

## КОМПЛЕКСНА ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНА ОЦІНКА ТА МОНІТОРИНГОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВІДКЛАДІВ ІРШАНСЬКОЇ ГРУПИ ТА СТРЕМИГОРОДСЬКОГО РОДОВИЩ ТИТАНУ

**М.В. Язвинська**

*Видавничий дім «Академперіодика» НАН України  
01601, вул. Терещенківська, 4, м. Київ, Україна  
E-mail: yazvynska@nas.gov.ua*

Для оцінки еколого-геохімічної ситуації, яка є індикатором стану навколишнього середовища, та визначення пріоритетів подальшого використання території розробки Іршинської групи та Стремигородського титанових родовищ виникла необхідність еколого-геохімічної оцінки об'єктів довкілля територій Іршинської групи та Стремигородського родовищ титану. Метою цього дослідження була еколого-геохімічна оцінка поверхневих відкладів територій Іршинської групи та Стремигородського родовищ титану Волинського блоку Українського щита. Для визначення вмісту хімічних елементів в об'єктах довкілля застосовано комплекс аналітичних методів: атомно-абсорбційний, емісійний спектральний, потенціометричний та мас-спектрометричний. Визначено статистичні характеристики вмісту титану та інших хімічних елементів (мінімальний, максимальний та середній), побудовано графіки їх розподілу за опорними профілями, встановлено геохімічні асоціації, розраховано показники еколого-геохімічного забруднення у різних функціональних зонах. Геохімічна характеристика поверхневих відкладів різних функціональних зон дала змогу побудувати асоційовані ранжовані ряди хімічних елементів. Установлено, що найбільшу небезпеку становить підвищений вміст  $Cu$ , який фіксується на всіх площах (окрім рекультивованих земель). За розрахованим значенням показника сумарного забруднення ( $Z_C$ ) поверхневі відклади всіх функціональних зон віднесені до допустимого рівня (15–16), за винятком «хвостів» збагачення, де рівень помірно небезпечний (16–17). Моніторингові дослідження (1970 р., 1990–2000 рр.) стану поверхневих відкладів різних ділянок розробки титанових родовищ (Іршанське, Верхньоіршинська група родовищ, Стремигородське родовище, «умовно чиста» ділянка) дали змогу надати геохімічну характеристику у вигляді асоційованого ранжованого ряду хімічних елементів (згідно  $K_C$ ) та розрахувати  $Z_C$ . Встановлено підвищений вміст  $Cu$ ,  $Ni$ ,  $Cr$ ,  $Va$ , але за значенням  $Z_C$  рівень забруднення є допустимим ( $<16$ ). За результатами моніторингових досліджень визначено, що за 30 років еколого-геохімічний стан поверхневих відкладів функціональних зон має незначні зміни і знаходиться в межах допустимого рівня.

*Ключові слова:* еколого-геохімічна оцінка, поверхневі відклади, Іршанська група родовищ титану, Стремигородське родовище титану, розробка титанових родовищ.

Вже досить давно, протягом останніх 50-ти років, широкому загалу відома проблема розробки родовищ відкритим способом у плані порушень ландшафтної цілісності – зсуву ґрунтів, занедбання сільськогосподарських угідь, вирубування лісів. Унаслідок цього виникла необхідність еколого-геохімічної оцінки об'єктів довкілля територій Іршинської групи та Стремигородського родовищ титану [8, 17], оскільки без оцінки еколого-геохімічної ситуації, яка є індикатором стану навколишнього середовища, неможливо визначити пріоритети подальшого використання території розробки титанових родовищ.

Стремигородське родовище титану є комплексним (розсипним та корінним), розробка родовища не ведеться. Тому територія не підлягала довготривалому техногенному впливу.

Розробка Іршанського родовища ільменіту відбувалася протягом майже 30 років, що призвело до формування техногенно зміненого рельєфу. Під кар'єри, хвостосховища збагачувальних фабрик, комплекс допоміжного та супутнього виробництва відчужено великі території сільськогосподарських угідь, вирубано лісові насадження. Внаслідок розробки родовища відкритим способом істотно змінилися ландшафтні умови території. Відбулися зміни рельєфу; порушення структури ґрунтових та ґрунтоутворювальних відкладів; зниження рівня водоносних горизонтів на територіях, що підлягають осушенню та ін. [20]. Після розробки родовища виконуються рекультиваційні роботи, при цьому оцінюється лише ландшафтна цілісність, без оцінки еколого-геохімічної ситуації, яка є індикатором стану навколишнього середовища.

**Метою** цього дослідження була еколого-геохімічна оцінка поверхневих відкладів територій

Іршанської групи та Стремигородського родовищ титану Волинського блоку Українського щита. Для її досягнення виконано такі завдання: визначення статистичних параметрів фонових, середніх та аномальних концентрацій титану та інших хімічних елементів у поверхневих відкладах; встановлення геохімічних асоціацій природного та техногенного походження в об'єктах довкілля; розрахування кількісних еколого-геохімічних показників ступеня забруднення об'єктів довкілля територій Іршанської групи та Стремигородського родовищ титану.

**Об'єктом** дослідження слугували поверхневі відклади територій Іршанської групи та Стремигородського родовищ титану, **предметом** – геохімічні особливості розподілу окремих хімічних елементів у них.

Для визначення вмісту хімічних елементів в об'єктах довкілля застосовано комплекс аналітичних методів: атомно-абсорбційний, емісійний спектральний, потенціометричний та мас-спектрометричний аналіз з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-MS) на приладі *ELEMENT-2* у Центрі колективного користування приладами Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (далі ІГМР НАН України).

У ході еколого-геохімічної оцінки поверхневих відкладів виконується порівняння вмісту забруднювальних елементів у досліджуваних ґрунтах з їх фоновим вмістом, з одного боку, та гранично допустимою концентрацією (ГДК), з іншого. Класи небезпеки хімічних елементів у ґрунтах такі: 1 – As, Cd, Hg, Pb, Zn, F, Se; 2 – B, Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr; 3 – Ba, V, W, Mn, Sr. Саме ці елементи і було включено у розрахунки (коефіцієнт концентрації відносно ГДК –  $K_n$ ) з метою оцінки еколого-гігієнічного стану ґрунтів [2, 3].

Для еколого-геохімічної оцінки стану ґрунтів використовують фоновий вміст, який дає можливість визначати зміни стану екосистеми з часом. Для розрахунку використано такі показники: коефіцієнт концентрації відносно фонового вмісту ( $K_C$ ), що характеризує інтенсивність аномалій; сумарний показник забруднення ( $Z_C$ ), що характеризує ефект впливу групи елементів, вміст яких перевищує фоновий у два рази і більше.

**Еколого-геохімічна оцінка поверхневих відкладів.** Поверхневі відклади досліджуваної території представлені дерново-підзолистими ґрунтами з різним складом суглинкового та супіщаного матеріалу та ступенем оглеєння [8]. Район підлягає техногенному навантаженню через наявність двох чинників – природного та техногенного [5, 15, 19].

Природний чинник – це наявність ільменітових родовищ, техногенний (природно-техногенний) пов'язаний з видобутком, транспортуванням та переробкою корисних копалин. На території триває не тільки розробка титанових родовищ, але й видобуток торфу, облицювального каміння, сільськогосподарська діяльність, розміщено велику кількість міських та сільських агломерацій.

Розробка родовищ та рекультивація земель спричиняють підвищене надходження елементів на поверхню ґрунту переважно у вигляді пилу. Цей пил, залишаючись у приповерхневому шарі ґрунтів і накопичуючись на поверхні рослин, формує поля аномального вмісту більшості мікроелементів [18, 19].

**Комплексна оцінка стану поверхневих відкладів Іршанської групи та Стремигородського родовищ титану.** Досліджено такі території: західна частина – Верхньоіршинське родовище, Валки-Гацківське і Лемненське (відпрацьовуються), східна частина – Іршанське родовище (відпрацьоване).

Природними функціональними зонами є хвойні та змішані ліси, заплавні відклади, а також сільськогосподарські угіддя, техногенними – кар'єри, зовнішні відвали, хвостосховище, ставки-відстійники та рекультивовані землі [16, 18, 19]. Найбільшими за розміром (десятки квадратних кілометрів) є техногенні форми рельєфу кар'єрного походження (рекультивовані землі, відвали), пов'язані переважно з видобутком ільменіту.

Сільськогосподарські угіддя – це зазвичай слабogleюваті варіанти дерново-підзолистих заболочених ґрунтів, часто використаних під рілля, продуктивність сільськогосподарських культур помітно знижена, ґрунти потребують агро меліоративних заходів.

