

ГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ЛІТІЮ У СОЛЬОВИХ ОРЕОЛАХ ГЕТЕРОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ

О.А. Жук

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03680, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна*

Статтю присвячено вивченню екзогенних сольових ореолів літію природного і техногенного походження, встановлено їхні параметричні характеристики. У межах дослідної ділянки виділено 3 типи сольових ореолів.

Вступ. Вивчення екзогенних ореолів хімічних елементів та їх інтерпретація надає інформацію для вирішення задач пошукової та екологічної геохімії, що на сьогодні є актуальним.

Особливість екзогенних ореолів – це можливість їх розвитку у ґрунтових та осадових відкладах, що перекривають рудопрояви та іноді мають значну потужність. За таких умов практичного значення набуває гіпергенна рухомість хімічних елементів та їх вторинні сольові ореоли, які кореляційно пов'язані з первинними ореолами та рудами, отже є надійними їх індикаторами. Багаторічні роботи з вивчення екзогенних сольових ореолів важких металів, галогенів та інших хімічних елементів у комплексі з іншими геохімічними дослідженнями дозволяють стверджувати, що інформація щодо екзогенних сольових ореолів хімічних елементів має важливе значення для вирішення питань пошукової та екологічної геохімії.

Мета роботи – дослідити та класифікувати особливості екзогенних сольових ореолів літію на ділянках з гетерогенними джерелами надходження хімічних елементів.

Об'єкт дослідження – гірські породи та поверхневі відклади ділянки Побузька, що розташована у центральній частині УЩ (Кіровоградський блок) і приналежна до лісостепової зони.

Площа ділянки частково перекриває територію Капітанівського масиву ультрабази-

тів, складеного серпентинітами, що чергуються з прошарками чи лінзами піроксенітів, силікатно-карбонатних порід (скарнів, кальцифірів тощо) і хромітових (масивних і вкраплених) рудних тіл. Піроксеніти та їхні серпентинізовані різновиди присутні переважно у нижній частині розрізу та на флангах покладу. Базити (габроїди) тяжіють до контактних зон інтрузії. Хромітові тіла, як і силікатно-карбонатні породи, частіше наявні у середній і верхній частині розрізу. Хромітові поклади локалізовані у зонах переходу апоперидотитових серпентинітів до апопіроксенітових. Зрідка трапляються зони біотитових і вермикулітових слюдитів [16]. Серед вмисних порід виділяють амфіболіти, кристалосланці та гнейси (піроксенові й амфіболові); біотитові, силіманітові, рідше графітові гнейси; рожеві мігматити та граніти (апліт-пегматоїдні) [8]. У західній частині переважають біотитові та силіманітові гнейси, що мають з ультрабазитами тектонічний контакт, у східній – граніти, мігматити і metabазитові породи (амфіболіти, піроксенові й амфіболові гнейси).

Кора вивітрювання масиву дуже неоднорідна за складом і потужністю.

Осадові породи представлені суглинками, пісками, глинами. Середня потужність осадової покрівлі сягає 48 м.

Основні типи ґрунтів, розповсюджені на території ділянки – чорноземи типові (рН 6,7–7,5).

У південній частині досліджуваної ділянки розташований ТОВ "Побузький феронікелевий комбінат" (ПФК) – потужне гірничо-металургійне підприємство. Потужність прямої металургійної обробки становить до 1,5 млн тонн комплексних природно легованих руд, у тому числі до 100 тис. тонн феронікелю різного складу (сплаву заліза з нікелем, хромом, кремнієм, міддю тощо), а також від 7 до 20 тис. тонн чистого нікелю на рік. Серед технологічних процесів – відпалювання рудної шихти, плавлення гарячого обпалу. У якості відновника використовують звичайне вугілля [8]. Обсяг викиду полутантів у атмосферне повітря перевищує 1500 т у рік.

Надходження техногенного літію до навколишнього середовища можуть спричинити різні етапи технологічного циклу.

Методика досліджень. Для вирішення поставленої задачі проведені польові й аналітичні дослідження.

У ході польових досліджень виконано літохімічне та біохімічне опробування [12]. Зразки представлені ґрунтами, ґрунтоутворювальними породами, а також корінними породами та різними частинами рослин.

Аналітичні дослідження – визначення вмісту літію та інших хімічних елементів, проведено за допомогою комплексу методів: спектрального, полум'яної емісійної фотометрії, атомної абсорбції та ін.

