

## Комплексні геохімічні критерії виявлення тектонічних зон, перспективних на пошуки молібденових рудопроявів Волинського мегаблоку

Жовинський Е.Я.<sup>1</sup>, Крюченко Н.О.<sup>1</sup>, Кондратенко П.А.<sup>2</sup>, Жук О.А.<sup>1</sup>, Слободенюк Т.М.<sup>1</sup>, Дмитренко К.Е.<sup>1</sup>

1 – Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, Київ, Україна;

2 – Житомирська геологічна експедиція, Нова Борова, Україна

Геохімічні роботи, проведені в межах рудопроявів молібденового зруденіння Ясинець і Прилуки, дозволили встановити комплексні геохімічні критерії виявлення тектонічних зон, перспективних на пошуки молібденових рудопроявів Волинського мегаблоку. Встановлена можливість геохімічних пошуків молібденового зруденіння за первинними та вторинними ореолами розсіяння хімічних елементів: виділення рудоносних порід можливо здійснювати за первинними ореолами за мультиплікативним коефіцієнтом  $Mo \times Ag \times W \times Bi \times Li \times Cu$ . Виявлення молібденового зруденіння є можливим також за результатами визначення у ґрунтових відкладах вмісту такої асоціації елементів – W, Ag, Mo (визначення валового вмісту) та Cu (за вмістом рухомих форм). Найбільш ефективним під час дослідження ґрунтових відкладів є використання мультиплікативного коефіцієнту –  $Mo \times W \times Ag \times Cu$ .

**Вступ.** Молібден представлений 24 мінеральними видами. Серед них п'ять сульфідів, у тому числі молібденіт ( $MoS_2$ ), селенід, три оксиди, два гідроксиди, і тринадцять молібденатів, в яких молібден асоціює з U, Ca, Pb, As та Fe. Крім молібденіту, який є головним мінералом ендегенних молібденових руд, поширені вульфеніт  $PbMoO_4$ , а також повеліт  $CaMoO_4$  – у зоні окиснення різних типів родовищ. При пошукових роботах з метою встановлення зруденіння важливою характеристикою є розчинність сполук. На рис. 1 приведено графік розчинності молібдатів у воді за температури 20 – 25 °C [3, 9]. Найбільш розчинною сполукою є молібдат магнію, найменш розчинною – молібдат барію.

З відомих мінералів молібдену найістотніше промислове значення дотепер має молібденіт ( $MoS_2$ ). Найважливіше джерело отримання молібдену – мідно-молібденові руди, де молібденіт поєднується з сульфідами міді і заліза.

На території України поки відсутні розвідані родовища молібдену, хоча численні точки мінералізації і наявність рудопроявів свідчать про значну перспективність на цей метал Волинського мегаблоку Українського щита [10, 11, 13].

Вивченню території Волинського мегаблоку на прояви молібдену передували спеціалізовані роботи на олово, виконані в 1953 р. експедицією Главолowo "Минцветметал" та пошукові роботи на рідкісні метали, проведені Житомирською ГРЕ (С.І. Гурвич, 1955) [16].

За результатами цих робіт були виявлені рудопрояви радіоактивних металів і каситериту, виділена високо перспективна на рідкісні метали Суцано-Пержанська тектоно-метасоматична зона. Встановлено значну кількість точок мінералізації молібденіту і навіть жильні його прояви, приурочені до рідкіснометалевих метасоматитів [10]. Проте, ці знахідки мають лише мінерало-

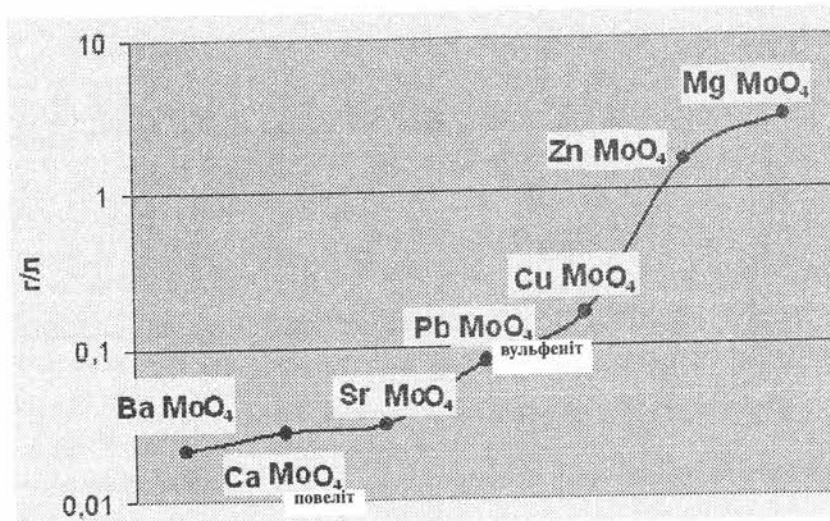


Рис. 1. Розчинність молибдату в воді, температура 20–25 °C

гічну цінність. Більш практичне значення мають аномальні концентрації молибдену в межах Ястребецького цирконій-рідкісноземельного рудопрояву однойменного масиву сієнітів [12].

Пошуки молибдену за вторинними ореолами розсіювання є важливою задачею, оскільки молибден – малорухомий елемент і у сольових ореолах вміст його фіксується у мінімальній кількості. Тому метою нашого дослідження є встановлення геохімічних критеріїв виявлення молибденових рудопроявів.

**Методика досліджень.** Проведено опробування кристалічних порід (граніти біотитові), кори вивітрювання та відібрані зразки ґрунту (представлений дерново-підзолистими різновидами). З одержаного матеріалу відбирали наважку для проведення спектрального аналізу на 38 елементів.

Для виділення з ґрунтів легкорозчинного Мо використовували стандартну методику [3].

Моделювання рівноважного стану молибдену у багатокомпонентних системах виконано за допомогою програми PHREEQC. У розрахунках використано значення вільної енергії іонів і нейтральних молекул у розчинах, без врахування органічних сполук [8]. Для зіставлення результатів у термодинаміці використовують стандартний стан, під яким розуміють параметри і стани речовин за їх активностей, рівних одиниці,  $P = 0,1$  МПа і  $T = 25$  °C.

**Геологічне положення та молибденоносність району досліджень.** У межах мегаблоку виявлено розривні порушення, області перетину регіональних розломів з дрібними тектонічними порушеннями північно-східного напрямку. Сучасні тектонічні проникні зони з інтенсивною тріщинуватістю і катаклизом гранітоїдів мають потужність 20–70 м [4]. Утворення цієї тріщинуватості пов'язано з фанерозойськими ендегенними процесами і неотектонікою.

