

УДК 553.493.34:550.84.092.2(477)

Е.Я. Жовинський, Н.О. Крюченко, О.А. Жук

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03680, м. Київ-142, Україна, пр. Акад. Палладіна, 34
E-mail: edward34@voliacable.com

ГЕОХІМІЧНІ ПОШУКИ ЗА ЕКЗОГЕННИМИ СОЛЬОВИМИ ОРЕОЛАМИ ЛІТІЮ

На прикладі чотирьох ділянок — Полохівської (родовище петалітів), Пержанської (рідкісноземельно-флюоритове зруденіння), Ясинецької (молібденове зруденіння) та Арцизької (в межах впливу тектонічного розлому) встановлено екзогенні сольові ореоли літію. Доведено, що існує кореляційний зв'язок між вмістом літію у ендеогенному ореолі та вмістом літію у екзогенному сольовому ореолі. Вперше доведено, що екзогенні сольові ореоли літію (разом з іншими геохімічними методами) можуть бути використані під час геохімічних пошуків корисних копалин.

Вступ. На теперішній час вченими досліджено ряд хімічних елементів-індикаторів рудопроявів і родовищ корисних копалин (F, I, Br, Hg та ін.), але залишається не визначеною роль багатьох хімічних елементів, у тому числі літію. При цьому очевидно, що інформація щодо екзогенних сольових ореолів літію може бути успішно використана для вирішення питань, пов'язаних з пошуками родовищ різних корисних копалин і виявлення територій екологічного ризику.

Загальні відомості щодо розподілу літію наведено у роботах Е.Л. Хорстмана (1959), О.П. Виноградова (1957), Т.Ф. Бойко (1964), А.І. Гінзбурга, О.Д. Ставрова (1969), А.Б. Роннова, А.А. Мігдисова, Н.Т. Воскресенського, Г.А. Корзіної (1970), Б.І. Когана, В.А. Названой, Н.А. Солодова (1971) та ін. [3, 7].

Внаслідок різноманітних гіпергенних процесів відбувається трансформація гірських порід (мінералів) і порушення рівноваги природної системи (тверда фаза — розчин), що сприяє утворенню ореолів різних форм хімічних елементів, які завдяки процесам дифузії та фільтрації досягають денної поверхні й утворюють екзогенні сольові ореоли в по-

верхневих відкладах (грунтах) [1]. Для екзогенних сольових ореолів природного походження джерелом надходження літію до ореолу слугують певні гірські породи, рудні тіла та їх первинні ореоли, а в зонах тектонічних порушень — також і глибинні підземні води.

За умовами залягання виділяють сольові ореоли відкриті — що виходять на денну поверхню і поховані (сліпі). За масштабом розповсюдження геохімічні аномалії поділяють на три групи: планетарні, регіональні та локальні [1]. У цій статті основну увагу приділено природним локальним відкритим екзогенним сольовим ореолам.

Мета дослідження. Встановлення геохімічних особливостей екзогенних сольових ореолів літію природного походження.

Об'єкт дослідження — екзогенні сольові ореоли літію на окремих ділянках території України, що характеризуються різними ландшафтно-геохімічними умовами: Полохівській (родовище петалітів), Пержанській (рідкісноземельно-флюоритове зруденіння), Ясинецькій (молібденове зруденіння) та Арцизькій (в межах впливу тектонічного розлому).

Методи дослідження. Визначення вмісту літію та інших хімічних елементів проведено за допомогою комплексу аналітичних методів: полум'яної емісійної фотометрії, атомної аб-

сорбції, іон-селективного та ін. Контрольні аналітичні визначення виконані на *ICP-MS*.

Розподіл літію у ґрунтах. Вторинні ореоли літію фіксуються у поверхневих відкладах (ґрунтах), що дозволяє широко використовувати їх під час геохімічних пошуків.

Літій значно поширений в земній корі, концентрується переважно у кислих магматичних породах і осадових алюмосилікатах [3].

