

УДК 550.42 : 553.494 + 631.41

М.В. Язвинська

Видавничий дім "Академперіодика" НАН України
01604, м. Київ, Україна, вул. Терещенківська, 4
E-mail: Yazvynska@nas.gov.ua

ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНА ОЦІНКА ПОВЕРХНЕВИХ ВІДКЛАДІВ ТЕРИТОРІЇ СТРЕМИГОРОДСЬКОГО РОДОВИЩА

Викладено результати дослідження вмісту супутніх мікроелементів у поверхневих відкладах Стремигородського титанового родовища з метою їх еколого-геохімічної оцінки. Стремигородське родовище є типовим прикладом корінного магматичного родовища. Визначено хімічний склад корінних порід і порід осадового комплексу, що їх перекривають. Виконано їх порівняння за вмістом рудного (титану) та акцесорних елементів як територіально, так і за розрізом. Порівняння хімічного складу досліджуваних гірських порід корінного родовища ільменіту з даними різних авторів показало, що особливість порід родовища полягає у підвищеному вмісті більшості досліджуваних компонентів. Район розповсюдження титанового родовища характеризується значним перевищенням валового вмісту супутніх для титанових родовищ хімічних елементів у поверхневих відкладах. Порівняльна характеристика двох досліджуваних ділянок — "умовно безрудної" та Стремигородського родовища на території досліджень дала можливість визначити природний вплив титанових родовищ на формування хімічного складу ґрунтів і антропогенний внесок у формування аномальних полів у процесі майбутньої розробки родовища. Розраховано показники екологічної небезпеки поверхневих відкладів території Стремигородського родовища, за якими встановлено відсутність небезпеки у еколого-геохімічному плані за наявності титанового родовища у породах. З метою встановлення еколого-геохімічної оцінки поверхневих відкладів за вмістом мікроелементів розраховано показники щодо ступеня екологічної безпеки — Кс (відносно фонового вмісту), КК (відносно кларку літосфери) на двох досліджуваних ділянках — "умовно безрудній" та Стремигородського родовища. Встановлено, що елементами-концентраторами у поверхневих відкладах є Ni, Co, Cr, Cu; елементами, які розсіюються, — Mn, V, Pb, Zn, Ti; Кс всіх елементів не перевищує 2. Зроблено висновок, що поверхневі відклади території можна вважати "умовно чистими" за всіма показниками екологічної небезпеки.

Ключові слова: хімічні мікроелементи, ільменіт, поверхневі відклади, супутні елементи, фонові ділянка, ділянка родовища.

Вступ. Територія досліджень знаходиться в межах Волинського блоку Українського щита (УЩ). У північно-західній частині УЩ родовища корінних титан-фосфатних руд пов'язані з Коростенським габро-анортозит-рапакі-вігранітним плутоном і його обрамленням. Фосфор-титанова спеціалізація характерна для всіх основних порід Коростенського плутоном, що взагалі властиво докембрійським інтрузіям такого петрохімічного і формаційного типів. В утворенні промислових родовищ (корінних, елю- і алювіальних) беруть участь базити переважно двох великих масивів: Володарськ-Волинського і Чоповицького. За їхніми межами трапляються лише рудопрояви і невеликі родовища таких руд [6].

Промислові корінні родовища апатит-ільменітових руд приурочені лише до малих рудоносних інтрузій — це лополіто- чи лаколітоподібні родовища з більш меланократовими і багатшими рудами в їх центральних частинах (Стремигородське, Федорівське, Кропивнянське).

Стремигородське родовище, детально розвідане в 1981 р., є типовим прикладом корінного магматичного родовища. Воно локалізується в малій інтрузії рудних габроїдів серед габро-анортозитів Чоповицького масиву. Мала інтрузія штокоподібної своєрідної форми контролюється зоною великого (міжрегіонального) Центрального розлому. Анортозити, що вміщують рудні тіла, у зонах контактів зазнали істотних структурних, мінералогічних і хімічних змін.

© М.В. ЯЗВИНСЬКА, 2016

У межах родовища виділяються три групи порід: лейко-, мезо- та меланократові. Інтрузія характеризується добре вираженою об'ємно-зональною будовою: від периферії до центру і з глибини до поверхні збільшується меланократовість порід (лейкократові габроїди послідовно змінюються мезо- і меланократовими). У цьому ж напрямку зростає вміст рудних мінералів.

У плані рудне тіло має форму неправильно-ого овалу, у розрізі його форма воронкоподібна, контакти з вмисними габро-анортозитами різкі, падіння круте, будова тіла концентрично-зональна. Меланократові породи (плагіоклазові перидотити, троктоліти) приурочені до центральної частини рудного тіла та поступово замінюються до периферії лейкократовими троктолітами, олівін-піроксеновими габро, габро-монцонітами, монцонітами і габро-пігматитами. Стремигородське родовище характеризується комплексним апатит-ільменітовим зруденінням із підвищеним вмістом ванадію, скандію, фтору й ін. Ільменіт і апатит — головні компоненти; ванадій, скандій і фтор можуть бути вилучені попутно.

Найбагатші апатит-ільменітові руди центральної частини родовища містять 6,9—8,17 % TiO_2 і 2,8—4,9 — P_2O_5 , розташовані ближче до периферії габроїди, відповідно, 3,36—5,9 і 0,65—1,5 %, андезити і габро-монцоніти периферичної зони — не більше 1 % TiO_2 і 0,5 — P_2O_5 . Вміст TiO_2 у корі вивітрювання становить 8—10, а P_2O_5 — 25 % (табл. 1).