Молибденове зруденіння пов'язано з рідкіснометалевими гранітами, пегматитами, лужними метасоматитами, грейзенами і скарнами. Породи формації лейкократових гранітів середнього протерозою на території Волинського мегаблоку найбільш перспективні на рудоносність. Найменший вміст молибдену (до 1 г/т) мають лейкократові граніти, а найвищий (2 г/т) – граносієніти [15]. Ці породи – типові представники інтрузій малих глибин і порівняно з іншими породами містять помітно більше легких сполук, відрізняються добре вираженою зональністю, підкресленою не тільки зміною характеру структур, але і кількісними співвідношеннями, як головних мінералів, так і акцесорних. В акцесорних мінералах рудоносних гранітоїдів найбільший вміст молибдену встановлено у рутилі – 183 г/т, найменший – в епідоті – 2 г/т (рис. 2) [9, 15].

Всі родовища, з якими пов'язані промислові концентрації молибдену, розподілені на три рудні формації: мідно-молибденову, молибденову і вольфрам-молибденову. Кожна з них має характерні закономірності розміщення у структурах земної кори та особливості речовинного складу руд.

У північно-західній частині Волинського мегаблоку встановлено декілька рудопроявів молибдену [7] – Віровський, Вербинський, Ясногірський і Томашгородський, Пержанський, Коростенський (рис. 3). Основні характеристики деяких рудопроявів представлено у табл. 1.

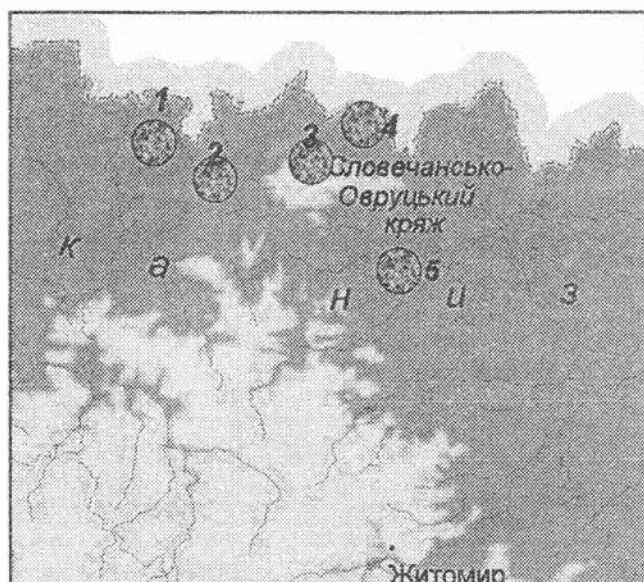


Рис. 2. Схема розташування рудопроявів молібдену на території Волинського мегаблоку: 1 – Віровський, 2 – Вербинський, 3 – Ясногірський і Томашгородський, 4 – Пержанський, 5 – Коростенський

У Віровському рудопрояві молібденіт спостерігається у вигляді рівномірної вкрапленості у дрібно-середньозернистих порфіроподібних кварцових монцонітах. Збагачені молібденітом кварцові монцоніти відрізняються від інших гранітоїдів більш високим вмістом лугів, особливо калію (до 10 %). У вкрапленій руді вміст Мо – 0,38 % [7]. Найбільш низьким вмістом вольфраму (0,017 %) характеризується молібденіт із кварцових монцонітів, а найбільш високим (0,32 %) – із кварцового прожилка.

У розвитку рудоутворювального процесу на Вербинському рудопрояві можна виділити три основні стадії, з якими пов'язане накопичення рудних елементів: I – кварц-польовошпатовий метасоматоз (Sn, Nb, Ta, W); II – грейзенізація (Mo, W); III – рекристалізація і формування пізніх кварц-сульфідних прожилків (Mo, Bi, Cu, Zn, Pb). У молібденіті виявлені домішки, %: заліза (до

0,34), міді (до 0,3), цинку (0,02–30), свинцю (0,03–0,5), вольфраму (0,03), ренію (0,02–0,07), а також срібла (1–250 г/т) [3, 15].

У Пержанському рудопрояві молібденіт спостерігається у кварцовій жилі північно-східного простягання, де виявлено сульфідну мінералізацію свинцю, міді і цинку. Найбільший вміст вольфраму встановлено у молібденіті з кварцового прожилка [8].

Молібденова мінералізація у Ярошівському рудопрояві встановлена у аплітоїдних гранітах (зустрічаються домішки ренію).

Загалом, надійною пошуковою ознакою молібденового зруденіння у рудоносних гранітах є підвищений вміст вісмуту, цинку, срібла, олова, галію, фтору, збіднення їх на скандій, стронцій, титан, марганець, кобальт, нікель, фосфор [10].

У рудоносних метасоматитах встановлено однотипні елементні асоціації рідкісних металів та високо контрастні геохімічні аномалії (Nb, Ta, Be, Zr, TR, Hf, Li, Rb, Cs, Sn, Mo, W, Cu, Ga, Pb, Ge, F, P). Максимальний вміст молібдену в метасоматитах (до 2,7 %) відмічено у зонах тріщинуватості та розсланцювання, і у кварцових жилах [10].

Як було відмічено [12, 16], накопичення рідкісних і розсіяних елементів, в тому числі і молібдену, в породоутворювальних мінералах у напрямку від незмінних гранітів до метасоматитів, вказує на їх рудогенну здатність і слугує важливим критерієм молібденового зруденіння.

Таблиця 1. Характеристика деяких рудопроявів молібдену Волинського мегаблоку

Назва рудопрояву	Мінерально-геохімічні особливості руд	Головні рудоутворювальні мінерали	Вміст корисних компонентів у руді	Структурно-морфологічний тип рудних тіл	Вмісні породи
Віровський	Молібденові	молібденіт	Mo – 0,38 %; W – 0,017–0,32 %	Лусочки розміром 0,6x0,8 мм, їхні скупчення 6–8 мм	Вкрапленість у середньозернистих порфіроподібних монацитах
Вербинський	Мідно-молібденові	молібденіт	Mo – 0,01 %; Cu, W, Sn, Au, Bi	Жило-, лінзоподібні тіла	Кварц-мусковітові грейзени
Ярошівський	Молібденові	молібденіт	Mo до 10 г/т	Дрібна вкрапленість	Аплітоїдні граніти