В результаті вивітрювання літій порівняно легко вивільнюється з первинних мінералів внаслідок окиснення чи у кислому середовищі, а потім його фіксують глинисті мінерали та органічна речовина (значно менше) [5]. Тому валовий вміст літію в ґрунтах контролюється здебільшого умовами ґрунтоутворення, ніж його початковим вмістом у материнських породах.

Розподіл літію в профілі ґрунту підкоряється загальним тенденціям циркуляції ґрунтових розчинів. Поширеність літію в поверхневому шарі різних типів ґрунтів вельми однотипна.

Середній валовий вміст літію коливається від 1,2 мг/кг в легких органічних ґрунтах до 98 — в алювіальних [3]. Понижений вміст літію встановлений для світлих піщаних ґрунтів, особливо якщо вони утворилися на льодовикових відкладах в умовах гумідного клімату. В аридній кліматичній зоні літій залуцається до висхідного руху ґрунтових розчинів і може накопичуватися у верхніх горизонтах у складі легкорозчинних солей — хлоридів, сульфатів і боратів. Ці реакції пояснюють відносно високий вміст літію в солончаках і каштанових ґрунтах.

На початку ґрунтоутворювального процесу літій дуже рухомий, але потім він може ставати більш консервативним через хемосорбцію глинистими мінералами. Вміст водорозчинних форм літію в ґрунтового профілі досягає приблизно 5 % від його загального вмісту в ґрунті [5]. Вміст обмінного літію в ґрунтах корелює з вмістом кальцію та магнію.

Результати досліджень. Особливості природних сольових ореолів літію розглянуто на чотирьох названих вище ділянках, що характеризуються різними геолого-структурними, ландшафтно-геохімічними та іншими умовами утворення екзогенних сольових ореолів літію.

Для всіх ореолів було розраховано контрастність (*K*), тобто співвідношення вмісту елемента в ореолі до фонового вмісту [4].

Полохівська ділянка розташована у центральній частині Українського щита (УЩ) (Кіровоградський блок) у межах Полохівського родовища петалітів. У геологічній будові родовища беруть участь граніти, мігматити, гнейси та рудоносні літієві пегматити.

Рудні пегматити на ділянці досліджень утворюють два рудних тіла з крутим падінням (рис. 1), які мають наступний мінеральний склад, %: петаліт (27,6—36,2), альбіт (26,3—28,0), пертитовий К-шпат (19,1—20,9) і кварц (15,8—21,7) [7]. Літієві пегматити мають чітку геохімічну спеціалізацію: крім лужних металів (Li, Rb, Cs) для них характерний підвищений вміст P, Sn, Ta, Nb. Основне практичне значення мають руди з вторинною накладеною мінералізацією, що предс-

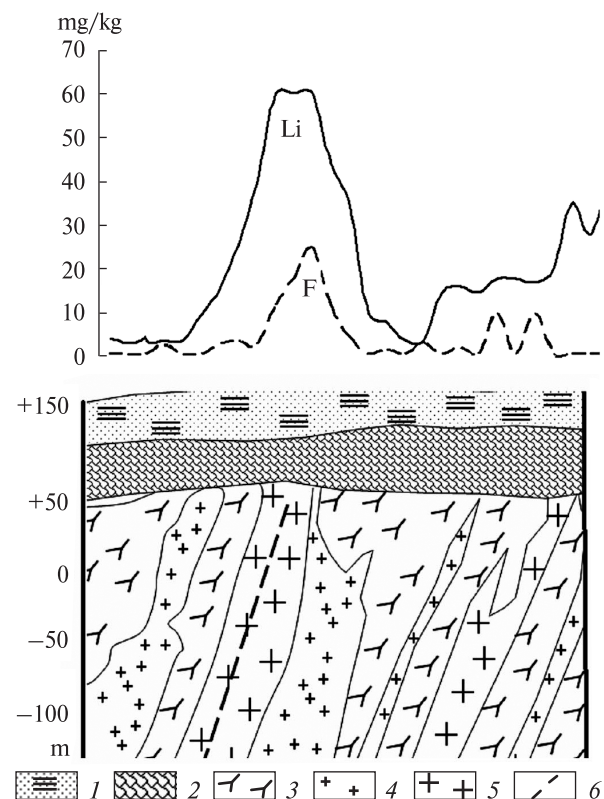


Рис. 1. Графік розподілу рухомих форм літію та фтору у вторинних ореолах (Полохівська ділянка): 1 — осадова товща (піски, глини), 2 — кора вивітрювання, 3 — гнейси біотитові, 4 — пегматоїдні граніти з бідною літієвою мінералізацією, 5 — пегматити, збагачені літієвими мінералами, 6 — розривні порушення