Промислове зруденіння виявлено до глибини 1200 м, можливо, воно має розвиток і глиби-

ше. Встановлені особливості геологічної будови і складу мінеральних фаз дозволяють розглядати Стремигородське родовище як розшароване магматичне утворення (В.Ф. Проскурін та ін., 1984).

Стремигородське родовище є магматогенним апатит-ільменітовим і пов'язано з малою інтрузією габроїдів — підвищена концентрація титанових мінералів відома в габро та габро-норитах. Зруденіння вкраплене, інтенсивність збільшується від периферії до центру рудного тіла.

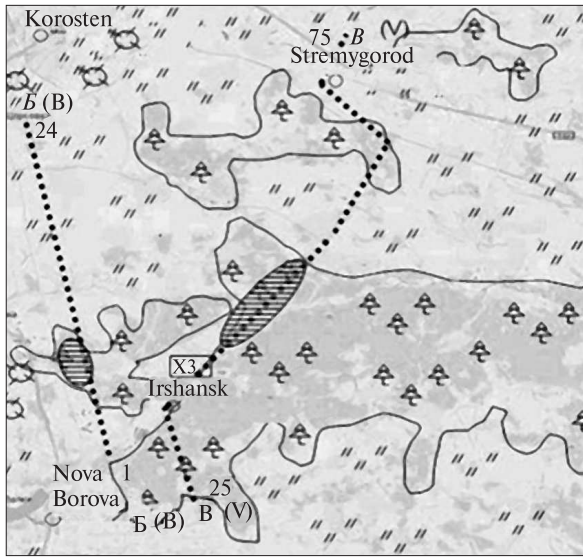
Апатит та ільменіт, а з ними й усі рудні та акцесорні мінерали, розташовуються в проміжках між головними породоутворювальними. Апатит формує правильні шестикутні кристали 0,2—0,8 мм у перетині. Ільменіт кристалізується в проміжках між кристалами плагіоклазу або заміщує амфібол. Вміст тісно асоційованих апатиту й ільменіту становить 10 і 15—20 % відповідно [6].

В ільменіті відмічені включення сульфідів, апатиту та силікатів, а за результатами спектрального аналізу встановлені Cr, Pb, Co, Ni, V, Sc, Nb, Cu та ін. Апатит за вмістом в ньому фтору віднесений до фтор-apatиту. Вміст TiO_2 в рудних габроїдах сягає 7,84, а P_2O_5 — 3,17 %. За даними співробітників Інституту мінералогії, геохімії і кристалохімії рідкісних елементів (ІМГРЕ), для ільменіту та рутилу тут характерні передовсім Nb, Ta, Sc, V [6, 9].

За даними [3—5], найбільш раціональним способом розробки Стремигородського корінного апатит-титанового родовища є відкрито-підземний, що дозволяє зробити відпрацю-

Таблиця 1. Мінеральний і хімічний склад основних типів рудоносних порід Стремигородського родовища, %
Table 1. Mineral and chemical composition of the main types of ore rocks of Stremygorod deposit, %

Мінерали і хімічні компоненти	Порода		
	Габро	Троктоліти	Перидотити
Плагіоклаз (№ 40—55)	60,6—64,4	37,1—46,0	25,5—31,6
Піроксени (саліт і авгіт)	0,6—3,2	0,4—1,4	Од. з.—0,7
Олівін (<i>Fa</i> 35—45 і <i>Fa</i> 50—58)	3,3—8,4	17,5—22,7	20,1—26,4
Ільменіт	4,95—11,4	11,6—12,6	11,6—15,1
Титаномагнетит	0,4—0,85	1,2—1,9	0,55—3,87
Апатит	1,1—3,0	4,5—6,0	8,1—10,1
Амфібол, тальк, хлорит	15,1—19,8	17,9—21,7	16,8—21,7
TiO_2	3,36—5,99	6,8—7,2	6,9—8,17
P_2O_5	0,65—1,5	2,8—3,1	3,58—3,5
FeO	8,97—12,3	14,0—16,47	15,0—21,82
Fe_2O_3	2,82—4,35	5,27—5,86	4,56—6,31
MgO	3,38—6,02	7,37—8,17	6,87—9,01



1 2 3 4 X3 5 Б 6

Схема розташування функціональних зон на території розповсюдження Стремигородського родовища ільменіту-апатиту та "умовно безрудної" ділянки: 1 — ліси (переважно хвойні), 2 — сільськогосподарські угіддя, 3 — рекультивовані землі, 4 — кар'єри, 5 — хвости збагачення, 6 — номер профілю та точки відбору

Location of functional areas within the territory of Stremygorod ilmenite-apatite deposit and of "relatively barren" area: 1 — forests (mainly coniferous), 2 — farmlands, 3 — re-cultivated lands, 4 — open-cast mines, 5 — refinement tailings, 6 — profile number and sampling points

вання родовища високорентабельним та істотно знизити екологічні ризики.

Найважливішим завданням є будівництво першої черги Стремигородського ГЗК великої потужності з видобутку і збагачення корінних апатит-ільменітових руд, насамперед, на базі запасів дрібніших, ніж Стремигородське, родовищ цього регіону, які легше освоїти. Вони містять руди такого ж складу, як і Стремигородське (Федорівське, Видиборзьке і т. п.).

Мета роботи. Дослідження поверхневих відкладів території розповсюдження корінного та залишкового родовищ ільменіту (Стремигородське родовище, Чоповицький масив), визначення вмісту та характеру розповсюдження основних та акцесорних елементів родовища на цій території з еколого-геохімічної точки зору у порівнянні з чистою, "умовно безрудною" територією.