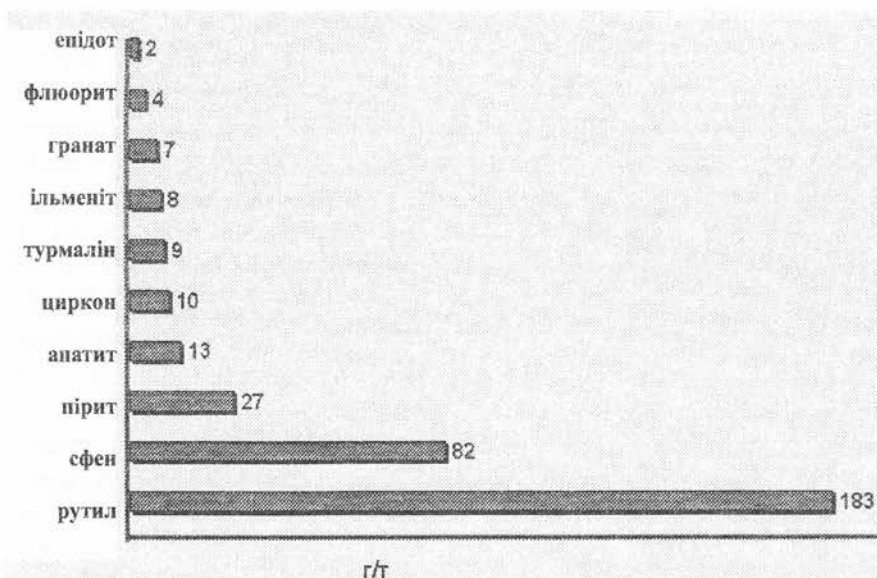


Рис. 3. Вміст молібдену в акцесорних мінералах рудоносних гранітоїдів

Для встановлення молібденового зруденіння на території Волинського мегаблоку особливу увагу слід приділяти тектонічним структурам, що контролюють рудоносні магматичні формації [1, 2]. В більшості випадків спостерігається розміщення родовищ молібдену в зонах глибинних розломів, тріщинуватості, катаклазу, мілонітизації і брекчіювання.

**Геохімічна поведінка молібдену у зоні гіпергенезу.** Вміст молібдену в ґрунтах зазвичай близький до значення його концентрації в материнських породах.

У зоні гіпергенезу молібденіт достатньо легко піддається хімічній зміні з утворенням рухомих солей. Над крупними молібденовими і мідно-молібденовими родовищами у пухких продуктах вивітрювання утворюються геохімічні аномалії, в яких вміст молібдену досягає 0,1 % [7].

Для встановлення рудної зони за вторинними ореолами велике значення має вертикальна міграція елементів, що відбувається під впливом вирівнювання градієнтів концентрацій, тиску, температури. Процесами міграції є дифузія і висхідна міграція підземних вод по тектонічних розломах і зонах активізації [14].

На формування вторинних ореолів впливає також характер порід кристалічного фундаменту, ґрунтоутворювальних процесів і рослинного покриву, кліматичні умови, стійкість мінералого-геохімічних утворень у зоні гіпергенезу, потужність і генезис осадового чохла та ін. Осадження і закріплення рудних елементів на поверхні є результатом вибіркової поглинальної здатності ґрунтово-рослинних комплексів.

Ґрунти, розвинуті на гранітних породах і сланцях, містять підвищену кількість молібдену. Окиснювальні умови сприяють накопиченню катіоногенних елементів змінної валентності (Fe, Mn, Co) і збільшенню розчинності аніоногенних (V, Mo, Se, S, U, Re). У безкисневих глейових умовах збільшується швидкість розкладання мінеральної частини ґрунтів: алюмо- і ферросилікатів; збільшується міграційна здатність катіоногенних і зменшується – аніоногенних елементів. У відновних сірководневих умовах  $H_2S$  вступає в реакцію з металами, зазвичай спричиняючи їх осадження з розчинів [6].

**Форми міграції молібдену.** Природні системи – найскладніші багатоконпонентні системи. У них відбуваються різноманітні фізико-хімічні процеси, існують одночасно декілька хімічних форм кожного з елементів. Інтенсивність міграції хімічного елемента, що утворює ореоли розсіяння в зоні гіпергенезу, залежить від його форми знаходження. При цьому, перебуваючи в одному і тому ж стані, елемент за одних умов може бути рухомих, за інших – інертним [8].

Концентрація іонів водню (рН) характеризує кислотність / лужність середовища і, у багатьох випадках, контролює осадження з розчинів хімічних сполук і коагуляцію колоїдів. Зі збільшенням концентрації іонів водню (кисле середовище) зменшується катіонообмінна місткість і підвищується аніонообмінна. Зміна концентрації іонів водню впливає на рухомість

багатьох металів. Більшість з них, розчиняючись у кислих розчинах, утворюють катіони, але зі зростанням рН випадають в осад у формі гідрооксидів або основних солей [5].

Певну роль у накопиченні молібдену у поверхневих відкладах відіграє також диференціальна адсорбція його водними оксидами заліза, алюмінію і марганцю [5]. Всі ці процеси багато в чому залежать від рН і Eh середовища, і тому поведінка молібдену під час вивітрювання мало передбачувана.

Нами було проведено моделювання форм знаходження молібдену за рН ґрунтового розчину від 3 до 9 (рис. 4). Встановлено, що за низьких значень рН – від 3 до 5, переважна форма міграції молібдену –  $\text{HMoO}_4^-$ , за рН 5,5–6,5 одночасно у розчині присутні форми  $\text{HMoO}_4^-$  і  $\text{MoO}_4^{2-}$ , за нейтральних і лужних рН 6,5–9,0 основною формою міграції є  $\text{MoO}_4^{2-}$ .

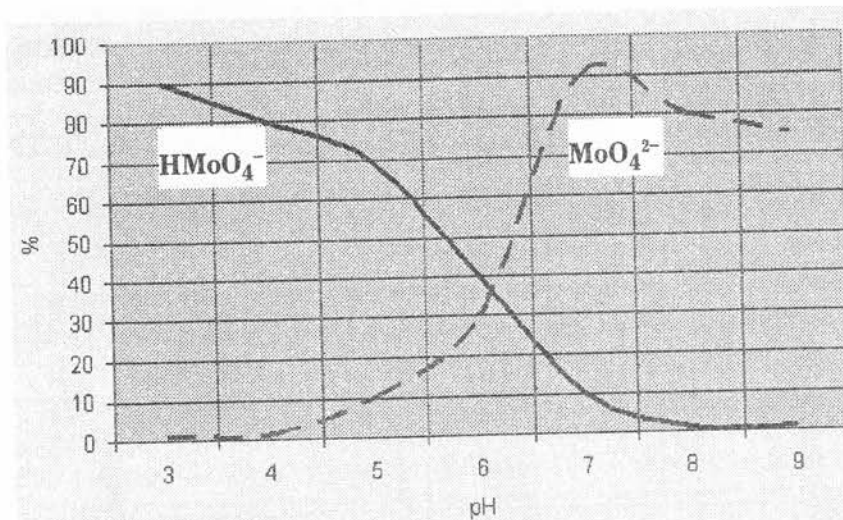


Рис. 4. Вміст основних форм молібдену у ґрунтових розчинах з різними значеннями рН

цитолітами з тонкою вкрапленістю молібденіту і топаз-цинвальдитовими грейзенами з гніздами крупнокристалічного молібденіту. Форма рудних тіл жиллоподібна, переважно мають круте падіння. У рудопрояві широко розвинені лужні метасоматити, що асоціюють з пегматитами і грейзенами. Серед метасоматитів переважають альбіт-кварц-мікроклін-пертитові різновиди, різною мірою грейзенізовані, звичайно з флюоритом, циртолітом, рудними мінералами. Південніше ділянки розташований Вербинський розлом, в той час як територію досліджень перетинають менш значні розломи (рис. 6).

