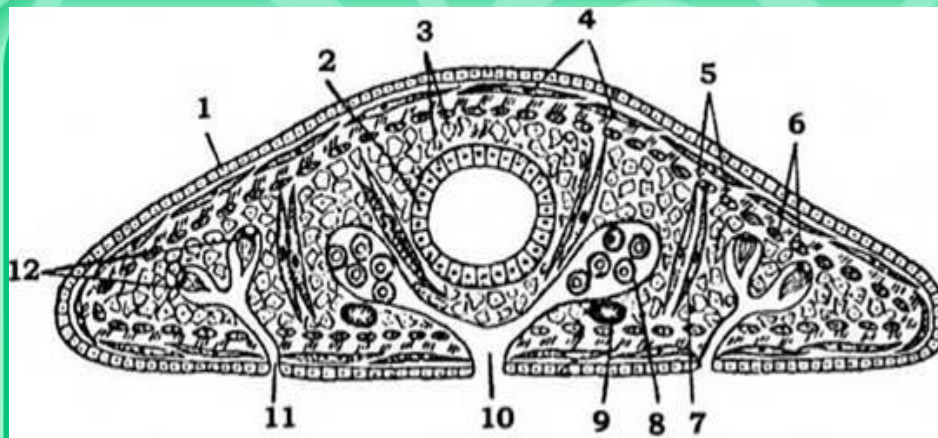
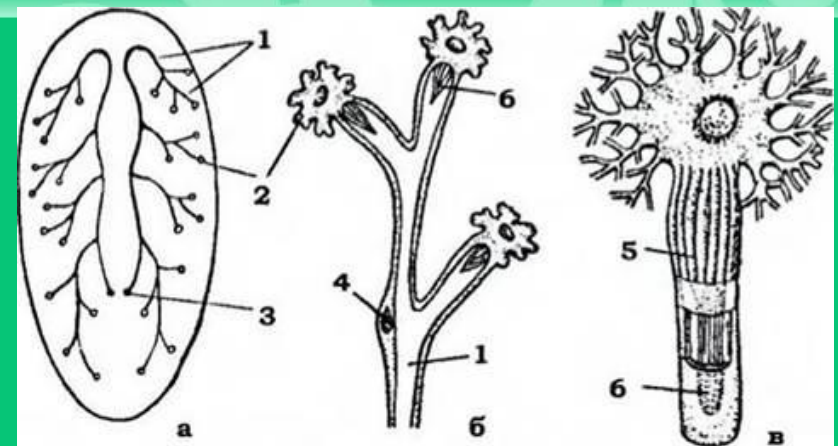


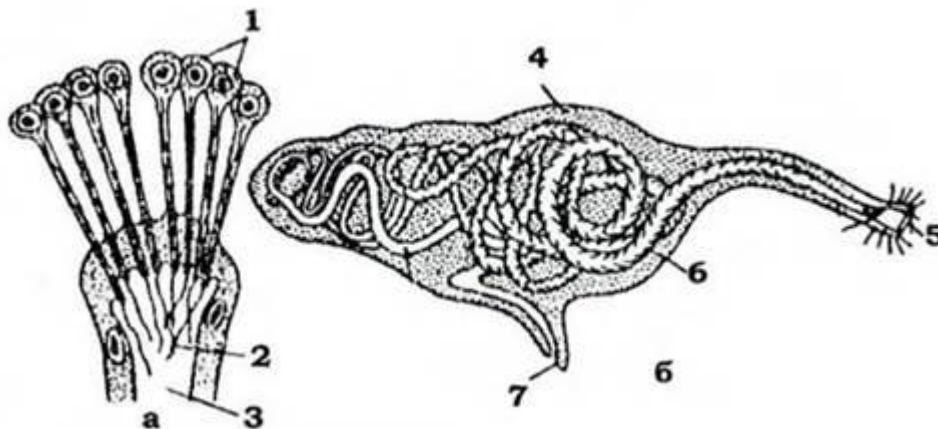
Схема поперечного зрізу плоского червя (із Хадорна):

1 - ектодерма; 2 - ентодерма (середня кишка); 3 - паренхіма; 4 - кільцеві м'язи; 5 - діагональні м'язи; 6 - поздовжні м'язи; 7 - дорсовентральні м'язи; 8 - гонада; 9 - нервовий стовбур; 10 - статевий отвір; 11 - видільна пора; 12 – протонефридій.



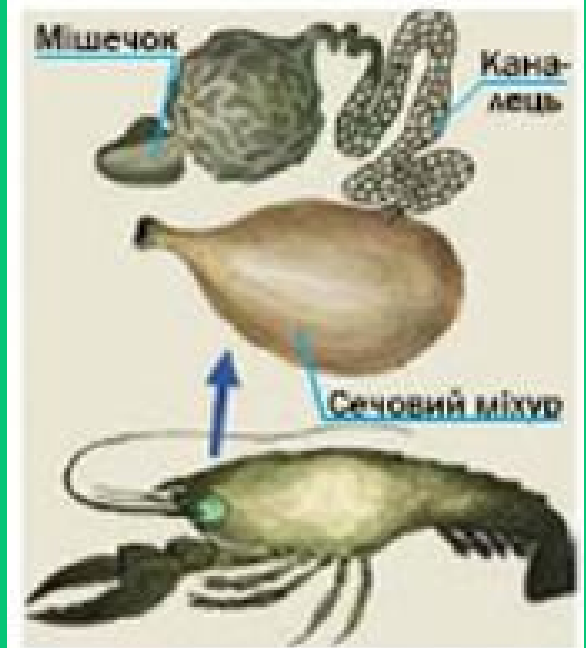
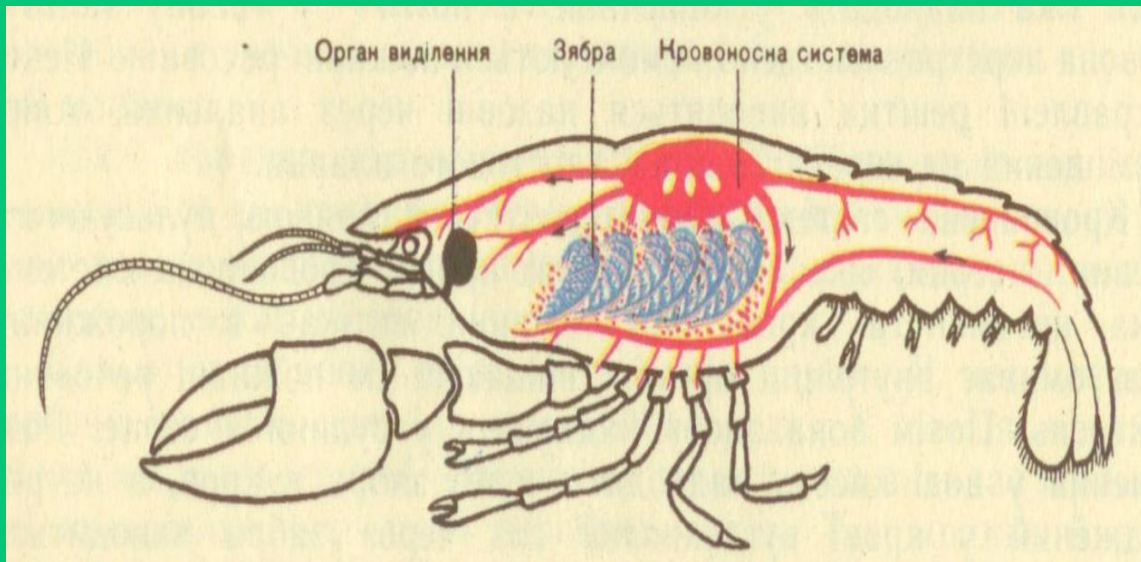
Протонефридіальна система (з Догеля, зі змінами):