У лісових угіддях на відкладах трапляються опідзолені ґрунти, які невеликими ділянками залягають серед звичайних дерново-підзолистих [1, 9, 10]. Під сірим гумусовим горизонтом залягає вуглисто-чорний гумусовий горизонт приблизно такої ж (25 см) потужності, під яким знаходиться середньоглибокий (приблизно 12 см) чітко виражений підзолистий горизонт білястого кольору. Через збіднення ґрунтоутворювальної породи і лісового опаду на зольні елементи у ґрунтах дуже слабким є процес гумусонакопичення і інтенсивним процес елювіювання, що призводить до різкої диференціації ґрунтового профілю.

Досліджено також заплавні відклади – це алювіальні ґрунти, що формуються в умовах регулярного відкладення на поверхні заплави шарів

свіжого річкового алювію різного гранулометричного складу. Торф'яно-болотні ґрунти, що формуються в заплавах річок, характеризуються різною мірою замулення торфу, нерідко в ньому простежуються прошарки суглинку, піску [9].

Рекультивовані землі – порушені ґрунти, на яких виконано роботи з відновлення їхньої природної та господарської цінності. З метою відновлення продуктивності висаджений сосновий молодняк [14].

«Хвости» збагачення – відходи збагачення, які містять пусту породу. Вони являють собою пульпу з тонкозмелених частинок, які складують у хвостосховищах [14]. Для цього в місцях пониження рельєфу будують дамбу і в ємність, утворену нею, зливають хвости по трубопроводах. Осушені

хвости можуть бути використані як будівельний матеріал.

Загальна площа досліджуваної ділянки 90 км<sup>2</sup>. Площі, зайняті лісами та сільськогосподарськими угіддями, на ділянці досліджень майже однакові – близько 30 км<sup>2</sup>. Характерною особливістю цієї території є вихід корінних порід (габро та гранітів) до поверхні. Родовища знаходяться у зоні мішаних лісів, проби лісового ґрунту відібрано на площі 23 км<sup>2</sup>, також опробувано занедбані сільськогосподарські угіддя загальною площею 12 км<sup>2</sup>, на заплавах та понижених територіях відібрані проби на площі 25 км<sup>2</sup>. Базові точки опробування знаходяться на відстані 500 м одна від одної. При опробуванні поверхневих відкладів поблизу кар'єрів чи «хвостів» збагачення крок відбору становив 25 м.

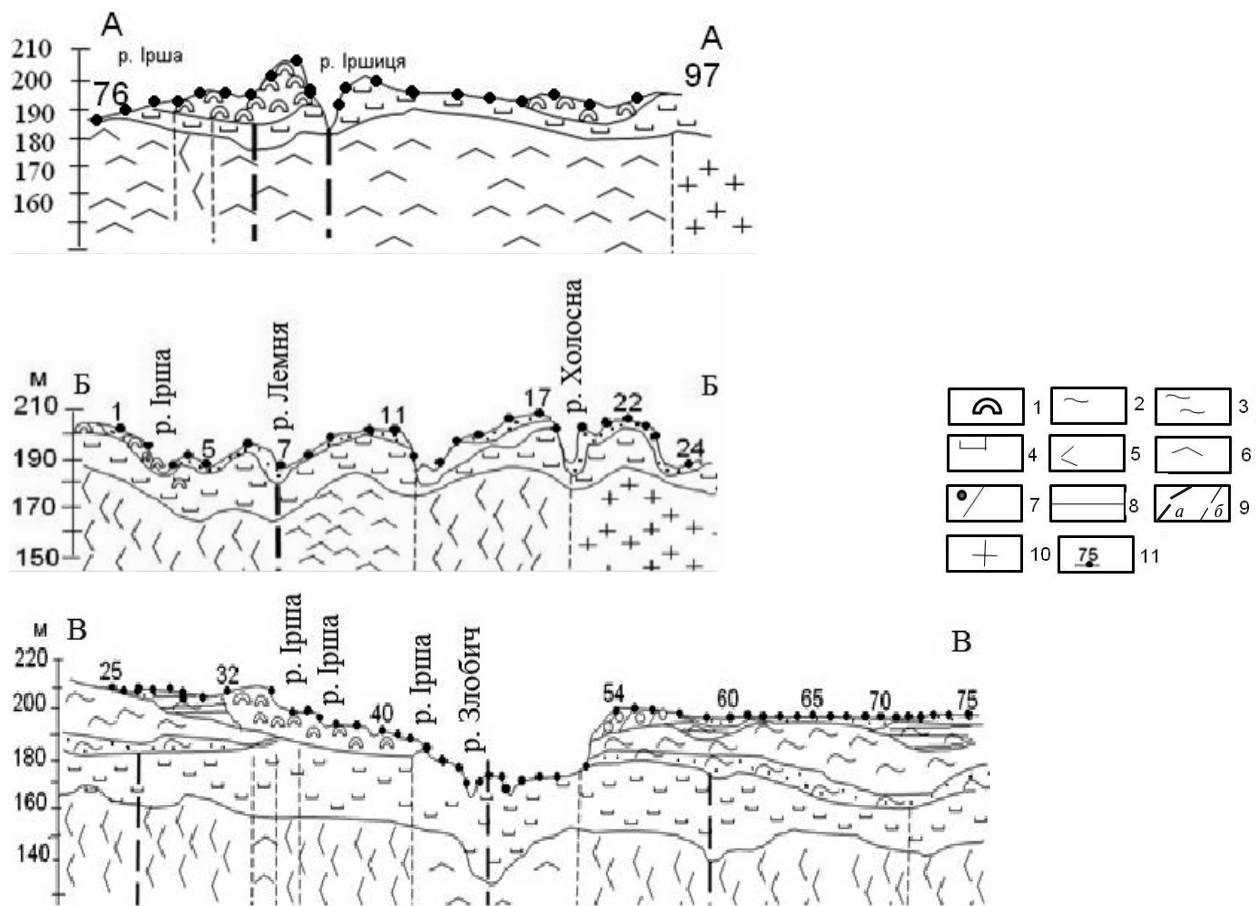


Рис. 1. Схема відбору проб поверхневих відкладів за профілями: 1 – техногенні ґрунти і хвостосховища Иршанського гірничо-збагачувального комбінату; 2 – моренні відклади; 3 – піски кварцові світло-сірі каоліністі; 4 – кора вивірювання; 5 – габро-анортозити; 6 – габро, габро-норити; 7 – глини строкатобарвисті, в підшві піскуваті; 8 – товща червоно-бурих глин; 9 – тектонічні порушення (а – встановлені; б – припущені); 10 – граніти рапаківіподібні рогово-обманково-біотитові; 11 – місця відбору геохімічних проб

Fig. 1. Sampling scheme of surface deposits according to profiles: 1 - technogenic soils and tailings of Irshansk ore mining and processing enterprise; 2 - moraine deposits; 3 - light gray kaolinite quartz sands kaolinite; 4 - weathering crust; 5 - gabbro-anorthosites; 6 - gabbro, gabbro-norites; 7 - variegated clays, sandy in the base; 8 - the thick of red-brown clays; 9 - tectonic disturbances (a - established; b - supposed); 10 - rapakivi-like hornblende-biotite granites; 11 - places of selection of geochemical samples

Детально досліджено ґрунти за трьома профілями загальною довжиною 92 км. Профіль А–А знаходиться також на рівнинній місцевості, яка характеризується чергуванням полів і лісів. Довжина профілю – 20 км, відібрано 21 пробу ґрунту кроком 500 м і 100 проб кроком 25 м у місцях відпрацьованих кар’єрів. Початок профілю – це рекультивовані землі від відпрацьованого Верхньоіршинського родовища площею 6 км<sup>2</sup>, далі по профілю наступна ділянка рекультивації – наслідок розробки Гацківської ділянки Верхньоіршинської групи родовищ площею 10 км<sup>2</sup>. У центральній частині досліджуваної ділянки опробувані відвали драги площею 5 км<sup>2</sup>.

Профіль Б–Б пройдено на рівнинній місцевості, яка межує з зоною відчуження залізниці в середній частині ділянки. Його довжина складає 54 км (проби 1–24): проба 2 – рекультивовані відвали драги; 3, 5, 12, 13 – ґрунт стариці р. Ірша; 19 – заплава р. Холосна; 24 – заплава р. Уж; 7 – заплава р. Лемня; проби 6, 11, 14–18, 20–23 – сільськогосподарські угіддя; 8 – лісові угіддя. У західному напрямку від профілю знаходиться ІГЗК.

