

*Національний університет
“Чернігівський колегіум”
імені Т.Г. Шевченка*



Професорка кафедри БОФВЗС, доктор біологічних наук, професорка кафедри біології Алла Олександрівна Жиденко

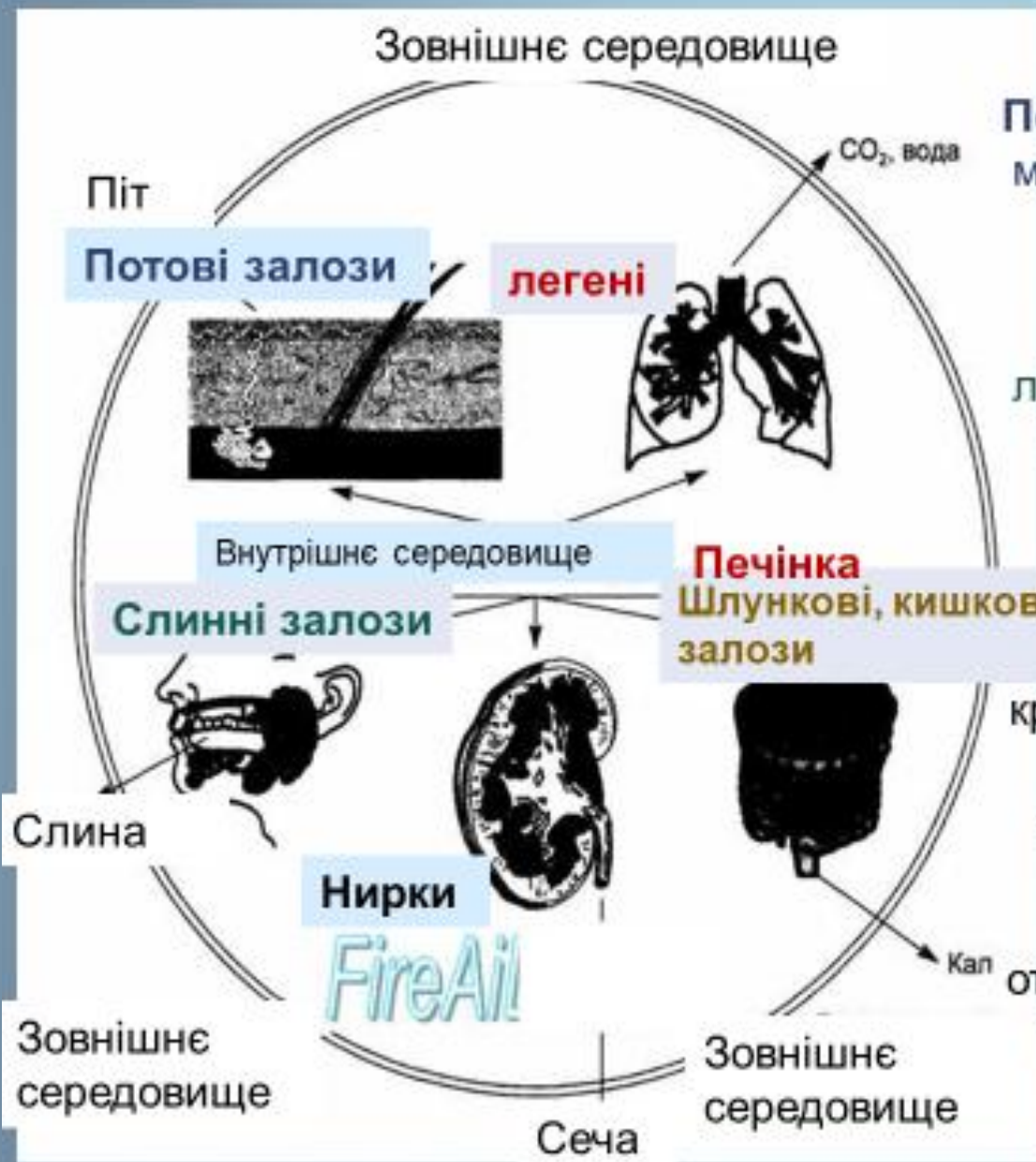
Курс Фізіологія людини
A4.11 Середня освіта
(Фізична культура)

Лекція 15. ФІЗІОЛОГІЯ ВИДІЛЕННЯ. ВОДНИЙ ТА ЕЛЕКТРОЛІТНИЙ БАЛАНС



1. Значення процесів виділення. Вміст та роль води в організмі. Водний баланс.
2. Будова та принципи роботи нирок. Нефрон — структурно-функціональна одиниця нирки.
3. Характеристика процесів, що лежать в основі сечоутворення. Склад речовин, що знаходяться в сечі.
4. Значення мінеральних речовин в організмі, їх обмін.
5. Нейрогуморальна регуляція водно-сольового обміну.

Видільна система організму



Через **легені** виводяться **летючі сполуки CO₂, ефір (після наркозу), хлороформ, ацетон, пари води**.

