

АГРОЕКОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В УМОВАХ БІОГЕОХІМІЧНОГО ДИСБАЛАНСУ МОЛІБДЕНУ В АГРОЛАНДШАФТАХ ЛІСОСТЕПОВОЇ ЗОНИ

І.В. Шумигай

*кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: innashum27@gmail.com;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0432-2651>*

В.В. Коніщук

*доктор біологічних наук, професор
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: konishchuk_vasyl@ukr.net;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4115-5642>*

В.В. Мартиненко

*аспірант
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: martinenko.vasil@ukr.net;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2526-6732>*

П.М. Душко

*кандидат сільськогосподарських наук
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: pdushko@hotmail.com;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1408-0342>*

Особливе місце в теорії та практиці геохімії ландшафтів належить біогеохімічному районуванню. Біогенну міграцію речовин і хімічних елементів правомірно вважати одним із критеріїв типологічної класифікації геохімічних ландшафтів, що покладено в основу побудови карти геохімічних ландшафтів України. Науковим результатом районування є визнання просторових границь і площ території, що складаються зі сполучених компонентів з однорідними умовами геохімічної міграції хімічних елементів. За тривалого порушення співвідношення між мікроелементами виникають різні хвороби, які називають ендемічними, а саме явище — біогеохімічними ендеміями. Останні частіше всього виникають за нестачі або надлишку деякого порогового значення концентрації мікроелементів або порушення співвідношення зв'язаних із ним інших мікроелементів. На основі ландшафтно-геохімічного аналізу та районування авторами означено територію біогеохімічних провінцій Лісостепу, на яких виявлено нестачу вмісту молібдену в ґрунтах для нормального розвитку рослин. Окрім цього, особливості молібденової провінції визначені низькою біогенною акумуляцією та інтенсивним фізико-хімічним розсіюванням есенціальних мікроелементів, підвищеною рухомістю більшості токсичних мікроелементів у природних водах та відсутністю умов формування бар'єрів гідроамфотерних елементів, у т. ч. Mo^{2+} . Також на територіях біогеохімічних провінцій є висока ймовірність розвитку певних ендемічних фітопатологій і мікроелементозів, що обумовлені дисбалансом біогеохімічних харчових ланцюгів.

Ключові слова: районування, картування, біогеохімічні провінції, ендемічні хвороби.

ВСТУП

Цільове й загальнонаукове картування територій упродовж останнього десятиріччя стало невід'ємною складовою природничих досліджень. Узагальнення історії та наявної практики екологічного районування, як складової екологічного картування загалом, було проведено на початку сторіччя, що висвітлило широкий

спектр підходів і методологічних прийомів до класифікації і оцінювання екологічного стану та перспектив розвитку територій [1].

Сучасний стан довкілля є глобально зміненим. Від природних територіальних комплексів — ландшафтів — відбувається перехід до природно-антропогенних геосистем (ПАГС) або геоекологічних структур шляхом геохіміч-

них змін. Природничі науки для дослідження компонентів довкілля широко застосовують загальнонаукове районування і картування, наприклад, ґрунтів, водно-болотних угідь, рослинності, підземних вод, клімату тощо. Таке районування є просторовою моделлю головних класифікаційних характеристик однієї гомогенної частини природного середовища і не дає відповідей на складні питання сучасної екології. Тому ландшафтно-геохімічна оцінка територій є важливим засобом збереження стійкої рівноваги в системі “природа — людина”. І кожна ПАГС по-своєму реагує на техногенний вплив, тому виникає потреба розробити геоекологічне районування території на всіх ієрархічних рівнях — від природно-сільськогосподарської зони до природно-сільськогосподарського району (рис. 1) [1; 2].

Біогеохімічне районування біосфери здійснюється з метою оцінки якісних параметрів тієї чи іншої території та несе в собі важливу екологічну інформацію, яка відображає як спостерігається результат функціонування біосфери, так і її еволюцію. Із цього погляду велике значення мають порівняльні дослідження, які здійснюються для територій сучасних біогеохімічних провінцій (БГХП), оскільки фактична інформація про палеобіогеохімічні провінції доволі низька й обмежується лише певними відомостями щодо хімічного складу ґрунтів та передбачуваного впливу середовища на місцеві біоценози [3].

Слід зауважити, що є два підходи щодо біогеохімічного районування:

- за А.В. Виноградим;
- за В.В. Ковальським.

За А.В. Виноградим, основою поділу біогеохімічних провінцій є *зональні*, що утворюються в межах однієї ґрунтово-кліматичної зони й можуть займати не всю зону, а тільки окремі її райони, та *інтразональні*, які виділяються тільки на основі вмісту будь-яких хімічних елементів або елементу й зустрічаються в будь-яких ґрунтово-кліматичних зонах.

За біогеохімічного районування визначають абсолютний та відносний вміст хімічного елементу в природних об'єктах та середовищі існування (ґрунті), а також кордони провінцій і родовищ корисних копалин. Так, кордони інтразональних та геохімічних провінцій співпадають, оскільки ті й інші виділяються у зв'язку з наявністю рудних тіл і родовищ [4; 5].

На сьогодні відомо, що мозаїчність хімічного складу літосфери зумовлює локальні аномалії розподілу хімічних елементів на обмежених територіях. Очевидно, що жива матерія та середовище існування — взаємозв'язана система. Також добре відомо, що геохімічне оточення є

визначальним чинником гетерогенності популяцій. Тому, за пропозицією В.В. Ковальського, враховується не просто надлишок або нестача елемента, а його пороговий інтервал концентрацій, за яких забезпечується нормальний розвиток організму. Він ввів додаткові категорії, пов'язані із хімічним складом БГХ середовища: регіони (БГХ зони) та субрегіони (БГХ провінції). Крім цього, великі біогеохімічні зони В.В. Ковальський розділив на біогеохімічні провінції (БГХП) двох видів:

- *зональні провінції*, що відповідають загальним зональним характеристикам, але різняться одна від одної концентраціями та співвідношенням хімічних елементів;
- *азональні провінції* — їх ознаки не відповідають загальній характеристиці зони, зазвичай це геохімічні аномалії, пов'язані з добуванням рід чи техногенним забрудненням [4; 5].

На основі таксонометричного біогеохімічного (БГХ) поділу територій у 1954 р. В.В. Ковальський створив першу схему-карту БГХ районування території СРСР (рис. 2), яка вдосконалювалася із часом у міру отримання нових даних до 1982 р. [6].