а - загальна схема будови;
б - ділянка видільної системи із ідартоцитами;
в - циртоцит: 1 - видільні каналці; 2 - циртоцити; 3 - видільні пори; 4 - ядро епітеліальної клітини; 5 - зона адсорбції (цитоплазматичні тяжі); 6 - миготливе полум'я.



Органи виділення поліхет (з Догеля):

а - кінцевий відділ нефридія *Phyllodoce* із соленоцитами; б - метанефридій *Nereis*: 1 - соленоцити; 2 - миготливе полум'я; 3 - каналець; 4 - залозиста маса; 5 - лійка; 6 - нефридіальний канал; 7 - видільний отвір.



зелені залози у
ракоподібних

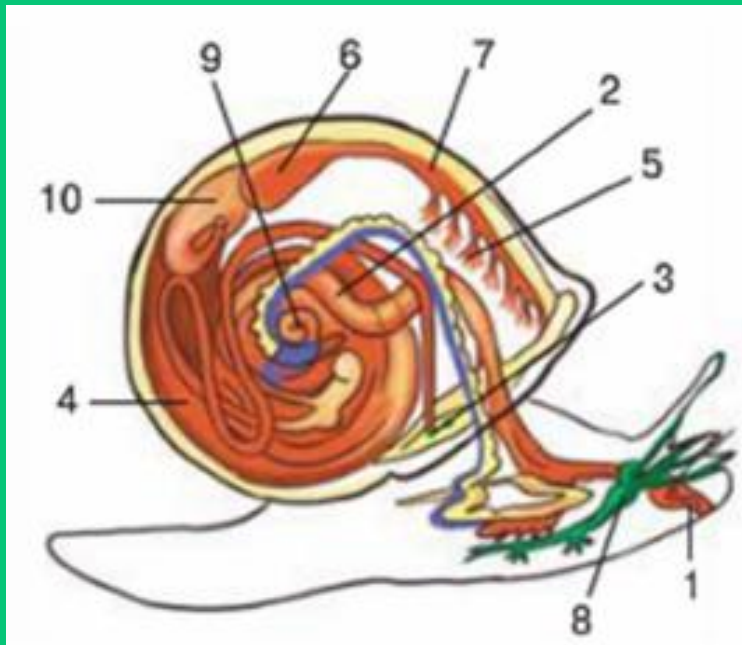
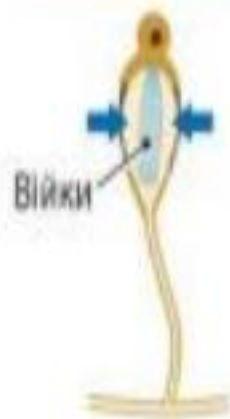


Схема будови представника червоногих моллюсків:

(виноградний слимак): 1 - язик;
2 - кишечник; 3 - анальний отвір;
4 - печінка 5 - легеня; 6 - серце;
7 - кровоносна судина;
8 - нервовий вузол; 9 - статева
залоза; 10 – нирка.

Найбільш досконало адаптаційні механізми осмотичного та іонного гомеостазу функціонують у хребетних тварин. Потреби адаптації до прісної води обумовлені трансформацією нефридіального апарату в гломерулярну нирку, котра з'явилась у предків хрящових риб та успадкована представниками еволюційного ряду хребетних. Характерною функціональною одиницею нирки хребетних є **нефрон**, який складається з фільтруючого клубочкового апарату, системи каналців (проксимального, петлі Генле та дистального) та збиральних трубок. У всіх хребетних, за виключенням ссавців, ниркові каналці оточені капілярами двох типів: капілярами, котрі несуть кров від клубочкової еферентної артерії, та капілярами портальної системи, в яку кров надходить від ниркової ворітної вени. Ссавці позбавлені портального кровопостачання нирки.

