

**ЛЕКЦІЯ № 10**  
**з курсу «Медична екологія»**  
**на тему: «Екологічна**  
**та еколого-медична**  
**характеристика літосфери»**

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

# ПЛАН

1. Загальні уявлення.
2. Хімічна характеристика літосфери.
3. Медична геологія (геомедицина).
4. Основні джерела забруднення ґрунту.



# РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Гігієна та екологія : підручник / [В. Г. Бардов, С. Т. Омельчук, Н. В. Мережкіна та ін.]; за заг. ред. В. Г. Бардова. Вінниця : Нова Книга, 2020. 472 с.
2. Гончаренко М. С., Бойчук Ю. Д. Екологія людини. Суми : Університетська книга. 2019. 391 с.
3. Гребняк М. Щ., Щудро С. А. Медична екологія : навч. посібник. Дніпропетровськ : Акцент, 2016. 483 с.
4. Димань Т. М. Екологія людини. Київ : Академія, 2009. 380 с.
5. Іщейкіна Ю. О., Буря Л. В. Гігієна та екологія. Полтава : АСМІ, 2018. 305 с.
6. Кушнірук Ю. С. Рекреація та курортологія : навч. посібник. НУВПГ, 2012. 146 с.
7. Мороз О. І., Петрушка І. М., Кузь О. Н., Руда М. В. Технології адаптації до змін клімату. Львів : Львівська політехніка, 2022. 452 с.
8. Основи екології та профілактична медицина : підручник для мед. ВНЗ I-III р. а. Затверджено МОЗ / Д. О. Ластков, І. В. Сергета, О. В. Швидкий, А. Ю. Сергієнко та ін. Київ, 2017. 472 с.



# 1. Загальні уявлення

**Літосфера** - складова частина біосфери, що представляє собою тверду оболонку Землі. **Ґрунт** - це поверхневий шар літосфери, сформований під дією клімату і живих організмів (рослинних і тваринних) і обробляється людиною. Біосфера сформувалася більш 4 млрд. років тому. Складова її частина - літосфера - включає в себе **мантію**, що складається з геологічних пластів, які рухливі за рахунок енергії, одержуваної з надр Землі. Верхній шар ґрунту безпосередньо пов'язаний з мантією. Основні елементи літосфери, особливо метали, неомогенно розподілені і знаходяться в різних хімічних формах. Вони присутні в навколишньому середовищі в певних, досить низьких концентраціях. Іноді їх концентрація аномально підвищена, що формує родовища корисних копалин, які придатні для розробки.

Тим часом саме дифузний розподіл металів у літосфері, ґрунті, рослинах і тваринах має більше значення для функціонування біосфери. Метали і інші елементи літосфери безперервно мігрують в гідросферу, атмосферу та біоту. Розуміння характеру і способів розподілу компонентів у літосфері - важлива передумова для оцінки ризику, що викликається надлишком або нестачею різних елементів у навколишньому середовищі, і, отже, тієї патології людини, яку вони можуть індукувати. Важливо розрізняти внесок природного та антропогенного дисбалансу в ці процеси.

Оскільки ґрунт майже суцільними тонким шаром вкриває усю поверхню суші земної кулі, деякі вчені вважають ґрунтовий покрив окремою сферою (оболонкою) нашої планети, яку називають **педосферою**.

Найважливішою складовою частиною ґрунту є **гумус**. Він утворюється з органічних рослинно-тваринних решток, які щорічно потрапляють у ґрунт і під впливом життєдіяльності мікроорганізмів розкладаються, а з них синтезуються речовини, з яких складається гумус. Ґрунт містить біогенні елементи (нітроген, фосфор, калій), макроелементи (кальцій, магній, сірку, залізо та ін.) і мікроелементи (бор, марганець, молібден, мідь, цинк та ін.), які рослини споживають у невеликих кількостях. Їх співвідношення і визначає хімічний склад ґрунту, який залежить від вмісту елементів у материнській породі, кліматичних факторів, рослинності. Чим більше зволожений ґрунт, тим бідніші на мінеральні сполуки його верхні горизонти.



У залежності від складу ґрунти поділяються на **чорноземи, буроземи, червоноземи, суглинки** та інші.