Наразі уявлення про БГХП трансформувалися. Відповідно до сучасних поглядів, вони є таксонами біосфери, складовими частинами субрегіонів, тому розглядаються не географічно ізольовані БГХ провінції, а типові первинні та вторинні у зв'язку з потенційними та фоновими, завдяки чому в межах субрегіонів біосфери районування здійснюються за принципом географічної неперервності.

Окрім цього, за генезисом (походженням) виділяють два типи біогеохімічних провінцій:

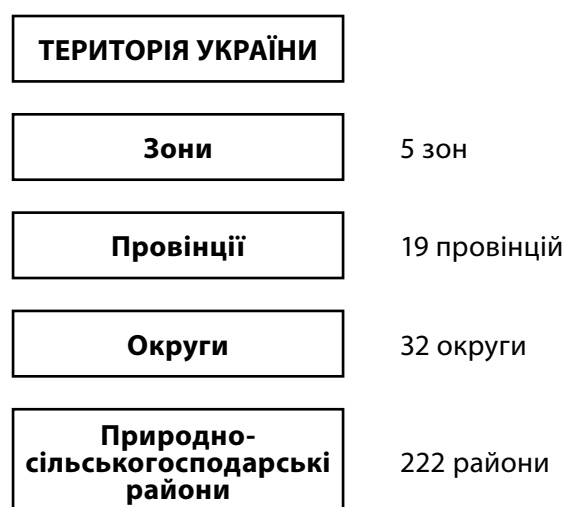


Рис. 1. Схема природно-сільськогосподарського районування

Джерело: [3].



Рис. 2. Схематична карта біогеохімічного районування території колишнього СРСР за В.В. Ковальським

Джерело: [7].

Умовні позначення. **Біогеохімічні регіони** (фізико-географічні зони): 1 [Т-Л] — тундровий та лісотундровий із мерзлотними ґрунтами; 2 [Л-С] — тайгово-лісовий із дерново-підзолистими, підзолистими та іншими ґрунтами; 3 [С] — лісостеповий із чорноземними, сірими лісовими та іншими ґрунтами; 4 [С-Х] — степовий із чорноземними ґрунтами; 5 [Г] — сухостеповий, напівпустельний та пустельний із бурими та каштановими ґрунтами; 6 [■] — гірський тайгово-лісовий із бурими, лісовими та іншими ґрунтами. **Біогеохімічні провінції**: 7 [●] — надлишки міді та нестачі селену; 8 [○] — надлишки фтору; 9 [□] — порушенням обміном міді; 10 [□] — невизначеної спеціалізації; 11 [○] — нестачі кобальту, міді, йоду, кальцію, фосфору та надлишки стронцію; 12 [○] — нестачі рухомих форм марганцю, калію, фосфору (зрідка бору) та надлишком йоду; 13 [○] — нестачі міді та надлишки молібдену, сульфатів; 14 [○] — надлишки стронцію та нестачі кальцію; 15 [○] — надлишки бору; 16 [○] — нестачі міді та надлишки молібдену, сульфату; 17 [○] — нестачі фтору; 18 [○] — нестачі міді, кобальту та надлишки молібдену, бору; 19 [Л-С] — нестачі міді, кобальту, кальцію, йоду. **Границі**: 20 [□] — біогеохімічних регіонів; 21 [□] — біогеохімічних провінцій.

I — біогеохімічні провінції — у певних ґрунтових зонах. Це окремі плями або області з нестачею того чи іншого хімічного елемента в середовищі. Наприклад, для зон підзолистих та дерново-підзолистих ґрунтів Північної півкулі, які простягаються майже через всю Євразію, характерні біогеохімічні провінції, пов'язані з нестачею кобальту, міді тощо. На сусідніх чорноземах це не спостерігається. Причиною є те, що Са, Со, Си легко вимиваються з підзолистих ґрунтів.

II — біогеохімічні провінції та ендемії, які зустрічаються в будь-якій географічній зоні. Вони виникають на фоні первинних або вторинних ореалів розсіювання рудних речовин родовищ, соляних відкладень, вулканічних вивержень. Цей тип провінцій пов'язаний із надлишковим вмістом хімічних елементів у середовищі.

Як відомо, хімічні елементи, що утворюють добре розчинні сполуки в ґрунтових умовах, спричиняють найсильнішу реакцію флори. Тому варто звернути увагу на те, що в межах

БГХП розрізняють два види концентрування організмами хімічних елементів:

- *груповий* — коли всі види рослин у певній провінції тією чи іншою мірою накопичують певний хімічний елемент;
- *селективний* — коли певні організми-концентратори накопичують той чи інший хімічний елемент незалежно від рівня його вмісту в середовищі. Так, відомо понад 30 хімічних елементів, з якими пов'язано утворення біогеохімічних провінцій, ендемії — хвороб, які виникають унаслідок нестачі або надлишку в ґрунтах, воді й кормах життєво необхідних хімічних елементів та появи організмів-концентраторів (Li, B, Be, C, N, F, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, V, Mn, Co, Zn, As, Si, Br, Mo, I, Ba, Pb, U тощо) [3; 8].

Наразі Україна включає чотири біогеохімічні регіони, понад 30 субрегіонів біосфери та 130 БГХ провінцій. Згідно з еколого-геохімічними дослідженнями, на території України було зафіксовано біогеохімічні провінції з нестачею міді (Полісся та Причорноморська низовина),

мангану та кобальту (Прикарпаття) та із надлишком цинку, хрому, мангану, кобальту, селену (Прикарпаття) за відповідних реакцій живих організмів — ендемічного зобу, карієсу, акобальтозу, анемії тощо.

За тривалого порушення співвідношення між мікроелементами виникають різні хвороби, які називають ендемічними, а саме явище — біогеохімічними ендеміями. При розв'язанні проблем охорони здоров'я виникає необхідність поглибленого вивчення чинників поширення хвороб. Звідси очевидна актуальність дослідження географічних аспектів цієї проблеми [9].

Мета роботи — виявлення основних структурних закономірностей на біогеохімічних територіях і розроблення методологічних підходів щодо еколого-геохімічного районування території Лісостепу з метою вдосконалення системи прийняття рішень щодо поширення як інфекційних, так і неінфекційних хвороб, спричинених нестачею або надлишком мікроелементів.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Еколого-геохімічний напрям має свої глибокі корені в роботах В.В. Докучаєва [10], Б.Б. Полинова [11], Ю.Е. Саєта [12] та ін. Визначального значення для методології геохімії ландшафтів за екологічних дослідженнях набув принцип диференціації, сформульований О.І. Перельманом [13] — забруднення залежить не тільки від джерела забруднення, а й від біогеохімічних умов.