Протонефридій



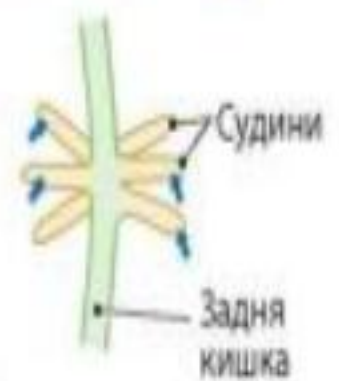
Метанефридій



Зелена залоза



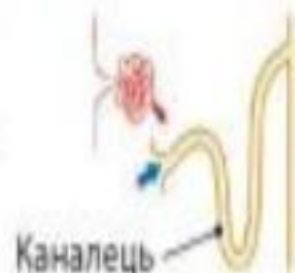
Мальпігієві судини



Мальпігієве
тільце



Нефрон переднирки



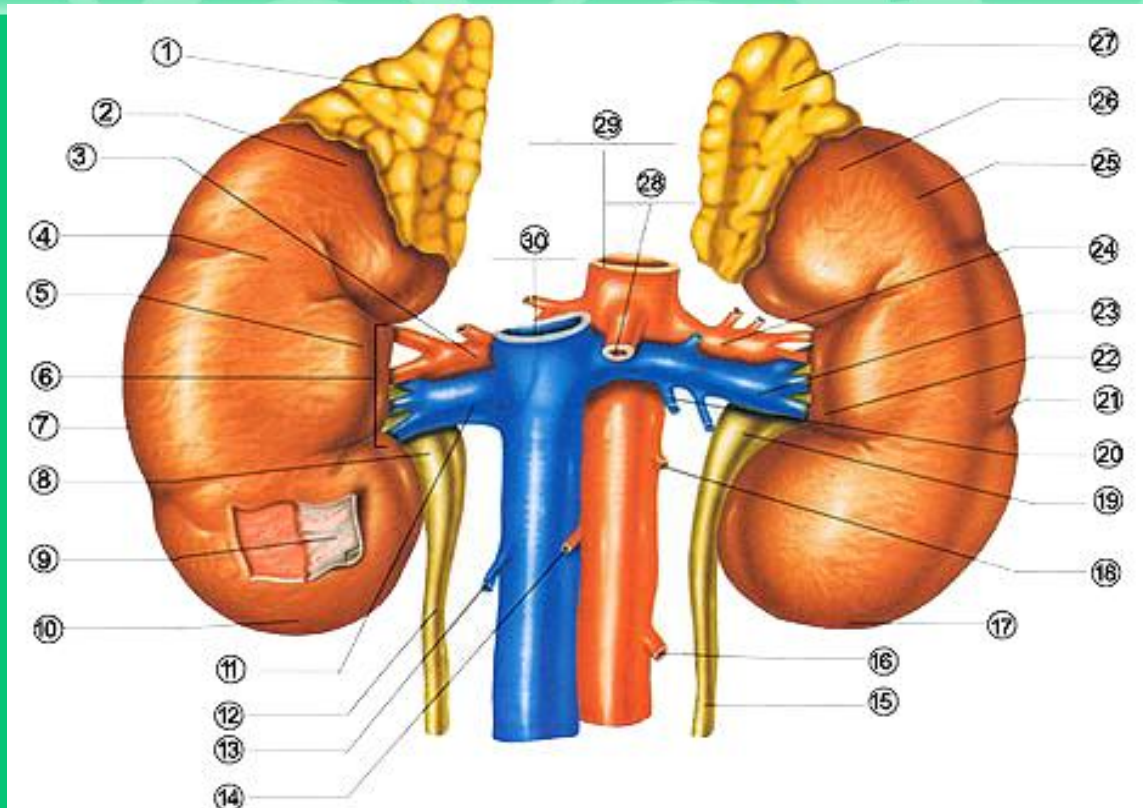
Нефрон тулубної нирки



Нефрон тазової нирки

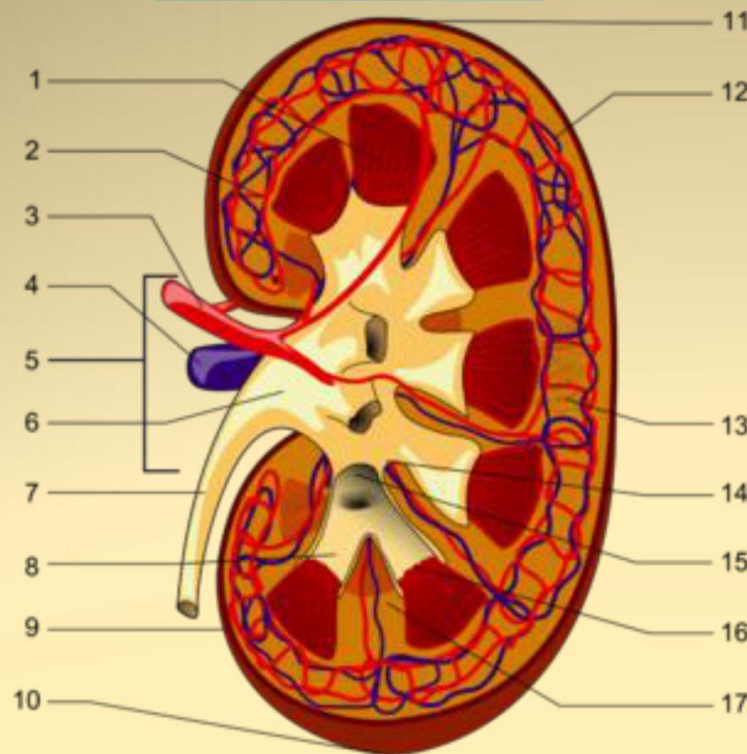
Капсула
Шумлянського —
Боумена

Мал. 50.1. Еволюція видільної системи у тварин



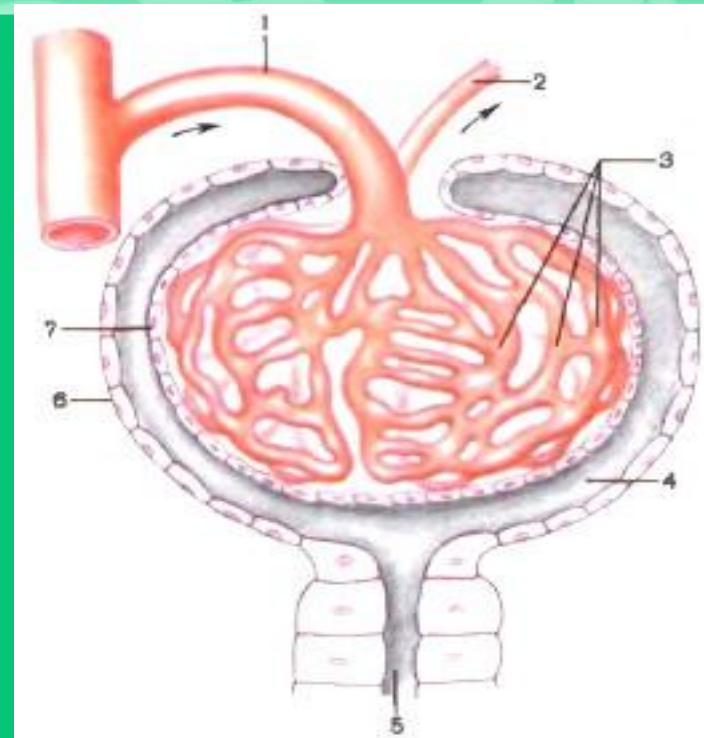
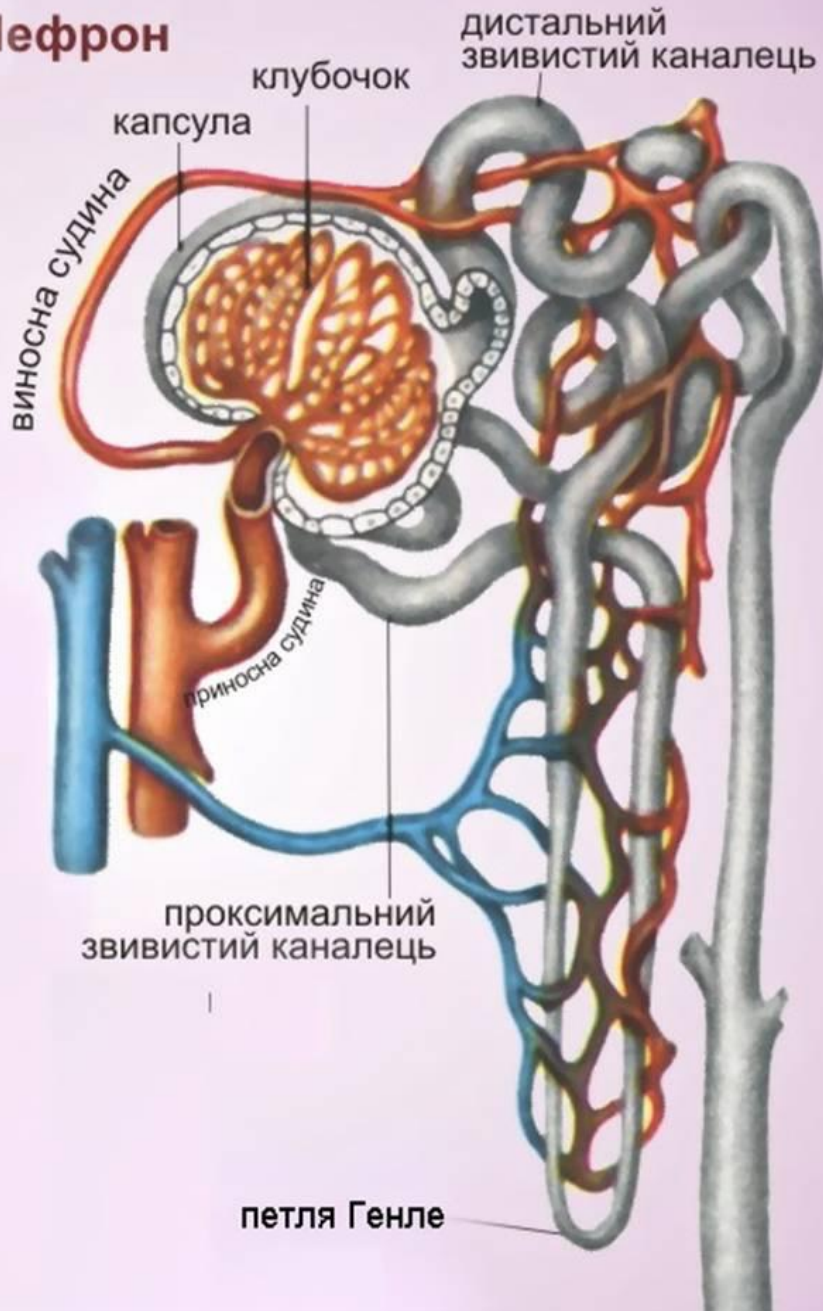
Передній вид нирок

1. Надниркова залоза. 2. Верхній полюс. 3. Права ниркова артерія. 4. Права нирка. 5. Внутрішній край. 6. Ворота нирки. 7. Зовнішній край. 8. Ниркова миска. 9. Фібозна капсула. 10. Нижній полюс. 11. Права ниркова вена. 12. Правий сечовід. 13. Яєчна вена. 14. Яєчна артерія. 15. Лівий сечовід. 16. Нижня брижова артерія. 17. Нижній полюс. 18. Яєчна артерія. 19. Миска. 20. Яєчникова вена. 21. Зовнішній край. 22. Внутрішній край. 23. Ліва ниркова вена. 24. Ліва ниркова артерія. 