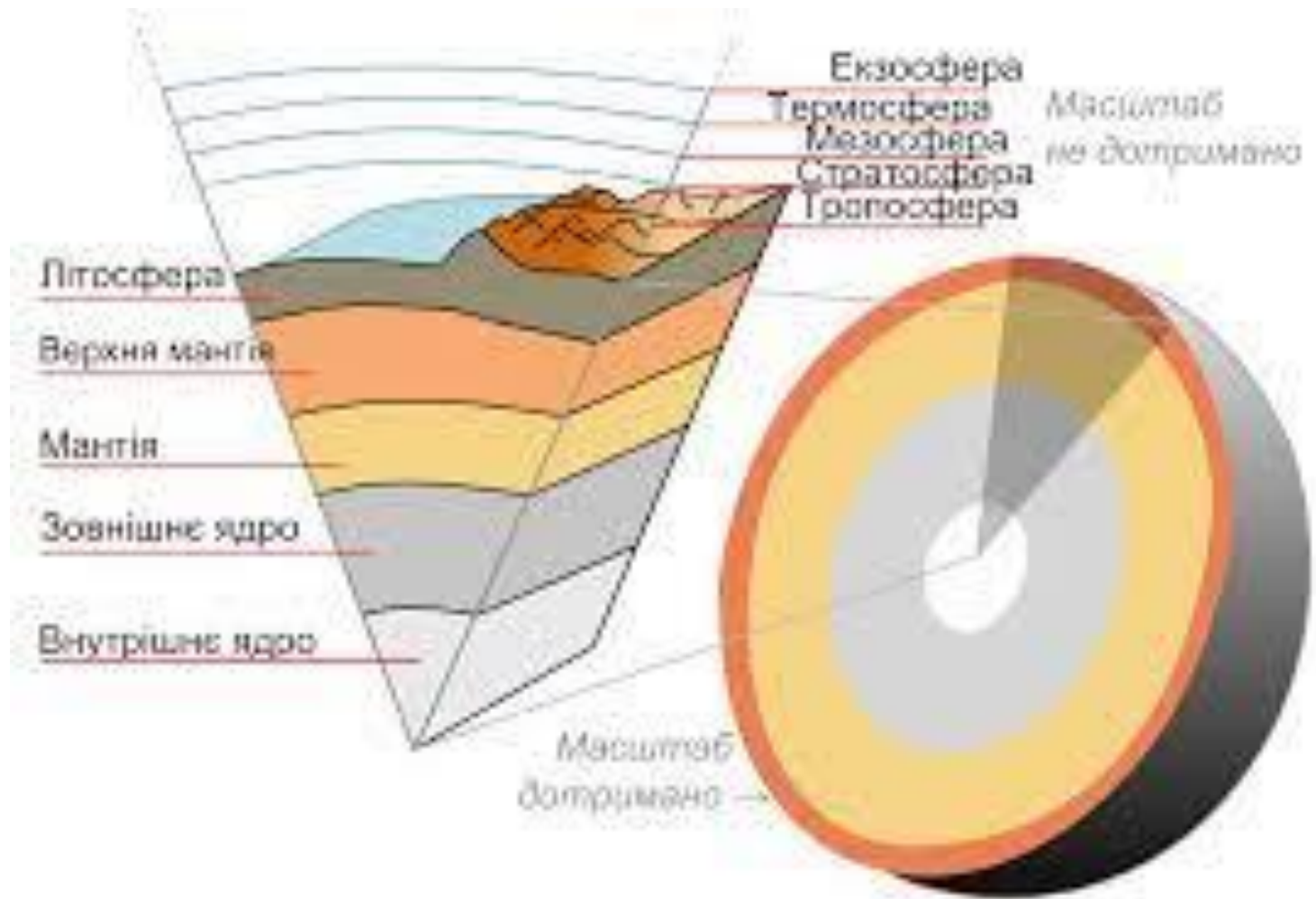
Найпродуктивнішими є чорноземи, вони мають найвищий вміст гумусу. Україна має третину світового клину чорнозему. Кожній природній зоні властивий свій ґрунтовий покрив, який характеризується тільки йому властивою генетико-морфологічною будовою. Україна має відносно високий аграрний ресурс. Доброякісні за своїми властивостями материнські породи у поєднанні з помірно теплим кліматом, спокійним рельєфом, трав'янистою рослинністю сприяли утворенню на території нашої держави родючих чорноземних ґрунтів (понад 65% ґрунтового покриву). Нарівні з цим у північних, західних (зона Полісся) та гірських районах, у долинах річок, приморських районах степу утворилися певні види і видозміни ґрунтів, які поступаються продуктивністю чорноземам.