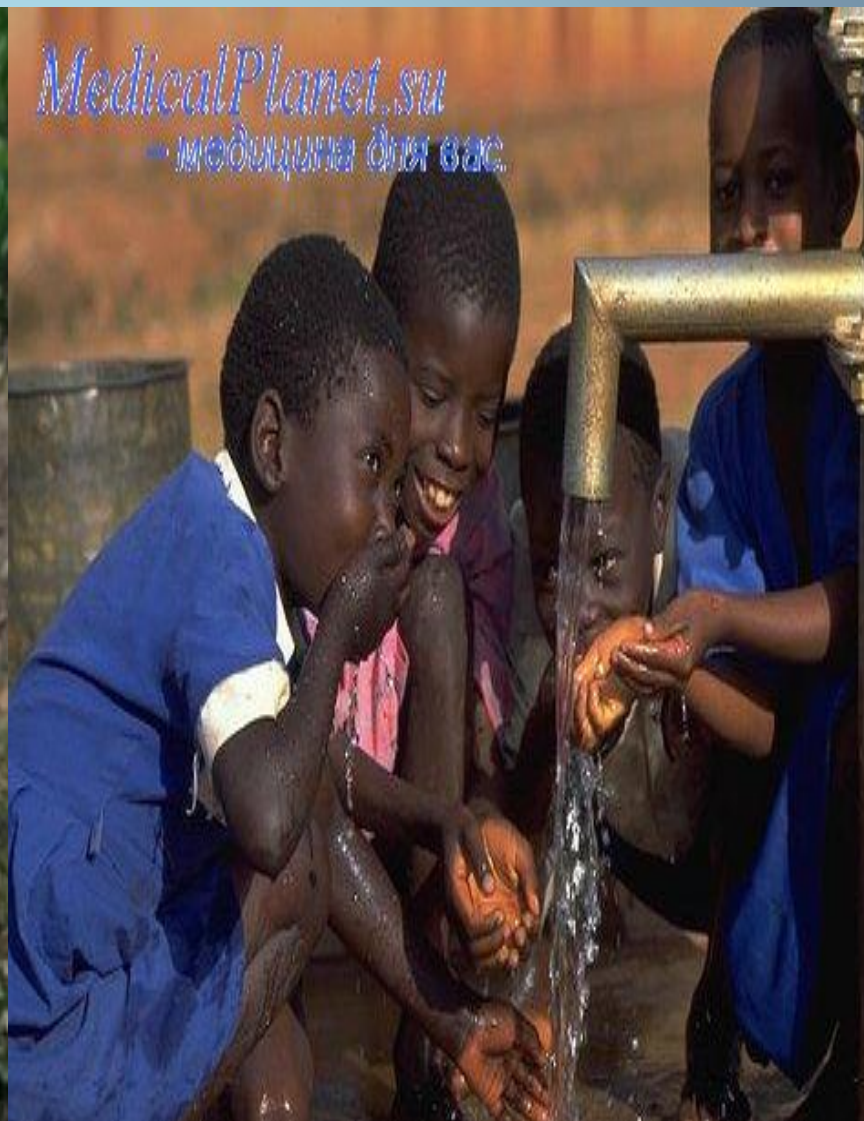
Потові залози виділяють зайву воду, мінеральні солі, солі важких металів, сечовину, азот, аміак, молочну кислоту.

Слинні залози – можуть виводити лікарські речовини (аспірин), а також сполуки ртуті, вісмуту, бром, йоду, сечовину.

Шлункові та кишкові залози виділяють у просвіт шлунка та кишечника **алкоголь** розчинений у крові, **продукти обміну білків, воду та зайві мінеральні солі**, а також сполуки **заліза, ртуті, срібла, бром, хінін, сульфаніламід**.

В печінці знешкоджуються різні отрути, надлишки гормонів, продукти **обміну гемоглобіну та білків**. Вона виводить **креатинін, холестерин, жовчні пігменти**.

РОЛЬ ВОДИ

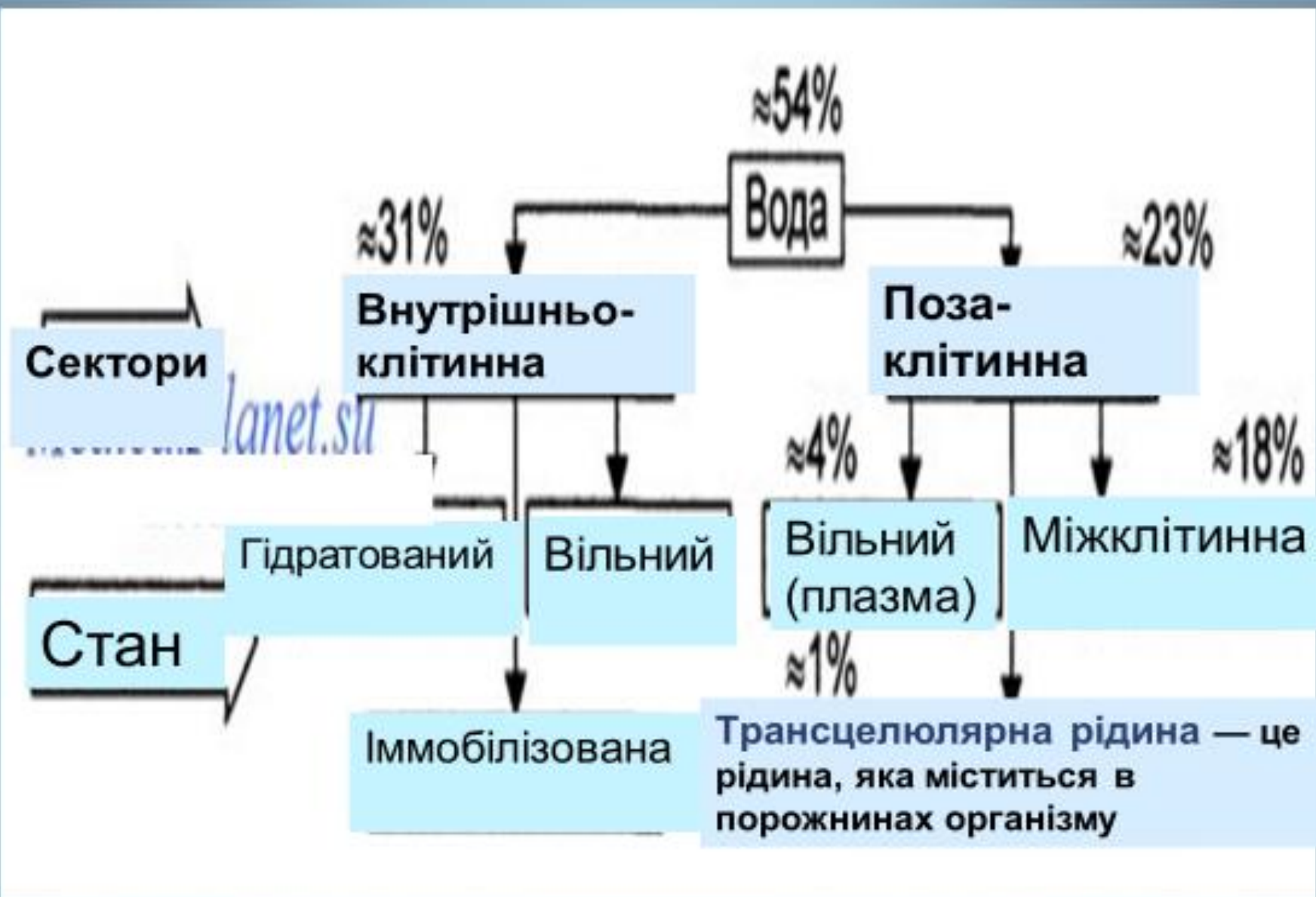


Біологічне значення. Вода виконує важливі функції. Це **розчинник** мінеральних і органічних речовин, що є у складі їжі і продуктів обміну. Приймає участь у реакціях обміну: **гідролізу, гідратації, окиснення, відновлення** тощо. Вода бере участь **у терморегуляції організму**. Біля 25% надлишку теплової енергії організму виділяється з водою (випаровування з поверхні шкіри). Близько 25% теплоти виділяється з паром видихуваного повітря. Це дає можливість організму підтримувати ~ сталу температуру, відповідні форми органів та повноцінний перебіг всіх реакцій, просторової (вторинної, третинної) та інших структур білків і багатьох сполук й утворень (мембрани).