25. Ліва нирка. 26. Верхній полюс. 27. Надниркова залоза. 28. Верхня брижова артерія. 29. Черевна аорта. 30. Нижня порожниста вена.



- 1 - Мозкова речовина та ниркові піраміди (10-15);
- 2 - виносна клубочкова артеріола;
- 3 - ниркова артерія;
- 4 - ниркова вена;
- 5 - ворота нирок;
- 6 - ниркова миска;
- 7 - сечовід;
- 8 - мала ниркова чашечка (6-12);
- 9 - фіброзна капсула нирки;
- 10 - нижній полюс нирки;
- 11 - верхній полюс нирки;
- 12 - приносяна клубочкова артеріола;
- 13 - нефрон;
- 14 - ниркова пазуха;
- 15 - велика ниркова чашечка (2-4);
- 16 - верхівка ниркової піраміди з сосочками;
- 17 - нирковий стовп.

Нефрон



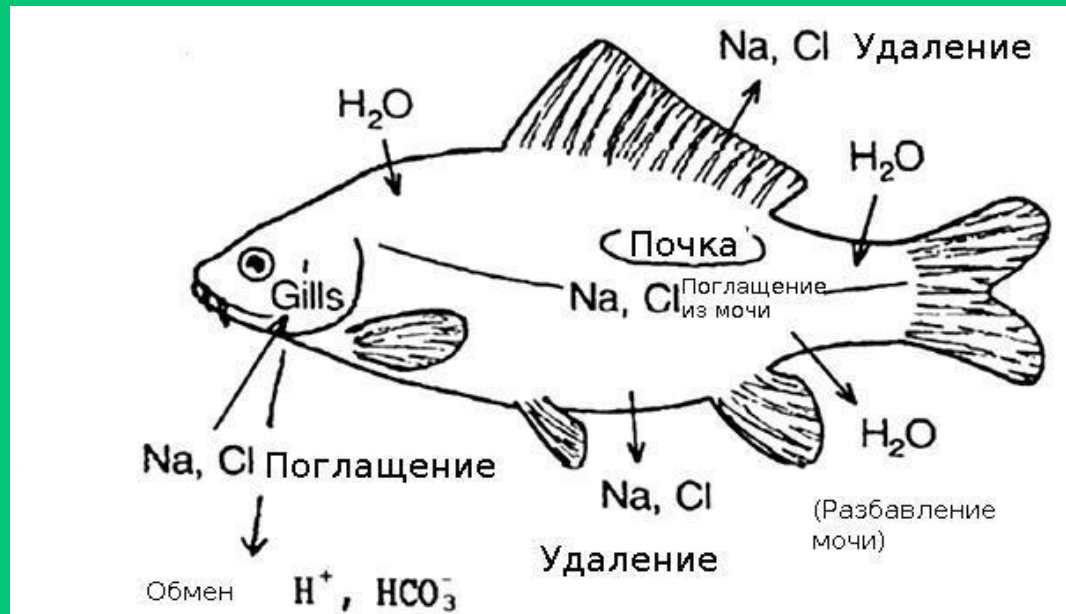
- 1 - приносна клубочкова артеріола;
- 2 - виносна клубочкова артеріола;
- 3 - сітка клубочкових капілярів;
- 4 - порожнина капсули клубочка;
- 5 – проксимальний звивистий каналець;
- 6 - зовнішня стінка капсули клубочка;
- 7 - внутрішня стінка капсули клубочка.