Fig. 1. Graph of distribution of lithium and fluorine mobile forms in secondary halos (Polohiv area): 1 — sedimentary series (sand, clay), 2 — weathering crust, 3 — biotite gneiss, 4 — pegmatoid granites with poor mineralization, 5 — pegmatite-enriched lithium minerals, 6 — disrupted dislocations

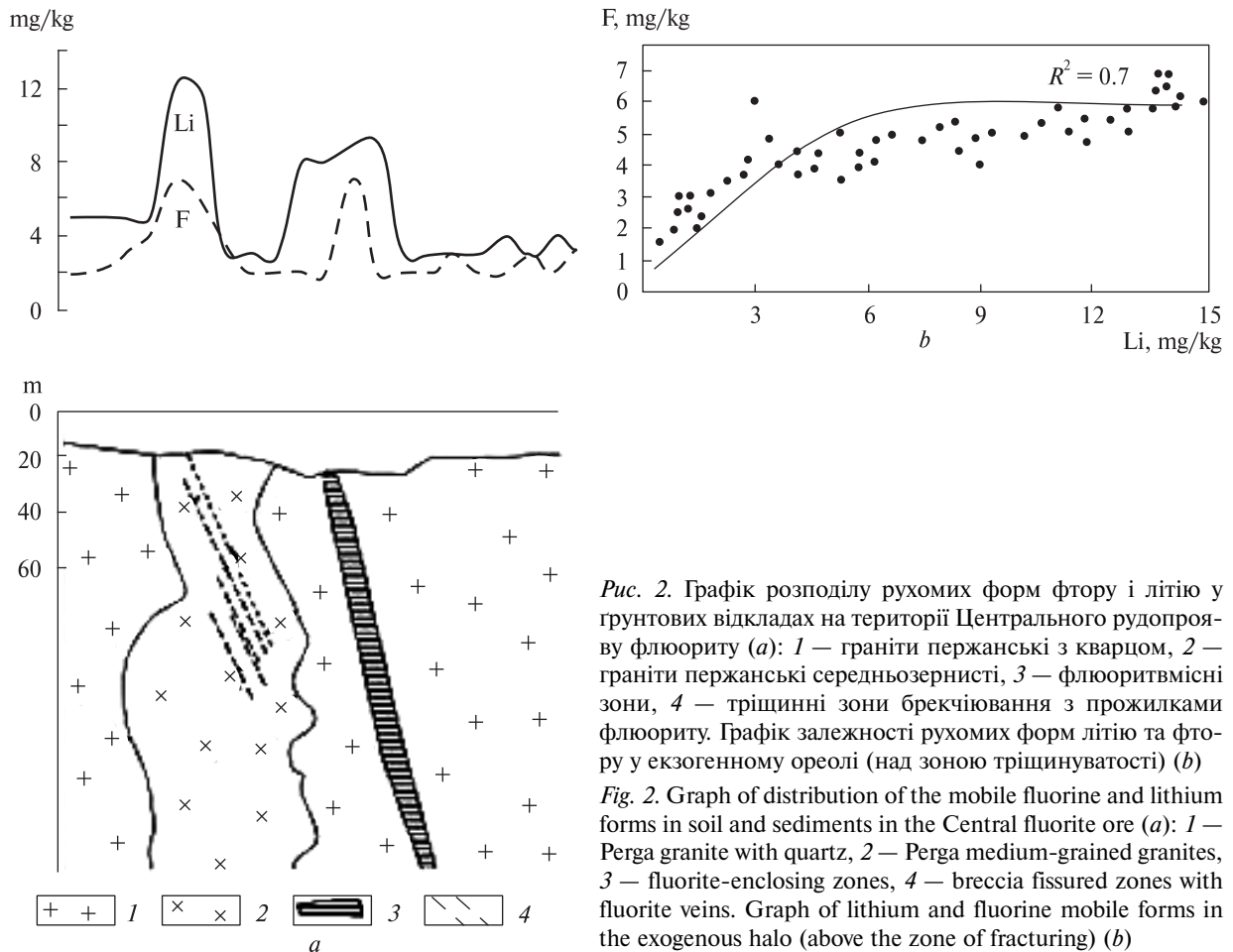


Рис. 2. Графік розподілу рухомих форм фтору і літію у ґрунтових відкладах на території Центрального рудопрояву флюориту (а): 1 — граніти пержанські з кварцом, 2 — граніти пержанські середньозернисті, 3 — флюоритвмісні зони, 4 — тріщинні зони брекчіювання з прожилками флюориту. Графік залежності рухомих форм літію та фтору у екзогенному ореолі (над зоною тріщинуватості) (б)
 Fig. 2. Graph of distribution of the mobile fluorine and lithium forms in soil and sediments in the Central fluorite ore (a): 1 — Purga granite with quartz, 2 — Purga medium-grained granites, 3 — fluorite-enriching zones, 4 — breccia fissured zones with fluorite veins. Graph of lithium and fluorine mobile forms in the exogenous halo (above the zone of fracturing) (b)

тавлена головним чином петалітом з вмістом Li_2O — 4,9 % [6]. Осадкові породи перекриття представлені пісками та глинами потужністю 20 м, ґрунти — чорноземами звичайними (рН 6,8—7,4).

У межах родовища проведено літохімічне опробування на площі 0,09 км² (300×300 м) вхрест простягання основного рудного тіла по 10 профілях, відстань між якими 20—30 м, інтервал опробування 15—20 м. Загалом на ділянці відібрано 200 літохімічних зразків.

Як показали результати геохімічних досліджень, над рудопроямом утворюються сольові ореоли F, Li, Co, Cu, Ni, Zn.