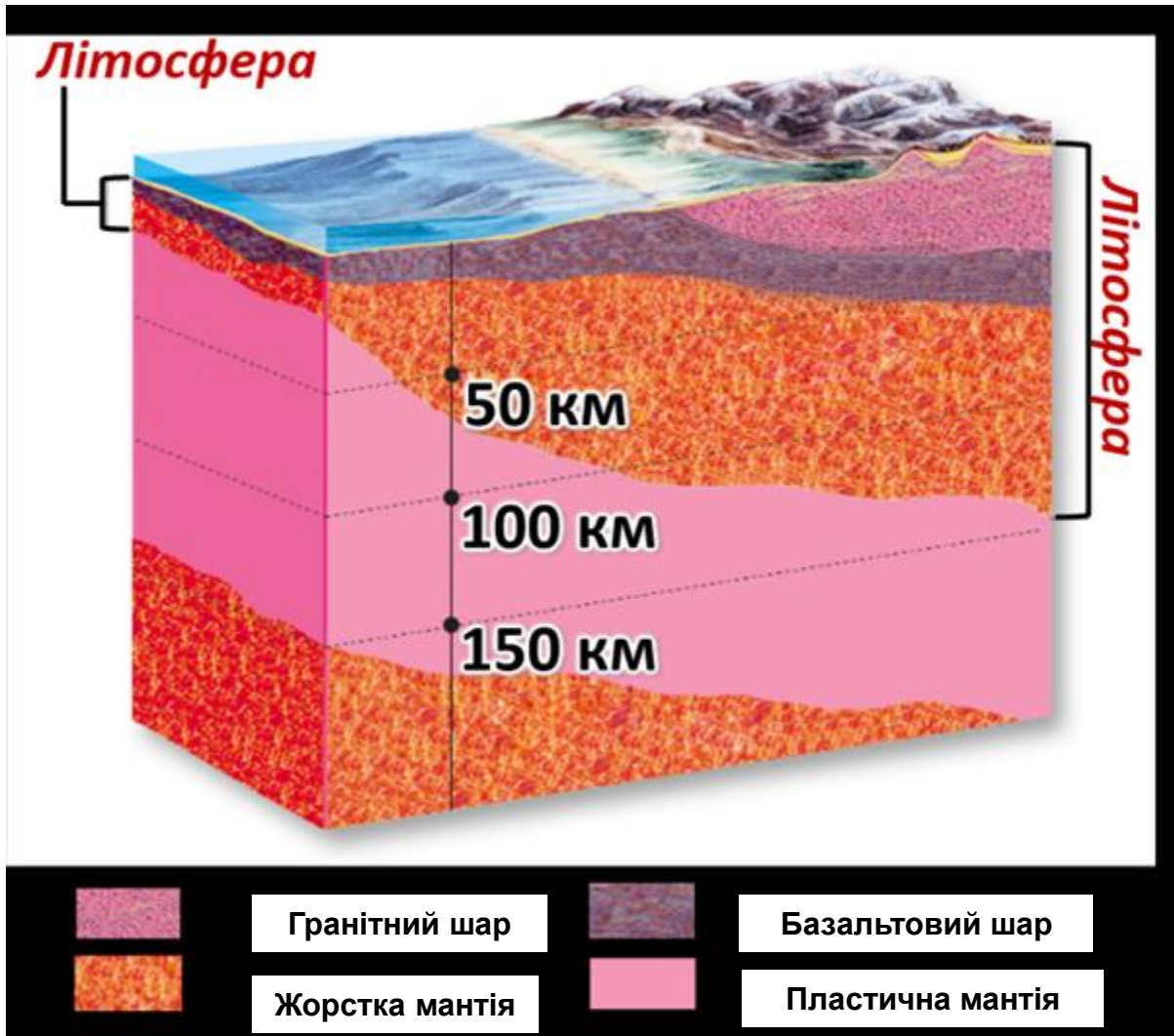
На рівнинній частині України виділяють три основні ґрунтові зони: **дерново-підзолистих, сірих лісових і чорноземних ґрунтів**. Ґрунти гірських областей мають вертикальну поясність. На півночі України – в зоні Українського Полісся – під дубово-сосновими лісами з розвинутим трав'яним покривом формуються дерново-підзолисті ґрунти, які мають слабкий і середній ступінь підзолистості.

Особливо місце посідає степова зона з її недостатньо зволуженими, але потенційно високородючими чорноземами. Це основна зона виробництва зерна.











## 2. Хімічна характеристика літосфери

Існують **два механізми перерозподілу елементів** у літосфері:

- **вертикальний** (у надрах назовні);
- **горизонтальний** - міграція в поверхневому шарі.

Перший з них веде до неомогенного розподілу металів у навколишньому середовищі. При цьому їх концентрації у різних породах можуть відрізнятися на порядок і вище. Одним з основних джерел цього процесу є вулканічна діяльність. Так, наприклад, у червні 1991 р. відбулося одне з найбільш потужних вивержень вулкана Пінатубо. Тільки за два дні в навколишнє середовище було викинуто 10 млрд. тон магми, 20 млн. тон діоксиду сірки, що вплинуло на глобальний клімат протягом трьох років.