Методика та методи дослідження. Опробування було проведено за профілями відносно нульового магнітного меридіану на території з наявним корінним (рисунки), але не розроб-

леним родовищем титану та апатиту (Стремигородське родовище) (профіль В—В — Ємлівка — Грозіно) та "умовно безрудної" території для порівняння — без наявного титанового родовища та особливого техногенного впливу, яка представлена сільськогосподарськими угіддями, лісом, різними локальними западинами (профіль Б—Б — Щорсівка — Нова Борова).

Автором проведено польові роботи, відібрано майже 300 проб корінних порід і ґрунтів. За допомогою комплексу аналітичних методів визначено їх кількісний та якісний склад. Опробування ґрунтів виконано за стандартною методикою, що традиційно використовується у Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення (ІГМР) ім. М.П. Семененка НАН України [1, 2]. Опробуваний верхній шар (0—20 см) ґрунтів. Вибір саме цієї глибини опробування є неодноразово обґрунтованим як найбільш інформативний для еколого-геохімічних робіт. Саме в цьому інтервалі встановлюються максимальні значення концентрації елементів-індикаторів впливу техногенних об'єктів. Для того, щоб з'ясувати, як змінюється валовий вміст і вміст рухомих форм важких металів із глибиною ґрунтового профілю та з чим це пов'язано, частину проб ґрунту відібрано за ґрунтовими горизонтами (до 50 см).

Метали (залізо, манган, цинк, мідь, свинець, нікель, кобальт, кадмій) визначалися за допомогою атомно-абсорбційного методу аналізу. Вимірювання виконані на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115-М1.

Результати й обговорення. Досліджувана територія належить до агроґрунтової зони Українського Полісся [8], Правобережної агроґрунтової провінції з дерново-підзолистими, переважно оглеєними, болотними, у т. ч. торфовими ґрунтами. Родючість цих ґрунтів низька (бали боніту агропромислових груп ґрунтів 20—30). Вміст гумусу в ґрунтах ближчий до низького, середні запаси гумусу на території 100—150 т/га (вміст гумусу в орному шарі ґрунтів глибиною до 30 см — до 1,0 %). Запаси гумусу: в ґрунтах території досліджень — до 50 т/га, в гумусовому профілі ґрунтів — 100—200 т/га. Забезпечення сільськогосподарських культур поживними речовинами в орному шарі ґрунту низьке (середній вміст рухомих сполук фосфору (P_2O_5) — до 5,0 мг/100 г ґрунту, калію (K_2O) — до 4,0). Середній валовий вміст мікроелементів у ґрунтах району досліджень становить, мг/кг: Cu — 6—12; Zn — 41—

60; Co — 5—15; Mo — 2—3; Cr — 30—50; Mn — 400—900; Pb — 90—110; Ni — до 15.

Порівняння хімічного складу досліджуваних гірських порід корінного родовища ільменіту і загальним складом, за даними різних авторів [7, 9], показало, що за хімічним складом (табл. 2) у широко розвинених корінних породах Стремигородського корінного родовища у троктоліті, олівіновому габро

спостерігається підвищений вміст TiO_2 , Fe_2O_3 , FeO, MnO, P_2O_5 , H_2O , знижений — SiO_2 , Al_2O_3 , CaO, Na_2O , у лейкократовому габро — підвищення вмісту TiO_2 , Fe_2O_3 , FeO, MnO, MgO, Na_2O , K_2O і зниження — SiO_2 , CaO, H_2O .

У рудному олівін-піроксеновому габро (табл. 3) спостерігається підвищений вміст більшості досліджуваних елементів.

Таблиця 2. Порівняльний аналіз хімічного складу корінних порід Стремигородського корінного титанового родовища
Table 2. Comparative analysis of the chemical composition of bed-rock of Stremygorod primary titanium deposit

Компонент	Стремигородське корінне родовище		Середній хімічний склад, за [7]	
	Троктоліт, олівінове габро	Лейкократове габро	Габро, загал. (Делі, 1933)	Олівінове габро (Піжон-Пойнт, 1893)
SiO_2	35,0	43,04	48,24	49,88
TiO_2	7,3	4,76	0,97	1,19
Al_2O_3	10,63	16,6	17,88	18,55
Fe_2O_3	5,89	3,71	3,16	2,06
FeO	15,88	10,85	5,95	8,37
MnO	0,21	0,15	0,13	0,09
MgO	7,62	8,13	7,51	5,77
CaO	8,18	4,83	10,99	9,7
Na_2O	2,11	3,2	2,55	2,59
K_2O	0,89	1,11	0,89	0,68
P_2O_5	3,05	1,05	1,45	1,04
H_2O	2,07	0,11	0,28	0,16

Таблиця 3. Розподіл мікроелементів у корінних породах Стремигородського родовища, мг/кг
Table 3. The distribution of microelements in bed-rocks of Stremygorod deposit, mg/kg

Тип корінної породи	Ti	P	Pb	V	Cr	Co	Ni	Ba	Zr
Габро-перидотит	3210	791,36	0,2	22,1	5,1	6,3	0,7	31,8	13,8
Габро лейкократове	1267	212	0,4	10	14,9	2,31	0,93	64,2	11,8
Габро-анортозит	923	124	0,34	10,1	16	1,87	1,7	36	9,16
Габро-пегматит	1338	126	0,39	7	19,4	4,6	0,8	55	8,4
Габро рудне, олівін-піроксенове	2719	493	0,41	15,5	8,17	4,88	1,36	52,6	9,9
Габро меланократове	3230	818	0,26	20,3	7,4	5,6	1,45	40,6	11
Габро середньо-мілкозернисте	2192	660,8	0,24	16,8	11	4,65	0,59	31,2	11,4
Граніти	355	70,8	2,4	4,67	36	1,1	2,6	56,7	34