На ділянці виділено два типи сольового ореолу літію (рис. 1): перший розташований безпосередньо над рудним тілом, контури ореолу подібні до контурів рудного тіла, контрастність ореолу дорівнює 5, вміст літію в ореолі — 40 мг/кг; другий — відповідає ділянці над рудним тілом, що ускладнена тектонічним порушенням, $K = 7$, вміст літію в ореолі — 60 мг/кг. Цей ореол співпадає з со-

льовим ореолом фтору (рис. 1), контрастність якого дорівнює шести.

Це дає можливість застосовувати мультиплікативний коефіцієнт $\text{Li} \cdot \text{F}$ для пошуків рудних тіл за сольовими ореолами, що пов'язані з зоною тектонічного порушення.

Пержанська ділянка розташована у північно-західній частині УЩ (Волинський блок) в межах Центрального рідкісноземельно-флюоритового зруденіння. У геологічній будові рудопрояву беруть участь пержанські граніти з малопотужними тілами метасоматитів, переважно кварц-польовошпатового складу. У рудних метасоматитах вміст флюориту сягає 22—54 %. Потенційно літієносними є гідротермально змінені граніти (концентраторами літію є високзалістисті фтороносні слюди з вмістом Li_2O до 0,05 %). У гранітах літій знаходиться в асоціації з Be, Mo, Li, Ag, Zn, TR, Sn, Nb, Zr [2, 7]. Осадкові породи перекриття представлені дрібно- та середньозернистими пісками та легкими суглинками потужністю до 10 м. На території досліджень

розповсюджені дерново-підзолисті ґрунти (рН 6,5–6,8).

На ділянці проведено літохімічне опробування на площі 1 км² (1000 × 1000 м) по профілях північно-західного напрямку мережею 40 × 20 м, зі згущенням у центральній частині до 20 × 20 м. Всього відібрано 3350 літохімічних зразків.