Питання біогеохімічної спеціалізації компонентів довкілля України за есенційними мікроелементами (Cu, Zn, Mn, Co, Mo) вивчалися за різними науковими напрямами. Їх відображено в роботах В.В. Ковальського з медико-біогеохімічних досліджень Полісся та Карпат, П.А. Власюка з агрохімії ґрунтів і сільгоспкультур України, А.І. Самчука з еколого-геохімічних досліджень рухомих форм ґрунтів Полісся, Е.Я. Жовінського і І.В. Кураєвої з досліджень рухомих форм ґрунтів Київської області [7; 14; 15].

Також в Україні чималий внесок у розвиток ландшафтно-геохімії та геохімії навколишнього середовища зробили В.М. Гуцуляк [16], Л.Л. Малишева [17], Є.П. Буравльов [18] та ін. Цей напрям відрізняється тим, що використовує кількісні показники забруднення компонентів довкілля на основі польового геохімічного картування територій. Він широко розповсюджений при геохімічних, ґрунтознавчих та інших дослідженнях.

Окрім цього, серед сучасних різноманітних екологічних досліджень України геохімічні спос-

тереження мають провідне значення. Так, більшість досліджень Т.М. Єгорової [19] базується на хімічній диференціації певних компонентів довкілля або в окремих випадках характеризують землі певного господарського використання. Такі принципи екологічного аналізу повністю відповідають структурі й методології побудови сучасних екологічних атласів Фінляндії, Швеції, Німеччини. Водночас ці принципи “мінімальної просторової диференціації” суттєво знижують як інформативність, так і достовірність рішень більшості сучасних екологічних проблем.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження сучасних унікальних ландшафтів пов'язані із широким застосуванням загальнонаукових і конкретно-наукових підходів (рис. 3), серед яких можна виділити традиційні, або класичні (порівняльний, історичний, генетичний, еволюційний), і специфічні (конструктивний, соціально-економічний, системний, екологічний, ландшафтно-типологічний, інформаційний, соціологічний та ін.) дослідницькі підходи.

До традиційних, або класичних, підходів, які були використані при дослідженні сучасних ландшафтів Лісостепу, варто віднести: *порівняльний* та *картографічний*. Використовуючи останній у дослідженні сучасних ландшафтів Лісостепу, було складено ландшафтні карти і профілі натурних ділянок. Це передбачало збір, аналіз і переробку інформації в польових експедиційних умовах.

Здійснення польового дослідження передбачає вивчення як продукції, так і інформативних біооб'єктів, що характеризуються позитивною кореляцією вмісту хімічних елементів у ґрунтах та речовині біоценозу; аналітичні дослідження передбачають коректне відокремлення органічної речовини біооб'єкта від неорганічної, що накопичується на поверхні агроценозів і зооценозів унаслідок атмосферного забруднення; первинна просторова однорідність біогеохімічних харчових ланцюгів визначається за ландшафтними принципами.

Основу *медико-геохімічної оцінки* та районування території становили відповідні показники екологічного стану ландшафту і стану здоров'я населення.

Особливе місце серед біогеохімічних регіонів України займає Правобережний Лісостеп, який і є об'єктом дослідження. Основними особливостями цього регіону в контексті визначеного тематичного дослідження є положення в межах двох областей, зокрема на території ДГ “Чабани”, що знаходиться в Києво-Святошинському р-ні Київської обл., а також у