Геологічний розріз (рис. 6, а) складений такими породами (знизу – вгору): кристалічні породи (граніти біотитові), кора вивітрювання. Осадовий чохол представлений пісками з незначними прошарками глин, ґрунт дерново-підзолистий. Потужність осадового чохла ~ 30 м.

**Пошуки за первинними ореолами.** Роботи з пошуків молібденового зруденіння за первинними ореолами було проведено Житомирською експедицією: пробурені понад 10 свердловин та оконтурена ділянка з вмістом молібдену у корінних породах (гранітах біотитових) – 15 г/т. Власне біотитові граніти не містять молібденової мінералізації. Тому молібденоносність у цьому випадку може бути пов'язана з тектонічними порушеннями. Можна припустити, що джерелом молібдену є рудоносні розчини, які відділялися від гранітної магми у постмагматичний період.

Було встановлено фоновий та аномальний вміст хімічних елементів у первинних ореолах (табл. 2). Виявлено, що у зоні тектонічних порушень вміст молібдену складає 15 мг/кг (тоді як фоновий становить 2,5 мг/кг).

Наприклад, свердловина 42 знаходиться у зоні впливу тектонічного порушення. В результаті визначення вмісту молібдену у керні свердловини відмічено, що максимальний вміст (15–18 мг/кг) характерний для кори вивітрювання на глибині 53–60 м, менший (10–12 мг/кг) – для біотитових гранітів на глибині 70–78 м. У свердловинах 68 і 23, на породи яких не

#### Результати досліджень.

Для встановлення комплексних геохімічних критеріїв виявлення тектонічних зон, перспективних на пошуки молібденових рудопоявів, було обрано дві ділянки Ясинець і Прилуки, які знаходяться в межах Волинського мегаблоку (рис. 5).

**Ділянка Ясинець.** Рудопрояр розташований на межі Олевського й Смильчинського районів Житомирської області. Молібденова мінералізація приурочена до штокверку, представленого кварц-мусковітовими грейзенами і сери-

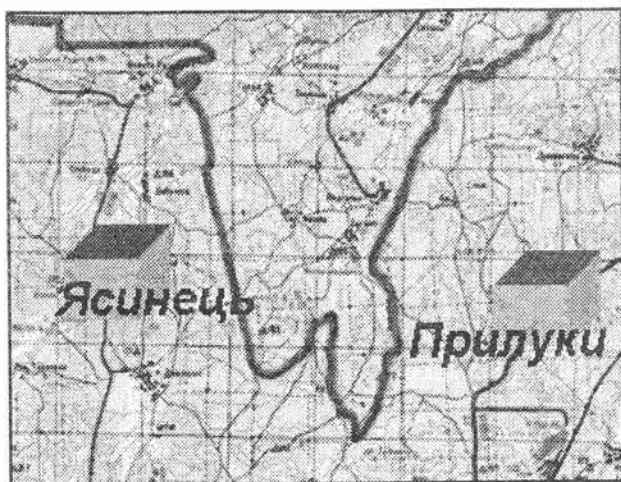


Рис. 5. Розташування ділянок досліджень

зони (рис. 7), який збігається з напрямом тектонічної зони. Тобто найбільш перспективна зона для пошуків молібденового зруденіння знаходиться на глибині – 55–75 м між св. 42 і 72 (рис. 7).

**Пошуки за вторинними ореолами.** На території ділянки було пройдено 2 профілі вхрест простягання тектонічних порушень (рис. 6, б). За даних умов (дерново-підзолистий ґрунт, висока зволоженість) найбільш достовірні відомості щодо вторинних сольових ореолів можна одержати за тонкою фракцією гумусного горизонту ґрунтів (0,1–0,15 мм), саме у ній буде максимальною концентрація елементів у сольовій формі. З цієї глибини відібрано 60 проб ґрунту та проведено визначення валового вмісту (38 хімічних елементів) та вмісту рухомих форм Cu, Zn, Ni, Co, Fe, Pb, а також рН, NO<sub>3</sub>, F, завдяки чому встановлено фоновий та аномальний вміст елементів (табл. 2).

У ґрунтах фоновий вміст молібдену складає 0,9 мг/кг, у зоні тектонічного порушення перевищення майже у 10 разів – 8 мг/кг (табл. 2). Проте, вміст молібдену у сольових ореолах не дає чіткого уявлення щодо рудоносної зони (рис. 7). З застосуванням математичних статистичних методів визначено найбільш цінні парагенетичні асоціації елементів. Встановлено, що з молібденом асоціюють і корелюють вольфрам, срібло та мідь, але не валовий вміст міді, а вміст її рухомих форм. Останнє можна пояснити найбільшою рухомістю міді у кислих ґрунтових розчинах (рН в даних умовах складає від 4 до 6,3).

впливають тектонічні порушення, вміст молібдену у корі вивітряння та біотитових гранітах складає від 3 до 5 мг/кг.

Рудні аномалії характеризуються поєднанням елементів з різною здатністю до водної міграції в гіпергенних умовах, активних мігрантів у різних окиснювально-відновних умовах – Zn, Cu, Ni, Co, Ag, Mo, V, Li, Rb, Cs, з малорухомими – Zr, Nb, Ta, W, Ti, Cr, Bi, La.

Завдяки встановленню кореляційних зв'язків між елементами у первинних ореолах відмічено, що в зоні тектонічних порушень найбільш пов'язані між собою Mo, Ag, W, Bi, Li, Cu. Внаслідок побудови карти за мультиплікативним коефіцієнтом  $Mo \times Ag \times W \times Bi \times Li \times Cu$  виявлено північно-східний напрям рудної