Результати досліджень показали наявність сольових ореолів Li, F, Cu, Zn в центральній частині ділянки.

На ділянці фіксуються два типи сольового ореолу літію: перший — над рідкісноземельно-флюоритовим зруденінням. Він ширший, ніж сольові ореоли інших хімічних елементів, контрастність ореолу дорівнює трьом, вміст літію у ореолі — 11 мг/кг. Другий розташований над зоною тріщинуватості та практично співпадає з ореолом фтору, вузький, К = 4, вміст літію в ореолі — 13 мг/кг.

Тобто ореоли літію разом з ореолами фтору найбільш чітко спостерігаються над зоною тріщинуватості (рис. 2, а), величина достовірності апроксимації дорівнює 0,7 (рис. 2, б).

Ясинецька ділянка розташована у північно-західній частині УЩ (Волинський блок), в межах молібденового рудопрояву. У геологічній будові ділянки досліджень беруть участь біотитові граніти та метасоматично змінені їх різновиди. Саме в зонах метасоматозу та тріщинуватості спостерігається молібденове зруденіння. Максимальний вміст молібдену приурочений до зон метасоматозу, кварцових і

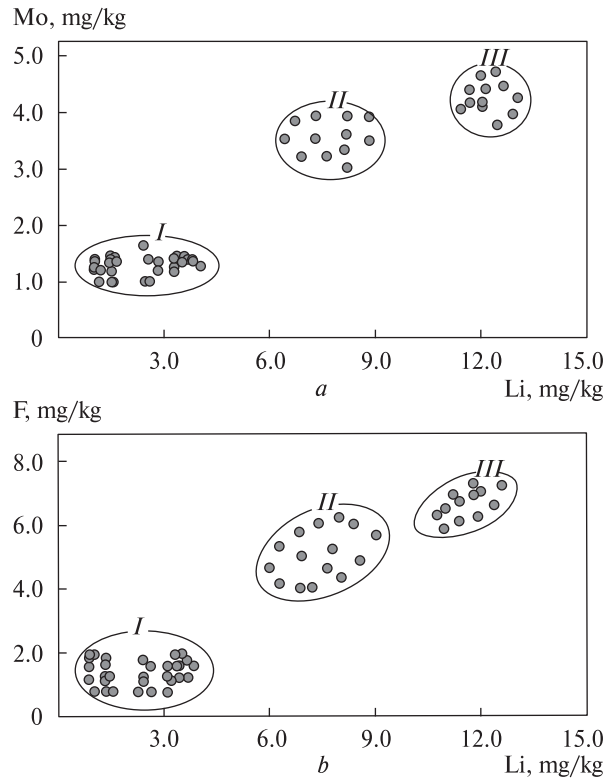


Рис. 3. Графіки залежності між вмістом літію та молібдену (а) і літію та фтору (б) у екзогенних сольових ореолах (Ясинецька ділянка)

Fig. 3. Chart of dependence between the content of molybdenum and lithium (a) and lithium and fluorine (b) in exogenous salt halos (Yasynets area)

апліто-пегматитових жил. Осадові породи перекриття — піщано-глиниста товща потужністю до 40 м, ґрунти — дерново-підзолисті (рН 5–6).