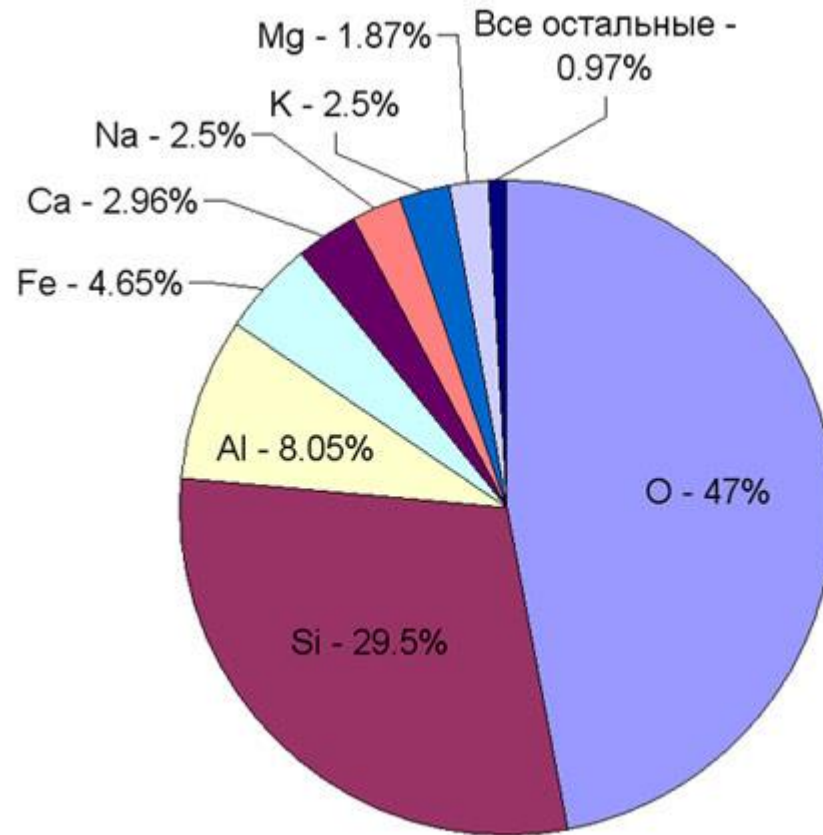
Крім цього, з надр Землі було викинуто 2 млн. тон цинку, 1 млн. тон міді і більше 5 тис. тон кадмію. Мільйони тонн золи, що містить майже всі елементи періодичної системи, забруднили тисячі квадратних кілометрів поверхні ґрунту. Подібні вулканічні виверження траплялися з періодичністю в декілька років за всю геологічну історію. Не менш важливу функцію відіграє вулканічна діяльність на дні Світового океану, де за підрахунком фахівців є близько 3 тис. діючих вулканів. Другий механізм, який перерозподіляє елементи, - це **вивітрювання**. Фізичні процеси, пов'язані з цим явищем, ведуть до подрібнення порід, що готує їх до подальшого поступового розчинення або переходу в аерозольний стан. І той, і інший процеси за участю органічної матриці ведуть до формування ґрунтового шару.

Таким чином, вивітрювання є ключовим процесом у міграції елементів від материнських порід до інших складових частин навколишнього середовища.

У навколишньому середовищі присутні всі відомі елементи. **Есенціальними**, тобто необхідними для процесів життєдіяльності, є **макроелементи**: кальцій, хлор, магній, фосфор, калій, сірка. До цієї групи належить і частина **мікроелементів**, які присутні в організмі тварин і людини в невеликій концентраціях: хром, кобальт, мідь, фтор, йод, залізо, марганець, молібден, селен, цинк. Наступна група - **неесенціальні** елементи, тобто компоненти, які не мають відомих біологічних функцій. До них відносяться: кадмій, миш'як, ртуть, свинець.



## Хімічний склад земної кори



Состав земной коры



Біодоступність, міграція і токсичність елементів залежать не тільки від фізичних і хімічних властивостей самого компонента, а й від чинників навколишнього середовища, з якими він взаємодіє. Найважливіший фактор - кислотність ґрунту (рН). Рухливість більшості з елементів зі зменшенням рН зростає, в той час як залуження зменшує біодоступність. Сильно впливає тип ґрунту. Так, наприклад, ґрунт з високим вмістом органічних компонентів (гумусу) має на метали хелатуючий (комплексоутворюючий) вплив, що зменшує швидкість їх міграції. Токсичність металів залежить від атомного та іонного радіусу, буферної ємності, здатності до хімічних реакцій. Наприклад, токсичність свинцю та ртуті більше виражена у їх органічних компонентів, ніж у неорганічних. Велике значення має ступінь окислення. Хром більш токсичний при валентності, що дорівнює шести, і менше - у тривалентній формі.

Наведемо деякі з **факторів зовнішнього середовища**, які впливають на біодоступність металів:

- рН;
- окислювально-відновний (редокс) потенціал;
- органічний вуглець;
- температура;
- неорганічні ліганди;
- сульфіди;
- комплексоутворювачі (гумус, органічні сполуки);
- сольовий склад середовища;
- метильовані сполуки;
- здатність до катіонного або аніонного обміну;
- іонна сила середовища;
- жорсткість води.