Тип корінної породи	Cu	Zn	Sc	Sr	Nb	Mo	Sn	Y	La
Габро-перидотит	3,9	25	3,4	37,3	1,27	0,1	0,12	3,35	1,81
Габро лейкократове	2	7,8	1,15	62	1,28	0,22	0,1	1,3	2,9
Габро-анортозит	2,58	5,7	1,07	48,4	1,16	0,35	0,14	1,23	2,35
Габро-пегматит	1,53	6	1,2	81	1,1	0,33	0,2	0,91	2,6
Габро рудне, олівін-піроксенове	3,02	20,2	2,33	49,5	1,23	0,16	0,2	1,71	3,1
Габро меланократове	7,2	26	2,8	33	1,2	0,2	0,1	2,1	2
Габро середньо-мілкозернисте	3,73	13,8	2,75	28,5	1,18	0,13	0,13	2,19	1,28
Граніти	1,5	6,7	1,05	28,8	2,02	0,35	0,41	2,64	4,2

Основну частину досліджуваної території займають дерново-слабо- та середньопідзолисті глеюваті супіщані і суглинкові ґрунти, дещо менше розповсюджені дерново-слабо- та середньопідзолисті піщані і глинисто-піщані ґрунти та дерново-середньо- і сильнопідзолисті глейові супіщані і суглинкові ґрунти на водно-льодовикових відкладах.

Для різних функціональних зон характерний свій тип ґрунту (рисунок). Наприклад, на території з переважанням змішаних лісів більш розповсюджені середньопідзолисті супіщані і суглинкові ґрунти, для сільськогосподарських угідь притаманні дерново-слабо- та середньопідзолисті глеюваті супіщані і суглинкові ґрунти.

Фізико-хімічна характеристика основних типів ґрунтів двох полігонів наведена у табл. 4, з якої видно, що фізико-хімічні параметри найбільш поширених на території досліджень ґрунтів, не зважаючи на незначні відхилення, подібні. Збільшення підзолистої складової та наявність і підвищення вмісту глею збільшує кількість водню, кальцію, калію, $C_{\text{орг}}$, зменшує — показник рН, магнію.

З метою встановлення особливостей сучасного вертикального розподілу хімічних елементів у поверхневих відкладах Стремигородського родовища автором було проаналізовано вміст Ni, Co, Ti, V, Cr, Zr, Nb, Cu, Pb, Zn, Y, Yb, P, Sc, Mn у ґрунтах, у корінній породі (габро-анортозит і його кора вивітряння), каоліні первинному та вторинному, суглинках, глинах строкатобарвистих.

Вивчення геохімічних особливостей вертикального розподілу хімічних елементів у геохімічних компонентах дослідженого ландшафту виконано на двох ділянках, різних за рівнем

і типом техногенного навантаження. Для дослідження обрано ділянки: 1 — без наявних слідів титанового родовища та техногенного впливу ("умовно безрудна" ділянка), 2 — територію з наявним титан-апатитовим родовищем, що не підлягав розробці (ділянка родовища).

"Умовно безрудна" ділянка знаходиться на території занедбаних сільськогосподарських угідь, лісу, різних локальних западин (між селами Мойсіївка і Ковалі). Ділянка родовища знаходиться на відстані приблизно 20—25 км від "умовно безрудної", на території розвитку Стремигородського корінного титано-апатитового родовища (біля с. Стремигород).

У подальшому аналізі (порівняння ділянок та їх горизонтів розрізу) враховується вміст Co, Zr, Nb, Cu, Pb, Sc, Ni, Ti, V, Cr, Zn, P, Mn як основних та акцесорних елементів Стремигородського родовища ільменіту та хімічних елементів, які становлять небезпеку I—III класу (табл. 5, 6).

Результати досліджень дозволяють здійснити опис розподілу кожного елементу (мг/кг) за розрізом та визначити особливості досліджених ділянок.

Нікель. На "умовно безрудній" ділянці максимальний вміст (60) встановлено у ґрунтового-рослинному шарі. Серед двох ділянок найбільший вміст Ni (70) в інтервалі ґрунту 15—20 см зафіксовано на ділянці родовища, мінімальний (6,3) — у каоліні вторинному тієї ж ділянки, вміст поступово зменшується за профілем донизу.

Кобальт. Максимальний вміст Co (120) спостерігається у корі вивітряння габро-анортозиту ділянки родовища, мінімальний — у пісках під глинами та у каоліні вторинному габро-анортозиту (3,0 та 3,8 відповідно) ді-

Таблиця 4. Характеристика фізико-хімічних параметрів ґрунтів
Table 4. Characteristics of physico-chemical parameters of soils

Тип ґрунту	рН _v	C _{орг} , %	H ⁰	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Σ катіонів
Дерново-слабопідзолисті супіщані і суглинкові на водно-льодовикових відкладах	6,78	0,3	6,14	0,8	0,18	0,05	0,18	7,28
Дерново-слабопідзолисті супіщані і суглинкові на водно-льодовикових відкладах, що прослідуються мореною	6,47	0,4	5,91	3,05	0,64	0,17	0,18	9,96
Дерново-середньопідзолисті глеюваті супіщані і суглинкові на водно-льодовикових відкладах	6,5	0,7	15,36	2,95	0,74	0,09	0,13	19,27
Дерново-середньопідзолисті глейові супіщані і суглинкові на водно-льодовикових відкладах	5,5	1,64	13,47	7,6	0,18	0,12	0,21	21,5

лянки родовища, що, ймовірно, відбувається внаслідок підвищеної рухомості елемента та наявності глин у якості сорбційного бар'єра.