**Гіпогідратація –
від'ємний водний баланс**

Без їжі собака може прожити 3 місяці, але без води – до 10 днів. Втрата 10 % води дає важкі наслідки – порушення обміну речовин, а 20-25% - загибель!

Розподіл і стан води в секторах організму



Стан води в організмі (вільний, гідратований та іммобілізований)

Вільна вода – це основа крові, лімфи, ліквору (участь у доставці поживних речовин і видаленні продуктів обміну. Міжклітинна вода у вільному стані.

Гідратаційна вода складає ~4% від усієї води тканин. Ця вода входить до міцел колоїдних часточок і приймає участь в утворенні гідратаційних оболонок. Так, у бактеріальній клітині на одну молекулу ДНК або РНК припадає ~1 млн. молекул води. 10-80 % такої води зв'язують білки.

Іммобілізована вода міститься всередині клітин. Її молекули розміщуються між мембранами, волокнистими структурами; вона розчиняє багато речовин, легко бере участь у реакціях.

Розподіл води в організмі (чоловік, 70 кг)

Водні сектори Об'єм, Вміст води, %

Загальна вода 42 л, 60% маси тіла
Внутрішньоклітинна вода **28л, 66%** загальної води

Позаклітинна вода: **14л, 34%** загальної води

— **міжклітинна вода** вода 8,5–9 л, До 72,5% позаклітинної води

— внутрішньосудинна вода 3,5л, 25% позаклітинної води

— трансцелюлярна рідина 1,5–2,0 л, До 2,5% позаклітинної води

У позаклітинному водному секторі виділяють

внутрішньосудинну воду (включає в себе воду кровоносної та лімфатичної судинних систем і становить 5% маси тіла), міжклітинну воду і трансцелюлярну рідину

**Рівновага між
надходженням
та виділенням
води,
мл на добу**

Надходження

Пиття 1300

Їжа 850

Метаболічна
Вода 350

Загалом 2500

Виділення

Сеча 1500

Повітря, що
видихається
400

З потом 500
Кал 100

Загалом 2500

ВОДНИЙ БАЛАНС - співвідношення вжитої і виділеної організмом води. **Додатній** баланс води властивий для організмів, що ростуть. На старості – баланс води **від'ємний**.

Кінцевий обмін води – виділяється із сечею 56 %, із потом 24%, із видиханням повітря 12 %, калом – 8%.

Надходження води та виділення води за добу

Надходження, мл	Виведення, мл
Із твердої їжі (1000)	Із сечею (1400)
Із рідкої їжі (1200)	Із потом (600)
Утворена в організмі (300)	Із видихуваним повітрям (300)
	Із каловими масами (200)
Разом: 2500	Разом: 2500

Обмін води. Клітини й тканини використовують екзо- й ендогенну воду. **Екзогенна вода** надходить разом з їжею і питтям. Вона складає $6/7$ від усієї води.

Ендогенна вода ($1/7$ від загальної маси води)

утворюється в тканинах як кінцевий продукт окиснення ліпідів, вуглеводів, білків і НК. Так, при повному **окисненні 100 г жиру організм отримує 107,4г води,** 100 г вуглеводів – 55,6г, 100г білків – 41,3 г.

Між різними видами води існує динамічна рівновага.

При патологіях (нефритах, перикардитах, абсцесах, флегмонах) зростає кількість вільної води. Виникають **набряки**. При короткочасній роботі (10-15 хв.) накопичується вільна міжклітинна вода, а при тривалій (більше 1 год.) внутрішньоклітинна (імобілізована) вода.

Всмоктування води.