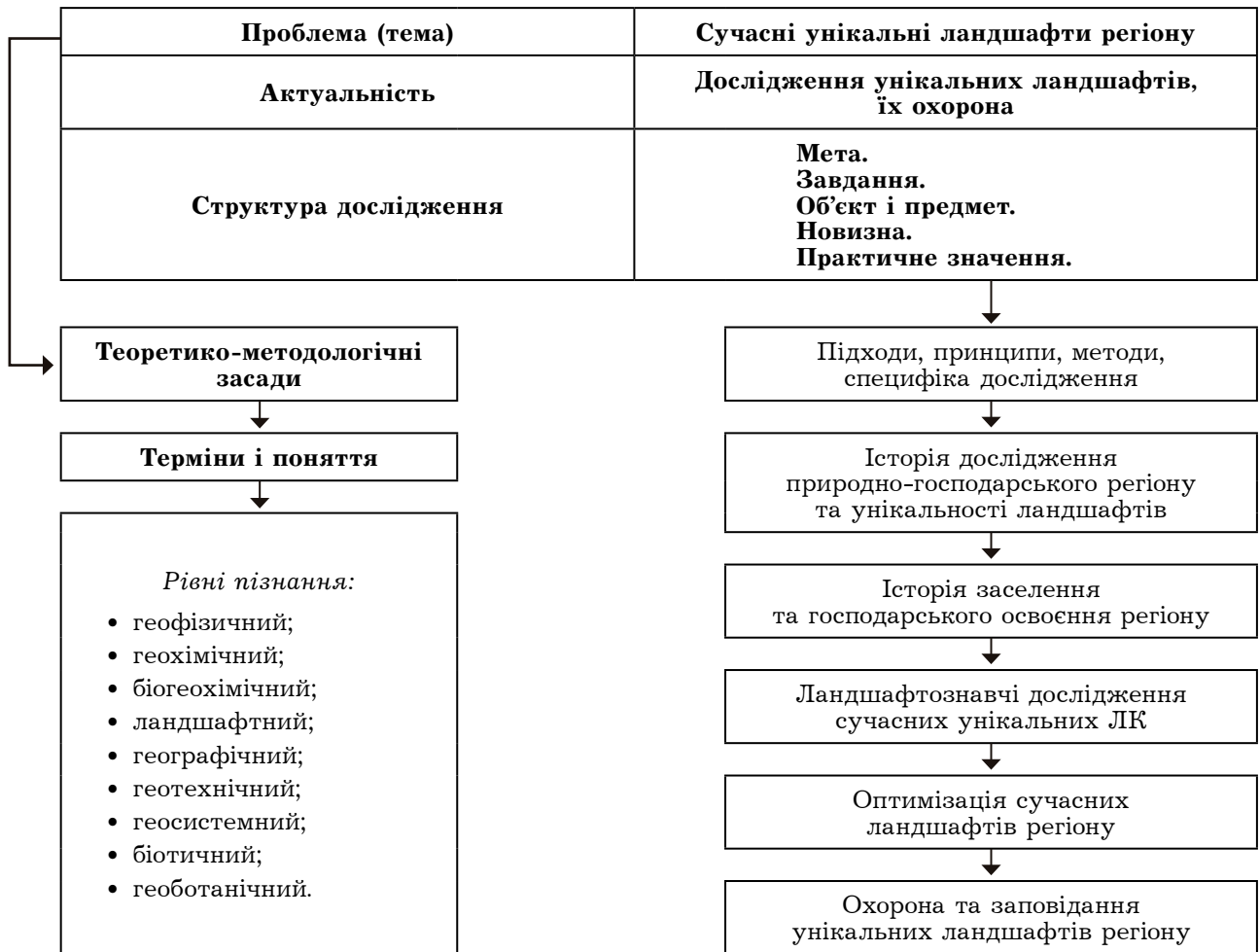


Рис. 3. Узагальнена структурна схема дослідження сучасних ландшафтів

Джерело: [20].

межах науково-дослідного господарства “Агрономічне” (Вінницький р-н, Вінницька обл.).

На підставі отриманих результатів розробляється висновок щодо стійкості ґрунтів до техногенної трансформації та міграції мікроелементів, зокрема Mo^{2+} .

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Теорія і практика агропромислового виробництва володіє великою кількістю агрохімічних і технологічних інструментів для кардинальних змін фізико-хімічного і біологічного стану більшості природних об'єктів, включаючи ґрунти, продукцію рослинництва і тваринництва. Однак перехід до збалансованого природокористування вимагає як від агроекології, так і аграрного виробництва загалом, нових біосферних підходів господарювання. Такі підходи потребують знань про сучасні біогеохімічні ланцюги, які сформувалися і функціонують в умовах регіональної якісно-кількісної деградації ґрунтів України.

Однією із ймовірних територіальних форм таких процесів є біогеохімічні провінції (БГХП), що характеризуються дисбалансом поживних мікроелементів у біогеохімічних ланцюгах.

Картування провінції здійснювалося щодо забезпеченості біологічно важливими мікроелементами (Zn, Cu та Mo). Виділення проводилося на основі оцінки середнього вмісту зазначених елементів у базових компонентах біогеохімічного харчового ланцюга: ґрунтах, природних водах, рослинах та людини, даючи непряму можливість оцінки рівня надходження зазначених мікроелементів в організмі людини з водою та продуктами місцевого виробництва. І таким чином уточнити картину поширеності дефіцит цих елементів [3; 6].

Оскільки природним джерелом МЕ у наземних біогеохімічних колообігах є ґрунтоутворюючі породи, бажано припустити, що саме їх геохімічна неоднорідність є вихідним (базовим) фактором, яка визначає геохімічну неоднорідність поширення мікроелементів у

природних трофічних ланцюгах Лісостепової зони. Відповідно, сучасна просторова диференціація мікроелементів на зональному рівні має контролюватися геологічною будовою субстрату, четвертинною історією та видом геохімічного ландшафту [20].

Тому було розглянуто біогеохімічні процеси формування дисбалансу мікроелемента, зокрема молібдену в ґрунтах Лісостепу, як інтегральний показник ландшафтно-геохімічної структури територій провінцій і процесів біогенної та фізико-хімічної міграції мікроелементів.

Територію *молібденової (Мо) провінції* з нестачею Mo^{2+} фіксують 749 точок спостереження ґрунтів, алювіальних відкладів, поверхневих вод та 71 проба визначення рухомих форм мікроелементів. Нестача Mo^{2+} характеризує 60% проб ґрунтів. Середньостатистичний вміст Mo^{2+} у ґрунтах природних і техногенно-природних агроландшафтів сягає 1,1–1,31 мг/кг, поверхневих водах 0,00069–0,0015 мг/дм³.

Досліджена площа провінції становить майже 10,8 тис. км². Більшість точок спостереження розташована в подільських (28% проб), стародубських (18,5) та авратинських (12,2% проб) ландшафтах Лісостепової біокліматичної зони. Розташована провінція на території Івано-Франківської, Тернопільської, Вінницької, Київської та Черкаської областей України; досліджені агроландшафти просторово переважають на територіях 39 формалізованих квадратів (рис. 4).

Ландшафтно-геохімічну будову території провінції характеризує 12 агроландшафтів, з

яких 11 належить до природного й техногенно-природного рядів, 1 — до техногенного. Агроландшафти відносяться до кислих кальцієвих класів геохімічної міграції: типоморфні макроелементи ґрунтових комплексів — H^+ , Ca^{2+} ; головний катіон поверхневих вод — Ca^{2+} . Серед ґрунтів провінції переважають зональні для Лісостепової зони опідзолені та дерново-опідзолені ґрунти на лесових породах (66% індекс-проб), чорноземи малопотужні та потужні на лесових породах (13% індекс-проб), чорноземи карбонатні на елювії щільних карбонатних ґрунтів (5% індекс-проб); їм властива порівняно висока ємність ґрунтового поглинання ($KГЄ = 174–230$).

Функціональне призначення агроландшафтів провінції визначає орне землеробство з масивами меліорованих осушених земель (44% індекс-проб), сіножаті й пасовища заливних, суходільних і заболочених луків (25), садівництво та виноградарство (7), автомагістралі (1% індекс-проб).

Більшість індекс-проб характеризує агроландшафти опідзолених і дернових опідзолених ґрунтів орних земель на місці хвойних і широколистяних лісів плоских слабо хвилястих заплав рівнинних річок із потужними алювіальними відкладами. Автономні ландшафти провінції займають лесові розчленовані підвищення та денудаційні рівнини, перекриті четвертинними лесами та лесованими суглинками, зрідка — ділянки виходу на поверхню кристалічних порід перекриті четвертинними щебенювато-деревними суглинистими породами й переважаючими в провінції ґрунтовими комплексами.