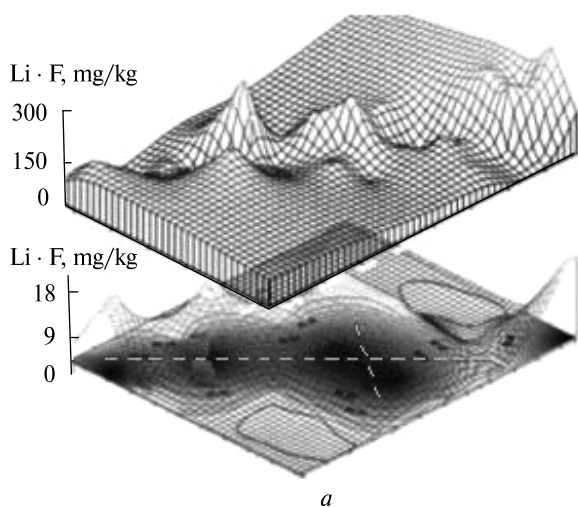
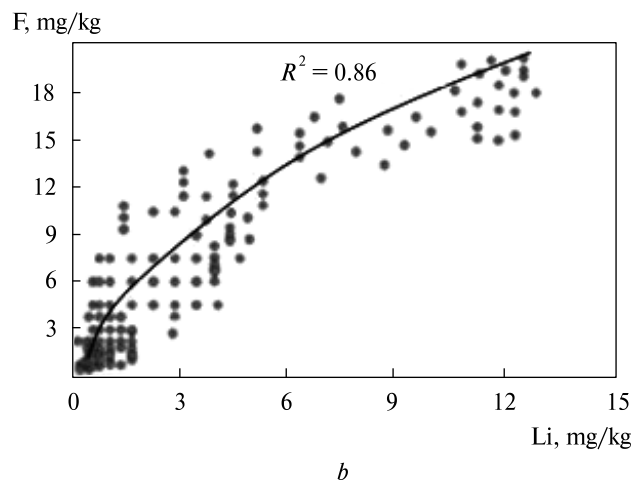


Рис. 4. Схема розподілу вмісту фтору та літію у екзогенних сольових ореолах: а — площадна, б — графік залежності між вмістом фтору та літію

Fig. 4. Scheme of distribution of fluorine and lithium in exogenous salt halos: a — areal, b — graph of fluorine content against lithium one



У межах ділянки проведено літохімічне опробування на площі 0,072 км² (120×60 м) по чотирьох профілях, відстань між якими 25 м, інтервал опробування 10—15 м; відібрано 205 літохімічних зразків. Як показали результати досліджень, над зоною метасоматозу і зонами дроблення утворилися ореоли Li, Mo, F. Для цього комплексного сольового ореолу характерна позитивна пряма залежність між вмістом літію та вмістом фтору, вмістом літію та вмістом молібдену (рис. 3). Безрудній зоні відповідає поле I (рис. 3) з фоновими значеннями рухомих форм Mo, Li, F. На ділянці досліджень фіксуються два типи сольового ореолу літію з контрастністю ореолів п'ять і три.

Найбільш контрастний ореол фіксується над зоною розривних порушень — значенням вмісту рухомих форм Mo, Li, F відповідають поля III (рис. 3). Ореол має видовжену вузьку форму, вміст літію у ореолі — 14 мг/кг.

Ореол меншої контрастності виявлено над зоною метасоматозу — вмісту рухомих форм Mo, Li, F відповідають поля II. За формою і розміром він ширший та коротший від попереднього, максимально-аномальний вміст літію у ореолі — 10 мг/кг.

Арцизька ділянка розташована у Причорноморській западині. У геологічній будові території беруть участь: породи фундаменту, що залягають на значній глибині (1600 м) і представлені гранітами та мігматитами; осадовий чохол — товща теригенно-карбонатної формації (піски, глини, пісковики з проверстками мергелів та вапняків). Територію досліджуваної ділянки перетинає Арцизький розлом. Грунти представлені південними чорноземами (рН 7—8).

У межах ділянки проведено літохімічне опробування на площі 0,15 км² (600×250 м) по 20 профілях, відстань між якими — 30 м, інтервал опробування — 10 м. Всього відібрано 220 проб. За результатами аналітичних досліджень літохімічних зразків, над зоною розлому встановлено підвищений валовий вміст Pb, Zn, Bi, Cu, Li, Ba, Hg, F. Ці хімічні елементи (окрім Bi, Ba, Hg, рухомі форми яких не вивчались) утворюють екзогенні сольові ореоли різної контрастності (найбільша контрастність у ореолів фтору та літію $K_F = 6$, $K_{Li} = 6,8$).

Сольовий ореол літію має видовжену вузьку форму, максимальний вміст літію у ореолі — 31, фтору — 18 мг/кг.