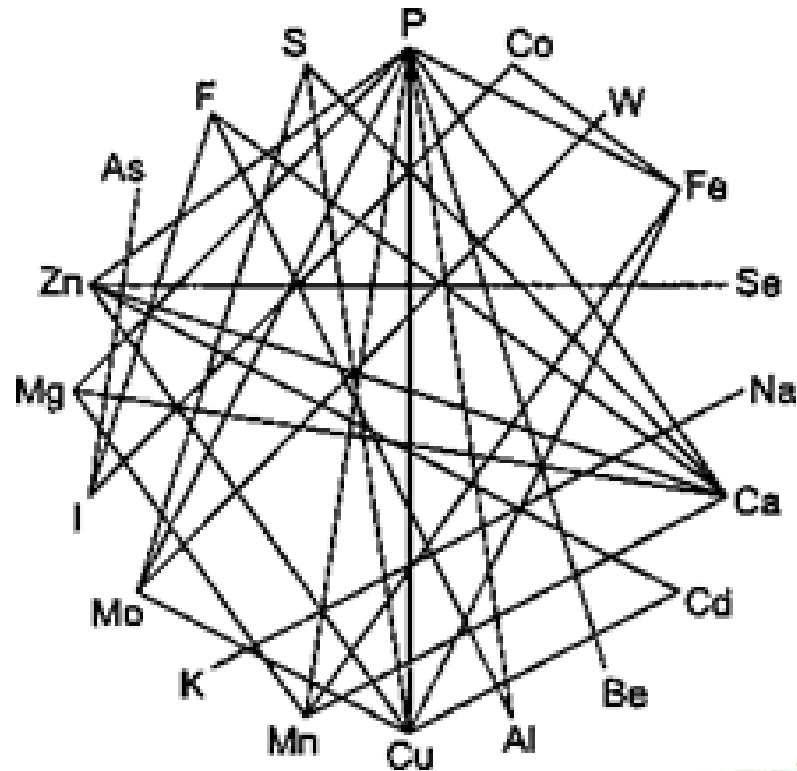


Наступним важливим фактором у біодоступності є взаємодія елементів. Іноді їх вплив один на одного виглядає дуже просто, як у випадку калію і натрію. В інших випадках мають місце численні взаємозв'язку на рівні коферментів, ензимів та ін.

**Мідь** входить до складу багатьох ферментів, які беруть участь в окисно-відновних реакціях, наприклад до складу Zn-Cu-залежною супероксиддисмутази. Біологічне окислення відбувається за участю цитохромів, інших мідьвмісних ферментів. Поперечні зшивки в колагені та еластині, що забезпечують їх міцність і еластичність, відбуваються за допомогою лізілоксидази, що відноситься до групи Cu-вмісних ферментів. Мідь бере участь в утворенні сигнальних молекул нервової системи, сприяє включенню заліза до складу гемоглобіну. Вона є компонентом, необхідним для функціонування імунної системи людини.



Між міддю, молібденом і сіркою є тісний контакт. Сульфідні, що утворюються з сульфатів, можуть включати замість атома кисню негативно заряджений **молібден**, що веде до утворення **тіомолібдатів**.



Останні мають високу спорідненість до міді, зв'язування якої сприятиме вичленовуванню її з метаболізму і вести до дефіциту в організмі цього елемента. Описаний феномен використовується в сільському господарстві деяких скандинавських країн, ґрунт яких характеризується підвищеним вмістом міді. Додавання в корм тварин молібдену призводить до зменшення пулу міді в печінці, що запобігає у них розвитку хронічної інтоксикації міддю. Іншим прикладом можуть бути взаємини між фосфором, цинком і кадмієм. Відомо, що рослини, вирощені в умовах надлишку фосфатів, характеризуються дефіцитом цинку. Фосфати - головний компонент добрив. Навпаки, підвищена кількість цинку запобігає поглинання рослинами такого токсичного елемента, як кадмій.

Тому на ґрунтах, що характеризуються підвищеним вмістом **кадмію**, необхідно строго контролювати кількість внесених фосфорних добрив. Запобігання їх надлишку сприятиме накопиченню цинку, що дозволить отримати екологічно чисту продукцію. **Селен** є абсолютним антагоністом миш'яку. Отже, для запобігання токсичних ефектів миш'яку необхідно піклуватися про достатньому надходженні в організм селену.