Перед проведенням аналітичних вимірювань зразки піддавали хімічній обробці з метою переведення елементів, що визначаються, у розчин. Для вивчення валового вмісту хімічних елементів використовували метод кислотного розкладання [18]. Для вивчення рухомих форм наважку літохімічної проби, заздалегідь

просіяну та відквартовану, клали у стакан, заливали екстрагентом (1н НСІ) у відношенні твердої фази до рідкої як 1 : 10, струшували протягом певного часу на струшувачі "Water bath shaker type 357" і відфільтровували екстракт через фільтр "біла стрічка" у колбу.

Основний вміст елементу у витяжці під час використання методу кислотного розкладання становитиме мінеральна форма, а під час екстрагування – адсорбована.

Результати та обговорення. Особливістю поведінки літію у процесах вивітрювання та нагромадження осадків є його зв'язок з глинами, кристалічна структура яких є сприятливою для входження катіонів літію. Основні мінерали-носії літію у різних гірських породах – слюди, що під час гіпергенного перетворення переходять у глинисті мінерали [17].

Для встановлення ступеня природного надходження елементів на поверхню проведено аналіз керну порід, наявних на ділянці досліджень – кристалосланців піроксенових, гнейсів та гранітогнейсів, а також серпентинітів (табл. 1). Як видно з табл. 1, максимальний вміст літію (90 мг/кг) містять кристалосланці, мінімальний – серпентиніти (7 мг/кг).

Кореляційний аналіз показав, що зв'язок літію з іншими елементами встановлюється лише у кристалосланцях. Для них спостерігається така асоціація хімічних елементів Li–Rb–Zn–Cu–Ti.

Характер розподілу вмісту літію у кристалічних породах ілюструє рис. 1. На якому поле III відображає найбільш нерівномірний характер розподілу вмісту літію і відповідає розподілу його у кристалосланцях піроксенових. Поле I відображає найбільш рівномірний розподіл, властивий серпентинітам, поле II зай-

Таблиця 1. Вміст хімічних елементів у різних типах порід Побузької ділянки, г/т

Елемент	Кристалосланці піроксенові		Гнейси, гранітогнейси		Серпентиніти	
	min–max	med	min–max	med	min–max	med
Li	30,0–90,0	40,0	30,0–50,0	40,0	7,0–20,0	10,0
Cr	110,0–250,0	130,0	500,0–650,0	600,0	400,0–800,0	500,0
Ni	10,0–50,0	20,0	40,0–70,0	50,0	110,0–200,0	120,0
Mo	7,0–16,0	10,0	10,0–20,0	15,0	4,0–8,0	6,0
Cu	150,0–270,0	200,0	90,0–140,0	100,0	30,0–60,0	40,0
Pb	10,0–20,0	15,0	7,0–15,0	10,0	4,0–8,0	6,0
Zn	200,0–300,0	230,0	100,0–150,0	120,0	50,0–80,0	60,0
Sn	7,0–15,0	10,0	0,8–3,0	1,0	0,8–7,0	1,0
Rb	50,0–100,0	60,0	60,0–80,0	70,0	15,0–40,0	20,0
Ti	700,0–10000,0	800,0	2000,0–5000,0	3000,0	3000,0–4000,0	3500,0

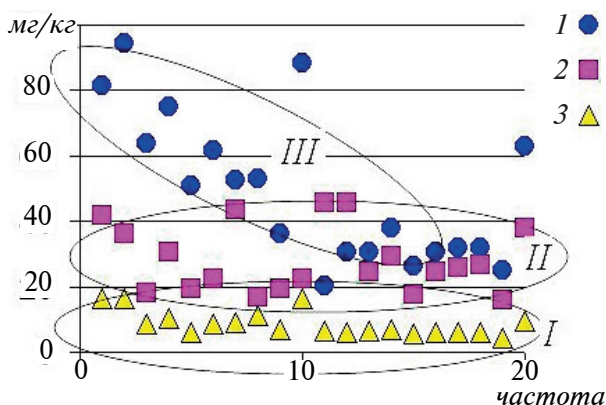


Рис. 1. Розподіл вмісту літію у породах: 1 – кристалосланці піроксенові; 2 – гнейси, граніто-гнейси; 3 – серпентиніти

має проміжну позицію та відповідає гнейсам і гранітогнейсам.

За результатами аналітичних досліджень отримані дані, щодо розподілу хімічних елементів у ґрунтах досліджуваної ділянки. Статистична обробка результатів визначення валового вмісту та вмісту рухомих форм деяких хімічних елементів наведено у табл. 2. Для порівняння вмісту літію у ґрунтах досліджуваної ділянки наводимо його валовий вміст у різних чорноземах заповідних територій (табл. 3). Як видно із табл. 2, 3, середнє та максимальне значення валового вмісту літію на Побузькій ділянці вище, ніж у чорноземах заповідних ділянок.