Встановлено найбільший кореляційний зв'язок (0,86) у сольовому ореолі літію з фтором (рис. 4, b), що підтверджує можливість виявлення зон тектонічних порушень за мультиплікативним коефіцієнтом $Li \cdot F$ (рис. 4, a).

Висновки. Доведено, що існує кореляційний зв'язок між вмістом літію у ендегенному ореолі та вмістом літію у екзогенному сольовому ореолі.

За наявності екзогенних природних ореолів літію асоціації хімічних елементів відповідають асоціаціям ендегенних ореолів (наприклад, на Полохівській ділянці ендегенні ореоли петалітвмісних порід представлені наступними асоціаціями — Li, Rb, Cs, Be, Ta, Nb, Sn, F; у екзогенному ореолі найбільш чітко простежується зв'язок — Li, Rb, Cs, Be, F; за наявності тектонічного порушення найбільш тісний зв'язок притаманний Li та F).

Вперше доведено, що екзогенні сольові ореоли літію (разом з іншими геохімічними методами) можуть бути використані під час проведення геохімічних пошуків корисних копалин.

1. Григорян С.В., Морозов И.В. Вторичные геохимические ореолы при поисках скрытого оруденения. — М.: Наука, 1985. — 239 с.
2. Жовинский Э.Я., Кураева И.В. Геохимия фтора (прикладное значение). — Киев: Наук. думка, 1987. — 158 с.
3. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: В 6 т. — М.: Экология, 1994—1997.
4. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений / Н.И. Сафронов, А.П. Соловов, А.А. Бродский и др. — М.: Недра, 1965. — 227 с.
5. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. — М.: Мир, 1989. — 385 с.
6. Мелкозернистые петалитовые руды — новый вид литийсодержащего минерального сырья Украины // А.Х. Бакаржиев, О.Ф. Макивчук, Б.Н. Иванов и др. // Мінер. ресурси України. — 2000. — № 4. — С. 16—19.
7. Металічні корисні копалини / Д.С. Гурський, К.Ю. Єсипчук, В.І. Калінін та ін. — Львів: Центр Європи, 2006. — 785 с. — (Металічні і неметалічні корисні копалини України; Т. 1).

Надійшла 06.04.2011

Э.Я. Жовинский, Н.О. Крюченко, Е.А. Жук

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКИ ПО ЭКЗОГЕННЫМ СОЛЕВЫМ ОРЕОЛАМ ЛИТИЯ

На примере четырех участков — Полоховского (месторождение петалитов), Пержанского (редкоземельно-флюоритовое оруденение), Ясинецкого (молибденовое оруденение) и Арцизского (в пределах влияния

тектонического разлома) установлены экзогенные солевые ореолы лития. Доказано, что существует корреляционная связь между содержанием лития в эндогенном ореоле и содержанием лития в экзогенном солевом ореоле. Впервые доказано, что экзогенные солевые ореолы лития (вместе с другими геохимическими методами) могут быть использованы при геохимических поисках полезных ископаемых.

E.Ya. Zhovinsky, N.O. Kryuchenko, O.A. Zhuk

GEOCHEMICAL EXPLORATION BY EXOGENIC LITHIUM SALT HALOS

On the example of 4 areas — Polohiv (the deposit of petalites), Perga (rare-earth fluorite mineralization), Yasy-

nets (molybdenum ore mineralization) and Artsiz (within the limits of tectonic break) exogenous salt halos of lithium were established. It is proved that cross-correlation exists between lithium content in an endogenous halo and that in an exogenous salt halo. The presence of exogenous natural lithium halos in the association of chemical elements corresponds to associations of endogenous halos (for example, in Polohiv the endogenous halos of petalites-containing ores are presented in the area by the following associations: Li, Rb, Cs, Be, Ta, Nb, Sn, F; the connection is most clearly traced in an exogenous halo: Li, Rb, Cs, Be, F; in the presence of tectonic violation the closest connection is inherent in Li and F). It is proved for the first time that the exogenous lithium salt halos (coupled with other geochemical methods) can be used for geochemical exploration of minerals.