Стремигородське родовище титану розташоване в північно-східній частині території дослідження і опробувано профілем В–В. На початку профіля у східній частині ділянки гірничо-промислові ландшафти представлені рекультивованими землями на місцях колишніх гірничих виробок, тому вивчено поверхневі відклади на території «хвостів» збагачення (відвалів) Іршанського родовища площею 1,5 км<sup>2</sup> та рекультивованих земель площею 8,5 км<sup>2</sup>. Профіль займає східну частину території досліджень, його довжина складає 72 км (проби 25–75): проба 33 – «хвости» збагачення; 34–45 – рекультивовані землі Іршанського ГЗК; 25–32, 46–48, 56–75 – лісові угіддя. Оскільки тільки одна проба (33) була відібрана у «хвостах» збагачення, було пройдено окремий профіль на цій ділянці кроком 25 м. Профіль перетинає заплави

р. Злобич, притоку р. Ірша. Рекультивовані землі збіднені на хімічні елементи порівняно з іншими функціональними зонами, заплавні відклади, навпаки, збагачені, що пояснюється хемосорбцією на глинистих частинках. У ґрунтах лісових угідь виявлено позитивний кореляційний зв’язок (> 0,8) між Ti, V, Zr, Nb.

Для аналізу стану ґрунтів, визначення елементів виносу й елементів накопичення побудовано геохімічні формули відносно кларкового вмісту у ґрунтах (табл. 1).

Наприклад, у «хвостах» збагачення концентруються Ti, Cu, Zn, а в інших функціональних зонах ці елементи «виносяться».

*Розподіл хімічних елементів за вертикальним профілем.* З метою виявлення розподілу елементів за ґрунтовим профілем було відібрано проби на різних ділянках території досліджень – Іршанському, Стремигородському родовищах та «умовно безрудній» ділянці.

ГДК Cu у піщаних ґрунтах – 33 мг/кг, у суглинистих – 55 мг/кг [2, 3]. Підвищений вміст Cu у верхньому гумусовому горизонті пояснюється тим, що рухомість елемента у кислих ґрунтах вища, ніж у нейтральних або лужних. Zn характеризується максимальною рухомістю у нейтральних ґрунтах. Оскільки рН ґрунтів складає 5–6,8, більшою рухомістю характеризується Cu. Характерною рисою розподілу Cu за ґрунтовим профілем є акумуляція у верхніх гумусових акумулятивних горизонтах як результат комплексної дії природних (біологічна акумуляція) і техногенних (привнесення в якості забруднювача) факторів. Для ґрунтів супіщаного гранулометричного складу характерним є підвищення вмісту Cu в напрямі до материнської породи, що зумовлено міцним її зв’язуванням у цих ґрунтах органічною речовиною. Тобто, визначальними факторами, що сприяють акумуляції міді в ґрунті, є вміст органічної речовини і гранулометричний склад [7].

Таблиця 1. Геохімічні формули (відносно кларку) елементів у ґрунтах для різних функціональних зон

Table 1. Geochemical formulas (relatively to the clark) of elements in soils for different functional zones

Ґрунти функціональних зон	Формула
«Хвости» збагачення (поверхневі відклади)	<u>Yb, Y, Nb Ti, Zr, Cu, Zn</u> Mn, Ni, Co, V, Cr, Pb, Sc, P
Рекультивовані землі	<u>Zr, P</u> Yb, Y, Mn, Ni, Co, Ti, V, Cr, Mo, Nb, Cu, Pb, Zn, Sc
Заплавні відклади, лісові і сільськогосподарські угіддя	<u>Mo, Zr, Cu, P</u> Mn, Ni, Co, Ti, V, Cr, Nb, Pb, Zn, Sc, Y, Yb

Примітка. У чисельнику – елементи, що концентруються, у знаменнику – що виносяться.

Notes. Above the line - concentrating elements, under the line - the outgoing elements.

Таблиця 2. Вміст хімічних елементів у поверхневих відкладах різних функціональних зон, мг/кг

Table 2. The content of chemical elements in the surface deposits of different functional zones, mg/kg

Клас небезпеки	Хімічний елемент	X3	P3	ЗВ	С/г	Ліс	ГДК
1	Zn	90 / 30	30 / 20	45 / 30	25 / 15	30 / 15	55
1	Pb	3 / 2	2 / 1	6 / 4	5 / 1	8 / 1	32
2	Cu	100 / 20	30 / 2	80 / 30	70 / 25	60 / 14	33
2	Ni	9 / 5	2 / 1,5	45 / 18	50 / 10	40 / 10	20
2	Co	5 / 3	3 / 2	8 / 4	7 / 4	8 / 4	20
2	Cr	10 / 7	5 / 2	20 / 15	20 / 7	30 / 7	100
2	Mo	1 / 0,8	0,9 / 0,8	2 / 1,5	2 / 1	2 / 0,7	10
3	V	100 / 30	10 / 5	20 / 17	10 / 8	10 / 8	150
3	Ba	100 / 50	60 / 40	150 / 100	200 / 50	200 / 60	200
3	Mn	250 / 200	200 / 150	425 / 350	400 / 380	300 / 180	1500
—	Ti	12000 / 1000	2000 / 1000	1250 / 800	1000 / 800	1000 / 600	—

*Примітка.* X3 – «хвости» збагачення, P3 – рекультивовані землі, ЗВ – заплавні відклади, С/г – сільськогосподарські угіддя, Ліс – лісові угіддя (переважно соснові), ГДК – гранично допустима концентрація елементу у ґрунтах. Ti не нормується за ГДК і не належить до елементів класу небезпеки. Значення вмісту: чисельник – максимальне, знаменник – медіанне.

*Notes.* X3 - tails of enrichment, P3 - reclaimed land, ЗВ - flood deposits, С/г - agricultural land, Ліс - forest lands (mostly pine), ГДК - maximum permissible concentration of an element in soils. Ti is not standardized for ГДК and does not belong to the elements of the hazard class). Content value: numerator - maximum, denominator - median.

Вміст Ti максимальний у габро-анортози-тах, у ґрунтах зменшується у 10 і більше разів.

Території, які зазнали впливу техногенезу, характеризуються особливим типом розподілу важких металів (ВМ), який полягає у накопиченні мікроелементів у верхньому шарі ґрунту і різкому зниженні їх вмісту в ґрунтоутворювальних породах. Тут працює механізм накопичення хімічних елементів на геохімічних бар'єрах. Накопичення токсичних хімічних елементів може мати згубні наслідки для навколишнього середовища і людини [6].

*Кількісні критерії визначення стану території.* Цей підхід базується на прямій кількісній оцінці еколого-геохімічного стану ґрунтів та на концепції ГДК, фоновому вмісту окремих забрудників (токсикантів) та їх суми. За результатами попередніх досліджень визначено максимально аномальний та середній (медіанний) вміст хімічних елементів у ґрунтах досліджуваних функціональних зон [12] (табл. 2). Визначено, що максимальний вміст Cu, Zn – у «хвостах» збагачення вищий за ГДК, але для інших функціональних зон перевищення характерне лише для Cu (заплавні відклади, сільськогосподарські та лісові угіддя). Вміст Pb не вищий за фоновий (рис. 2).

Для розподілу Ti у ґрунтах різних функціональних зон можна побудувати такий ряд у порядку зменшення вмісту: «хвости» збагачення –

рекультивовані землі – заплавні відклади – сільськогосподарські угіддя.

Інший критерій, що визначає ступінь еколого-геохімічного стану ґрунтів – коефіцієнт концентрації ( $K_C$ ), тобто відношення вмісту елементу на досліджуваній ділянці до його фоновому вмісту. Геохімічна характеристика поверхневих відкладів різних функціональних зон дала змогу побудувати асоційовані ранжовані ряди хімічних елементів (за максимальним вмістом) за  $K_C$  (табл. 3). За умови поліелементного забруднення оцінка ступеня небезпеки забруднення ґрунту можлива за найбільш токсичними елементами з максимальним їх вмістом у ґрунті [13]. Визначено, що в зоні розробки родовища основним елементом-забруднювачем є Cu. Рекультивовані землі є найбільш «чистими» щодо забруднення хімічними елементами.

Сьогодні найбільш застосовним еколого-геохімічним критерієм визначення комплексного забруднення хімічними елементами є сумарний показник забруднення ( $Z_C$ ). Його значення для поверхневих відкладів різних функціональних зон представлено у табл. 4.

Встановлено, що цей показник для більшості функціональних зон знаходиться в межах 15–16, тобто це допустиме забруднення, і лише «хвости» збагачення характеризуються показником 16–17 (межа помірно небезпечного забруднення).