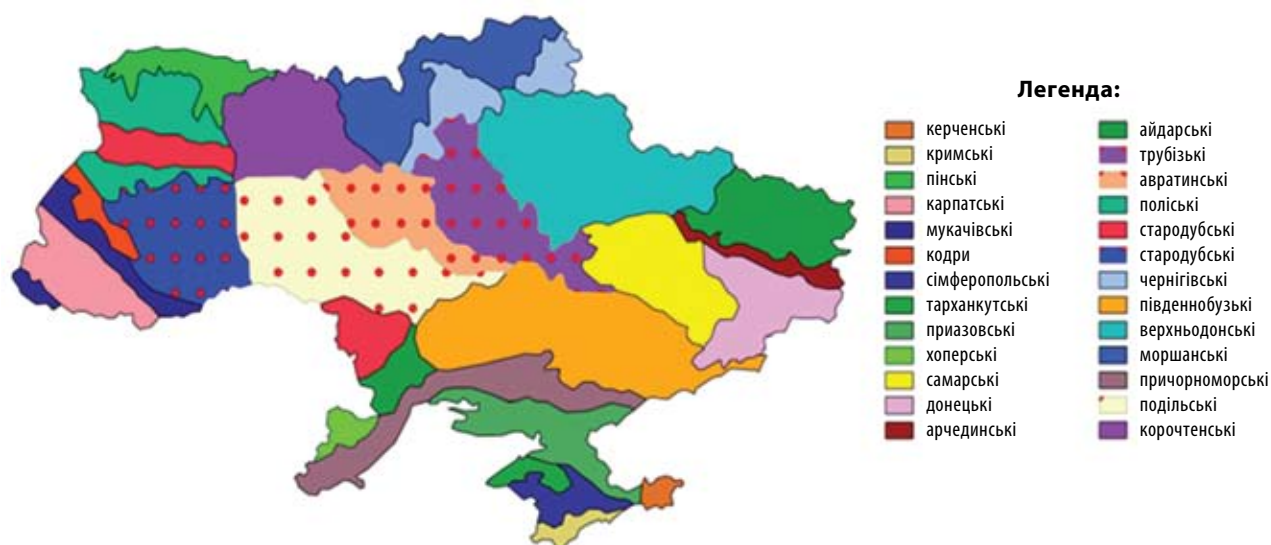


Рис. 4. Схема поширеності ландшафтів Мо еколого-геохімічної провінції України

Джерело: розроблено авторами на основі [3].

Аквальні ландшафти займають заплави рівнинних річок із різноманітними алювіальними відкладами та комплексами дернових і дернових опідзолених ґрунтів або чорноземів малопотужних і потужних у функціональних зонах сіножатей і пасовищ, орних земель, садівництва.

Середньостатистичний вміст Mo у ґрунтах природних і техногенно-природних агроландшафтів сягає 1,1–1,31 мг/кг ($V_{\text{ср.}}=30\%$), алювіальних відкладах — 0,61–1,39 мг/кг ($V_{\text{ср.}}=60\%$), поверхневих водах — 0,00069–0,0015 мг/дм³ ($V_{\text{ср.}}=75\%$). Отримані коливання вмісту Mo для ґрунтів відповідають його нестачі в біогеохімічних ланцюгах, оскільки вони менше нижнього порогового значення для нормального розвитку агроценозів (1,5 мг/кг) у 1,1–1,3 рази. Виміри вмісту Mo у сухій речовині продукції рослинництва (0,5–0,6 мг/кг у буряках і 0,8 мг/кг у картоплі) коливаються в межах існуючих на сьогодні екологічних норм для сільгосппродукції [3; 6; 21].

Нестача валових форм Mo^{2+} у ґрунтах провінції певною мірою відповідає його розподілу в рухомих формах. Вміст рухомих форм Mo^{2+} у ґрунтах провінції коливається в інтервалі 0,03–0,5 мг/кг за середнього значення 0,22 мг/кг, що є нижчим за необхідний рівень для нормального функціонування рослин у 0,3 мг/кг.

Окрім цього, еколого-геохімічні особливості території Mo^{2+} провінції визначені низькою біогенною акумуляцією та інтенсивним фізико-хімічним розсіюванням есенціальних мікроелементів, підвищеною рухомістю більшості токсичних мікроелементів у природних водах і відсутністю умов формування фізико-хімічних бар'єрів гідроамфотерних елементів, у т. ч. Mo^{2+} . Падіння рівня коефіцієнта перерозподілу в ґрунтах до $\text{КП}=0,4\text{--}0,5$ та у поверхневих водах до $\text{КП}=0,1\text{--}0,5$ є в агроландшафтах орних земель, а також суходільних і заболочених луків подільських і стародубських ландшафтів. Така закономірність свідчить про те, що техногенна складова БГХ процесів просторово зміщена в аквальну частину агроландшафтів щодо автономної, тобто перебуває за межами його основної родючої частини [3; 6; 22].

Спираючись на викладене вище, доведено наявність прямого зв'язку між екологічною ситуацією в ландшафті та частотою виникнення різних захворювань населення, зокрема й злов'язного новоутворення, патології вагітності, вродження аномалій розвитку тощо.

Наразі на територіях біогеохімічних провінцій виникають біогеохімічні ендемії. БГХ регіони, субрегіони та провінції, які характеризуються дефіцитом есенціальних мікроелементів, виявляються найбільш вразливими за антропогенного забруднення мікроелементами.

У разі нестачі або надлишку одного або кількох мікроелементів в організмі, або збіднення на нього організму за надлишку інших мікроелементів виникає порушення обміну речовин, зокрема мінерального, що спричиняє розлад функції органів або їх систем, зумовлює зміни структури тканин [4].

Тому на основі аналізу вмісту Mo^{2+} у ґрунтах, сільськогосподарських рослинах та природних водах було виявлено випадки характерної просторової локалізації біологічних реакцій, що можуть маркувати геохімічно відокремлені території як природного, так і антропогенного генезиса, тобто біогеохімічні провінції щодо прояву ендемічних хвороб на території зони Лісостепу.

Біогеохімічний субрегіон нестачі Mo^{2+} поширено в ландшафтах: подільських, стародубських, авратинських Лісостепової зони; поліських, коростенських, моршанських, чернігівських, пінських Українського Полісся; південнобузьких, самарських, айдарських, донецьких Степової зони. Агроекологічне значення молібдену визначається сполученням його есенційності та токсичності (II-й клас небезпеки для ґрунту). Фізіологічна роль молібдену пов'язана з фіксацією атмосферного азоту, редукцією нітратного азоту в рослинах, участю в окислювально-відновлювальних процесах, вуглеводному обміні, синтезі хлорофілу і вітамінів; входить до рослинних ферментів (альдегідоксидаза, гідрогеназа, нітратредуктаза); є каталізатором переходу нітратів у нітрити та бере участь у фіксації молекулярного азоту клубеньковими бактеріями; задіяний у фосфорному й білковому обміні. Нестача молібдену в рослинах може викликати пригнічене утворення аскорбінової кислоти, що знижує інтенсивність фотосинтезу в результаті падіння регенерації хлорофілу [3; 6; 23].