Титан. Максимальний вміст Ti (12000—13500) характерний для габро-анортозитів обох ділянок, мінімальний (500) визначено у ґрунтово-рослинному шарі ділянки родовища на глибині 15—20 см. На ділянці родовища спостерігається підвищений вміст Ti (3800) у ін-

тервалі 0—10 см. Природний високий вміст Ti (3000—9667) також у корах вивітрювання габро-анортозитів обох ділянок.

Ванадій. Максимальний вміст V (300) спостерігаємо у габро-анортозиті "умовно безрудної" ділянки, мінімальний (5) — у ґрунтовому профілі на глибині 15—20 см на ділянці родовища, що, ймовірно, пояснюється потужним перекриванням корінних порід осадовими тов-

Таблиця 5. Розподіл середнього вмісту елементів у вертикальних розрізах ґрунтоутворювальних порід і ґрунтів "умовно безрудної" ділянки і ділянки Стремигородського родовища, мг/кг

Table 5. The distribution of the average composition of elements in vertical sections of soil formation rocks and soils of "relatively barren" Stremygorod deposit, mg/kg

Елемент	"Умовно безрудна"					Ділянка родовища		
	ГРШ 2F (0—10)	ГРШ 2F (10—15)	КВГА1	КВГА2	Габро-анортозит	ГРШ 8F (0—10)	ГРШ 8F (10—15)	ГРШ 8F (15—20)
	см					см		
Ni	315	55	35	33,3	35	32,8	23,8	1000
Co	12,8	8	55	83,3	105	7,6	8,4	10
Ti	950	800	2750	9667	13500	1260	1220	500
V	11,3	20	113	233	300	15	17	5
Cr	138	20	4,8	30	17,5	49,6	36	200
Zr	425	550	120	217	300	421	440	150
Nb	6,5	18	8,8	8,4	11	11	12,2	6
Cu	80	90	53	43	23	54,6	42,4	100
Pb	3,8	8	4,3	4,3	5	5	4,2	1
Zn	45	30	128	217	350	28	22	60
Y	16,3	25	25	21,7	25	26	22	10
Yb	2	3,5	2,3	2,5	2	2,8	2,8	1
P	1125	900	2625	3000	10500	2200	1800	100
Sc	3,5	3	14	22	14	3,2	3,2	3
Mn	500	500	800	3167	3500	310	360	200

Елемент	Ділянка родовища						
	Сулинок	Глина строкато-барвіста	Пісок	Каолін вторинний	Каолін первинний	КВГА	Габро-анортозит
Ni	60	57	40	6,3	50	42,5	30
Co	23	24	3	3,8	80	120	20
Ti	6000	7500	30000	2475	2500	3000	12000
V	160	150	90	16	105	135	120
Cr	90	100	120	21	80	90	70
Zr	350	375	900	52,5	105	120	150
Nb	20	30	50	8	8,5	9	12
Cu	35	27	70	6,8	25	25	20
Pb	17,5	20	20	2,9	2,3	3,5	7
Zn	60	56	70	26	95	120	20
Y	25	26	20	12	20	16	15
Yb	3	3	2	1,2	2,5	1,8	1,5
P	900	600	400	475	300	500	300
Sc	8,5	14	15	7,3	8	11	10
Mn	600	733	40	66,3	450	800	900

щами, вміст V в яких у 10—20 разів перевищує вміст у ґрунтовому профілі.

Хром. Максимальний вміст Cr (200) у ґрунтовому горизонті наявний на глибині 15—20 см на ділянці родовища, порівняно високий вміст (138) у інтервалі 0—10 см ґрунтово-рослинного шару "умовно безрудної" ділянки, хоча мінімальний для обох ділянок (4,8) спостерігаємо у корі вивітрювання габро-анортозиту тієї ж ділянки.

Цирконій. Характерний підвищений вміст (425, 421 відповідно) у інтервалі 0—10 см ґрунтово-рослинного шару обох ділянок, мінімальний (52,5) — у каоліні вторинному ділянки родовища. Також аномально високий вміст Zr (550 і 440 відповідно) у інтервалі 10—15 см ґрунтового шару ділянок "умовно безрудної" та родовища. Найбільший вміст (900) у піску, який підстеляє породи на ділянці родовища.

Ніобій. Серед двох ділянок найменший вміст Nb (6,5) спостерігаємо у інтервалі 0—10 см ґрунтово-рослинного шару на "умовно безрудній" ділянці, найбільший (18) — у інтервалі 10—15 см ґрунтового шару тієї ж ділянки. На всіх інших ділянках вміст Nb істотно не варіює, окрім вмісту у суглинках і глинах, де сягає 20—50 мг/кг.