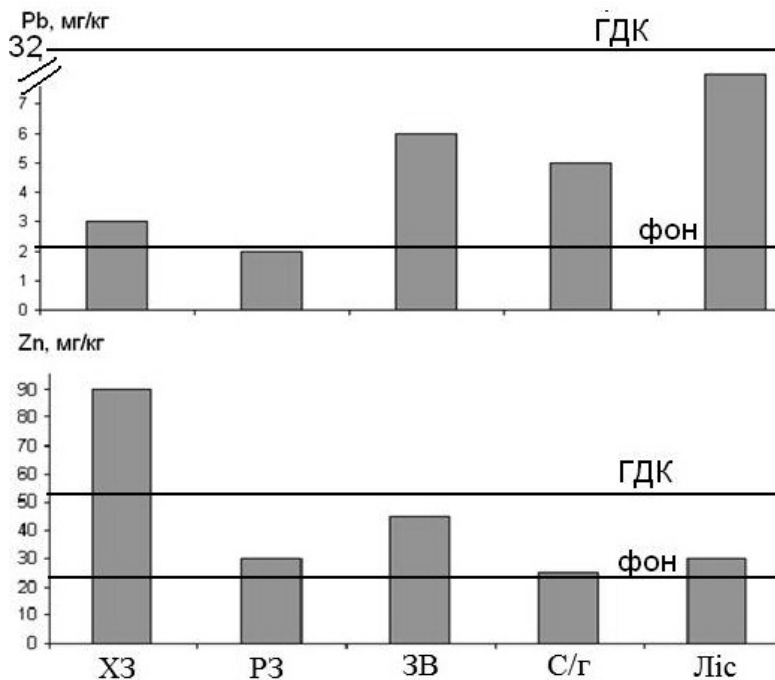


Рис. 2. Діаграми вмісту Pb та Zn у ґрунтах різних функціональних зон Іршанської групи родовищ

Fig. 2. Pb and Zn content diagrams in soils of different functional zones of the Irshansk group of deposits

Моніторингові дослідження стану поверхневих відкладів. Особливу увагу було приділено рекультивованим землям. Якість рекультивованих земель залежить від якості показників їхніх складових елементів [19]. Якщо рекультивовані землі задовольняють всім вимогам нормативно-технічної документації, то вони вважаються придатними для експлуатації та можуть бути передані для освоєння землекористувачам. Кожна окрема невідповідність рекультивованих земель вимогам вважається дефектом. Дефекти можна поділити на явні і приховані, переборні і непереборні, мало-значні, значні і критичні. Після завершення робіт в межах кар'єру виконують нівелювання відвалів і покриття площі родючим шаром ґрунту. Рекуль-

тивація – високовартісний захід: шар гумусового горизонту потужністю 20 см, який треба перемістити, важить близько 3000 т/га [11]. Проте цей шлях економічно виправданий, тому що витрати окуповуються вартістю сільськогосподарської продукції протягом 5–6 років і рекультивовані землі дають врожаї, які не поступаються врожаю культур на сусідніх непорушених угіддях.

Вищезазначена територія знаходиться в межах техногенного навантаження внаслідок розробки кар'єрів. Для визначення ступеня забруднення ґрунтів було обрано Гацківський, Верхньоіршинський, Лемненський кар'єри (Верхньоіршинська група родовищ, 1990–2000-ті рр. розробки) та територія Стремигородського родовища.

Для поверхневих відкладів у межах впливу кар'єрів родовищ, що розробляються, Стремиго-

Таблиця 3. Геохімічні ряди за концентрацією (відносно фонового) хімічних елементів в поверхневих відкладах різних функціональних зон [12]

Table 3. Geochemical series by the concentration (relatively to background) of chemical elements in the surface deposits of various functional zones [12]

Функціональна зона	Геохімічні ряди
Хвости збагачення	$Ti_{20} - Cu_8 - V_5 - Zn_4 - Ba_2$
Рекультивовані землі	$Ti_3 - Cu_2$
Заплавні відклади	$Cu_7 - Ni_5 - (Ba, Pb)_3$
Сільськогоспод. угіддя	$Cu_6 - Ni_5 - Ba_4 - (Pb, Mo)_2$
Лісові масиви	$Cu_5 - (Ba, Ni, Pb)_4 - Mo_2$

Примітка. Цифра внизу – коефіцієнт концентрації.

Notes. The figure below is the concentration factor.

Таблиця 4. Сумарний показник забруднення  $Z_C$  поверхневих відкладів різних функціональних зон

Table 4. Total indicator of contamination  $Z_C$  of surface sediments of different functional zones

Назва площі	$Z_C$			
	< 2	2–5	5–10	10–15
«Хвости» збагачення				+
Рекультивовані землі	+			
Пойменні відклади			+	
Ліс			+	
Сільськогоспод. угіддя				+

родського та «умовно чистої» ділянки було розраховано статистичні показники вмісту хімічних елементів та коефіцієнти –  $K_C$ ,  $K_K$ ,  $K_H$ ,  $Z_C$  (табл. 5).

Ті у складі титанвмісних мінералів присутній у ґрунті практично в незмінному вигляді [7]. Під час хімічного вивітрювання мінералів Ті у виг-

Таблиця 5. Еколого-гігієнічно-геохімічні показники поверхневих відкладів рекультивованих земель Верхньоіршинської групи, Стремигородського родовища (1990–2000-ті рр. розробки) та «умовно безрудної» ділянки

Table 5. Ecological-hygienic and geochemical indicators of surface sediments of the reclaimed lands of the Verkhnyarshinka group, Stremygorodske deposits (1990–2000<sup>th</sup> years of development) and «conditionally impure» sites

Клас небезпеки	Хімічний елемент	Min, мг/кг	Max, мг/кг	Med, мг/кг	$K_C$	$K_K$	$K_H$	$Z_C$
<b>Рекультивовані землі Верхньоіршинської групи родовищ</b>								
<b>Гацківське родовище</b>								
1	Pb	2,00	5,00	4,00	0,29	0,24	0,13	9,66
1	Zn	30,00	60,00	40,00	1,74	1,03	0,73	
2	Ni	20,00	50,00	30,00	3,33	0,43	1,50	
2	Co	2,00	6,00	5,00	0,42	0,26	0,25	
2	Cr	10,00	60,00	20,00	1,11	0,22	0,20	
2	Mo	2,00	5,00	3,00	3,00	2,00	0,30	
2	Cu	30,00	60,00	40,00	3,33	0,73	1,21	
3	Mn	300,00	500,00	400,00	1,00	0,57	0,27	
3	V	20,00	50,00	40,00	2,00	0,27	0,27	
3	Ba	90,00	200,00	100,00	2,00	0,18	0,50	
–	Ti	2000,00	5000,00	3000,00	5,00	–	–	
<b>Лемненське родовище</b>								
1	Pb	2,00	6,00	3,00	0,21	0,82	0,09	14,66
1	Zn	25,00	50,00	30,00	1,30	0,59	0,55	
2	Ni	20,00	80,00	30,00	3,33	0,13	1,50	
2	Co	4,00	50,00	8,00	0,67	0,63	0,40	
2	Cr	10,00	100,00	15,00	0,83	0,20	0,15	
2	Mo	1,00	6,00	2,00	2,00	0,67	0,20	
2	Cu	12,00	100,00	50,00	8,33	0,22	3,03	
3	Mn	100,00	400,00	300,00	0,75	0,57	0,20	
3	V	3,00	40,00	10,00	0,50	0,13	0,07	
3	Ba	40,00	300,00	200,00	4,00	0,09	1,00	
–	Ti	800,00	2000,00	1000,00	1,67	–	–	
<b>Верхньоіршинське родовище</b>								
1	Pb	2,00	8,00	4,00	0,29	0,24	0,13	6,66
1	Zn	20,00	60,00	30,00	1,30	0,77	0,55	
2	Ni	25,00	50,00	30,00	3,33	0,43	1,50	
2	Co	8,00	5,00	6,00	0,50	0,32	0,30	
2	Cr	10,00	100,00	30,00	1,67	0,33	0,30	
2	Mo	0,60	2,00	1,00	1,00	0,67	0,10	
2	Cu	3,00	100,00	40,00	3,33	0,73	1,21	
3	Mn	200,00	600,00	300,00	0,75	0,43	0,20	
3	V	20,00	40,00	30,00	1,50	0,20	0,20	
3	Ba	40,00	200,00	100,00	2,00	0,18	0,50	
–	Ti	2000,00	5000,00	3000,00	5,00	–	–	