У прісноводних риб шкіра, захищена від гіпотонічного середовища лускою та мукозним покриттям, представляє істотний бар'єр для руху води та іонів по градієнту концентрації. На відміну від шкіри зябрових поверхня високопроникна для осмотичного току води та дифузійних втрат солей. Сеча, що відділяється різко гіпотонічна, містить натрій та хлор у низькій концентрації, але, не дивлячись на це, нирковий шлях втрат складає понад 50%. Однак регуляція іонної та осмотичної рівноваги у прісноводних риб забезпечує стан стійкої рівноваги. Вода, що надійшла в організм по осмотичному градієнту через покриви тіла та зябра, ефективно екскретується нирками. Сольові втрати прісноводні риби частково компенсують за рахунок їжі, хоча їжа відіграє важливу варіабельну роль у підтриманні електролітного складу рідин тіла.



Видільна система риби

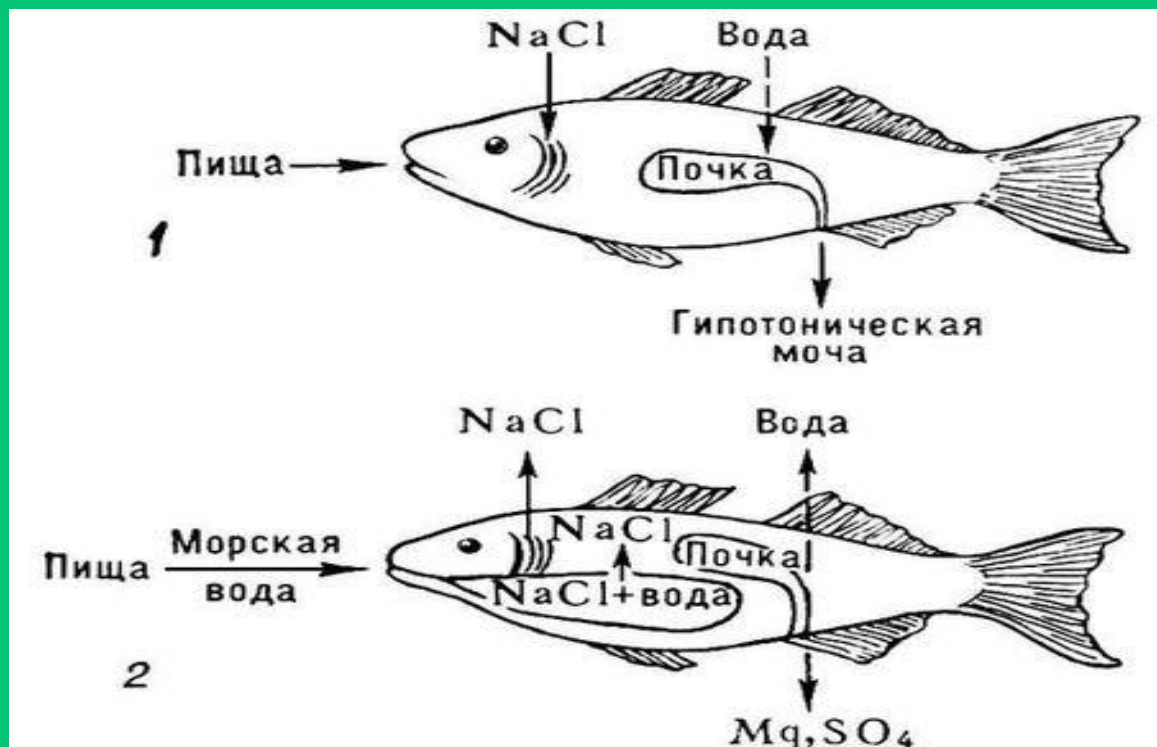
Водно-сольовий обмін у прісноводних риби



З їжею риба отримує в достатній кількості лише калій та двовалентні іони. Основний механізм, який забезпечує надходження в організм натрію та хлоридів, – абсорбція іонів клітинами зябрового епітелію. Залежність ступеня абсорбції натрію від його концентрації в оточуючому середовищу в значній мірі визначає екологічні відмінності вмісту натрію в плазмі крові у прісноводних риб. Однак у близьких видів риб: чим більший вміст натрію у воді, тим вище його концентрація в крові. На відміну від натрію концентрація в крові прісноводних риб калію, кальцію, магнію, що надходять в організм через шлунково-кишковий тракт, не залежить від їх вмісту в середовищі.

3. Водно-сольовий обмін у водних тварин - мешканців моря

Морські кісткові риби є гіпоосмотичними середовищу мешкання, але так само як і прісноводні, прекрасно адаптувались до морської води та зміни її солоності. Вони безперервно зазнають небезпеки дегідратації, втрачаючи воду через шкіру та з гіпотонічною сечею, що виділяється. Найбільш ефективним засобом боротьби з дегідратацією у морських кісткових риб є здібність робити прісною воду, котру вони безперервно п'ють. У кишечнику всмоктуються одночасно іони та вода та видаляється із організму значна кількість кальцію, магнію та сульфатів. Ці ж іони виділяються нирковим шляхом. Натрій, хлор і в деякій мірі кальцій екскретуються клітинами зябрового апарату.



Осморегуляція у риб: прісноводна риба (1), морська костиста риба (2); пунктиром позначено рух води по осмотичного градієнту. Прісноводні риби всмоктують солі натрію зябрами; у морських костистих риб клітини зябрового апарату виділяють їх. Нирка морських риб виділяє солі магнію (сульфати та ін.), надлишок яких надходить в організм риб з їжею і морською водою.