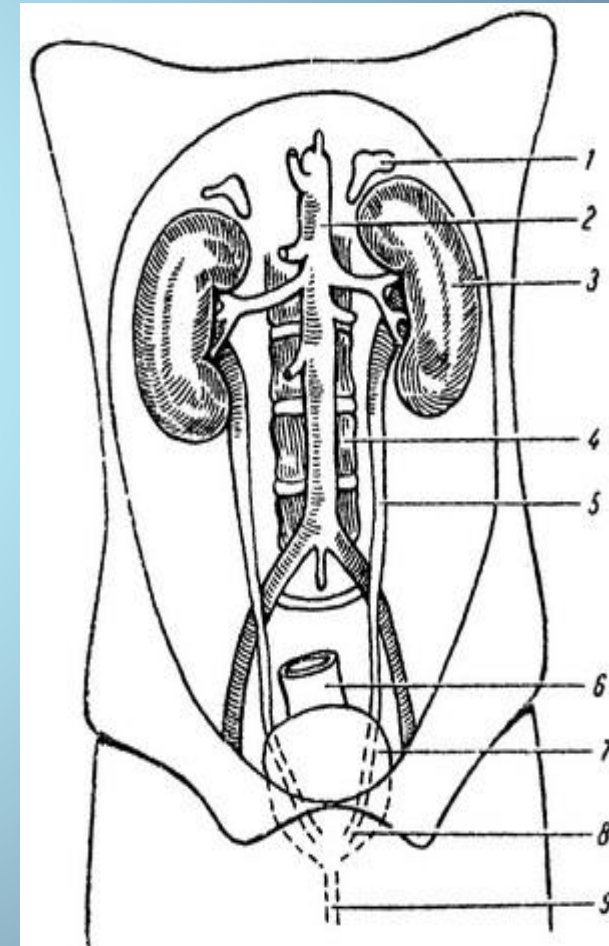
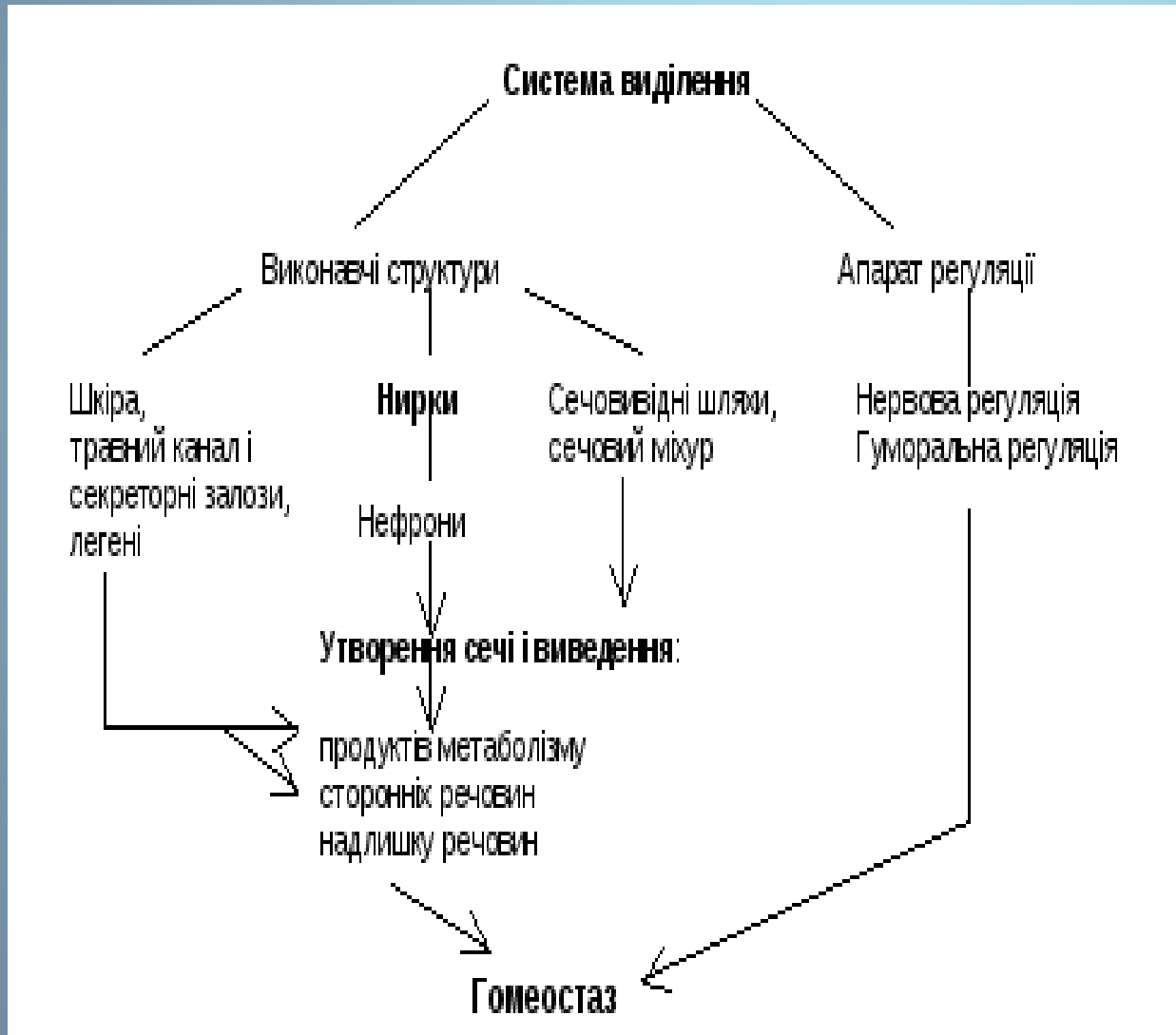
Починається з ротової порожнини і стравоході. У шлунку, а основне – в тонкій кишці, частина – у товстому кишечнику.

В результаті дифузії і осмосу (частково піноцитозу й активного транспортування) вода разом з перетравленими речовинами проникає вглиб епітелію слизових оболонок. По ендоплазматичній сітці переміщується від апікального до базального кінця клітин, потім – у міжклітинний простір, далі – у міжклітинну рідину, капіляри, венули, вени, брижі, ворітну вену і печінку, і, на кінець, – у велике коло кровообігу. Деяка кількість води надходить через лімфатичну систему.



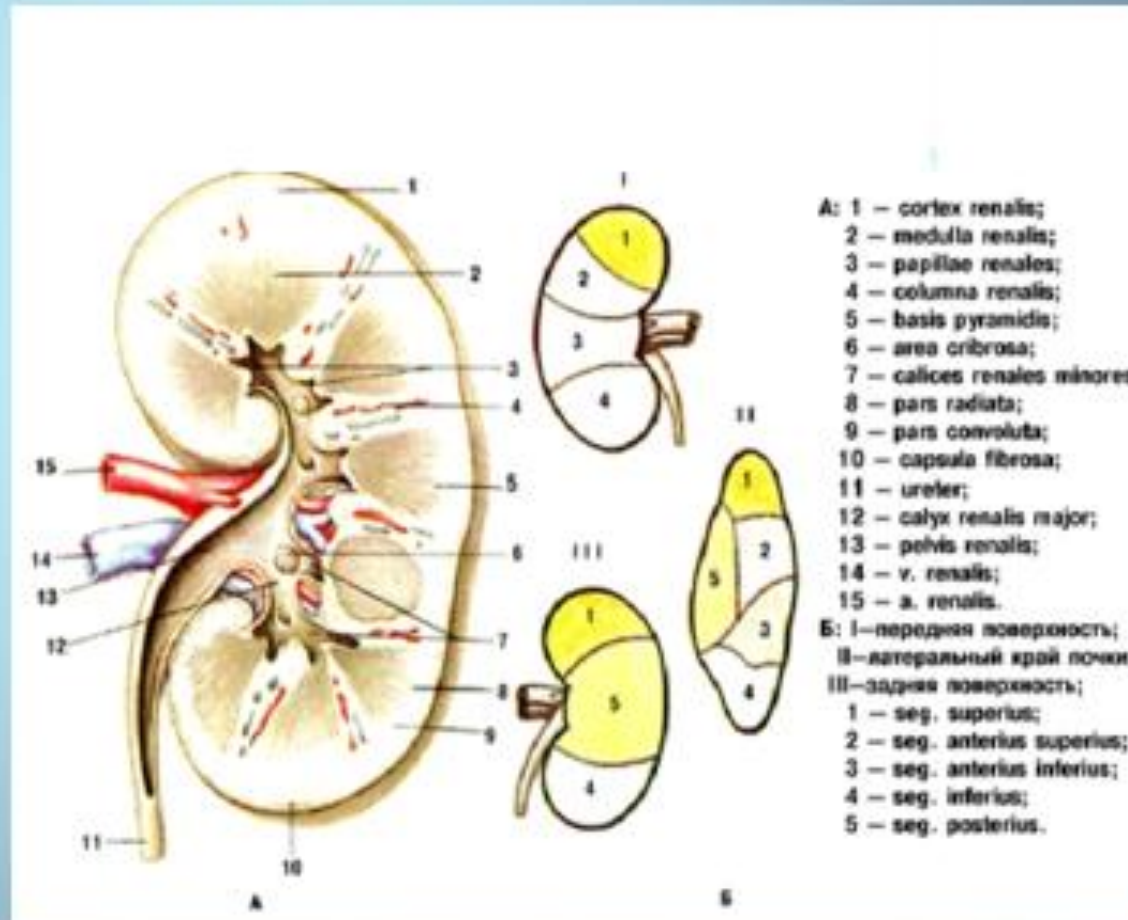
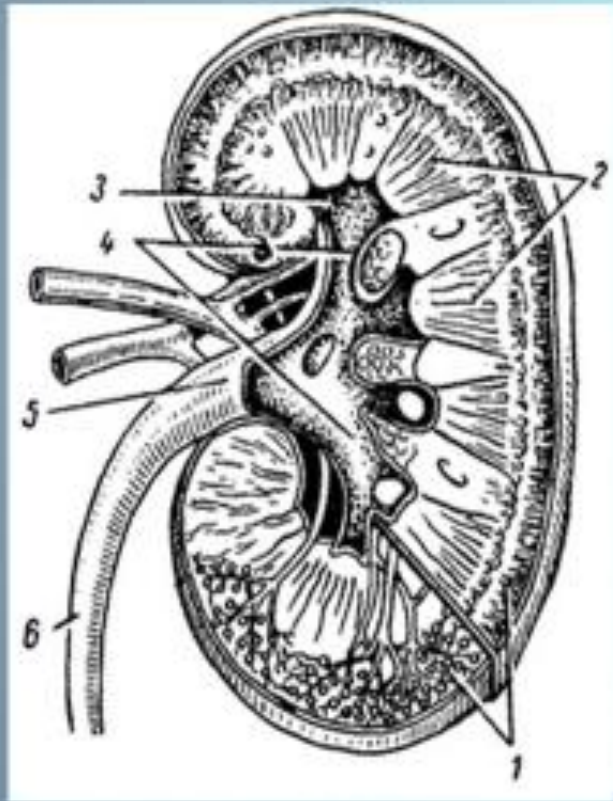
2. Сечовидільна система:

1 — наднирник; 2 — аорта; 3 — нирка; 4 — хребетний стовп; 5,8 — сечовід; 9 — сечовивідний канал.



2. Схема будови нирки (в розрізі):

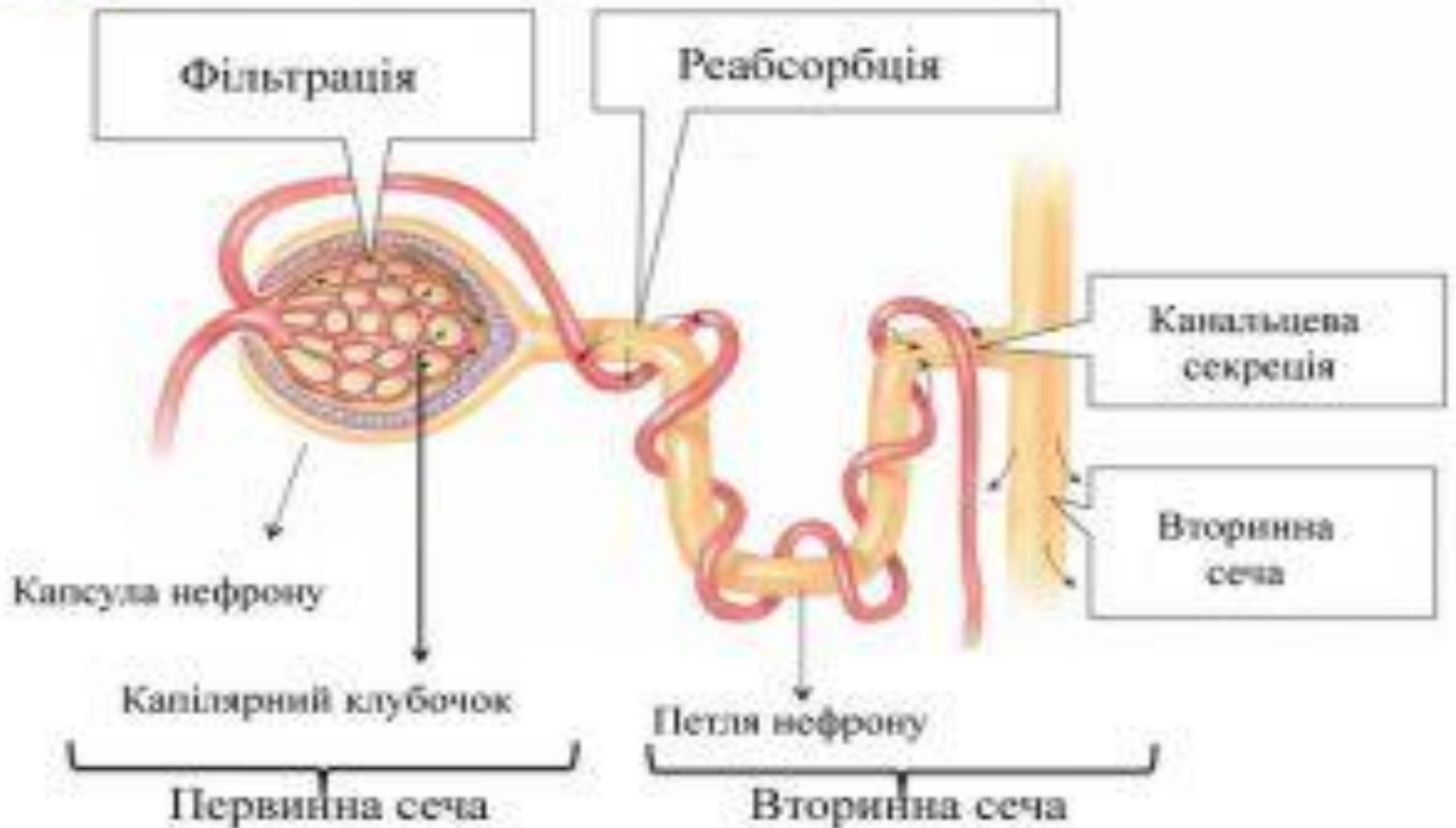
1 — коркова речовина; 2 — мозкова речовина (пірамідки) нирки; 3, 4 — малі і великі ниркові чашки; 5 — ниркова миска; 6 — сечовід.



3.