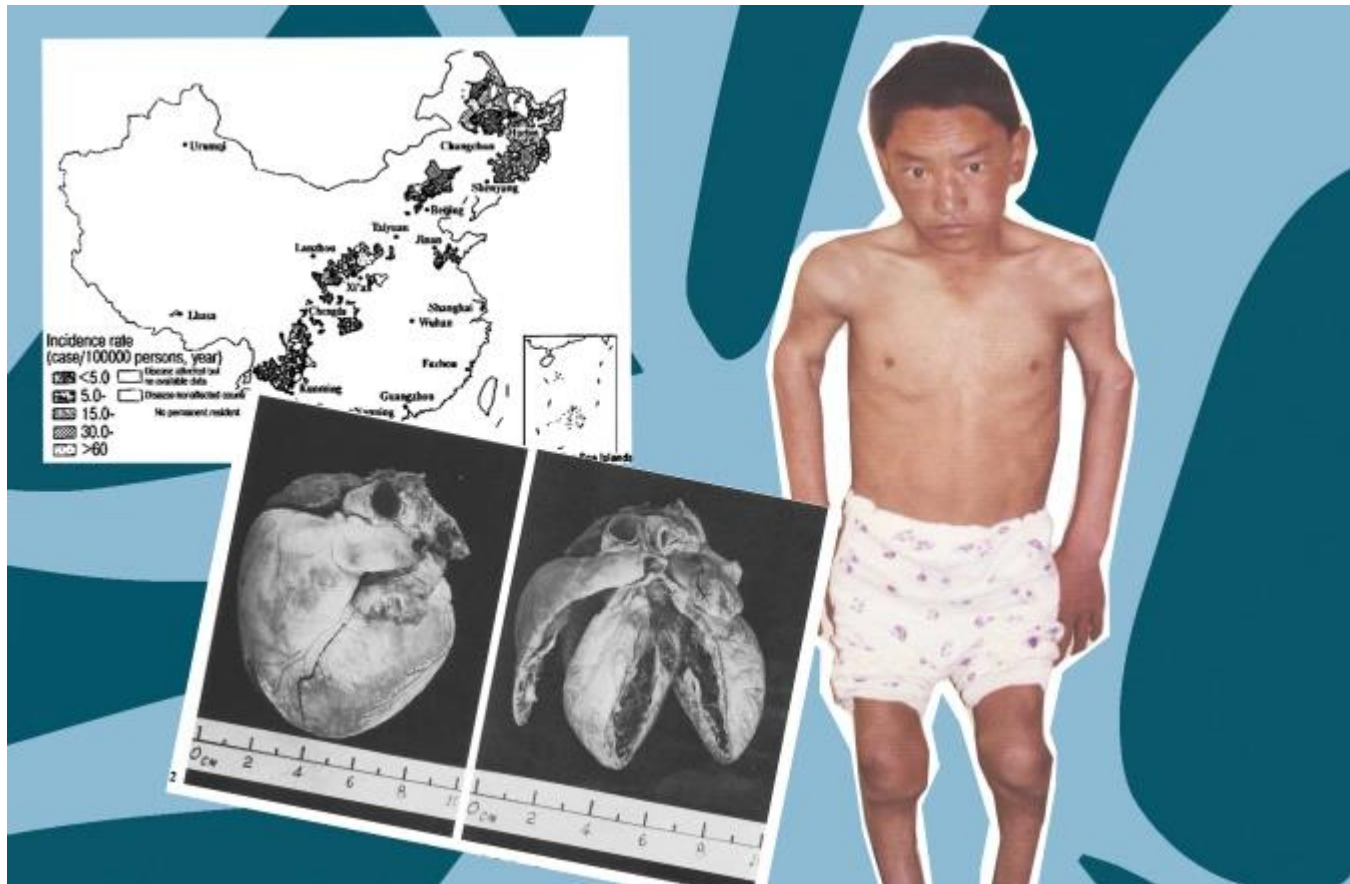
### 3. Медична геологія (геомедицина)

Вже давно стало відомо, що деякі захворювання людини та тварин можна пов'язати з певними географічними областями. У китайських медичних рукописах, написаних 3000 років до н. е., є вказівки на подібні причини деяких захворювань домашньої худоби. **Гіппократ** більш ніж 2400 років тому приводив подібні приклади, пов'язані з патологією людини. У даний час узагальнення подібних фактів дає нова галузь екології - медична геологія. **Медична геологія**, або **геомедицина**, - частина екологічної медицини, яка розглядає вплив геологічних чинників на здоров'я людини і тварин. **Марко Поло** (бл. 1254-1324 рр.) один з перших навів приклади з галузі медичної геології. У 1271 році він здійснив подорож до Китаю. У 1275 році експедиція досягла китайської області Кублай Кхан. Однак через деякий час коні, вивезені ним з Європи, загинули.

Марко Поло описав симптоми захворювання тварин, котре, як з'ясували набагато пізніше, було обумовлено високим вмістом в ґрунті даної області селену, що викликає хронічну інтоксикацію і загибель тварин. На початку ХХ ст. новий тип захворювань був зареєстрований на північному сході Китаю в області Кешані і пізніше отримав назву **хвороби Кеша (ендемічна кардіоміопатія)**. Хвороба пов'язана з ураженням серцевого м'яза і розвитком серцевої недостатності. У 1960 р. фахівці припустили, що захворювання має зв'язок з навколишнім середовищем, а 10 років по тому ця гіпотеза знайшла своє підтвердження. Виявили, що хвороба зустрічається в зонах, які відрізняються низькою концентрацією селену в ґрунті і ґрунтових водах. Компенсація в організмі дефіциту селену повністю ліквідувала симптоми захворювання і впливала профілактично.



# Хвороба Кеша





Іншим прикладом патології, що має геомедичне походження, є **хвороба Кашина-Бека**, яка також була давно знайома китайським медикам (**ендемичний остеоартрит**).  
Захворювання зустрічалося в Китаї ще в XVI ст.  
Вперше описав цю хворобу російський лікар М. І. Кашин (1825-1872 рр.). Початковими симптомами цієї патології були набряки та болі в суглобах, атрофія м'язів. Надалі відбувалося потовщення проксимальних міжфалангових суглобів кистей, ліктьових і гомілковостопних суглобів при повному збереженні функцій або незначному їх обмеженні. У хворих з важким ступенем хвороби відзначалася помітна деформація багатьох суглобів з розвитком контрактур, поперекового лордозу і «качиної» ходи внаслідок ураження кульшових суглобів, а також короткопалість і низькорослість. Страждали в основному діти 6-13 років.