Клас небезпеки	Хімічний елемент	Min, мг/кг	Max, мг/кг	Med, мг/кг	$K_C$	$K_K$	$K_H$	$Z_C$
<b>Іршанське родовище</b>								
1	Zn	10,00	100,00	35,00	1,52	0,90	0,64	–
1	Pb	1,00	3,00	2,00	0,14	0,12	0,06	
2	Ni	0,90	20,00	1,50	0,17	0,02	0,08	
2	Co	0,10	10,00	0,10	0,01	0,01	0,01	
2	Cr	1,00	200,00	4,50	0,25	0,05	0,05	
2	Mo	0,10	5,00	0,80	0,80	0,53	0,08	
2	Cu	1,00	100,00	5,00	0,42	0,09	0,15	
3	Mn	50,00	1000,00	175,00	0,44	0,25	0,12	
3	V	5,00	150,00	12,50	0,63	0,08	0,08	
3	Ba	10,00	150,00	55,00	1,10	0,10	0,28	
–	Ti	1200,00	10000,00	2000,00	3,33	–	–	
<b>Стремигородське родовище</b>								
1	Pb	1,00	40,00	4,50	0,32	0,26	0,14	8,47
1	Zn	8,00	70,00	25,00	1,09	0,64	0,45	
2	Ni	2,00	50,00	12,00	3,89	0,50	1,75	
2	Co	2,00	10,00	7,00	0,58	0,37	0,35	
2	Cr	8,00	200,00	30,00	1,67	0,33	0,30	
2	Mo	0,10	3,00	1,00	1,00	0,67	0,10	
2	Cu	2,00	130,00	17,00	4,58	1,00	1,67	
3	Mn	50,00	1000,00	300,00	0,75	0,43	0,20	
3	V	2,00	100,00	35,00	0,75	0,10	0,10	
3	Ba	30,00	300,00	100,00	2,00	0,18	0,50	
–	Ti	500,00	2000,00	1000,00	1,67			
<b>«Умовно безрудна» ділянка</b>								
<b>Ліс</b>								
1	Pb	1,00	6,00	2,00	0,14	0,12	0,06	9,00
1	Zn	15,00	50,00	30,00	1,30	0,77	0,55	
2	Ni	3,00	40,00	20,00	2,22	0,29	1,00	
2	Co	1,00	30,00	7,00	0,58	0,37	0,35	
2	Cr	5,00	150,00	50,00	2,78	0,56	0,50	
2	Mo	0,10	15,00	1,00	1,00	0,67	0,10	
2	Cu	5,00	60,00	19,00	5,00	1,09	1,82	
3	Mn	200,00	600,00	300,00	0,75	0,43	0,20	
3	V	10,00	30,00	15,00	0,75	0,10	0,10	
3	Ba	50,00	200,00	70,00	2,00	0,18	0,50	
–	Ti	600,00	1500,00	1000,00	1,67			
<b>Сільськогосподарські угіддя</b>								
1	Pb	1,00	6,00	2,50	0,18	0,15	0,08	7,58
1	Zn	20,00	90,00	40,00	1,74	1,03	0,73	
2	Ni	1,00	40,00	12,00	2,50	0,32	1,13	
2	Co	1,00	6,00	2,50	0,21	0,13	0,13	
2	Cr	10,00	100,00	45,00	2,50	0,50	0,45	



Клас небезпеки	Хімічний елемент	Min, мг/кг	Max, мг/кг	Med, мг/кг	$K_C$	$K_K$	$K_H$	$Z_C$
2	Mo	0,10	5,00	1,00	1,00	0,67	0,10	7,58
2	Cu	5,00	80,00	30,00	4,58	1,00	1,67	
3	Mn	100,00	800,00	300,00	0,75	0,43	0,20	
3	V	10,00	50,00	15,00	0,75	0,10	0,10	
3	Ba	20,00	150,00	60,00	1,20	0,11	0,30	
—	Ti	800,00	2500,00	1250,00	2,08			
Заплавні відклади								
1	Pb	1,00	10,00	4,50	0,32	0,26	0,14	9,67
1	Zn	25,00	80,00	30,00	1,30	0,77	0,55	
2	Ni	12,00	50,00	18,00	3,89	0,50	1,75	
2	Co	6,00	10,00	8,00	0,67	0,42	0,40	
2	Cr	20,00	100,00	50,00	2,78	0,56	0,50	
2	Mo	1,00	5,00	1,50	1,00	0,67	0,10	
2	Cu	17,00	100,00	22,00	5,00	1,09	1,82	
3	Mn	100,00	1000,00	350,00	0,88	0,50	0,23	
3	V	2,00	20,00	12,50	0,63	0,08	0,08	
3	Ba	20,00	300,00	75,00	1,50	0,14	0,38	
—	Ti	800,00	1100,00	1000,00	1,67			

ляді двоокису вивільнюється в колоїдній формі. У результаті осадової диференціації кристалічні зерна стійких титанвмісних мінералів концентруються в пісках, а колоїдний двоокис титану – в глинистому матеріалі.

Cu в ґрунтах є відносно малорухливим елементом, сумарний вміст в ґрунтових профілях варіює незначно [7, 8]. Найбільшого поширення набувають прості і складні сульфіди (первинні мінерали). Вони досить легко розчиняються при вивітрюванні і вивільняють іони Cu. Крім того, катіони Cu мають різноманітні властивості і схильні до хімічної взаємодії з органічними і мінеральними речовинами. Вони легко осідають із різними аніонами: сульфідом, карбонатом, гідроксидом. Типовою рисою розподілу Cu в ґрунтовому профілі є її акумуляція у верхніх шарах, що відображається у її біоаккумуляції і обумовлюється впливом антропогенних чинників. Ключова форма знаходження міді в ґрунті – комплекси з органічними сполуками. Гумінові речовини утворюють з міддю розчинні і нерозчинні сполуки.

*Гацьківський кар'єр.* Площа рекультивованих земель – 600 × 600 м (0,36 км<sup>2</sup>), відібрано проби поверхневих відкладів за профілем (проби 1–20). Проби 1–4 – лісові; 5–6, 15–20 – сільськогосподарські угіддя; 7–14 – рекультивовані землі. Проби

відібрано кроком у 25 м. На території рекультивованих земель фіксується аномалія Cu (40–60 мг/кг) 20 × 200 м (0,004 км<sup>2</sup>, тобто, менше 1 % площі) у східній частині, на границі з сільськогосподарськими угіддями.

*Лемненський кар'єр.* Площа рекультивованих земель Лемненської ділянки 1400 × 1000 м вздовж яких пройдено профіль та відібрано проби на 23 точках. Аномальний вміст Cu фіксується на двох ділянках: північно-східній – 30–40 мг/кг (площа 100 × 200 м) та південно-західній – 45 мг/кг (площа 70 × 50 м). Тобто перше аномальне поле складає 1,6 % від площі, а друге – 0,3 %.

*Верхньоіршинський кар'єр.* Площа рекультивованих земель Верхньоіршинського родовища – 1400 × 500 м, відібрано 17 проб: 1–8 – лісові угіддя; 9–12 – рекультивовані землі; 13–17 – сільськогосподарські угіддя. Ділянки з аномальним вмістом Cu (40–60 мг/кг) знаходяться на границі з сільськогосподарськими угіддями та складають 2 % площі.

У рекультивованих землях вміст Cu найнижчий, а у поверхневих відкладах лісових та сільськогосподарських угідь перевищує фоновий у два і більше разів. Розподіл Ti інакший: у рекультивованих землях його вміст вищий за фоновий у п'ять разів, а у поверхневих відкладах лісових та сільськогосподарських угідь – на межі фонового.

Таблиця 6. Еколого-геохімічні показники стану поверхневих відкладів різних ділянок розробки титанових родовищ

Table 6. Ecological-geochemical indicators of the state of surface deposits of different areas of development of titanium deposits

Назва родовища	Функціональні зони	Геохімічні ряди	Z <sub>C</sub>
1970-ті роки розробки			
Іршанське	РЗ	Ti <sub>3</sub>	–
	Ліс	(Ba, Cu) <sub>3</sub>	6,9
	ЗВ	Cu <sub>6</sub> – (Ba, Cr) <sub>3</sub> – (Zn, Ti) <sub>2</sub>	12,0
	С/Г	Ba <sub>6</sub> – Cu <sub>3</sub>	9,0
1990–2000-ті роки розробки (Верхньоіршинська група родовищ)			
Лемненське	РЗ	Cu <sub>8</sub> – Ba <sub>4</sub> – Ni <sub>3</sub> – Mo <sub>2</sub>	14,7
Верхньоіршинське	РЗ	(Cu, Ni) <sub>3</sub> – Ba <sub>2</sub>	6,7
Гацківське	РЗ	Ti <sub>5</sub> – (Cu, Mo, Ni) <sub>3</sub> – (Ba, V) <sub>2</sub>	9,7
–	Ліс	(Cu, Ni, Ba) <sub>3</sub>	6,6
–	С/Г	Cu <sub>7</sub> – Ni <sub>6</sub> – Ba <sub>4</sub>	15,2
2000 рр. (Стремигородське родовище)			
Стремигородське	Ліс	Cu <sub>5</sub> – Ni <sub>4</sub> – Ba <sub>2</sub>	8,5
«Умовно чиста» ділянка			
«Умовно безрудна» ділянка	Ліс	Cu <sub>5</sub> – Cr <sub>3</sub> – (Ba, Ni) <sub>2</sub>	9,0
	С/Г	Cu <sub>5</sub> – (Cr, Ni) <sub>3</sub>	7,6
	ЗВ	Cu <sub>5</sub> – Ni <sub>4</sub> – Cr <sub>3</sub>	9,7

Примітка. Назва функціональних зон відповідно до табл. 1, «←» – функціональні зони Верхньоіршинської групи родовищ.