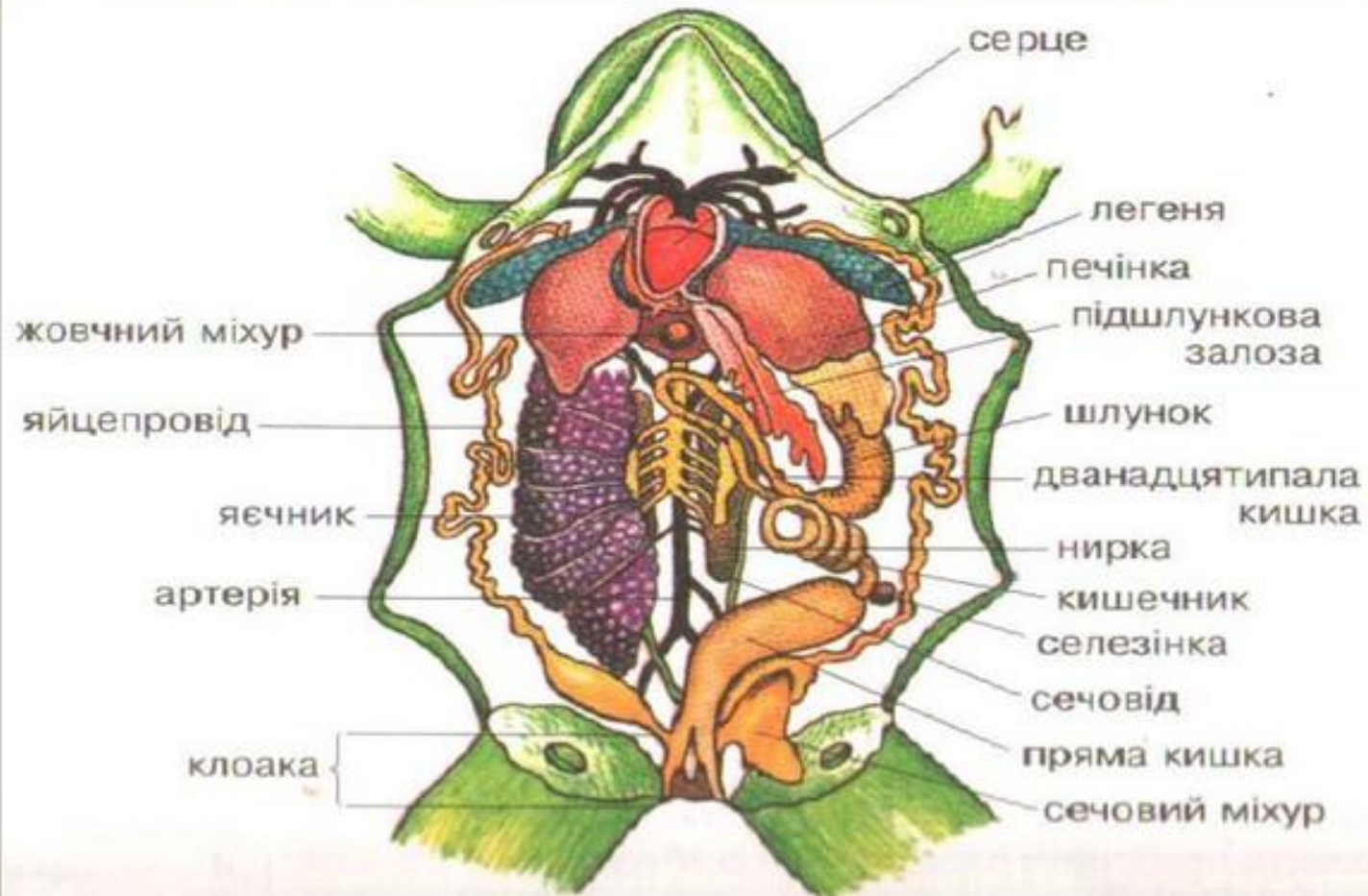
У морських кісткових риб розмір фільтрації та діурезу значно нижче, ніж у прісноводних.

У більшості риб гломерулярний апарат добре розвинений та редукція фільтрації носить функціональний характер. У деяких морських видів гломерулярний апарат редукувався до повного зникнення гломерул та агломерулярна нирка перетворилася в залозу, що екскретує продукти обміну речовин та двовалентні іони. І морські, і прісноводні риби в якості кінцевого продукту білкового обміну утворюють сечовину, котра малотоксична, добре розчинна та утворюється в печінці (**уреотелічні тварини**). Концентрація сечовини в крові риб моря досягає 2-2,5%, завдяки чому осмотичний тиск рідин їх тіла перевищує осмотичний тиск морської води.

4. Водний обмін та осморегуляція у амфібій. Пристосування до дегідратації

Амфібії – перші наземні хребетні, екологічно тісним чином пов'язані з водним (чи вологим) середовищем. У водно-електролітному балансі у амфібій беруть участь шкіра, органи дихання, шлунково-кишковий тракт, нирки, сечовий міхур та клоака. Вода надходить у тіло амфібій головним чином через шкіру, коли тварина знаходиться у вологому середовищі. У той же час через шкіру здійснюються найбільш відчутні втрати води при випаровуванні. Шкіра відіграє значну роль також в регуляції балансу натрію та хлору завдяки здібності вилучати ці іони з оточуючого середовища. У шлунково-кишковому тракті всмоктуються солі та вода. Особливе значення набуває всмоктування хлориду натрію в товстому кишечнику.

Внутрішня будова жаби



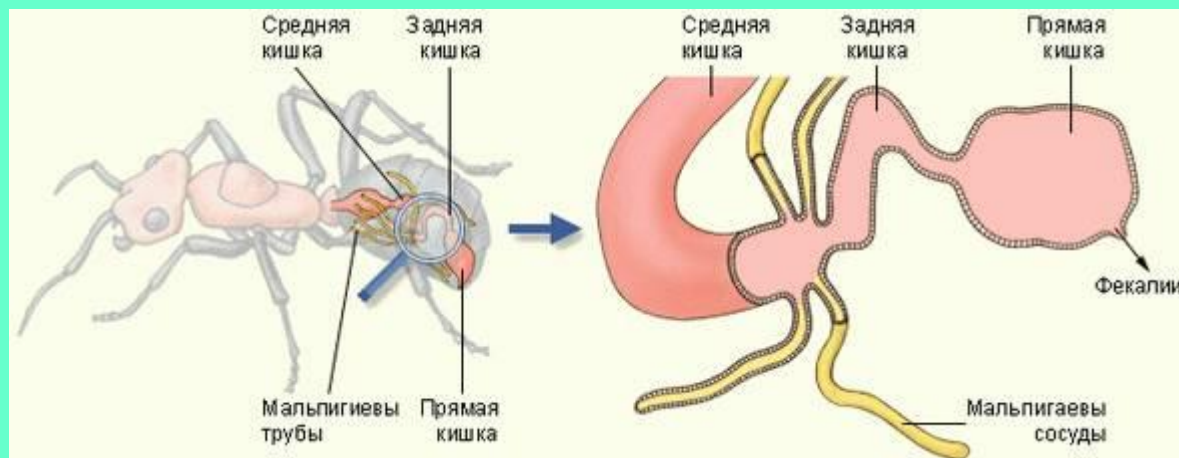
Земноводні у своєму нормальному прісноводному середовищі екскретують сечу вкрай низької осмотичної концентрації. Коли земноводні знаходяться достатньо довгий час на суші, сечоутворення уповільнюється, та концентрація сечі зростає до ізоосмотичності по відношенню до плазми крові. У перший період реабсорбція води в ниркових канальцях і сечовому міхурі підвищується, при більш вираженій дегідратації обмежується фільтрація. У жаб, адаптованих до соленої води, швидкість клубочкової фільтрації значно нижче, ніж у прісноводних форм. У регуляції водно-електролітного балансу у амфібій велика роль сечового міхура, проникність якого може змінюватись у залежності від стану гідратації. При втраті твариною води при посиленні секреції вазотоцину стінка міхура стає нестійкою до проникнення води та вона дифундує з гіпотонічної сечі в кров. Епітелій сечового міхура здійснює також транспорт натрію та хлору. Особливу функцію сечового міхура як запасного резервуара рідини набуває у пустельних форм амфібій. При дегідратації вода всмоктується з міхура, що значно підвищує життєдіяльність тварини.