Мідь. Міді властивий підвищений вміст (80,0 і 54,6 відповідно на "умовно безрудній" і ділянці рудопрояву) у інтервалі 0—10 см ґрунтово-рослинного шару на обох ділянках, а також (90,0), як і для Zr, у інтервалі 10—15 см ґрунтового шару "умовно безрудної" ділянки та (100) у інтервалі 15—20 см ґрунтового шару ділянки родовища. Мінімальний вміст (6,8)

Таблиця 6. Еколого-геохімічні критерії визначення стану поверхневих відкладів території Стремигородського родовища
Table 6. Ecologo-geochemical criteria for determining the status of surface sediments territory of Stremygorod deposit

Клас небезпеки	Елемент	Кс	Кларковий вміст, мг/кг	КК
III	Mn	1,17	390,00	0,77
	V	1,67	44,00	0,34
	Ni	1,17	4,50	6,67
II	Co	1,04	1,00	7,50
	Cr	1,67	4,10	7,32
	Cu	1,09	10,00	5,50
I	Pb	1,50	19,00	0,16
	Zn	1,20	39,00	0,64
—	Ti	—	1200,00	0,83

наявний у каоліні вторинному (як у Zr та Ni) ділянки родовища.

Свинець. Вміст Pb мало змінюється (окрім суглинку та глини, де вміст його становить 17,5—20,0), максимальний вміст (8,0) для ґрунтового шару наявний у інтервалі 10—15 см на "умовно безрудній" ділянці, мінімальний (1,0) у ґрунтовому шарі (15—20 см) ділянки родовища.

Цинк. Підвищений вміст Zn спостерігаємо у габро-анортозиті та його корі вивітрювання на території "умовно безрудної" ділянки (217,0), мінімальний (22,0) — в інтервалі 10—15 см ґрунтового шару ділянки родовища та у корінній породі тієї ж ділянки (20,0).

Фосфор. Високий вміст P (10500) встановлено у габро-анортозиті та його корі вивітрювання (як у Ti та Zn) "умовно безрудної" ділянки, а також у ґрунтово-рослинному шарі інтервалу 0—10 см ділянки рудоутворення (2200). Мінімальний вміст (100) наявний у третьому ґрунтовому шарі (15—20 см) ділянки родовища.

Скандій. Максимум вмісту Sc визначено у корі вивітрювання габро-анортозиту "умовно безрудної" ділянки (22,0). Мінімум (3,0) — у ґрунтовому шарі (інтервал 15—20 см) ділянки рудопрояву.

Манган. Максимальний вміст у габро-анортозиті та його корі вивітрювання визначено на "умовно безрудній" ділянці (3500), а у піску ділянки родовища мінімальний (66,3).

На "умовно безрудній" ділянці вміст елементів Ni, Co, Ti, V, Zn, P, Sc, Mn поступово збільшується донизу за ґрунтовим профілем. На ділянці родовища така поведінка характерна для Co (за винятком вмісту в піщовому шарі) та Mn. Природно, що більшості елементів (Ni, Ti, V, Cr, Zr, Nb, Pb, P, Sc, Mn) притаманне підвищення вмісту у суглинках, глинах строкатобарвистих ділянки родовища через їхню адсорбційну здатність та у піску, що залягає під цими глинами.

Особливості ділянок. "Умовно безрудна" ділянка характеризується максимальним вмістом елементів Co, Ti, V, Zn, P, Sc, Mn у габро-анортозиті та його корі вивітрювання, встановлено також підвищення вмісту Ni, Cr, Zr, Cu у верхньому шарі ґрунту, тоді як вміст Co, Ti, V, Nb, Pb, Zn, P, Sc, Mn у цьому горизонті порівняно невисокий. Також спостерігаємо підвищений вміст Zr, Nb, Cu, Pb в ілювіальному горизонті ґрунту (див. табл. 5).

За вертикальним розподілом у профілі інформативних елементів (Ti, V, Cr, Zn, P, Mn) "умовно безрудна" ділянка характеризується накопиченням всіх елементів донизу. Відповідне підвищення вмісту Ni, Cr, Zr, Cu, Nb, Pb спостерігається в інтервалі 10—15 см ґрунтового рослинного шару відносно вмісту цих елементів в інтервалі 0—10 см.

Ділянка родовища характеризується максимальним вмістом Ni, Ti, V, Cr, Zr, Nb, Pb, Sc, Mn у суглинках, строкатобарвистих глинах та пісках, що їх підстеляють. Зафіксоване також підвищення вмісту Ni, Cr, P в інтервалі 15—20 см ґрунтового шару та мінімальний вміст Ti, V, Nb, P, Sc. Крім того, ділянка родовища характеризується різким збільшенням з глибиною вмісту практично всіх досліджуваних елементів. Максимальний вміст Ni, Ti, V, Cr, Zr, Nb, Pb, Sc, Mn встановлено у суглинках, строкатобарвистих глинах та пісках, що підстеляють ці глини. Підвищення вмісту Ni, Cr, Cu та зменшення — Ti, V, Nb, Pb, Sc у горизонті ґрунту (15—20 см) пояснюється різними сорбційними особливостями осадових товщ, що підстеляють ці ґрунти та різними фізико-хімічними умовами міграції цих груп хімічних елементів.

Для визначення показників екологічної небезпеки порід за хімічними елементами, що складають I—III класи небезпеки, було розраховано кларк концентрації (КК), який дорівнює співвідношенню фактичного вмісту елементу у габро-анортозиті до його кларка. Розраховано, що для всіх елементів КК < 1,5, що означає їхнє істотне розсіювання (табл. 6).

Аналізування рухомості елементів I класу небезпеки — Pb і Zn, дозволило встановити таке: вміст елементів знижується у вертикальному профілі знизу вгору, геохімічним бар'єром для цих елементів є глини (сорбційний бар'єр), від них на поверхню надходить 20—25 % від загального вмісту в них елементу.