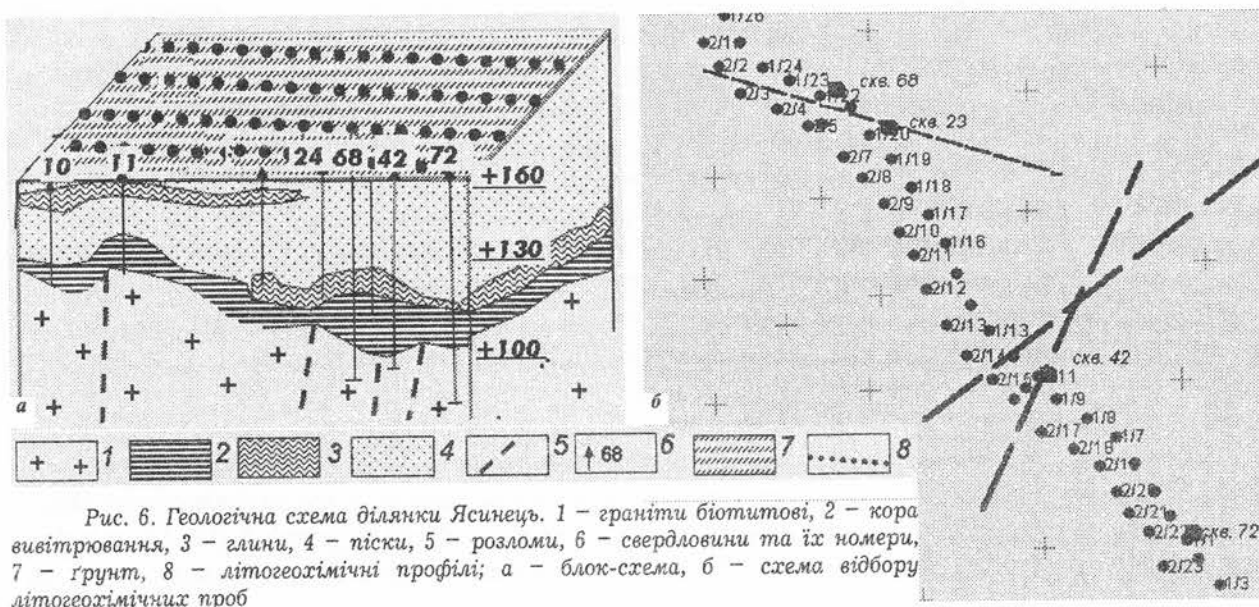


Рис. 6. Геологічна схема ділянки Ясінець. 1 – граніти біотитові, 2 – кора вивітряння, 3 – глини, 4 – піски, 5 – розломи, 6 – свердловини та їх номери, 7 – ґрунт, 8 – літогеохімічні профілі; а – блок-схема, б – схема відбору літогеохімічних проб

Таблиця 2. Вміст хімічних елементів у кристалічних породах та ґрунтах, мг/кг

Елемент	Біотитові граніти		Ґрунт, вміст			
			Валовий		Рухомих форм	
	1	2	1	2	1	2
Ba	300,0–800,0	250,0–600,0	50,0–90,0	50,0–90,0	–	–
	600	600	50	50		
Be	2,0–12,0	2,5–400	0,7–0,9	0,7–0,9	–	–
	2,5	4	0,7	0,7		
Pb	4,0–150,0	0,8–50	1,0–3,0	1,0–3,0	2,2–32,0	–
	25	5	1	1	4	
Sn	1,2–10,0	1,5–8,0	2,0–10,0	2,0–10,0	–	–
	4	3	3	3		
Ti	101,0–6000,0	1000,0–10000,0	200,0–2000,0	300,0–800,0	–	–
	2250	2000	500	600		
W	2,5–600,0	2,5–50,0	7,0–10,0	7,0–10,0	–	–
	2,5	2,5	7	7		
Mn	20,0–500,0	20,0–400,0	50,0–3000,0	20,0–200,0	–	–
	200	50	175	80		
Nb	4,0–60,0	15,0–100,0	2,0–5,0	2,0–4,0	–	–
	25	30	3	3		
Ga	1,5–40,0	5,0–30,0	0,7–3,0	0,9–4,0	–	–
	20	15	2	2		
Cr	5,0–800,0	5,0–600,0	5,0–99,0	4,0–20,0	–	–
	135	5	9	10		
Ni	2,5–80,0	1,0–30,0	3,0–3000,0	3,0–100,0	0,3–3,0	0,5–5,4
	10	2	7	8	0,5	0,9
Bi	1,0–8,0	1,0–1,5	0,9–3,0	0,9–5,0	–	–
	1	1,5	1	1		
Co	0,8–20,0	0,8–8,0	5,0–20,0	4,0–8,0	0,2–1,4	0,4–3,2
	1,2	1	6	6	0,5	0,6
Mo	0,8–15,0	0,6–15,0	0,9–8,0	0,9–1,0	–	–
	2,5	1,5	0,9	0,9		
V	1,0–20,0	2,0–40,0	5,0–101,0	5,0–20,0	–	–
	3	3	6	8		
Cu	5,0–1100,0	6,0–40,0	5,0–200,0	4,0–30,0	0,3–1,3	0,4–2,8
	15	15	10	10	0,5	0,8
Zn	20,0–2000,0	20,0–500,0	25,0–60,0	25,0–25,0	0,2–5,6	0,3–25,0
	110	100	25	25	0,7	4
Zr	80,0–3000,0	150,0–6000,0	40,0–300,0	60,0–100,0	–	–
	200	400	101	80		
Ag	0,02–101,00	0,0–0,5	0,70–1,00	0,7–1,0	–	–
	0,05	0,1	0,9	0,9		
Au	8,0–8,0	8,0–8,0	–	–	–	–
	8	8				
Li	2,0–80,0	7,0–30,0	10,0–30,0	10,0–30,0	–	–
	12	10	20	20		

Примітка. У чисельнику – мінімальний і максимальний вміст; у знаменнику – фоновий; "–" – не визначено.  
Ділянки: 1 – Ясинець, 2 – Прилуки

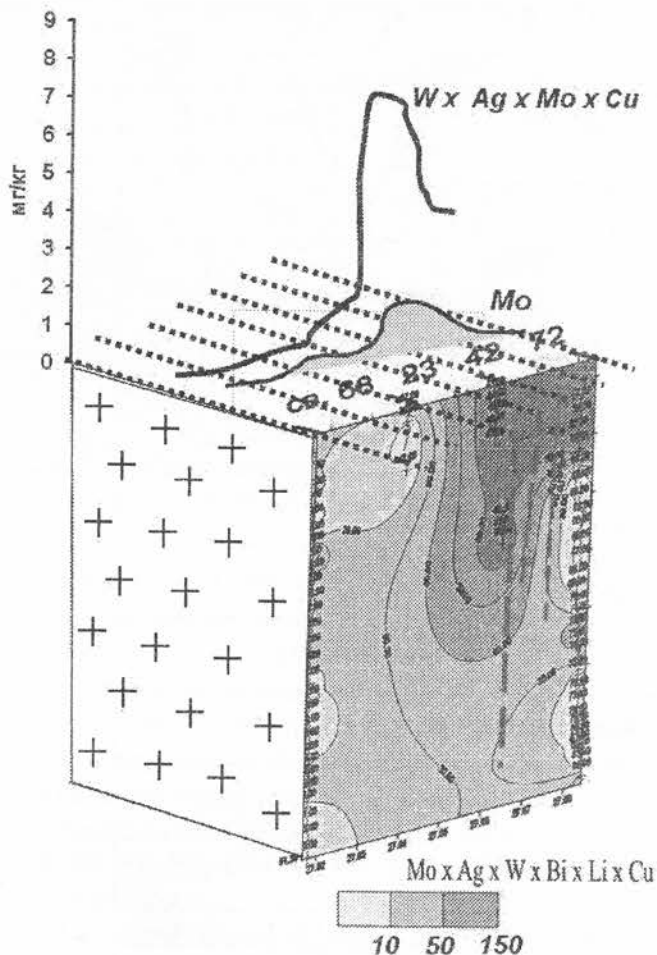


Рис. 7. Розподіл елементів-індикаторів молібденового зруденіння у первинних та вторинних ореолах розсіювання ділянки Ясинець

чення на 38 елементів і встановлено мінімальний, максимальний та фоновий їх вміст (табл. 2). За результатами статистичної обробки даних встановлено кореляційні зв'язки молібдену з іншими елементами. Найбільший зв'язок ( $> 0,7$ ) спостерігається з вольфрамом, сріблом, вісмутом, літєм і міддю.