У морському гіпертонічному середовищі у амфібій з'являється гіперосмотичний тип регуляції, який забезпечує градієнт із зовнішнім середовищем та надходження води в організм в одних видів завдяки накопиченню в крові сечовини, у інших – хлористого натрію. Так, дорослі особини жаби *Rana cancrivora* при підвищенні солоності середовища, подібно до хрящових риб, починають затримувати сечовину, та концентрація її підвищує осмолярність крові до гіпертонічності по відношенню до середовища. Амфібії, як і риби, відносяться до **уреотелічних тварин**. У північноамериканської жаби, що проводить більше півроку, зариваючись у пісок, (пустельний вид) рівень сечовини у крові підвищується більше ніж удвічі. Це робить можливим в значній кількості дифундувати воді по осмотичному градієнту через шкірні покриви в тіло. Адаптація до дегідратації пов'язана з властивістю тканин амфібій проявляти відчутно високу стійкість до коливань осмолярності внутрішнього середовища, та тварини здатні переносити значні втрати води тіла: до 40-60 %. Вміст води у тканинах мозку в різних умовах залишається постійним.

5. Водний обмін у наземних безхребетних

Поза водним середовищем відбувається “розділення” водного та сольового обміну: обмін іонів через покриви виключається, мінеральні речовини надходять тільки з їжею та виводяться у складі сечі, фекалій та спеціальних екскретів. Серед безхребетних найбільш щільно опанували наземне середовище комахи та павукоподібні. У них щільні, слабкопроникні для води покриви, перетворена видільна функція та підвищена здатність до метаболічної води. Остання здібність у деяких груп виражена настільки відчутно, що ряд видів комах існують в умовах повної відсутності води. Слабка проникність покривів у поєднанні з трахейним типом дихання визначають властиві комахам низькі величини втрат вологи під час випаровування; це особливо характерно для видів, які мешкають в умовах посухи та нестачі питної води. Ряд видів комах та павукоподібних здатні засвоювати вологу з атмосферного повітря.

Видільна система комах представлена **мальпігієвими трубочками**, в котрих сеча формується секреторним шляхом. У задній кишці вода інтенсивно абсорбується, тому фекалії та сеча, потрапляючи сюди з мальпігієвих трубочок, виводяться практично в зневодненому стані. Кінцевий продукт азотистого обміну – **сечова кислота**, нерозчинність якої відкриває можливість, крім виведення із сечею, депонування її у кутикулі та в жирових тілах. Комахи відносяться до **урикотелічних тварин**.



*Мальпігієві
тілця комах*

6. Водний обмін у рептилій

Рептилії відносяться до повністю наземних тварин, хоча ареалом їх існування можуть бути суходіл, прісні води, морське середовище. Шляхи надходження води та солей – пиття та їжа. Втрати води здійснюються із сечею, фекаліями, при випаровуванні з шкірних покривів та з дихальних шляхів. Шкірні покриви тварин цього класу відносно непроникні для води, та втрати вологи шляхом випаровування через шкіру значно нижче, ніж у амфібій, причому інтенсивність шкірних втрат залежить від екологічної спеціалізації виду. Шкіра не бере великої участі у всмоктуванні води у прісноводних рептилій. У рептилій до органів осморегуляції відносяться нирки, сечовий міхур, клоака, сольові залози та (в деякій мірі) слизова оболонка порожнини рота.