До того ж, на відміну від інших мікроелементів, Mo^{2+} може накопичуватись у рослинах у великій кількості і не викликати токсичної дії. Найбільш потребують цей мікроелемент бобові, а також капуста, буряк, томати, огірки. Вирощувати ці культури на території молібденового субрегіону не доцільно. За слабкої нестачі молібдену з'являється пожовклість або блідно-коричневе забарвлення та некротичні плями; за значної нестачі — хлорозна тканина відмирає; у хрестоцвітних забарвленість стає зелено-синьою, листова пластинка викривлюється та редукується; точка росту та серцевина відмирають; цвітіння та утворення насіння уповільнюється; зменшується розмір, кількість та колір бульбашкових бактерій [3; 6; 24].

Нестача Mo^{2+} в організмі людини може зумовити порушення ліпідного обміну, що здатне

спричинити атеросклероз, ожиріння, ортрити. За дослідженням багатьох учених, у людському організмі дефіцит молібдену характеризується зниженням активності молібдену містких ферментів (альдегідоксидази, ксантиноксидази, сульфітоксидази), що може викликати ендемічну захворюваність на нефрити.

Щодо БГХП із надлишком Mo^{2+} , то в Україні вони не зустрічаються, оскільки переважають у ґрунтах таких регіонів, як Кулундинський степ, Алтай, Кавказ, західні райони США, Австралія, а також Нова Зеландія. Однак важливим аспектом є те, що порушення балансу елементів у середовищі, як це відбувається в БГХП, спричиняє патологічні зміни в організмі тварин і людини [3; 25].

Отже, біогеохімічну структуру було покладено в основу узагальнення геохімічних даних (про склад ґрунтів, поверхневих вод і алювіальних відкладів), розрахунків екологічних і біогеохімічних параметрів та отримання на їх основі багаторівневої оцінки екологічної небезпеки для населення держави більшості специфічних ландшафтів України. Завдяки розробленій Т.М. Єгоровою [26] методології ландшафтно-геохімічного районування України (1990–1998 рр.) та еколого-геохімічної параметризації ландшафтів (1995–2004 рр.) було створено умови для виявлення як техногенних, так і природних джерел формування екологічної небезпеки, та розроблено систему першочергових заходів для усунення їх впливу на здоров'я населення і результати господарської діяльності. Їх сполучений аналіз визначив ранжування рівнів геохімічної складової екологічної небезпеки та заходів раціонального природокористування на території України, зокрема Лісостепу, а також розроблено рекомендації щодо поліпшення здоров'я населення.

ВИСНОВОК

Біогеохімічне районування земель сільськогосподарського призначення дає основу для наукового обґрунтування агрохімічних і екологічних досліджень та практики аграрного виробництва. За результатами розробленого цільового біогеохімічного районування території України виділено еколого-геохімічні провінції нестачі Mo^{2+} на території Лісостепу.

Дослідження розподілу Mo^{2+} у компонентах агроландшафтів різних функціональних підтипів засвідчило, що техногенна міграція в ґрунтовому покриві проявляється його підвищеним розсіюванням, а в поверхневих водах — незначною концентрацією.

За розроблення БГХ районування бажано знати такі характеристики живої речовини, щоб визначити шляхи дослідження фізіологічних функцій організмів, які складають живу матерію. Видово однорідна жива речовина не у всіх випадках придатна для такої мети, хоча й широко використовується сучасною фізіологією та біохімією.

Фізіологічна мінімальна потреба в мікроелементах і реальне їх поглинання та засвоєння організмом, величина середньої оптимальної потреби, які визначаються ємністю гомеостатичних регуляторних процесів та здатності до депонування, утворюють складну динамічну систему взаємопов'язаних адаптаційно-екологічних властивостей організму.

Біогеохімічні ендемії частіше всього виникають за нестачі або надлишку деякого порогового значення концентрації мікроелементів або порушення співвідношення зв'язаних із ним інших мікроелементів. Аналізуючи цю проблему, можна сказати, що при розв'язанні проблем здоров'я виникає необхідність поглибленого вивчення чинників поширення хвороб.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коніщук В.В., Єгорова Т.М., Мельник Н.Б. Агроекологічне районування (методичні рекомендації) / за ред. О.І. Фурдичко. К.: ТОВ "ДІА", 2014. 44 с.
2. Мартин А.Г., Осипчук С.О., Чумаченко О.М. Природно-сільськогосподарське районування України: моногр. Київ: ЦП "Компринт", 2015. 328 с.
3. Шумигай І.В., Коніщук В.В., Єрмішев О.В., Мартиненко В.В., Манішевська Н.М. Екологічна оцінка особливостей вмісту та міграції мікроелементів Cu, Mo, Zn у біогеохімічних, трофічних ланцюгах: методичні рекомендації. Київ: ДІА, 2023. 67 с.
4. Рудишин С.Д. Біогеохімія з основами екології. Дніпро: "Середняк Т.К.", 2023. 320 с.
5. Федорова Г.В. Біогеохімія: навч. посіб. Одеса: ТЕС, 2015. 284 с.
6. Єгорова Т.М. Екологічна геохімія агроландшафтів України: моногр. / за ред. О.І. Фурдичка. Київ: ТОВ: "ДІА", 2018. 262 с.
7. Ковальський В.В. Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 302 с.
8. Єгорова Т.М. Біогеохімічні пріоритети агроекологічних досліджень. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 1. С. 28–35.
9. Дудченко В.Ю. Теоретико-методичні основи медико-екологічної оцінки регіональних ландшафтних систем. Людина та довкілля. *Проблеми неоекології*. 2014. № 1–2. С. 127–134.
10. Докучаев В.В. К изучению зон природы. Горизонтальные и вертикальные почвенные зоны. Избранные сочинения. М.: Сельхозгиз, 1949. Т. 3. С. 315–329.
11. Польшов Б.Б. Учение о ландшафтах. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 232 с.

12. Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янина Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 350 с.
13. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высш. шк., 1996. 392 с.
14. Власюк П.А. Биологические микроэлементы в жизнедеятельности растений. К.: Наук. думка, 1992. 144 с.
15. Жовинский Э.Я., Кураева И.В. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. К.: Наукова думка, 2002. 213 с.
16. Гуцуляк В.М. Ландшафтна екологія. Геохімічний аспект. Чернівці: Рута, 2002. 272 с.
17. Малишева Л.Л., Шищенко П.Г., Потапенко В.Г. Принципи і методика геоекологічного районування територій України. *Вісн. Київ. ун-ту. Сер.: Географія*. 1995. Вип. 41. С. 3–13.
18. Буравльов Є.П., Гетьман В.В. Загальнодержавний моніторинг техногенної безпеки. *Екологія і ресурси*. 2005. Вип. 11. С. 48–58.
19. Сторова Т.М. Регіональні еколого-геохімічні провінції України. *Геологія в ХХІ столітті. Шляхи розвитку та перспективи*. Київ: Тов. "Знання" України. ІГН НАНУ, 2001. С. 138–145.
20. Пащенко В.М. Методологія постнекласичного ландшафтознавства. Київ, 1999. 284 с.
21. Шумигай І.В., Єрмішев О.В., Манішевська Н.М. Біогеохімічна специфіка у Лісостеповій зоні країни. *Збалансоване природокористування*. 2022. № 4. С. 82–90. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2022.275036>.
22. Сторова Т.М., Моклячук Л.І. Еколого-геохімічні процеси міграції молібдену в агроландшафтах України. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 2. С. 17–25.
23. Ermakov V.V. A.P. Vinogradov's Concept of Biogeochemical Provinces and Its Development. *Geochemistry International*. 2017. Vol. 55. No. 10. P. 872–886.
24. Войтенко Л.В. Хімія з основами біогеохімії: навч. посіб. Київ: Наукова столиця. 2019. 400 с., іл.
25. Шумигай І.В., Коніщук В.В., Душко П.М. Біогеохімічні особливості важких металів агроекосистем Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 4. С. 105–114. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273256>.
26. Jaishankar M., Tseten T., Anbalagan N. et al. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*. 2014. Vol. 7 (2). P. 60–72. DOI: <https://doi.org/10.2478/intox-2014-0009>.
27. Сторова Т.М. Екологічна оцінка геохімічних ландшафтів у системі раціонального природо-користування України. *Мінеральні ресурси України*. 2004. № 2. С. 33–38.

AGRO-ECOLOGICAL PROCESSES UNDER CONDITIONS OF BIOGEOCHEMICAL IMBALANCE OF MOLYBDENUM IN AGROLANDSCAPES OF THE FOREST-STEP ZONE

Shumyhai I.

Candidate of Agricultural Science, Senior Researcher
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: innashum27@gmail.com;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0432-2651>

Konishchuk V.

Doctor of Biological Science, Professor
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: konishchuk_vasyl@ukr.net;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4115-5642>

Martynenko V.

Postgraduate Student
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: martinenko.vasil@ukr.net;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2526-6732>

Dushko P.

Candidate of Agricultural Science
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: pdushko@hotmail.com;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1408-0342>

A special place in the theory and practice of landscape geochemistry belongs to biogeochemical zoning. Biogenic migration of substances and chemical elements can rightfully be considered one of the criteria for the typological classification of geochemical landscapes, which is the basis for building a map of geochemical landscapes of Ukraine. The scientific result of zoning is the recognition of spatial boundaries and areas of the territory consisting of connected components with uniform conditions of geochemical migration of chemical elements. With a long-term violation of the ratio between microelements, various diseases appear, which are called endemic, and the phenomenon itself — biogeochemical endemics. The latter most often occur due to a lack or excess of some threshold value of the concentration of microelements or a violation of the ratio of other micro-

elements associated with it. On the basis of landscape-geochemical analysis and zoning, the authors defined the territory of the biogeochemical provinces of the Forest Steppe, where a lack of molybdenum content in the soil for normal plant development was found. In addition, the features of the molybdenum province are determined by low biogenic accumulation and intensive physicochemical dispersion of essential trace elements, increased mobility of most toxic trace elements in natural waters, and the absence of conditions for the formation of barriers of hydroamphoteric elements, including Mo^{2+} . Also, in the territories of biogeochemical provinces, there is a high probability of the development of certain endemic phytopathologies and microelement diseases due to the imbalance of biogeochemical food chains.

Keywords: zoning, mapping, biogeochemical provinces, endemic diseases.