Коефіцієнт рухомості (Кр) в межах ділянки змінюється від 7 до 35 %. Найвищі значення коефіцієнту рухомості фіксуються на тій частині ділянки, що підлягає впливу ПФК.

Техногенні елементи, що надходять на поверхню території дослідження внаслідок впливу ПФК, входять до радіальних і латеральних міграційних потоків складної структури. Тому, окрім латерального розподілу, нами вивчено і радіальний.

Вертикальний розподіл літію вивчали за ґрунтовими розрізами з кроком опробування 5 та 10 см до глибини 90 см, що були закладені в різних частинах ділянки. Оскільки на вміст літію впливає кількісний та якісний склад

глинистої складової [10, 11], то для порівняння ми обрали розрізи з подібним складом глинистої складової. Досліджені ґрунтові розрізи за визначеними особливостями можна розділити на три типи (рис. 2). У першому випадку вміст літію збільшується з глибиною, що можна пояснити наявністю тут порід з підвищеним вмістом літію, а саме кристалосланців (рис. 2, а). Для другого типу характерні комплексні аномалії – наявність аномальних значень вмісту на поверхні (до 20 мг/кг) свідчить про вплив техногенного джерела забруднення – надходження поллютантів з атмосферними опадами, а збільшення вмісту літію на глибині 90 см засвідчує вплив корінних порід, збагачених цим металом (рис. 2, б). Третій тип характеризується наявністю підвищеного (до 20 мг/кг) вмісту літію поблизу поверхні та поступовим зменшенням його з глибиною. На глибині 70–90 см вміст є однаковим і мінімальним, що свідчить про наявність техногенного забруднення (рис. 2, в).

У ході площадного опробування проби було відібрано з гумусового горизонту (40–50 см) та верхнього горизонту (0–5; 5–10 см). На нижній границі гумусового горизонту спостерігаються невеликі локальні аномалії з підвищеним вмістом рухомих форм літію (7 мг/кг), що пов'язано з наявністю літійвмісних порід (кристалосланців). Відмічено, що ореол літію фіксується у верхньому горизонті на глибині 0–10 см. Це притаманно техногенним ореолам з аерогенними шляхами надходження елементів. На нашу думку, надходження літію до ореолу імовірно пов'язано з використанням хлориду літію для барабаних сушарок, та спалюванням вугілля у технологічному процесі ПФК.

Встановлений сольовий ореол Li віялоподібної форми простежується від території комбінату майже на 3000 м (рис. 3). Максимальний вміст літію в ореолі (20 мг/кг) фіксується на відстані 0–50 м (зрідка у понижених частинах рельєфу локально фіксується на відстані до 700 м). З віддаленням вміст Li зменшується

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

Елемент	Li		F		Cu		Ni		Zn	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Вміст										
Min	0,7	8,0	1,3	–	0,8	15,0	1,0	15,0	0,8	60,0
Max	20,0	90,0	1,8	–	1,5	35,0	6,0	27,0	3,0	150,0
X серед	3,0	45,0	1,7	–	0,9	18,0	2,0	18,0	1,0	70,0

Примітка. 1 – вміст рухомих форм; 2 – валовий вміст; "–" – не визначався.

Таблиця 3. Валовий вміст літію у різних чорноземах заповідних ділянок, за [3], мг/кг

Місце розташування	Тип ґрунту	Вміст літію (min–med–max)
Станично-Луганський заповідник	Чорнозем звичайний середньогумусний важкосуглинистий	10,0–12,4–15,0
Заповідник "Розточчя"	Чорнозем опідзолений легкосуглинистий	10,0–13,9–20,0
Заповідник Провальський степ	Чорнозем звичайний середньогумусний важкосуглинистий	15,0–31,2–80,0
	Чорнозем звичайний на продуктах вивітрювання безкарбонатних порід	10,0–27,0–60,0
Геологічний заказник Качинський каньон	Чорнозем південний	15,0–29,8–50,0
Заповідне урочище Степок	Чорнозем звичайний середньогумусний	15,0–16,5–20,0

і на відстані 3000 м від ПФК майже дорівнює фоновому (4 мг/кг). Вміст Li у ореолі зменшується при віддаленні від джерела забруднення відповідно до експоненціального закону.