## Хвороба Кашина-Бека



Хвороба Кашина-Бека зустрічалася виключно серед сільських жителів, хоча мали місце випадки захворювань і серед іншого населення, яке вживало продукти харчування з ендемічних областей. Кількість хворих не була точно відома, але приблизно оцінювалася в 1-3 млн. Причиною патології є низький вміст селену в ґрунті. Ґрунти на території України також вважаються ендемічними щодо деяких мікроелементів. Основний етіологічний фактор виникнення **йододефіцитних станів** у нашій країні - нестача йоду в ґрунтах, воді та, відповідно, продуктах харчування, вироблених на даній території. З рослинною їжею в організм людини надходить 58,3% йоду від загальної щодобового потреби, з м'ясом - 33,3%, з водою - 4,2%; решта йоду надходить інгаляційним шляхом і через шкіру.



Вміст йоду в навколишньому середовищі залежить головним чином від типів ґрунтів і їх здатності утримувати і віддавати йод, від розташування над рівнем моря і віддаленості від морів і океанів: в міру віддалення ґрунт стає все менш збагаченим даними мікроелементом. У разі переважання в раціоні харчування продуктів місцевого виробництва розвивається дефіцит йоду різного ступеня вираженості. У формування **ендемичного зобу** значний внесок робить фактор дефіциту в ґрунтах України і, отже, продуктах харчування інших мікроелементів: селену, міді, цинку, заліза, молібдену, магнію, марганцю, які виступають в ролі кофакторів ряду ключових ферментів обміну. Зокрема, селен є компонентом дейодиназ, що беруть участь у конверсії тироксину (Т<sub>4</sub>) в трийодтиронін (Т<sub>3</sub>) шляхом дейодування зовнішнього кільця Т<sub>4</sub> в тканинах і органах-мішенях, наприклад у печінці, кишечнику, мозку, бурій жировій тканині, плаценті та ін



## Ендемічний зоб



Дефіцит міді призводить до зниження активності цитохромоксидази, церулоплазміну і йодинази, активує приєднання йоду до тирозину. Струмогенна дія дефіциту кобальту реалізується через зниження активності йодпероксидази щитоподібної залози, в результаті чого сповільнюються процеси біосинтезу тиреоїдних гормонів. На планеті відомі регіони, які відрізняються природним підвищеним вмістом деяких елементів, у тому числі токсичних, наприклад **миш'яку**. У воді колодязів Західної Бенгалії (Індія) вміст миш'яку сягає 2000 мкг/л (рекомендований ВООЗ рівень миш'яку в воді - 10 мкг/л). Місцеві жителі використовували колодязну воду для зрошення, що дозволяло їм отримувати до трьох врожаїв рису в рік. Мінералом, що містить миш'як, є **залізний пірит**, який входить до складу ґрунту. У звичайних умовах він в незначній мірі звільняє цей токсичний елемент у воду. Однак інтенсивне землеробство і зрошення знизило рівень води в колодязях.



У цих умовах кисень повітря став виконувати роль окиснювача, що призвело до звільнення миш'яку з його сірчистих сполук, і він став розчинятися у воді колодязів. Отже, жителі Бенгалії вживали для пиття, а також використовували для вирощування рису воду, вміст миш'яку в якій був високим. Постраждалими виявилися близько 400 тис. чоловік. Всього в Індії споживають воду з підвищеним вмістом миш'яку близько 30 млн чоловік. Існують і інші регіони з підвищеним, як в Індії, вмістом миш'яку. Це Антофагаста в Чилі, Кор-доба в Аргентині, Обуаші в Гані, Лагунера в Мексиці, Корнвелл в Великобританії, Тайвань, континентальна Монголія, США. Є дані про те, що фактори навколишнього середовища можуть робити внесок в етіологію **цукрового діабету першого типу** серед дітей. Ця форма захворювання має аутоімунне походження і є інсулінозалежній. Показано, що низькі рівні споживання **цинку** пов'язані з високим ризиком виникнення цієї патології.

Є чимало доказів того, що достатній вміст основних макроелементів в навколишньому середовищі (кальцію, магнію) є чинником, що знижує частоту серцево-судинної патології. **Магнієва недостатність** проявляється у тварин у конвульсивному синдромі, так званої **гіпомагнієвої тетанії**. Ця патологія зустрічається в весняний період, коли тварини переводяться на пасовищне утримання і вживають у їжу траву, збіднену магнієм.

Як очевидно, склад природного навколишнього середовища дуже важливий для нашого здоров'я. Міграція і взаємодія елементів - дуже тонке питання. На превеликий жаль, антропогенна діяльність порушує природний баланс і рівновагу. Одна з найсерйозніших екологічних проблем - закислення ґрунту, яке несе потенційну загрозу для здоров'я людей.