REFERENCES

- Konishchuk, V.V., Yehorova, T.M., Melnyk, N.B. & Furdychko, O.I. (Ed.). (2014). *Ahroekolohichne raionuvannia (metodychni rekomendatsii) [Agro-ecological zoning (methodical recommendations)]*. Kyiv: PLC "DIA" [in Ukrainian].
- Martyn, A.H., Osypchuk, S.O. & Chumachenko, O.M. (2015). *Pryrodno-silskohospodarske raionuvannia Ukrainy: monohrafiia [Natural and agricultural zoning of Ukraine: monograph]*. Kyiv: PC "Kompryt" [in Ukrainian].
- Shumyhai, I.V., Konishchuk, V.V., Yermishev, O.V. et al. (2023). *Ekolohichna otsinka osoblyvostei vmistu ta mihratsii mikroelementiv Cu, Mo, Zn u bioeokhimichnykh, trofichnykh lantsiuhakh: metodychni rekomendatsii [Ecological assessment of the features of the content and migration of trace elements Cu, Mo, Zn in biogeochemical, trophic chains: methodical recommendations]*. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
- Rudyshyn, S.D. (2023). *Bioeokhimiia z osnovamy ekolohii [Biogeochemistry with the basics of ecology]*. Dnipro: "Seredniak T.K." [in Ukrainian].
- Fedorova, H.V. (2015). *Bioeokhimiia: navchalnyy posibnyk [Biogeochemistry: a study guide]*. Odesa: TES [in Ukrainian].
- Yehorova, T.M. & Furdychko, O.I. (Ed.). (2018). *Ekolohichna heokhimiia ahrolandshaftiv Ukrainy: monohrafiia [Ecological geochemistry of agricultural lands of Ukraine: monograph]*. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
- Kovalskii, V.V. (1974). *Geokhimicheskaya ekologiia [Geochemical ecology]*. Moscow: Nauka [in Russian].
- Yehorova, T.M. (2017). Bioeokhimichni priorytety ahroekolohichnykh doslidzhen [Biogeochemical priorities of agroecological research]. *Ahroekolohichnyi zhurnal – Agroecological journal*, 1, 28–35 [in Ukrainian].
- Dudchenko, V.Yu. (2014). Teoretyko-metodychni osnovy medyko-ekolohichnoyi otsinky rehionalnykh landshaftnykh system [Theoretical and methodological foundations of medical and ecological assessment of regional landscape systems]. *Lyudyna ta dovkillya. Problemy neoekolohiyi – Man and environment. Problems of neoecology*, 1–2, 127–134 [in Ukrainian].
- Dokuchaev, V.V. (1949). *K izucheniyu zon prirody. Gorizontalnyye i vertikalnyye pochvennyye zony. Izbrannyye sochineniya [To the study of natural areas. Horizontal and vertical soil zones. Selected works]*. Vol. 3. P. 315–329. Moscow: Selkhozgiz [in Russian].
- Polynov, B.B. (1956). *Ucheniye o landshaftakh [The doctrine of landscapes]*. Moscow: PH of the AS of the USSR [in Russian].
- Sayet, Yu.E., Revich, B.A., Yanina, E.P. et al. (1990). *Geokhimiya okruzhayushchey sredy [Geochemistry of the environment]*. Moscow: Nedra [in Russian].
- Perelman, A.I. (1996). *Geokhimiya landshafta [Geochemistry of landscape]*. Moscow: Vissaya shkola [in Russian].
- Vlasyuk, P.A. (1992). *Biologicheskie mikroelementy v zhiznedeiatelnosti rastenii [Biological microelements in plant life]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
- Zhovinskii, E.Ya. & Kuraeva, I.V. (2002). *Geokhimiya tyazhelykh metallov v pochvakh Ukrainy [Geochemistry of heavy metals in soils of Ukraine]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
- Hutsuliak, V.M. (2002). *Landshaftna ekolohiia. Heokhimichnyi aspekt [Landscape ecology. Geochemical aspect]*. Chernivtsi: Ruta [in Ukrainian].
- Malysheva, L.L., Shyshchenko, P.H. & Potapenko, V.H. (1995). *Pryntsypy i metodyka heoekolohichnoho raionuvannia terytorii Ukrayiny [Principles and methods of geoecological zoning of the territories of Ukraine]*. *Visnyk Kyivskoho universytetu. Seriya: Heohrafiia – Bulletin of Kyiv University. Series: Geography*, 41, 3–13 [in Ukrainian].
- Buravlov, E.P. & Hetman, V.V. (2005). Zahalnodержавnyi monitorynh tekhnohennoi bezpeky [Nationwide monitoring of man-made safety]. *Ekolohiia i resursy – Ecology and resources*, 11, 48–58 [in Ukrainian].
- Yehorova, T.M. (2001). *Rehionalni ekoloho-heokhimichni provintsii Ukrainy [Regional ecological and geochemical provinces of Ukraine]*. *Heolohiia v XXI stolitti. Shliakhy rozvytku ta perspektyvy [Geology in the XXI century. Ways of development and prospects]*. (pp. 138–145). Kyiv: PLC "Znannia" [in Ukrainian].
- Pashchenko, V.M. (1999). *Metodolohiia postneklasychnoho landshaftoznavstva [Metodologiya postneklasycheskogo landshaftovedeniya]*. Kyiv [in Ukrainian].
- Shumyhai, I.V., Yermishev, O.V. & Manishevska, N.M. (2022). Bioeokhimichna spetsyfika u Lisostepovii zoni krainy [Biogeochemical specificity in the Forest-Steppe zone of the country]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced nature management*, 4, 82–90. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2022.275036> [in Ukrainian].

21. Yehorova, T.M. & Mokliachuk, L.I. (2014). Ekolooho-heokhimichni protsesy mihratsii molibdenu v ahro-landshaftakh Ukrainy [Ecological and geochemical processes of molybdenum migration in agricultural landscapes of Ukraine]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal*, 2, 17–25 [in Ukrainian].
22. Ermakov, V.V. (2017). A.P. Vinogradov's Concept of Biogeochemical Provinces and Its Development. *Geochemistry International*, 55 (10), 872–886 [in English].
23. Voitenko, L.V. (2019). *Khimiia z osnovamy bioheokhimii: navchalnyi posibnyk [Chemistry with the basics of biogeochemistry: tutorial]*. Kyiv: Naukova stolitsia [in Ukrainian].
24. Shumyhai, I.V., Konishchuk, V.V. & Dushko, P.M. (2022). Bioheokhimichni osoblyvosti vazhkykh metaliv ahroekosystem Lisostepu Ukrainy [Biogeochemical features of heavy metals in agro-ecosystems of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal*, 4, 105–114. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273256> [in Ukrainian].
25. Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N. et al. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7 (2), 60–72. DOI: <https://doi.org/10.2478/intox-2014-0009> [in English].
26. Yehorova, T.M. (2004). Ekolohichna otsinka heokhimichnykh landshaftiv u systemi ratsionalnoho pryrodokorystuvannia Ukrainy [Ecological assessment of geochemical landscapes in the system of rational nature use of Ukraine]. *Mineralni resursy Ukrainy – Mineral resources of Ukraine*, 2, 33–38 [in Ukrainian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Шумигай Інна Вікторівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: innashum27@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0432-2651>)

Коніщук Василь Васильович, доктор біологічних наук, професор, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: konishchuk_vasyl@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4115-5642>)

Мартиненко Василь Валентинович, аспірант Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: martinenko.vasil@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2526-6732>)

Душко Павло Миколайович, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: pdushko@hotmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1408-0342>)

Новини

Новини

Новини • Новини • Новини

Рівень води в річці Амазонка впав до найнижчого рівня за століття. У деяких районах Амазонки з липня по вересень випала найменша кількість опадів з 1980 року. Швидко висихаючі притоки могутньої Амазонки призвели до того, що човни опинилися на міліні, що позбавило віддалені села їжі та води, а висока температура води могла стати причиною загибелі понад 100 річкових дельфінів, що знаходяться під загрозою зникнення. За даними веб-сайту порту Манауса, найбільш густонаселеного міста регіону, на місці злиття річок Ріо-Негро і Амазонки в понеділок було зафіксовано 13,59 метра води в порівнянні з 17,60 метра рік тому. Це найнижчий рівень з моменту початку ведення записів у 1902 році, і перевищує попередній рекордний мінімум, встановлений в 2010 році.