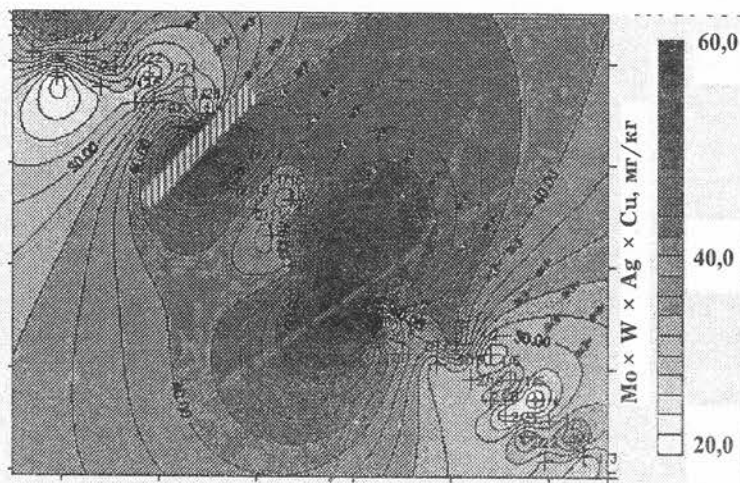


Рис. 8. Схема ізоліній концентрації рухомих форм за мультиплікативним коефіцієнтом  $- W \times Ag \times Mo \times Cu$  у ґрунтах ділянки Ясинець

Кореляційні зв'язки молібдену за вмістом найбільш сильні ( $> 0,7$ ) з вольфрамом та сріблом (валовий вміст), а також міддю (рухомі форми).

За мультиплікативним коефіцієнтом  $Mo \times W \times Ag \times Cu$  побудовано схему ізоліній концентрації у сольовому ореолі, за аномальними значеннями яких встановлюється рудна зона (рис. 8). З рис. 8 видно, що рудна зона співпадає з зоною тектонічних порушень.

**Ділянка Прилуки.** Ділянка рудопрояву розташована в 50 км на схід від ділянки Ясинець. Рудопрояр лежить у межах Прилуцького розлому (рис. 9, а). Масив складений біотитовими гранітами, хоча присутні андезити-базальти і метапісковики.

Молібденова мінералізація приурочена до штокверку, представленого кварц-мусковітовими грейзенами і серицитолітами з тонкою вкрапленістю молібденіту. Осадкові породи представлені перешаруванням глини та піску (рис. 9, б). Потужність осадового чохла  $\sim 40$  м.

На території досліджень проведено аналіз вмісту хімічних елементів у первинних і вторинних ореолах з метою встановлення молібденового зруденіння.

**Пошуки за первинними ореолами.** На території досліджень пробурені понад 10 свердловин. Здійснено аналітичні визна-

чення на 38 елементів і встановлено мінімальний, максимальний та фоновий їх вміст (табл. 2). За результатами статистичної обробки даних встановлено кореляційні зв'язки молібдену з іншими елементами. Найбільший зв'язок ( $> 0,7$ ) спостерігається з вольфрамом, сріблом, вісмутом, літєм і міддю.

За св. 67, розташованою в зоні підвищеної тріщинуватості, побудовано графіки розподілу елементів у вертикальному розрізі (рис. 10). Вміст молібдену у кристалічних породах зони тріщинуватості перевищує фоновий у 10 разів (табл. 2). Ag, W, Bi, Li, Cu ведуть себе аналогічно. На глибині 112–121 м вміст елементів є максимальним.

З цього можна дійти висновку, що найбільш ефективним для встановлення зруденіння за первинними ореолами може бути мультиплікативний коефіцієнт  $Mo \times Ag \times W \times Bi \times Li \times Cu$ .