Для визначення еколого-геохімічного стану поверхневих відкладів було розраховано деякі показники (табл. 6): КК, середнє накопичення токсичних елементів (Кс), що дорівнює співвідношенню елементу до його фонового вмісту. Елементами, що концентруються у поверхневих відкладах (КК 5,5—7,5) є Ni, Co, Cr, Cu, інші елементи розсіюються (Mn, V, Pb, Zn, Ti). Зважаючи на те, що Кс всіх елементів

не перевищує значення 2, поверхневі відклади території можна вважати "умовно чистими" за всіма показниками екологічної небезпеки.

Висновки. Територія титанового родовища характеризується значним перевищенням вмісту у поверхневих відкладах не тільки титану, а й валового вмісту нікелю, хрому, ніобію, цинку, ітрію, дещо менше — ванадію і цирконію. За розрахованими показниками екологічної небезпеки показано, що наявність родовища не становить небезпеки у еколого-геохімічному плані. Разом з тим є можливим визначення природного внеску титанових родовищ у формування хімічного складу ґрунтів і прогнозування антропогенного впливу на формування аномальних полів у процесі розробки родовищ.

Вивчення вертикального розподілу Ni, Co, Ti, V, Cr, Zr, Nb, Cu, Pb, Zn, Y, Yb, P, Sc, Mn у ґрунтових профілях території досліджень дозволяє визначити геохімічну поведінку мікроелементів у поверхневих відкладах та ґрунтоутворювальних породах Житомирського Полісся на "умовно чистих" територіях та на території з наявними титан-апатитовими родовищами.

Через переважання механічного шляху міграції важких металів на досліджуваній території Житомирського Полісся під час виконання рекогносціювальних еколого-геохімічних досліджень найбільш інформативним горизонтом є ілювіальний.

Оскільки Ti та V не належать до токсичних елементів і мало впливають на живі істоти, а також надзвичайно повільно трансформуються у природних приповерхневих умовах, відпрацювання титан-цирконієвих родовищ кір вивітрювання не створює екологічної небезпеки у хімічному аспекті. Основними чинниками екологічного ризику досліджуваної території є порушення цілісності педосфери і перетворення рельєфу, а також загальне зростання рівня техногенного навантаження. Через те, що ґрунти району досліджень характеризуються зниженим вмістом гумусу, невеликою потужністю і низькою родючістю, вони мають низьку здатність до самовідновлення. Отже, процес становлення повноцінних ґрунтів з рекультивованих земель після розробки родовища на даній території може зайняти досить тривалий час.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Алемасова А.С., Рокун А.Н., Шевчук И.А.* Аналитическая атомно-абсорбционная спектроскопия : Учеб. пос. — Донецк : Вебер, 2003. — 327 с.
2. *Аринишкіна Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. — 487 с.
3. *Галецький Л.С., Ремезова О.О.* Стратегія розвитку мінерально-сировинної бази титану України // Геол. журн. — 2011. — № 3. — С. 66—72.
4. *Галецький Л.С., Ремезова Е.А.* Новый этап в развитии минерально-сырьевой базы титановой промышленности Украины // Сб. тр. Междунар. конф. "Ti-2013 в СНГ" (Донецк, 26—29 мая 2013 г.). — Киев, 2013. — С. 7—11.
5. *Галецький Л.С., Черных А.Д., Ремезова Е.А.* Рациональный способ отработки уникального Стремигородского апатит-ильменитового месторождения в Житомирской области Украины // Сб. тр. Междунар. конф. "Ti-2013 в СНГ" (Донецк, 26—29 мая 2013 г.). — Киев, 2013. — С. 77—82.
6. *Металічні і неметалічні корисні копалини України : у 2 т., Т. 1. : Металічні корисні копалини / Д.С. Гурський, К.Є. Єсіпчук, В.І. Калінін, Є.О. Куліш, С.В. Нечаєв, Ю.І. Третьяков, В.О. Шумлянський / Наук. ред. М.П. Щербак, О.Б. Бобров. — Київ-Львів : Центр Європи, 2006. — 740 с.*
7. *Іванов В.В.* Экологическая геохимия элементов. В 6 кн. — М. : Экология, 1996. — Кн. 4. — 407 с.
8. *Національний атлас України / Гол. ред. Л.Г. Руденко. — К. : ДНВП "Картографія", 2007. — 440 с.*
9. *Цымбал С.Н., Полканов Ю.А.* Минералогия титано-циркониевых россыпей Украины. — Киев : Наук. думка, 1975. — 348 с.

Надійшла 01.03.2016

REFERENCES

1. *Alemasova, A.S., Rokun, A.N. and Shevchuk, I.A. (2003), Analiticheskaya atomno-absorbtsionnaya spektroskopiya, Ucheb. posob., Yeber, Donetsk, 327 p.*
2. *Arinushkina, Ye.V. (1970), Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv, Izd-vo Moscow Univ., Moscow, 487 p.*
3. *Galets'kii, L.S. and Remezova, E.A. (2011), Geol. Journ., Kyiv, Ukraine, No 3, pp. 66-72.*
4. *Galets'kii, L.S. and Remezova, E.A. (2013), Sb. trudov Mezhdunar. konf. "Ti-2013 v SNH", Donetsk, 2013, May, 26-29, Kiev, pp. 7-11.*
5. *Galets'kii, L.S., Chernykh, A.D. and Remezova, E.A. (2013), Sb. trudov Mezhdunar. konf. "Ti-2013 v SNH", Donetsk, 2013, May, 26-29, Kiev, pp. 77-82.*
6. *Gurs'kii, D.S., Yesipchuk, K.Yu., Kalinin, V.I., Kulish, Ye.O., Nechayev, S.V., Tretyakov, Yu.I. and Shumlyans'kii, V.O. (2006), Metalichni i nemetalichni korisny kopaliny Ukrainy, V 2 t., T. 1, Metalichni korisni kopaliny, in Shcherbak, M.P. and Bobrov, O.B. (eds), Tsentr Evropy, Kyiv-L'viv, Ukraine, 740 p.*
7. *Ivanov, V.V. (1996), Ekologicheskaya heokhimiya elementov, V 6 t., T. 4, Ekologiya, Moscow, 407 p.*
8. *Rudenko, L.G. (ed.) (2007), Natsionalnyi atlas Ukrainy, DNVP, Kartohrafiya, Kyiv, 440 p.*
9. *Tsymbal, S.N. and Polkanov, Yu.A. (1975), Mineralohiia titan-tirkonievyykh rossypei Ukrainy, Naukova dumka, Kiev, 348 p.*