**Внутрішня будова
ящірки (самець та
самиця)**

праве передсердя

шлуночок серця

легеня

печінка

жовчний міхур

товста кишка

сім'яник

спинна аорта

пряма кишка

ліве передсердя

яйцепровід

яєчник

нирка

пряма кишка

сечовий міхур

шлунок

підшлункова залоза

дванадцятипала кишка

сім'япровід

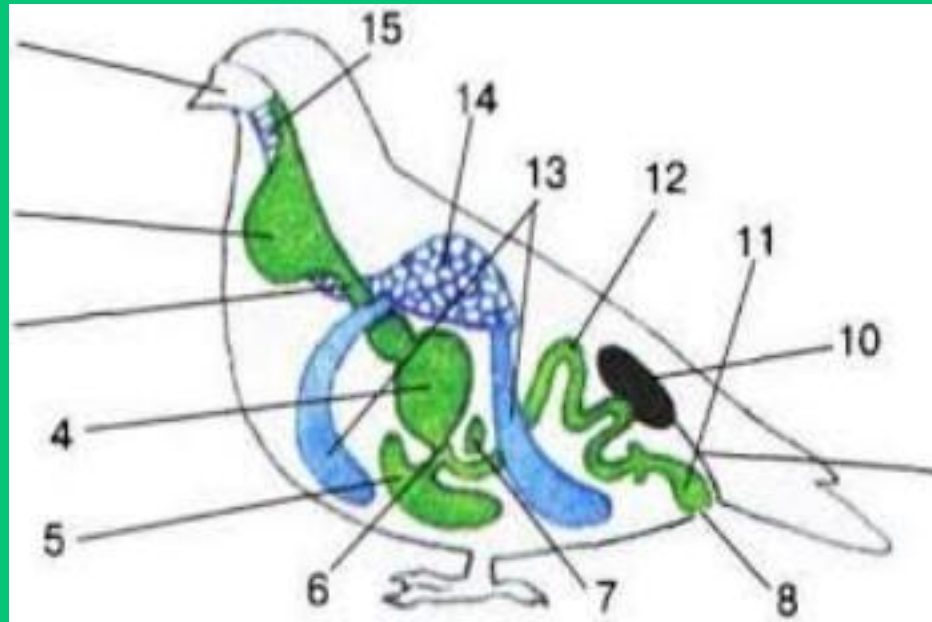
стегнові пори



У деяких пустельних видів при високій температурі оточуючого середовища та при водному дефіциті спостерігається виділення гіперосмотичної сечі. Концентрування гіпоосмотичної сечі проходить не в нирках, а в клоаці. Однак у більшості видів плазунів осмолярність сечі відповідає осмотичній концентрації крові, але ниркові втрати води незначні, так як кінцевим продуктом білкового обміну, що проходив по **урикотелічному типу**, є **сечова кислота**, котра випадає в осад у клоаці. Крім фільтрації (6 %) у виведенні сечової кислоти бере участь секреторний процес (94 %). У прісноводних видів рептилій нирки забезпечують виведення осмотично вільної води та економію натрію. Надлишок одновалентних іонів (Na^+ , K^+ та ін.) у рептилій екскретується зовнішньонирковим шляхом. У пустельних та морських видів велику роль у регуляції водно-електролітного обміну відіграють **лакримальні (сольові) залози**.

7. Водно-сольовий обмін у птахів

Птахи на відміну від рептилій відносяться до гомойотермних тварин, які підтримують високу температуру тіла. Відповідно до більшої інтенсивності метаболізму (особливо під час польоту) у птахів достатньо великі респіраторні втрати води. При достатньо високій температурі оточуючого середовища та низькій вологості значно підвищуються відчутні втрати. Потові залози знайдені лише у деяких видів (домашній голуб). Для птахів, як і для рептилій, нирки та кишечник – два основних механізми фізіологічного контролю над вмістом води та солей в організмі. Кінцевий продукт білкового обміну у птахів, як і у рептилій, – **сечова кислота**, що випадає в осад та не потребує значних об'ємів води для її розчинення. Ниркові втрати води в умовах дегідратації обмежуються також завдяки зниженню фільтрації. Швидкість клубочкової фільтрації знижується при введенні сольового навантаження - в цьому відношенні птахи подібні деяким риbam та амфібіям.



Травна, дихальна і видільна системи голуба:

1 - ротова порожнина; 2 - воло;
 3 - стравохід; 4 - шлунок; 5 - печінка;
 6 - дванадцятипала кишка;
 7 - підшлункова залоза; 8 - клоака;
 9 - сечовід;
 10 - нирки; 11 - товста кишка; 12 - тонка
 кишка; 13 - повітряні мішки;
 14 - легені; 15 - трахея.

Здатність продукувати концентровану сечу, котра з'явилась у птахів та отримала подальший розвиток у ссавців, пов'язана з просторовою архітектурою нирки. У цих класів з'явився **протівотоково-множуючий механізм**, який включає тонкий та товстий сегменти петлі Генле, прямі судини та збиральні трубки, функція яких забезпечувати створення осмотичного градієнту в мозковій речовині нирки. Сеча, що відділяється, може бути гіпо- та гіпертонічніше крові в залежності від стану гідратації організму. У більшості птахів сеча може бути у 2 рази концентрованіша, ніж плазма крові, а у пустельних видів у 4-5 разів вище. Усі птахи, за винятком страуса, позбавлені сечового міхура. З сечоводу сеча закидається в кінцеві відділи кишечника та в клоаку, де можуть всмоктуватись вода та солі. При недостатності води остання майже повністю всмоктується з гіпотонічної сечі, а з клоаки шляхом дефекації виділяється замість рідкої сечі невелика кількість майже щільного осаду сечової кислоти. При гострій дегідратації, надходженні надлишку солі чи підвищенні температури середовища нирки птахів не можуть забезпечити осмотичний гомеостаз, так як концентрувальна властивість обмежена, а екскреція натрію та хлору із сечею низька. Значну роль по виведенню з організму одновалентних іонів (Na^+ , Cl^-) у пустельних та морських птахів, як і у рептилій, відіграють **сольові залози** - своєрідні «опріснювачі».

8. Водно-сольовий обмін у ссавців

Усі ссавці в якості кінцевого продукту білкового обміну утворюють сечовину (**уреotelічний тип обміну**), що потребує великих об'ємів води для екскреції. Однак у ссавців – це проблема вирішується шляхом збільшення ефективності концентруючого механізму нирки, та сеча, що виділяється, має у них значно більш високу концентрацію сечовини, ніж у інших хребетних. Ссавці не використовують сечовивідних шляхів для реабсорбції натрію та води та не мають екстраренальних механізмів типу сольових залоз, призначених для екскреції солей. **Нирка** – основний орган, який забезпечує іонний та осмотичний гомеостаз. У порівнянні з іншими класами наземних хребетних ссавці втрачають менше води через дихальні шляхи, але у багатьох видів є **потові залози**, причому екстраренальні втрати, пов'язані з теплоутворенням, часто значні.

Часткова компенсація втрат води проходить ендогенним шляхом за рахунок вивільнення метаболічної води. Однак, ендогенний баланс води негативний, та усі наземні тварини повинні отримувати екзогенну прісну воду з їжею чи питтям. Довготривале існування без питної води забезпечується зниженням респіраторних втрат та підвищенням концентруючої функції нирок разом з поведінковими реакціями (нічний спосіб життя, викопування нір).

Великі тварини (верблюди, антилопи, сернобики) адаптовані до умов пустелі головним чином завдяки особливостям поведінки, вибору найбільш повноцінних кормів, зниженню метаболізму та відповідно респіраторних втрат пропорційно температурі тіла. У гризунів аридної зони різко обмежені респіраторні водні втрати завдяки подовженню вузьких носових ходів, які здібні до конденсації видихуємої пари. Пустельні гризуни не мають потових залоз, але крім того, у них знижені дифузійні втрати води через шкіру. Найбільш важливий фактор адаптації до дефіциту води – реорганізація концентруючого механізму нирки, що дозволяє цим тваринам продукувати сечу надзвичайно високої концентрації: у пустельних гризунів осмолярність сечі, котра відділяється, може перевищувати осмотичну концентрацію плазми в 17-20 разів. У процесі адаптивної еволюції у вологолюбивих гризунів основною функцією системи осморегуляції стає боротьба з гіпергідратацією. У нирках редукований концентруючий механізм, усі петлі Генле стають вкороченими, та нирка не здібна підвищувати осмотичну концентрацію сечі більш ніж у 2-3 рази у порівнянні з плазмою крові. У морських ссавців шкірні покриви непроникні для води та солей, легеневе дихання, відсутні осмотичні втрати в гіпертонічному середовищі, але є значні респіраторні втрати води, з сечею та калом.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!