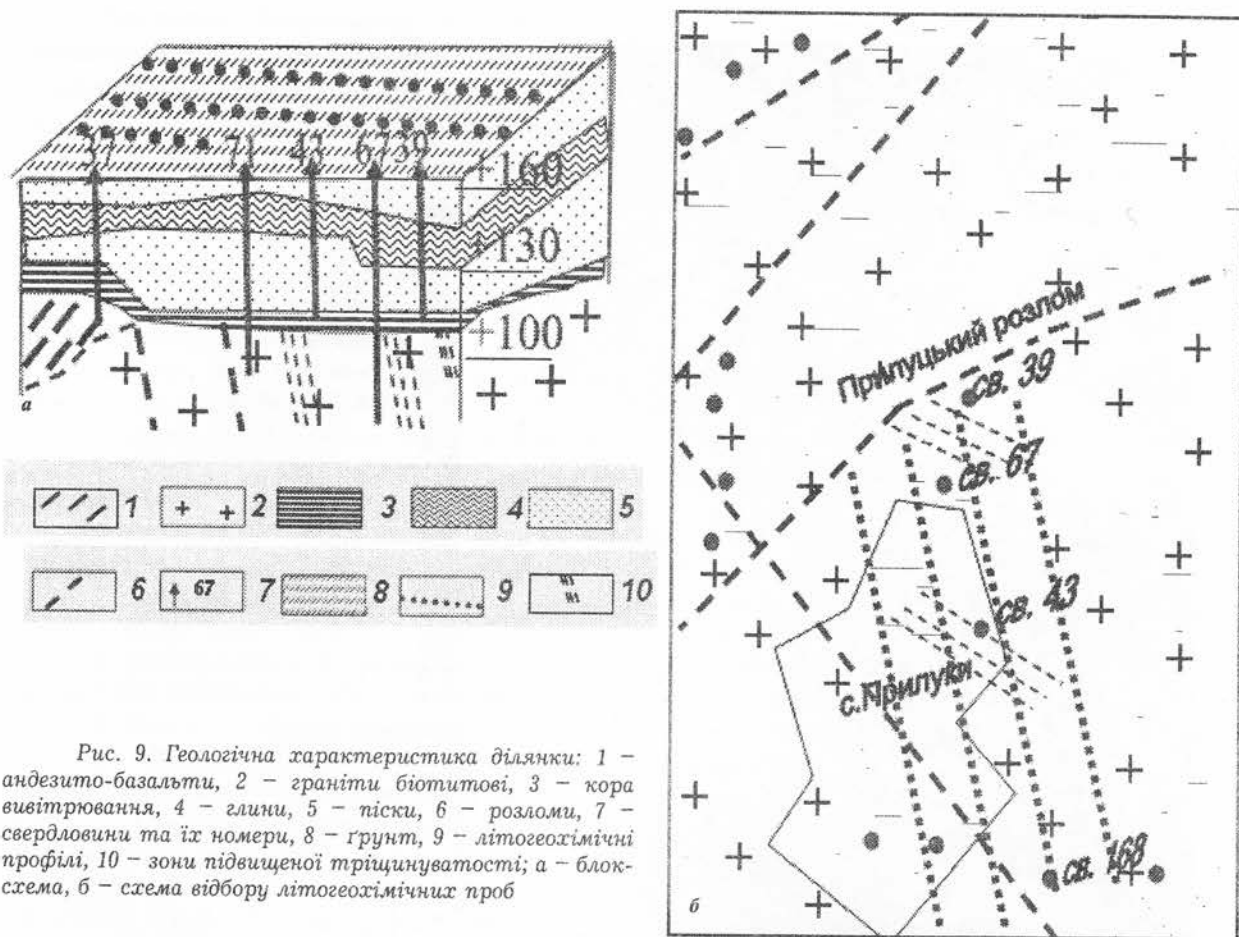


Рис. 9. Геологічна характеристика ділянки: 1 - андезито-базальти, 2 - граніти біотитові, 3 - кора вивітрювання, 4 - глини, 5 - піски, 6 - розломи, 7 - свердловини та їх номери, 8 - ґрунт, 9 - літогеохімічні профілі, 10 - зони підвищеної тріщинуватості; а - блок-схема, б - схема відбору літогеохімічних проб

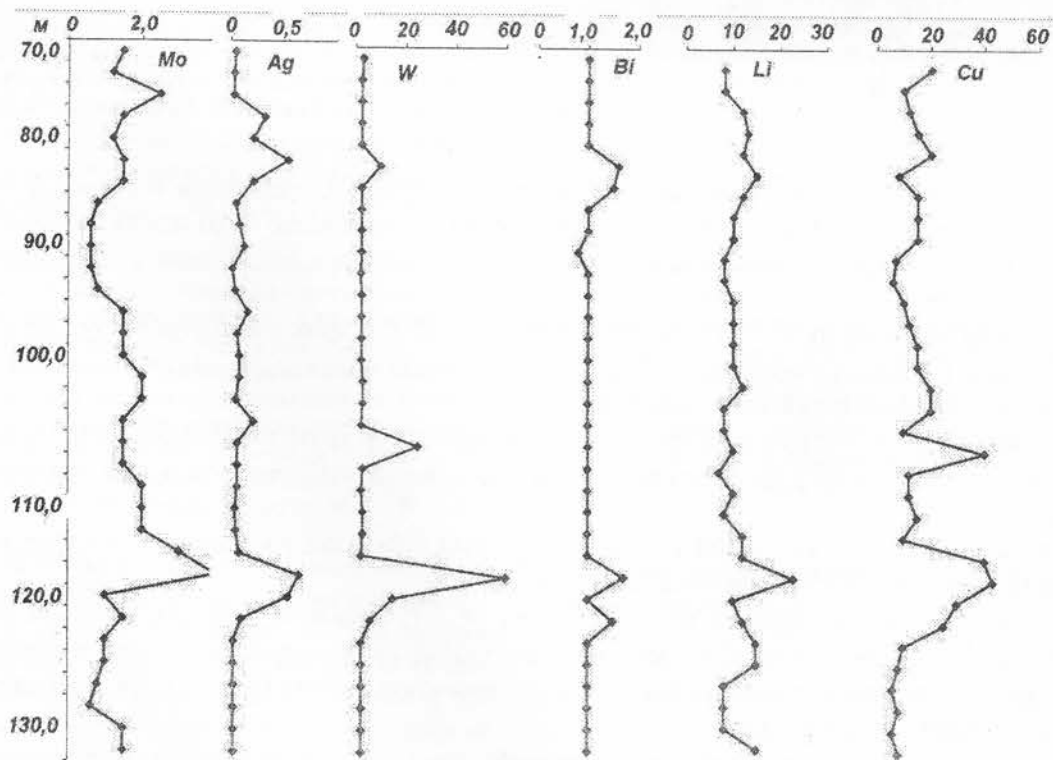


Рис. 10. Розподіл Mo, Ag, W, Bi, Li, Cu (мг/кг) у вертикальному профілі св. 67 (ділянка Прилуки)

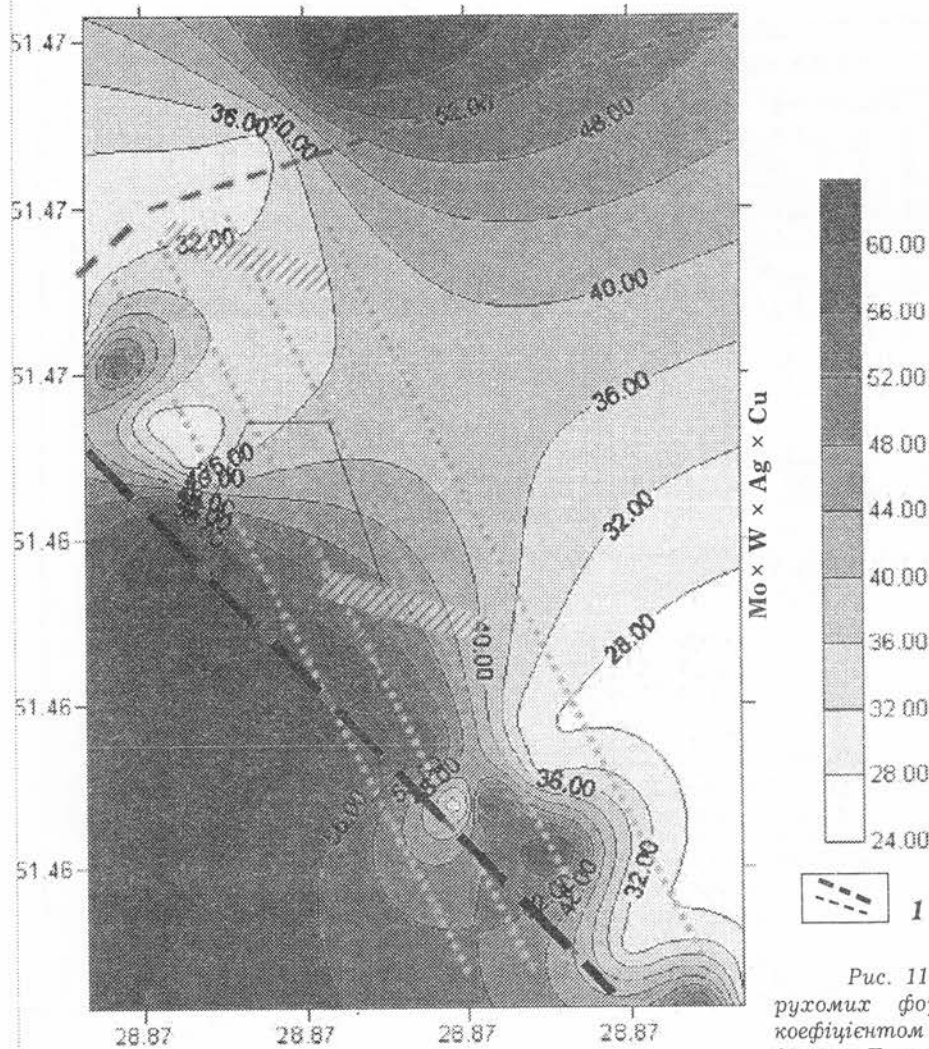


Рис. 11. Схема ізолій концентрації рухомих форм за мультиплікативним коефіцієнтом  $W \times Ag \times Mo \times Cu$  у ґрунтах ділянки Прилуки. 1 – тектонічні порушення

Пошуки за вторинними ореолами. Літогеохімічні профілі проходили близько, в деяких місцях навіть "зачіпаючи" територію с. Прилуки, через що необхідно було здійснити розбуркування проб, відібраних на "умовно чистих" та забруднених (таких, що підлягають техногенному впливові) ділянках.