Як відомо, у сольових ореолах компоненти, що утворюють ореол, існують у вигляді розчинених сполук [2, 4]. Причина їх утворення полягає у явищах розчинення, дифузії, капілярного підйому та ін. [5, 6, 9]. Певні компоненти сольового ореолу є доступними для

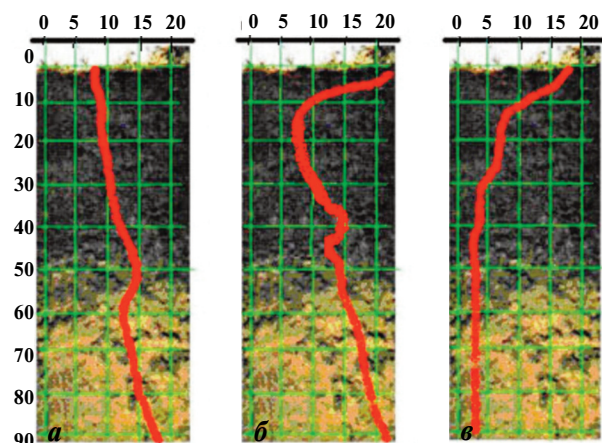


Рис. 2. Розподіл вмісту рухомих форм літію за ґрунтовим розрізом чорноземів: *а* – ділянка над літійвмісними породами без ознак поверхневого забруднення; *б* – ділянка над літійвмісними породами з ознаками поверхневого забруднення; *в* – літійвмісні породи відсутні, з ознаками поверхневого забруднення

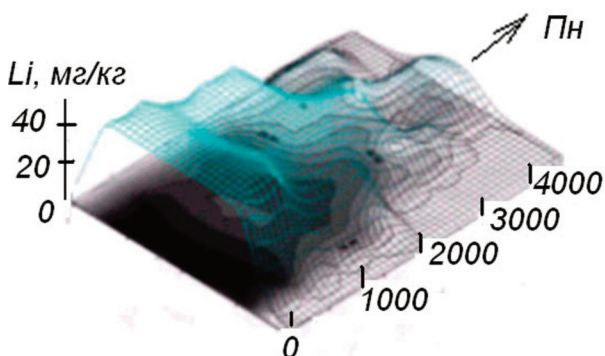


Рис. 3. Розподіл літію у приповерхневому шарі ґрунту Побуззької ділянки (нульова відмітка – проби відібрано біля ТОВ "ПФК")

кореневих систем рослин [15], внаслідок чого доцільно проводити і біохімічне опробування.

Дослідження впливу Li на організм людини показують [1, 7], що цей метал легко проникає крізь біологічні мембрани, сприяє уповільненню нервового імпульсу, чим знижує збудження нервової системи. Його середній вміст у різних органах дуже різниться. Тому нами було проведено й біохімічне опробування ділянки.

Рослини, що акумулюють Li, належать до пасленових, лютикових та ін. [13]. За даними В.К. Кашина, Г.М. Іванова [14], що виконували дослідження вмісту Li у рослинах степових, лучних та агрономічних ценозів, літій є елементом середньої інтенсивності біологічного поглинання (коефіцієнт становить 1,4–1,8).

Результати наших аналітичних досліджень не дають змоги на підставі біохімічного опробування однозначно охарактеризувати накопичення літію у рослинах в залежності від його вмісту у ґрунті над сольовими ореолами різних типів.

Висновки. Дослідження, проведене на Побуззькій ділянці, показало, що в межах ділянки фіксується три типи відкритих локальних сольових ореолів літію. Перший – петрогенний сольовий ореол, пов'язаний з літійвмісними породами. Для нього характерне збільшення вмісту літію з глибиною та невисокі значення коефіцієнта рухомості (максимальне значення Кр 8 %). Другий сольовий ореол ми характеризуємо як техногенний. Йому властиві максимальні значення коефіцієнта рухомості (максимальне значення Кр 35 %) та максимальні значення вмісту літію (у інтервалі 0–5 та 5–10 см від денної поверхні). Третій має ознаки першого й другого типів. Для нього характерна наявність двох піків з максимальним значенням вмісту літію та різні значення Кр (7 та 32 %). Це, на нашу думку, свідчить про наявність декількох

джерел надходження літію до ореолу (техногенні викиди та літійвмісні породи).

Дослідження кристалічних порід ділянки показало, що характер розподілу вмісту літію у кристалосланцях піроксенових нерівномірний, зв'язок літію з іншими елементами наявний лише у кристалосланцях, для яких встановлено таку асоціацію хімічних елементів: Li – Rb – Zn – Cu – Ti.

В результаті визначення вмісту літію у ґрунтах встановлено, що на рухомі форми припадає від 4 до 35 % від валового вмісту. Така різниця в розподілі Кр підтверджує доцільність використання рухомих форм елементів

та для оцінки наявності техногенного забруднення. При цьому важливо, що тільки компоненти сольових ореолів мають можливість переходити до кореневої системи рослин [15].