Received 01.03.2016

М.В. Язвинская

Издательский дом "Академперіодика" НАН України
01604, г. Киев, Украина, ул. Терещенковская, 4
E-mail: Yazvynska@nas.gov.ua

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНЫХ
ОТЛОЖЕНИЙ ТЕРРИТОРИИ СТРЕМИГОРОДСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Изложены результаты исследования содержания сопутствующих микроэлементов в поверхностных отложениях Стремигородского титанового месторождения с целью их эколого-геохимической оценки. Стремигородское месторождение — типичный пример коренного магматического месторождения. Определен химический состав коренных пород и перекрывающих их пород осадочного комплекса. Выполнено их сравнение по содержанию рудного (титана) и аксессуарных элементов как территориально, так и по разрезу. Сравнение химического состава исследуемых горных пород коренного месторождения ильменита с данными других авторов показало, что особенность пород месторождения заключается в повышенном содержании большинства исследуемых компонентов. Район распространения титанового месторождения характеризуется значительным превышением валового содержания сопутствующих титановому месторождению химических элементов в поверхностных отложениях. Сравнительная характеристика двух исследуемых участков — "условно безрудном" и Стремигородского месторождения на территории исследований дала возможность определения природного воздействия титановых месторождений на формирование химического состава почв и антропогенного вклада в формирование аномальных полей в процессе будущей разработки месторождения. Рассчитаны показатели экологической опасности поверхностных отложений территории Стремигородского месторождения, по которым установлено от-

существование опасности в эколого-геохимическом плане при наличии титанового месторождения в породах. С целью установления эколого-геохимической оценки поверхностных отложений по содержанию микроэлементов рассчитаны показатели по степени экологической безопасности — Кс (относительно фоновое содержание), КК (относительно кларка литосферы) на двух исследуемых участках — "условно безрудном" и Стремигородского месторождения. Установлено, что элементы-концентраторы в поверхностных отложениях — Ni, Co, Cr, Cu, рассеивающиеся элементы — Mn, V, Pb, Zn, Ti; Кс всех элементов не превышает 2. Сделан вывод, что поверхностные отложения территории можно считать "условно чистыми" по всем показателям экологической опасности.

Ключевые слова: химические микроэлементы, Стремигородское коренное титановое месторождение, ильменит, поверхностные отложения, сопутствующие элементы, фоновый участок, участок месторождения.

M.V. Yazvynska

Publishing House "Academperiodyka" of the NAS of Ukraine
4, Tereshchenkivska Str., Kyiv, Ukraine, 01604
E-mail: Yazvynska@nas.gov.ua

ECOLOGO-GEOCHEMICAL EVALUATION OF SURFACE DEPOSITS IN STREMYGOROD DEPOSIT TERRITORY

Results of research of the content of microelements accompanying titanium deposit in surface sediments of Stremygorod deposit for their ecological and geochemical evaluation are presented in the article. The Stremygorod deposit is a typical example of a primary magmatic deposit. It has been compared as to the chemical composition of the studied rocks from primary ilmenite deposit with total composition according to various authors' data. Chemical composition of bedrocks, overlying sedimentary rocks was determined, their comparison by the content of the ore (titanium) and accessory elements both territorially and in the section was made. The comparison of chemical composition of the studied rocks of primary ilmenite deposit with different authors' data has showed that the increased amount of most of the studied elements is the feature of rocks of the deposit. The comparison showed that olivine-pyroxene gabbro has a high content of most of studied elements. The area of titanium deposit is characterized by a significant excess in total amount of chemical elements that accompany titanium deposits in surface sediments. The background field and Stremygorod deposit were compared in the research area. It allowed the authors to determine the influence of natural titanium deposits on the formation of chemical composition of soil as well as to determine the anthropogenic contribution to the formation of abnormal fields in the future development of the deposit. Indicators of environmental hazard of surface sediments in the territory Stremygorod field were calculated, which have shown that titanium availability in rocks is safe in terms of ecology and geochemistry. In order to make ecological and geochemical evaluation of surface deposits as to the content of microelements the indicators for the degree of environmental safety — Кс (relative to the background content) of the (КК) Criminal Code (relative to Clark lithosphere) were calculated at two sites — "relatively barren" and Stremygorod deposit. It has been established that the elements-concentrators in the surface sediments are Ni, Co, Cr, Cu, elements that are scattered, — Mn, V, Pb, Zn, Ti; Кс does not exceed 2 in all elements. It has been concluded that the territory surface sediments can be considered "relatively clean" by all indicators of environmental hazards.

Keywords: chemical microelements, Stremygorod primary titanium deposit, ilmenite, surface sediments, accompanying elements, background area, titanium deposit.