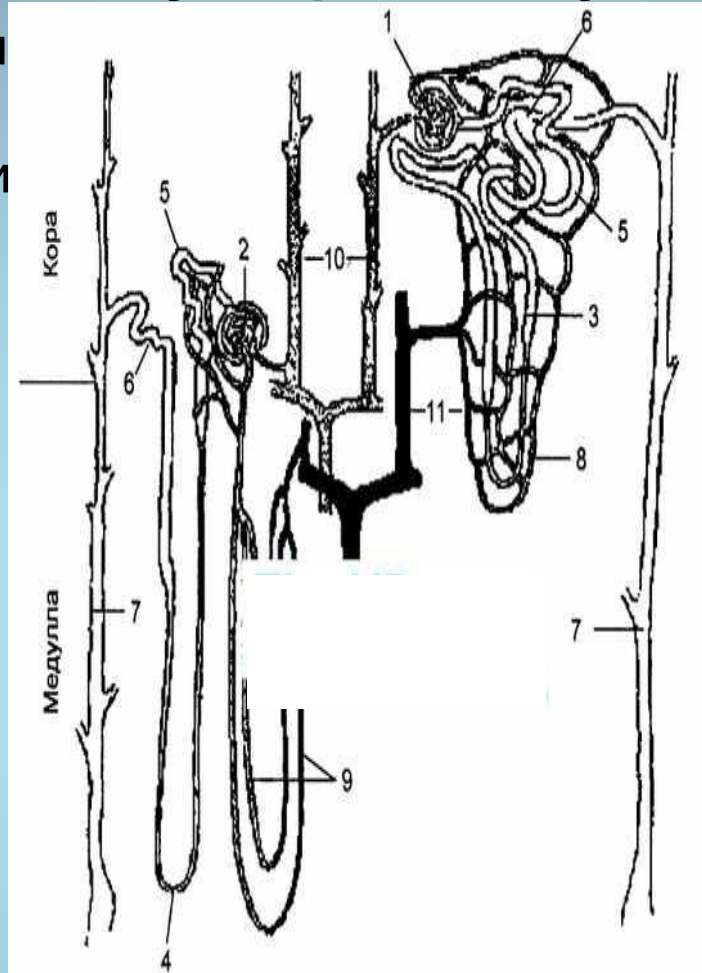


Утворення сечі



Механізми сечоутворення. Будова нефрону

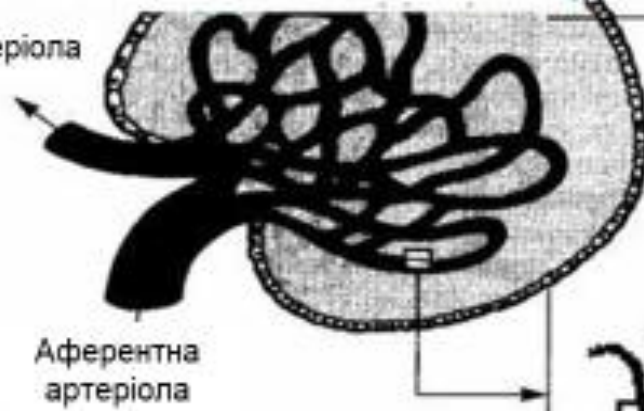
Ін. нефрони, клубочки яких розміщені в середній частині кори нирки, найбільш багаточисельні (60—70 %) і виконують головну роль у процесах **ультрафільтрації сечі**. **Юк.** нефронів менше (10—15 %), їхні клубочки розміщені на межі коркової і мозкової речовини. **Юк.** нефрони відіграють головну роль у процесах **концентрування і розведення сечі**.



1 — клубочок **інтракортикального нефрону**; 2 — клубочок **юкстамедулярного нефрону**; 3 — **петля Генле** інтракортикального нефрону; 4 — петля Генле юкстамедулярного нефрону; 5 — **проксимальні звивисті канальці**; 6 — **дистальні звивисті канальці**; 7 — збірні трубочки; 8 — капілярна сітка інтракортикального нефрону; 9 — прямі капілярні судини юкстамедулярного нефрону; 10 — артерії і артеріоли; 11 — венули і вени.

A.

Еферентна артеріола



Проксимальний каналець

Простір Шумлянського-Боумена

Сечовий простір капсули Шумлянського-

Ніжки подоциту

Глікокалікс

Щільна діафрагма

Аферентна артеріола



Б.

Просвіт капсули Шумлянського-Боумена

Відростки ніжки подоциту

Базальна мембрана

Щільна діафрагма

Подоцит

Просвіт капіляра

Фенестри

Цитоплазма клітини ендотелію

В

Схема будови клубочка.

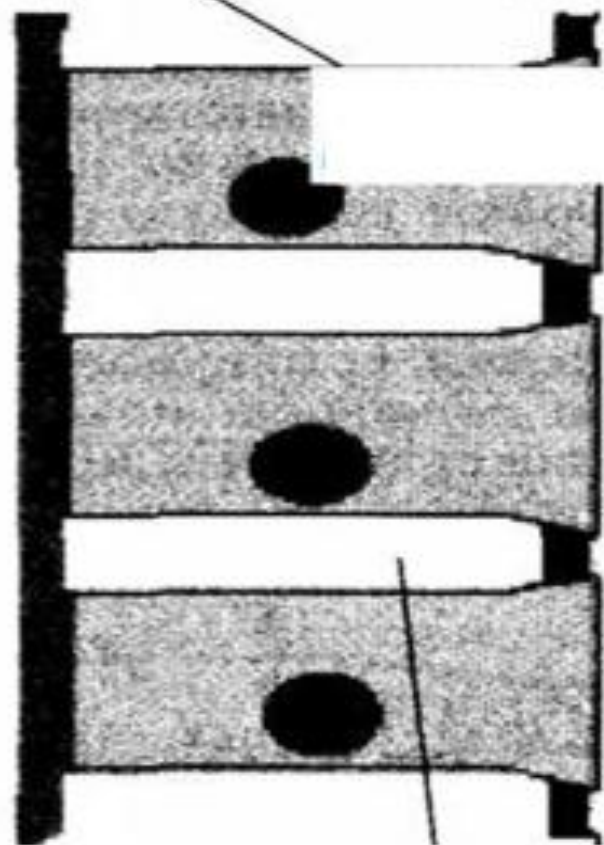
А — схематичне зображення клубочка в цілому, Б — фрагмент тришарового фільтраційного бар'єру, В — збільшена ділянка фільтраційного бар'єру