Notes. The name of the functional zones according to Table 1, «←» are the functional zones of the Verhnoirshynska group of deposits.

*Стремигородське родовище.* На сьогодні родовище не розробляється, однак реалізація проекту видобутку родовища передбачає створення ГЗК з відповідною інфраструктурою. Буде зведений безпосередньо сам ГЗК, кар'єр, хвостосховище, два відвали порожніх порід, залізнична станція, пожежне депо, ремонтно-складське господарство, адміністративно-побутові об'єкти, об'єкти водопостачання, водовідведення, електропостачання та інші інженерні мережі [4]. Площа земельної ділянки майбутньої території розробки становить 2300 га. Розробка родовища спричинить порушення водоносних горизонтів, що викличе утворення депресивної воронки зі зникненням води у колодязях. На даний час земля обробляється аграрними підприємствами – культивується льон та соняшник, а лісові угіддя представлені широколистяними лісами.

Відібрано 30 проб поверхневих відкладів з території лісових угідь поблизу с. Дуброва. Результати аналітичних досліджень представлено у табл. 5. Перевищення фонових значень у два і більше разів зафіксовано для Ni та Cu.

Аналогічні дослідження виконано на «умовно безрудній» ділянці (на якій немає родовища та

не проводиться розробка), що пролягає вздовж залізниці сполученням Нова Борова – Коростень. Ця ділянка зазнає незначного техногенного впливу.

У поверхневих відкладах всіх функціональних зон «умовно безрудної» ділянки вміст Ni, Cr, Cu перевищує фоновий вміст у 2–3 рази, Z<sub>C</sub> поверхневих відкладів відноситься до допустимого рівня, вміст інших елементів – в межах фонового.

*Іршанське родовище.* Розробка та дослідження геохімічних параметрів території родовища відбувалися у 1970-ті роки, тому нині була змога проаналізувати зміну стану ґрунтів після рекультивациі території через 40 років. Родовища розроблялися вздовж р. Ірша дражним методом, відбір проб проводили на рекультивованих землях після розробки, відібрано біля 30 проб. Крім того, відібрано проби у «хвостах» збагачення ільменіту ІГЗК.

Відібрано 24 проби через 1 км та узагальнено інформацію щодо геохімічного складу поверхневих відкладів лісових та сільськогосподарських угідь, заплавлених відкладів (ріки Ірша, Лемня та Холосна).

Еколого-геохімічні та еколого-гігієнічні показники поверхневих відкладів Іршанського родовища наведено у табл. 5.

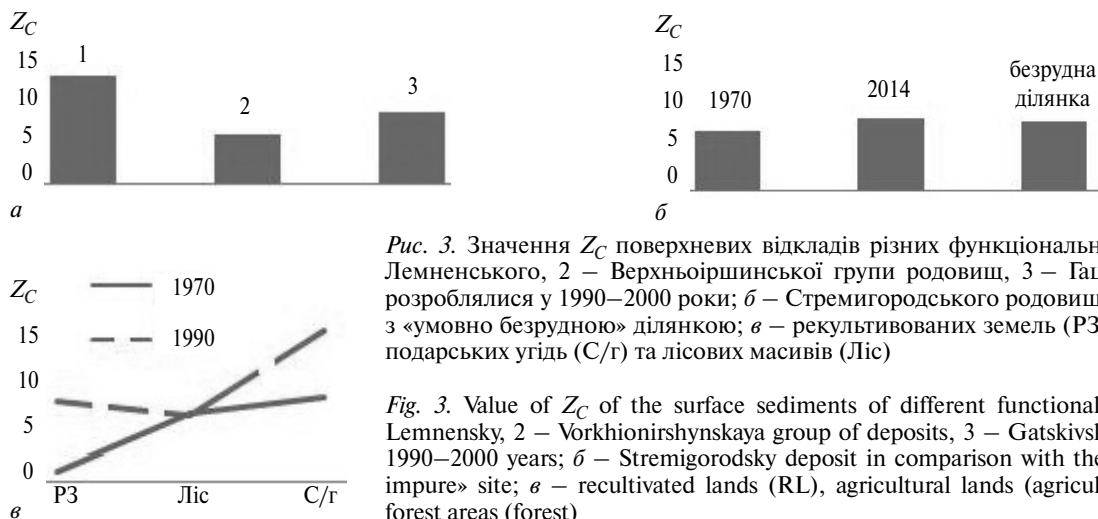


Рис. 3. Значення  $Z_C$  поверхневих відкладів різних функціональних зон: а: 1 – Лемненського, 2 – Верхньоіршинської групи родовищ, 3 – Гацківського, що розроблялися у 1990–2000 роки; б – Стремигородського родовища у порівнянні з «умовно безрудною» ділянкою; в – рекультивованих земель (РЗ), сільськогосподарських угідь (С/Г) та лісових масивів (Ліс)

Fig. 3. Value of  $Z_C$  of the surface sediments of different functional zones: a: 1 – Lemnensky, 2 – Vorkhionirshynskaya group of deposits, 3 – Gatskivsky, developed in 1990–2000 years; б – Stremigorodsky deposit in comparison with the «conditionally impure» site; в – recultivated lands (RL), agricultural lands (agricultural land) and forest areas (forest)

Моніторингові дослідження (1970 р., 1990–2000 рр.) стану поверхневих відкладів різних ділянок розробки титанових родовищ (Іршанське, Верхньоіршинська група родовищ, Стремигородське родовище, «умовно чиста» ділянка) стали основою геохімічної характеристики змін параметрів території. У табл. 6 наведено асоційовані ранжовані ряди небезпечних хімічних елементів (за  $K_C$ ) та показник  $Z_C$ .

Відповідно до значень  $K_C$  рекультивовані землі Іршанського родовища не забруднені елементами І–ІІІ класу небезпеки. Рекультивовані землі Лемненського родовища мають найбільший вміст  $Cu$  ( $K_C$  8), а Верхньоіршинського і Гацківського  $K_C$   $Cu$  становить 3. «Умовно безрудна» ділянка та ділянка Стремигородського родовища  $K_C$   $Cu$  мають 5.  $K_C$   $Cu$  у ґрунтах «умовно безрудної» ділянки і Стремигородського родовища однаковий, що означає відсутність впливу наявності родовища на розподіл елементу у ґрунтах. Ґрунти Верхньоіршанського і Гацківського родовищ мають підвищену піщану складову у ґрунтах (дерново-слабопідзолисті супіщані), це й визначає кількість елементу у верхньому шарі ґрунту (0–10 см). Встановлено, що основними елементами-забруднювачами є  $Va$ ,  $Cu$ ,  $Ni$  та  $Mo$ .

Побудовано графіки розподілу  $Z_C$  за впливом розробки кар'єрів 1970-х та 1990-х років на ґрунти різних функціональних зон. За  $Z_C$  стан ґрунтів лісової зони не змінився, а щодо рекультивованих земель та сільськогосподарських угідь – показники збільшилися (рис. 3).

Відповідно до  $Z_C$  рекультивованих земель Лемненського, Верхньоіршинського та Гацківського родовищ, що розроблялися у 1990–2000 рр.,

на сьогоднішній день найбільш безпечний стан Верхньоіршинського родовища.

Як бачимо, за  $Z_C$  стан ґрунтів безпечний, порівняно з 1970-ми рр. забруднення не збільшилося, і ґрунти мають допустиме забруднення. На території Стремигородського родовища  $Z_C$  не перевищує 10. Моніторингові дослідження дозволили визначити, що за 30 років еколого-геохімічний стан поверхневих відкладів функціональних зон у межах впливу титанових родовищ має незначні зміни і знаходиться в межах допустимого рівня.

**Висновки.** У роботі основну увагу приділено розподілу хімічних елементів у поверхневих відкладах Іршанської групи та Стремигородського родовищ. На сьогодні Стремигородське родовище не розробляється, на даний час землю обробляють аграрні підприємства, культивуючи льон та соняшник. Однак реалізація проекту видобутку родовища передбачає створення ГЗК з відповідною інфраструктурою. Буде зведений безпосередньо сам ГЗК, кар'єр, хвостосховище, два відвали порожніх порід, залізнична станція, пожежне депо, ремонтно-складське господарство, адміністративно-побутові об'єкти, об'єкти водопостачання, водовідведення, електропостачання та інші інженерні мережі. Передбачено переселення прилеглих населених пунктів. Розробка родовища спричинить порушення водоносних горизонтів, що викличе утворення депресивної воронки зі зникненням води у колодязях.