Ця проблема поділяється на дві складові:

- **прямий ефект** через сорбції кислих аерозолів, що утворилися за участю оксидів сірки та азоту;
- **непрямий ефект**, пов'язаний зі збільшенням поглинання деяких токсичних металів. Як уже згадувалося, літосферні елементи звільняються і перерозподіляються в інших частинах біосфери через вивітрювання. Цей процес може модифікуватися при попаданні в ґрунт оксидів сірки та азоту. За рахунок ефекту підкислення металів, що знаходяться у верхньому шарі ґрунту, можуть ставати більш розчинними, що збільшує їх рухливість і біодоступність для рослин. До таких компонентів належать **кальцій, магній, марганець, алюміній, нікель, цинк, кадмій і в меншій мірі ртуть, свинець і мідь.**



Такі ж елементи, як **селен, молібден** стають менш розчинними в кислому середовищі і в силу цього в меншій мірі можуть мігрувати в рослини. Подібне порушення балансу здатне змінювати нормальне співвідношення макро- і мікроелементів в тканинах тварин і, отже, по харчовому ланцюжку - баланс в організмі людини. Подібний ефект стосується не тільки металів. **Фосфор**, який є головним нутрієнтом для рослин, у кислому середовищі стає менш доступним для рослин, що призводить до гальмування їх росту і розвитку. Вапнування ґрунтів, яке використовується в деяких країнах для боротьби з їх закисненням, як показують нещодавні дослідження, також небажано, так як здійснює негативний вплив на рослини і тварин. Незважаючи на описані ефекти, ґрунт може протистояти процесам, що відбуваються. Від геохімічного статусу залежить буферна ємність ґрунту.

Якщо ґрунт містить в достатній кількості **карбонати**, які формують карбонатну буферну систему, то кисла дощова або тала вода при фільтрації нейтралізується. Критична ситуація виникає тільки в тому випадку, коли кислотність ґрунту падає нижче 4,5. У цьому випадку вступає в дію інша буферна система, в результаті дії якої починають розчинятися погано розчинні солі алюмінію, що призводить до мобілізації цього компонента. Цей процес протікає досить швидко, і, отже, високі концентрації алюмінію з'являються в ґрунтовій воді. Крім того, зниження рН призводить до збільшення рухливості інших металів, наприклад **кадмію** - найбільш рухомого елемента, що має в основному антропогенне походження. У деяких індустріально розвинених країнах кількість кадмію в ґрунті, доступного для рослин, підвищено.



**Проблема забруднення ґрунту** має свої відмінності від механізмів забруднення атмосфери та гідросфери:

- ґрунт - малорухливе середовище;
- в ґрунті повільніше відбувається процес міграції забруднювачів;
- у ньому добре накопичуються ксенобіотики.





# 4. Основні джерела забруднення ґрунту

Практично будь-який вид антропогенної діяльності є **джерелом забруднення ґрунту** ксенобіотиками.

- Сільське господарство - добрива, пестициди, стічні води та тверді відходи тваринництва.

**Пестициди** поділяться на наступні основні групи:

- гербіциди;

- інсектициди;

- фунгіциди.

- Промисловість, транспорт.

- Побутова діяльність - стічні води, тверді побутові відходи.

**Наслідки забруднення ґрунту ксенобіотиками:**

- гальмування процесу ґрунтоутворення;

- зниження врожайності і споживчих якостей сільськогосподарської продукції;

- гальмування процесів самоочищення ґрунту;

- накопичення ксенобіотиків і подальша їх міграція по трофічних ланцюгах в продукти харчування.

# Види забруднень ґрунтів



**Хімічне** (порушення біогеохімічного кругообігу азоту й нітрогенне забруднення ґрунтів)



**Біологічне:** пов'язане із накопиченням (бактеріальні добрива), масовим розмноженням (хвороботворні бактерії, збудники мікозів, личинки комах-шкідників), розвитком (стадії гельмінтів), появою нових мікроорганізмів, порушенням складу біоти редуцентів



**Механічне:** залишки будівельних матеріалів, азбесту, битого скла, кераміки



### Основні проблеми, що є наслідками забруднення ґрунтів

Назва	Сутність	Причини
1. Деградація ґрунтів	Зменшенням вмісту гумусу і зниженням родючості	Неправильне землекористування, забруднення відходами
2. Ерозія ґрунтів	Руйнування і знесення верхніх, найбільш родючих горизонтів ґрунту	Дія вітру, потоки води, перевипасання, зрошення, оранка
3. Засолення ґрунтів	Накопичення в ґрунтах легкорозчинних солей (хлоридів, сульфатів і карбонатів)	Зрошення, осушення,
4. Радіоактивне забруднення	Гальмування росту рослин, зниження врожайності, загибель рослин	Потрапляння й накопичення в ґрунті радіонуклідів (Цезій-137, Стронцій-90, Калій-40) у концентраціях, що є вищими від фонових
5. Забруднення металами	Зниження рН, зменшення кількості корисних бактерій, збільшення кількості хвороботворних грибів, зменшення кількості корисних ґрунтових комах, черв'яків	Потрапляння й накопичення в ґрунті металів у концентраціях, що є вищими від фонових



***Дякую за увагу!***