Проведено визначення вмісту валового кожного із 38 хімічних елементів та рухомих форм Cu, Zn, Ni, Co, Fe, Pb, а також pH, NO<sub>3</sub>, F у поверхневих відкладах ділянки і встановлено фоновий та аномальний вміст елементів (табл. 2).

Максимальний вміст рухомих форм важких металів у ґрунтах ділянки зафіксовано на території населеного пункту (с. Прилуки), тобто підвищення відбувається в зоні техногенного навантаження.

Лише максимальний вміст міді у сольових ореолах співпадає з максимальним вмістом міді у первинних ореолах зони тектонічних порушень.

Найтісніший кореляційний зв'язок молибдену (> 0,7) виявлено з W, Ag (валовий вміст) і Cu (рухомі форми). При побудові схеми ізоконцентрацій за мультиплікативним коефіцієнтом  $Mo \times W \times Ag \times Cu$  можна встановити зону молибденового зруденіння (рис. 11). Ця зона співпадає з наявністю тектонічних порушень.

Розподіл елементів-індикаторів молибденового зруденіння у ґрунтах дає змогу зробити висновок, що найбільш перспективними для виявлення територій молибденового зруденіння є тектонічно активні зони.

**Висновки.** Встановлена можливість геохімічних пошуків молібденового зруденіння за первинними та вторинними ореолами розсіяння хімічних елементів: виділення рудоносних порід є можливим на підставі наявності первинних ореолів за мультиплікативним коефіцієнтом  $Mo \times Ag \times W \times Bi \times Li \times Cu$ . Виявлення молібденового зруденіння у ґрунтових відкладах є можливим за асоціацією елементів W, Ag, Mo (підвищений валовий вміст) та Cu (підвищений вміст рухомих форм), тобто найбільш ефективним є використання мультиплікативного коефіцієнту  $Mo \times W \times Ag \times Cu$ .

1. Алексеев В.А. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых / В.А. Алексеев, Г.В. Войткевич. – М.: Недра, 1979. – 311 с.
2. Беус А.А. Геохимические методы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых / А.А. Беус, С.В. Григорян. – М.: Недра, 1975. – 280 с.
3. Бусев А.И. Аналитическая химия молибдена / А.И. Бусев. – М.: Изд. АН СССР, 1962. – 220 с.
4. Гинтов О.Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры / Гинтов О.Б. – К.: Феникс, 2005. – 568 с.
5. Глинка Н.Л. Общая химия / Глинка Н.Л. – М.: Химия, 1964. – 688 с.
6. Григорян С.В. Рудничная геохимия / Григорян С.В. – М.: Недра, 1992. – 294 с.
7. Гурський Д.С. Металічні корисні копалини / Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. – Львів: Центр Європи, 2006. – 739 с.
8. Жовинський Е.Я. Застосування математичного моделювання геохімічного поля в пошукових цілях / Е.Я. Жовинський, Н.О. Крюченко, Н.П. Іваненко // Мінерал. журн. – 2007. – 29, № 2. – С. 83–86.
9. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов / Иванов В.В. – М.: Экология, 1997. – Т. 5 – 575 с.
10. Критерии прогнозирования месторождений Украинского щита и его обрамления [Семенов Н.П., Щербак Н.П., Сироштан Р.И. и др.] – К.: Наук. думка, 1975. – 560 с.
11. Металіди В.С. Молібденові руди України / В.С. Металіди, П.А. Кондратенко, В.А. Парфенюк // Мін. рес. України. – 1998. – № 1 – С. 10–12.
12. Минерализация олова, вольфрама и молибдена в Украинском щите / [С.В. Нечаев, С.Г. Кривдик, В.А. Семка и др.] – К.: Наук. думка, 1986. – 212 с.
13. О новом комплексном молибденовом рудопроявлении на Украинском щите [В.С. Металіди, И.П. Букович, Б.Л. Высоцкий и др.] // Геол. журн. – 1986 – 46, № 5. – С. 102–105.
14. Перельман А.И. Геохимия / А.И. Перельман – М.: Высшая школа, 1989. – 526 с.
15. Петрология, геохимия и рудоносность интрузивных гранитоидов Украинского щита / [Єсипчук К.Є., Шеремет Е.М., Зинченко О.В. и др.]; под ред. Щербакова И.Б. – К.: Наук. думка, 1990. – 235 с.
16. Справочно-информационные записки по прогнозно-металлогеническим исследованиям при геологосъемочных работах на Украинском щите / [Дерябин Н.И., Польской Ф.Р., Кальная М.М. и др.]; под ред. Галецкого Л.С. – К.: ЦТЭ, 1983. – 266 с.

**РЕЗЮМЕ.** Геохимические работы, проведенные на территории молибденовых рудопроявлений Ясинец и Прилуки, позволили установить комплексные геохимические критерии выявления тектонических зон, перспективных для поисков молибденовых рудопроявлений Вольнского мегаблока. Установлена возможность производить геохимические поиски молибденового оруденения по первичным и вторичным ореолам рассеяния химических элементов: выделении рудоносных пород по первичным ореолам по мультипликативному коэффициенту  $Mo \times Ag \times W \times Bi \times Li \times Cu$ . Выявление молибденового оруденения возможно также по результатам определения в почвенных отложениях содержания такой ассоциации элементов – W, Ag, Mo (определение валового содержания) и Cu (по содержанию подвижных форм). Наиболее эффективен в процессе исследования почвенных отложений мультипликативный коэффициент –  $Mo \times W \times Ag \times Cu$ .

**SUMMARY.** Geochemical work conducted within the ore and molybdenum ore-formation Yasynets and Priluki, identified the complex geochemical criteria for identifying tectonic zones, promising to find Volun megablock molybdenum ore. The possibility of geochemical molybdenum ore-formation searches for primary and secondary scattering halo of elements: the allocation of ore-bearing rocks can be made on the original halo for the multiplicative factor of  $Mo \times Ag \times W \times Bi \times Li \times Cu$ . Detection of molybdenum ore-formation as possible after the determination of content in soil sediments such association elements – W, Ag, Mo (definition of gross content) and Cu (the contents of mobile forms). The most effective during the investigation of soil deposits is to use multiplicative factor –  $Mo \times W \times Ag \times Cu$ .