Для визначення ступеня майбутнього впливу розробки на територію Стремигородського родовища титану виконано геохімічне опробування лісових та занедбаних сільськогосподарських угідь, територій рекультивації, заплавлених і понижених діля-

нок та «хвостів» збагачення за опорними профілями загальною довжиною 90 км. Автором визначено статистичні характеристики вмісту титану та інших хімічних елементів (мінімальний, максимальний та середній), побудовано графіки їх розподілу за опорними профілями, встановлено геохімічні асоціації, розраховано показники еколого-геохімічного забруднення у різних функціональних зонах.

Геохімічна характеристика поверхневих відкладів різних функціональних зон дала змогу побудувати асоційовані ранжовані ряди хімічних елементів.

Установлено, що найбільшу небезпеку становить підвищений вміст Cu, який фіксується на всіх площах (окрім рекультивованих земель). За розрахованим значенням сумарного забруднення ( $Z_C$ ) поверхневі відклади всіх функціональних зон віднесені до допустимого рівня (15–16), за винятком «хвостів» збагачення, де рівень помірно небезпечний (16–17).

Моніторингові дослідження (1970 р., 1990–2000 рр.) стану поверхневих відкладів різних ділянок розробки титанових родовищ (Іршанське, Верхньоіршинська група родовищ, Стремигород-

ське родовище, «умовно чиста» ділянка) дали змогу надати геохімічну характеристику у вигляді асоційованого ранжованого ряду хімічних елементів (згідно з  $K_C$ ) та розрахувати  $Z_C$ . Встановлено підвищений вміст Cu, Ni, Cr, Ba, але за значенням  $Z_C$  рівень забруднення є допустимим (<16). За результатами моніторингових досліджень визначено, що за 30 років еколого-геохімічний стан поверхневих відкладів функціональних зон має незначні зміни і знаходиться в межах допустимого рівня.

Отже, за результатами моніторингових досліджень (1970, 1990–2000 рр.) стану поверхневих відкладів розробки титанових родовищ (Іршанське, Верхньоіршинська група родовищ), Стремигородського родовища та «умовно чистої» ділянки визначено, що за 30 років еколого-геохімічний стан поверхневих відкладів функціональних зон має незначні зміни. У поверхневих відкладах встановлено підвищений вміст Cu, Ni, Cr, Ba.

*Автор щиро вдячний за допомогу та цінні наукові поради науковому керівнику доктору геологічних наук Н.О. Крюченко та члену-кореспонденту НАН України Е.Я. Жовинському.*

#### Література

1. Веклич М.Ф. Палеоэтапность и стратотипы почвенных формаций верхнего кайнозоя / М.Ф. Веклич. Киев: Наук. думка, 1982. 208 с.
2. Временные методические рекомендации по проведению геолого-экологических исследований при геолого-разведочных работах (для условий Украины) / Д.Ф. Володин, В.А. Яковлев, В.И. Почтаренко [и др.]. Киев: ГПП Геопрогноз, 1990. 60 с.
3. Вступ до медичної геології. Т. 2 / за ред. Г.І. Рудька, О.М. Адаменка. Киев: Академпрес, 2010. 447 с.
4. Галецкий Л.С., Черных А.Д., Ремезова Е.А. Рациональный способ отработки уникального Стремигородского апатит-ильменитового месторождения в Житомирской области Украины. *Ti–2013 в СНГ*: Сб. тр. Междунар. конф. (Донецк, 26–29 мая 2013 г.). Киев, 2013. С. 77–82.
5. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. 328 с.
6. Еколого-геохімічні дослідження об'єктів довкілля України / за ред. Е.Я. Жовинського, І.В. Кураєвої. Київ: Альфа-реклама, 2012. 156 с.
7. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: в 6-ти кн. Кн. 4. М.: Экология, 1996. 407 с.
8. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 385 с.
9. Карта ґрунтів Української РСР. Масштаб 1 : 200000 / за ред. М.К. Крупського, 1968.
10. Клос В.Р., Бірке М., Жовинський Е.Я., Акінф'єв Г.О., Амашукелі Ю.А. Регіональні геохімічні дослідження ґрунтів України в рамках міжнародного проекту з геохімічного картування сільськогосподарських та пасовищних земель Європи (GEMAS). *Пошукова та екологічна геохімія*. 2012. № 1 (12). С. 51–66.
11. Коржнев М.М., Міщенко В.С., Шестопалов В.М., Яковлев Є.О. Концептуальні основи поліпшення стану довкілля гірничовидобувних регіонів України. Київ: РВПС України, 2000. 75 с.
12. Крюченко Н.О. Язвинська М.В., Жовинський Е.Я. Еколого-геохімічна оцінка поверхневих відкладів території Іршанського родовища ільменіту. *Scientific Journal «ScienceRise»*. 2015. № 3/1 (8). С. 25–28.
13. Почва, очистка населенних мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Hygienic evaluation of soil in residential areas : методические указания МУ 2.1.7.730-99. Методика. URL: /http://www.dioxin.ru/doc/mu2.1.5.7.730-99.htm
14. Соколов С.Л. Самаев С.Б., Морозова И.А., Москаленко Н.Н. Тип функционального использования территории – главный критерий оценки ее экологического состояния. *Прикладная геохимия. Экологическая геохимия*. М.: ИМГРЭ, 2001. Вып. 2. С. 111–132.
15. Сорокіна Л.Ю. Концептуальні засади дослідження ландшафтів, що перебувають під впливом техногенних об'єктів. *Укр. геогр. журн.* 2009. № 1. С. 3–8.

16. Трефилова Н.Я. Геохимическая специализация территорий различного хозяйственного использования. *Прикладная геохимия. Геохимическое картирование*. М.: ИМГРЭ, 2000. Вып. 1. С. 135–143.
17. Экологическая геология Украины : справочное пособие. Киев: Наук. думка, 1993. 408 с.
18. Язвинська М.В., Жук О.А. Важкі метали в ґрунтах техногенних ландшафтів Житомирського Полісся. *Сучасні проблеми геологічної науки: зб. наук. пр. ІГН НАН України*. Київ, 2003. 352 с.
19. Язвинська М.В. Вертикальний розподіл металів у ґрунтах району розробки титан-цирконієвих розсипищ. *Пошук. та екологіч. геохімія*. 2006. № 5. С. 41–42.
20. Язвинська М.В. Стан та задачі досліджень геохімічних ландшафтів території розробки титанових родовищ Житомирського Полісся. *Пошук. та екологічна геохімія*. 2011. № 1(11). С. 35–41.