Вміст літію зростає донизу за ґрунтовим профілем за умови наявності літійвмісних порід (кристалосланців), а навпаки – за наявності техногенного забруднення. Техногенний ореол літію має віялоподібну форму і простежується майже на 3000 м від території комбінату. Проведені дослідження уможливають визначення антропогенного впливу на формування техногенних ореолів літію під час роботи виробничих комбінатів.

Література

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А. и др. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. – 1991. – 494 с.
2. Албул С.П., Гарьковец В.Г., Спиридов Г.Г. Гидрогеологический и сорбционно-солевой методы поисков рудных месторождений в предгорных и горных районах УзССР – М. : Книжная летопись, 1966. – 156 с.
3. Важкі метали у ґрунтах заповідних зон України / Жовинський Е.Я., Кураєва І.В., Самчук А.І. та ін. – К. : Логос, 2005. – 104 с.
4. Виноградов Б.Н., Ларионов Г.Ф., Свешников Г.Б. и др. Теоритические и методические основы сорбционно-солевого метода поисков сульфидных месторождений (на примере Центрального Казахстана) // Литохимические поиски рудных месторождений. – Алма-Ата : Казгеофизтрест, 1972. – С. 46–48.
5. Вострокнутов Г.А., Юшков Ю.Н. Опыт применения частичнофазового анализа при литохимических поисках на Среднем Урале // Там же. – С. 207–217.
6. Временные методические рекомендации по проведению глубинных литохимических поисков (применительно к условиям Украинского щита) / Польской Ф.Р., Мазалова С.Т., Таранюк М.Ф. и др. – К. : ЦТЭ, 1986. – 115 с.
7. Громова О., Гоголева И. Внимание – литий // Практика педиатра. – 2007. – октябрь. – С. 4–15.
8. Гурський Д.С., Єсіпчук К.Ю., Калінін В.І. Металічні корисні копалини. – Львів : Центр Європи, 2006. – 739 с.
9. Дубов Р.И. К теории распределения концентраций в диффузионных геохимических ореолах // Геохимия рудных месторождений. – Новосибирск : Наука, 1964. – С. 114–129.
10. Жук Е.А., Слободенюк Т.Н., Жовинський Е.Я., Крюченко Н.О. Сорбция-десорбция лития глинистыми минералами (экспериментальные исследования) // Пошук. та екол. геохімія. – 2010. – № 1 (10). – С. 82–88.
11. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растения. – Новосибирск : Наука, 1991. – 150 с.
12. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений / Григорян С.В., Соловов А.П., Кузин М.Ф. – М. : Недра, 1983. – 192 с.
13. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М. : Мир, 1989. – 385 с.
14. Кашин В.К., Иванов Г.М. Литий в растениях Забайкалья // Агрохимия. – 2007. – № 4. – С. 55–61.
15. Ковалевский А.Л. Особенности формирования рудных биохимических ореолов. – Новосибирск : Наука, 1975. – 115 с.
16. Крюченко Н.О., Жук Е.А. Особенности солевых ореолов природного и техногенного происхождения (на примере Капитанского рудного поля) // Актуальні проблеми геохімії, мінералогії, петрології та рудоутворення : Міжнародн. наук. конф. (19–20 лютого 2009 р. : тез. доп.). – К., 2009. – С. 27.
17. Ронов А.Б., Мигдасов А.А., Воскресенская Н.Т., Корзина Г.А. Геохимия лития в осадочном цикле // Геохимия. – 1970. – № 2. – С. 131–136.
18. Саєт Ю.Е. Вторичные геохимические ореолы при поисках рудных месторождений. – М. : Наука, 1982. – 167 с.
19. Саєт Ю.Е., Несвижская Н.И. Изучение форм нахождения элементов во вторичных ореолах. – М. : ВИЭМС, 1974. – 89 с.

Жук Е.А. Геохимические особенности распределения лития в солевых ореолах гетерогенного происхождения. Стаття посвящена изучению геохимических особенностей солевых ореолов лития природного и техногенного происхождения. Установлены параметрические характеристики ореолов. Выделено три типа солевых ореолов в пределах изучаемой территории.

Zhuk O.A. Geochemical peculiarities of distribution of lithium in salt halos heterogeneous origin. The article is dedicated to studying of the geochemical peculiarities of exogenic lithium salt halos lithium natural and technogenic origin. Installed parametrik characteristics of exogenic salt lithium halos. There are three types of salt halo within the study area.