Клітина епітелію
каналця

Люмінальна
мембрана

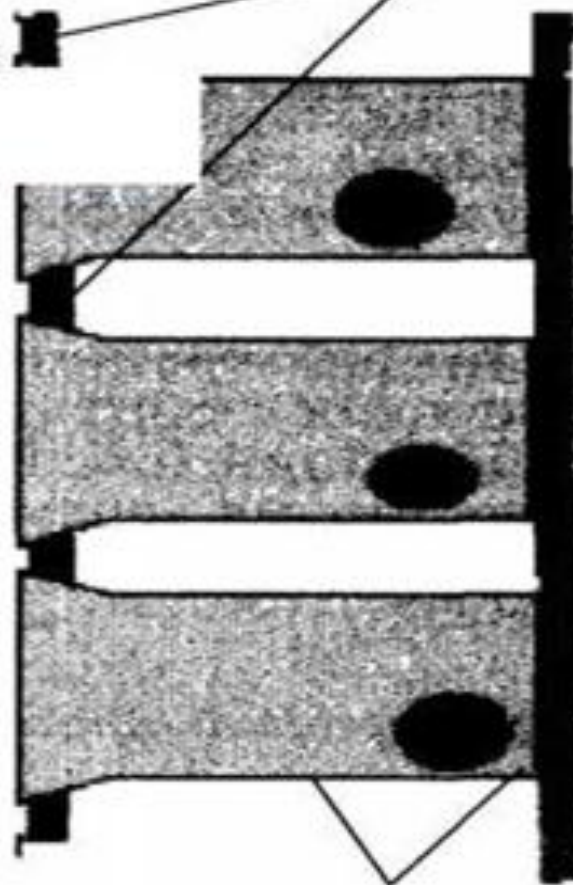
Щільне з'єднання

Перитубулярний капіляр



Інтерстиційна рідина

Просвіт капіляра



Базолатеральна
мембрана

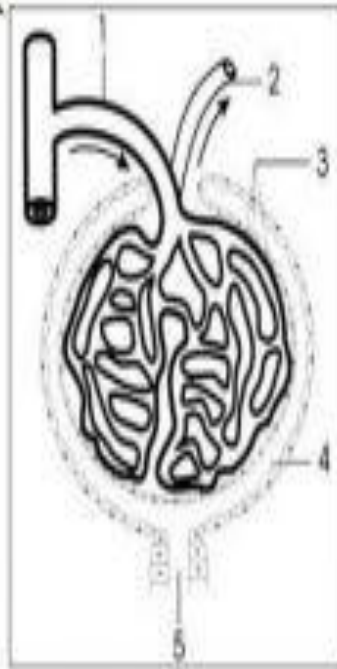
Перитубулярний капіляр
Базальна мембрана стінки каналця



Склад первинної сечі

- Велика кількість води.
- Шкідливі продукти життєдіяльності: аміак сечовина.
- Глюкоза.
- Амінокислоти.
- Мінеральні солі.
- Вітаміни.
- Білки плазми крові.

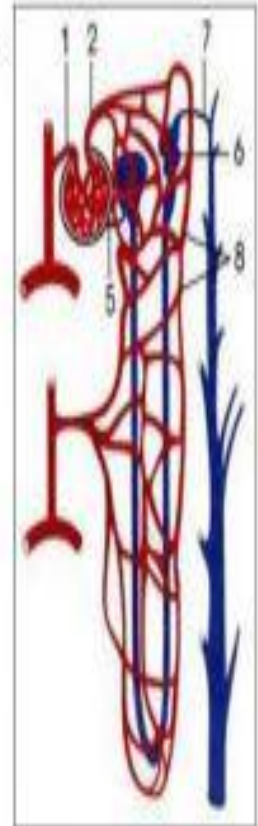
Первинна сеча утворюється в капсулах нефрону



Утворення вторинної сечі

З капсули нефрону первинна сеча надходить до першого звивистого канальця. Тут починається реабсорбція.

Назад в кров всмоктується велика частина води, амінокислоти та глюкоза. Завдяки секреторній функції канальців з організму виділяються непрофільтровані речовини (фарби, лікарські речовини)





Вторинна сеча

Вторинна сеча утворюється у звивистих канальцях, збиральних трубочках, петлях.

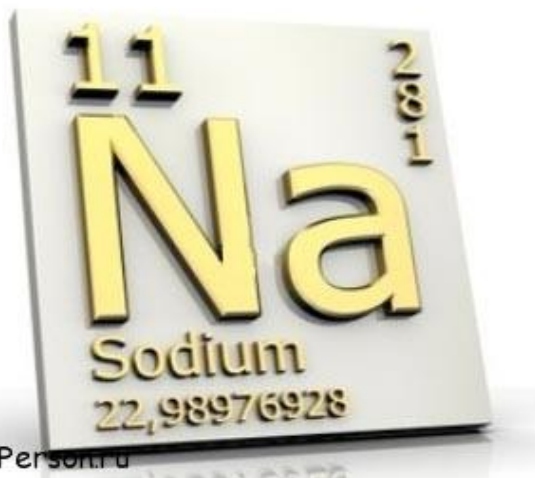
До складу вторинної сечі входять: вода, солі, сечовина, аміак, солі сечової кислоти, тобто в сечі залишаються шкідливі речовини та надлишок води. Жовтий колір сечі зумовлюють жовчні пігменти. За добу утворюється 1-1,5л сечі. Сечовипускання відбувається рефлекторно.



Діаграма Вена

(Порівняння первинної і вторинної сечі)

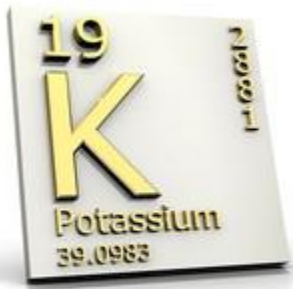




Натрій Na



- Основний позаклітинний катіон
 - Вміст в сироватці крові 135-155 ммоль/л
- Біологічне значення:**
1. Регулює обмін води та процеси травлення
 2. Підтримання $P_{\text{осм}}$, рН крові
 3. **Виникнення потенціалу дії**
 4. **Проведення нервового імпульсу**
 5. Натрій хлорид є основним матеріалом, з якого утворюється соляна кислота шлункового соку



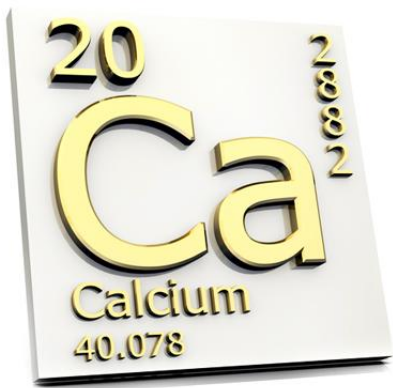
Калій К



- Основний внутрішньоклітинний катіон
- Вміст в сироватці крові 3,5-5,5 ммоль/л

Біологічне значення:

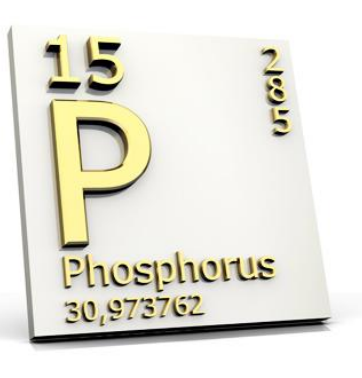
1. Підтримання осмотичного тиску, pH крові
2. Виникнення потенціалу спокою
3. Проведення нервового імпульсу
4. Регуляція скорочення м'язів, зокрема, міокарду
5. Біосинтез глікогену та білка



Кальцій Ca



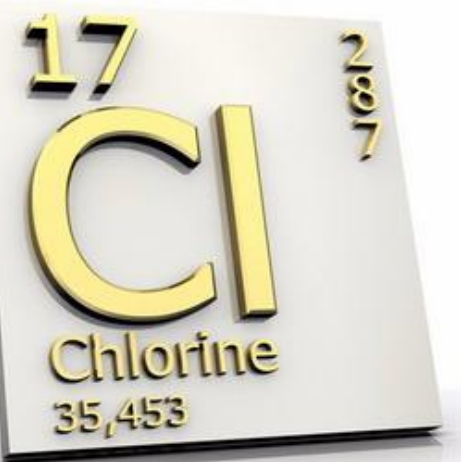
Основна маса кальцію міститься в кістках у вигляді солей фосфорної кислоти — оксіапатитів. Мінеральна частина кісток складається з мікрокристалів оксіапатиту, на аморфній основі яких сорбуються карбонат (6%), цитрат (1%), натрій (0,7%), магній (0,7%), а також у невеликих кількостях фтор. **Виконує функцію структурного компонента в тканинах зубів і кісток.** Невеликі кількості кальцію (10-11 мкмоль є в крові у вигляді розчинних солей (CaCl_2)). Кальцій необхідний для коагуляції крові та **скорочення м'язів.** Кальцій заспокоює нервову систему і зменшує проникність і спазм судин. Кальцієві солі входять до складу фосфоропротеїду — казеїногену молока.



Фосфор Р



Близько 80% фосфору у вигляді мінеральних речовин міститься в кістках і зубах, КЛР (кислотно-лужна рівновага). У складі фосфоліпідів входить в структуру клітинних мембран, ліпопротеїдів. У **складі АТФ** та її похідних грає велику роль в метаболізмі, здійсненні найважливіших фізіологічних процесів (ДНК, РНК).



Хлор Cl



- Хлор міститься у вигляді аніону Cl^- солей натрію, калію, кальцію, магнію та марганцю у всіх рідинах організму людини та тварин. Грає роль в процесах збудження і гальмування. Разом з іонами натрію та калію відіграє основну роль у **підтриманні сталості осмотичного тиску плазми крові, лімфи та ін. рідин**. Більша частина (65-70%) всього осмотичного тиску плазми крові забезпечується хлоридами, Вони відіграють важливу роль у підтриманні іонної рівноваги і **регуляції концентрації водневих іонів**. Іонам хлору та хлоридам належить важлива роль в утворенні **соляної (хлоридної) кислоти шлункового соку**.

5. Регуляція обміну води –

нейрогуморальним шляхом, різними відділами центральної нервової системи (корою великих півкуль, проміжним і довгастим мозком, симпатичними і парасимпатичними гангліями). У регуляції бере участь багато залоз внутрішньої секреції. Стимулюють виділення води **гормони – тироксин, паратгормон, андрогени, естрогені.**

Антидіуретиками є гормони – вазопресин, альдостерон, дезоксикортикостерон.

Вміст води регулюється наявністю в ній катіонів (**Na⁺ - утримують, K⁺ і Ca²⁺ - видаляють**)

Біологічне значення мінеральних речовин характеризується

- підтриманням нормального водного балансу і розподіленням води в тканинах,
- забезпеченням постійного осмотичного тиску та **кислотно-лужної рівноваги,**
- нормалізацією нервово-м'язового збудження і проведенням нервових імпульсів,
- генерацією біотоків та ін.

Процес	Збільшують	Зменшують
Клубочкова фільтрація	Простагландіни – PGE2 та простациклін Атриопептид Оксид нітрогену Прогестерон Глюкокортикоїди Окситоцин Глюкагон Т-3 та Т-4 Паратирин Хоріонічний гонадотропін	Норадреналін та адреналін Антиогензин-II Аденнотин Вазопресин Тромбоксан A2 Лейкотриєни Ендотелін
Канальцева реабсорбція води	Допамін Брадикимін Вазопресин Пролактин Антиотензин-II Інсулін Естрогени Хоріонічний гонадотропін	Простагландини Атриопептид Киніни Паратирин Кальцитриол Т-3 та Т-4 Епіфізарний екстракт

Ниркові процеси, що забезпечують підтримання балансу натрію

ШКФ = 180 л/день

[Na] плазми = 140

Фільтраційне навантаження + = 25 200 ммоль/день



V сечі = 1500 мл/день
[Na] сечі = 100 ммоль/л

Екскреція Na = 150 ммоль/день
0,6% ф. н.

Надходження Na^* в організм = 155
ммоль/день

16 800 ммоль/день
67% фільтр. навантаження (ф.
н.)

6300 ммоль/день
25% ф. н.

5. Основні гуморальні впливи на процеси сечоутворення

Процес	Збільшують	Зменшують
Клубочкова фільтрація	Простагландіни – PGE2 та простациклін Атриопептид Оксид нітрогену Прогестерон Глюкокортикоїди Окситоцин Глюкагон Т-3 та Т-4 Паратирин Хоріонічний гонадотропін	Норадреналін та адреналін Антиогензин-II Аденнотин Вазопресин Тромбоксан A2 Лейкотриєни Ендотелін
Канальцева реабсорбція води	Допамін Брадикимін Вазопресин Пролактин Антиотензин-II Інсулін Естрогени Хоріонічний гонадотропін	Простагландини Атриопептид Киніни Паратирин Кальцитриол Т-3 та Т-4 Епіфізарний екстракт

Система регуляції водного обміну організму. ВНС — вегетативна нервова система; ПНФ — передсердний натрійуретичний фактор (атріопептин)



Система ренін- ангіотензин- альдостерон