## References

1. Veklich M.F. (1982). Paleotapnost i stratotipy pochvennyh formatsiy verhnego kaynozoya. Kyiv, Nauk. dumka. 208 p. [in Russian].
2. Vremennyye metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu geologo-ekologicheskikh issledovaniy pri geologorazvedochnykh rabotah (dlya usloviy Ukrainy) / D.F. Volodin, V.A. Yakovlev, V.I. Pochtarenko [i dr.]. Kyiv, GGP Geoprognoz, 1990. 60 p. [in Russian].
3. Vstup do medychnoi heolohii. T. 2 / za red. H.I. Rudka, O.M. Adamenka. Kyiv, Akadempres, 2010, 447 p. [in Ukrainian].
4. Galetskiy L.S., Chernyh A.D., Remezova E.A. (2013). Ratsionalnyiy sposob otrabotki unikalnogo Stremigorodskogo apatit-ilmenitovogo mestorozhdeniya v Zhitomirskoy oblasti Ukrainyi. *Ti–2013 v SNG: Sbornik trudov Mezhdunar. konf. (Donetsk, 26–29 maya 2013)*. Kyiv. P. 77–82 [in Russian].
5. Glazovskaya M.A. (1988). Geohimiya prirodnih i tehnogennyih landshaftov SSSR. Moskow, Vysshaya shkola, 328 p. [in Russian].
6. Ekoloho-heokhimichni doslidzhennia ob'ektiv dovkillia Ukrainy / za red. E.Ya. Zhovynskoho, I.V. Kuraievoi. Kyiv, Alfa-reklama, 2012. 156 p. [in Ukrainian].
7. Ivanov V.V. (1996). Ekologicheskaya geohimiya elementov: v 6 kn. Kn. 4. Moskow, Ekologiya, 407 p. [in Russian].
8. Kabata-Pendias A., Pendias H. (1989). Mikroelementy v pochvah i rasteniyah. Moskow, Mir, 385 p. [in Russian].
9. Karta gruntiv Ukrainskoi RSR. Masshtab 1 : 200000 / za red. M.K. Krupskoho, 1968. [in Ukrainian].
10. Klos V.R., Birke M., Zhovynskiy E.Ya., Akinfiiev H.O., Amashukeli Yu.A. (2012). Rehionalni heokhimichni doslidzhennia gruntiv Ukrainy v ramkakh mizhnarodnoho proektu z heokhimichnoho kartuvannya silskohospodarskykh ta pasovyshchynykh zemel Yevropy (GEMAS). *Exploration and Environmental Geochemistry*. № 1(12). P. 51–66. [in Ukrainian].
11. Korzhnev M.M., Mishchenko V.S., Shestopalov V.M., Yakovliev Ye.O. (2000) Kontseptualni osnovy polipshennia stanu dovkillia hirnychovydobuvnykh rehioniv Ukrainy. Kyiv, RVPS Ukrainy, 75 p. [in Ukrainian].
12. Kriuchenko N.O. Yazvynska M.V., Zhovynskiy E.Ya. (2015). Ekoloho-heokhimichna otsinka poverkhnevnykh vidkladiv terytorii Irshanskoho rodovyshcha ilmenitu. *Scientific Journal «ScienceRise»*, № 3/1 (8), P. 25–28. [in Ukrainian].
13. Pochva, ochistka naseleennykh mest, bytovyye i promyshlennyye othody, sanitarnaya ohrana pochvyi. gigienicheskaya otsenka kachestva pochvyi naseleennykh mest. Hygienic evaluation of soil in residential areas: metodicheskie ukazaniya MU 2.1.7.730-99: Metodika. URL: /http://www.dioxin.ru/doc/mu2.1.5.7.730-99.htm [in Russian].
14. Sokolov S.L., Samaev S.B., Morozova I.A., Moskalenko N.N. (2001). Tip funktsionalnogo ispolzovaniya territorii – glavnyiy kriteriy otsenki ee ekologicheskogo sostoyaniya. *Prikladnaya geohimiya. Ekologicheskaya geohimiya*. Moskow, IMGRE. V. 2. P. 111–132 [in Russian].
15. Sorokina L.Yu. (2009). Kontseptualni zasady doslidzhennia landshaftiv, shcho перебувають під впливом tekhnohennykh ob'ektiv. *Ukr.Geogr. Journ.* No. 1. P. 3–8. [in Ukrainian].
16. Trefilova N.Ya. (2000). Geohimicheskaya spetsializatsiya territoriy razlichnogo hozyaystvennogo ispolzovaniya. *Prikladnaya geohimiya. Geohimicheskoe kartirovanie*. Moskow, IMGRE, V. 1. P. 135–143 [in Russian].
17. Ekologicheskaya geologiya Ukrainy: spravochnoe posobie. Kyiv, Nauk. dumka, 1993. 408 p. [in Russian].
18. Yazvynska M.V. Zhuk O.A. (2003). Vazhki metaly v gruntakh tekhnohennykh landshaftiv Zhytomyrskoho Polissia. *Suchasni problemy heolohichnoi nauky: zb. nauk. pr. IHN NAN Ukrainy*. Kyiv. 352 p. [in Ukrainian].
19. Yazvynska M.V. (2006). Vertykalnyi rozpodil metaliv u gruntakh raionu rozrobky tytan-tsytrkoniiievnykh rozsyypshch. *Exploration and Environmental Geochemistry*. No. 5. P. 41–42 [in Ukrainian].
20. Yazvynska M.V. (2011). Stan ta zadachi doslidzhen heokhimichnykh landshaftiv terytorii rozrobky tytanovykh rodovyshch Zhytomyrskoho Polissia. *Exploration and Environmental Geochemistry*. No. 1 (11). P. 35–41 [in Ukrainian].

## Язвинская М.В.

Издательский дом «Академперіодика» НАН України

01601, ул. Терещенковская, 4, г. Киев, Украина

### Комплексная эколого-геохимическая оценка и мониторинговые исследования состояния поверхностных отложений Иршанской группы и Стремигородского месторождений титана

Для оценки эколого-геохимической ситуации, являющейся индикатором состояния окружающей среды, и определения приоритетов дальнейшего использования территории разработки Иршанской группы и Стремигородского титановых месторождений возникла необходимость эколого-геохимической оценки объектов окружающей среды этих территорий. Целью настоящего исследования была эколого-геохимическая оценка поверхностных отложений территорий Иршанской группы и Стремигородского месторождений титана Волынского блока Украинского щита. Для определения содержания химических элементов в объектах окружающей

среды применен комплекс аналитических методов: атомно-абсорбционный, эмиссионный спектральный, потенциометрический и масс-спектрометрический анализ. Определены статистические характеристики содержания титана и других химических элементов (минимальный, максимальный и средний), построены графики их распределения по опорным профилям, установлены геохимические ассоциации, рассчитаны показатели эколого-геохимического загрязнения в разных функциональных зонах. Геохимическая характеристика поверхностных отложений различных функциональных зон позволила построить ассоциированные ранжированные ряды химических элементов. Установлено, что наибольшую опасность представляет повышенное содержание Cu, которое фиксируется на всех площадях (кроме рекультивированных земель). По рассчитанному значению показателя суммарного загрязнения ( $Z_C$ ) поверхностные отложения всех функциональных зон отнесены к допустимому уровню (15–16), за исключением «хвостов» обогащения, где уровень умеренно опасный (16–17). Мониторинговые исследования (1970 г., 1990–2000 гг.) состояния поверхностных отложений различных участков разработки титановых месторождений (Иршанское, Верхнеиршинская группа месторождений, Стремигородское месторождение, «условно чистый» участок) позволили представить геохимическую характеристику в виде ассоциированного ранжированного ряда химических элементов (согласно  $K_C$ ) и рассчитать  $Z_C$ . Установлено повышенное содержание Cu, Ni, Cr, Ba, но по значению  $Z_C$  уровень загрязнения является допустимым (<16). По результатам мониторинговых исследований определено, что за 30 лет эколого-геохимическое состояние поверхностных отложений функциональных зон имеет незначительные изменения и находится в пределах допустимого уровня.

*Ключевые слова:* эколого-геохимическая оценка, поверхностные отложения, Иршанская группа месторождений титана, Стремигородское месторождение титана, разработка титановых месторождений.

**Yazvynska M.V.**

*Publishing House 'Akadempriodyka' of the National Academy of Sciences of Ukraine*

*01601, Tereshchenkivska Str., 4, Kyiv, Ukraine*

**Complex ecological and geochemical evaluation and monitoring studies of the state of surface sediments of the Irshansk group and Stremygorod titanium deposits**

For evaluation the ecological and geochemical situation, which is an indicator of the environment, and determination the priorities for further use of territory of development of the Irshansk group and Stremygorod titanium deposits there was a need in environmental and geochemical evaluation of elements of the environment within the territories of these deposits. Ecological-geochemical assessment of the surface sediments of the territories of the Irshansk group and Stremygorod deposits of titanium (Volyn block of the Ukrainian shield) was the aim of the study. For determining the content of chemical elements in the environment the complex of analytical techniques was applied: atomic absorption, emission spectrum, potentiometric and mass spectrometry analyzes. The author identified Statistical characteristics of the titanium content and other chemical elements (minimum, maximum and average), built the graphics of their distribution by supporting profiles, established geochemical association, calculated indicators of ecological and geochemical pollution in different functional zones. The geochemical characterization of the surface deposits of various functional zones made it possible to construct the associated ranks of chemical elements. It is established that the highest danger is the high content of Cu, which is fixed in all areas (except for reclaimed lands). According to the calculated value of total pollution ( $Z_C$ ) surface deposits of all functional zones were attributed to an acceptable level (15–16), except for the 'tails' of enrichment, where the level is moderately hazardous (16–17). Monitoring studies (1970, 1990–2000) of surface sediments of different parts of the development of titanium deposits (Irshansk, Verhnoirshynsk group of deposits, Stremygorod deposit 'relatively clean' area) helped to provide geochemical characteristics as associate ranked row of chemical elements ( according to  $K_C$ ) and to calculate  $Z_C$ . Increased content of Cu, Ni, Cr, Ba has been established, but by the value of  $Z_C$  level of pollution is acceptable (<16). The results of monitoring studies indicate that for 30 years environmental and geochemical state of surface sediments of functional zones has minor changes and is within the acceptable level.

*Keywords:* ecological-geochemical evaluation, surface sediments, Irshansk group of titan deposits, Stremygorod titan deposit, development of titan deposits.

Надійшла 08.09.2017