

## Геохимические ассоциации химических элементов и их поисковое значение (на примере Полоховского месторождения лития)

Жовинский Э.Я.<sup>1</sup>, Жук Е.А.<sup>1</sup>, Крюченко Н.О.<sup>1</sup>, Бугаенко В.Н.<sup>2</sup>

1 – Институт геохимии, минералогии и рудообразования  
им. Н.П. Семененко НАН Украины, Киев

2 – Украинский государственный геологоразведывательный институт, Киев

На примере Полоховского месторождения установлены геохимические ассоциации лития с другими химическими элементами, характерные для кристаллических пород и поверхностных отложений.

Украинский щит (УЩ) – уникальная редкометалльная провинция, характеризующаяся многочисленными рудопоявлениями лития. Их поиски наиболее целесообразно проводить по вторичным соевым ореолам, учитывая при этом множество факторов – содержание в поверхностных отложениях, подстилающих породах и др.

В природе насчитывается значительное количество минералов лития (более 19), среди которых наиболее распространены сподумен, лепидолит, петалит, циннвальдит.

Представляя собой лито- и гидрофильный элемент, литий входит в минеральный состав гранитоидов (Li-F и другие типы), пегматитов и грейзенов [1].

В гранитоидах содержание Li увеличивается по мере увеличения содержания  $\text{SiO}_2$  и щелочности и изменяется, г/т: габбро-диоритовая формация – 12, диорит-плагиигранитовая – 15, гранодиоритовая – 18, гранитная – 33, аляскитовая – 80, Li-F граниты – 210, щелочные граниты – 80 [3].

Наибольший интерес представляют литиевые пегматиты, характеризующиеся повышенным содержанием лития, а также – в отдельных разновидностях – рубидия, цезия, тантала, ниобия, бериллия и других редких элементов.

Существуют разные точки зрения на происхождение литиевых гранитных пегматитов: из расплава, богатого летучими и редкими элементами; при эволюции алюмосиликатной магмы в результате ее обогащения летучими и подвижными компонентами в процессе кристаллизационной дифференциации; при процессах ликвации [1, 2].

Редкометалльные пегматиты с повышенным содержанием лития в основном генетически связаны с интрузивными дифференцированными гранитными комплексами. Установлено, что для них характерна ассоциация литий-цезий и пониженные значения индикаторных коэффициентов –  $\text{K/Cs}$ ,  $\text{Rb/Cs}$ ,  $\text{Rb/Li}$ , а также более высокое содержание бора.

Территория УЩ представлена разными породами, содержание лития в которых существенно разное (рис. 1). Среднее содержание лития возрастает от ультраосновных к щелочным породам (рис. 1, а), а среди осадочных (рис. 1, б) минимальное содержание установлено в известняках, максимальное – в аргиллитах [3].

На территории УЩ литий концентрируется в литиеносных гранитных пегматитах (Шполянско-Ташлыкский рудный район, месторождения Шевченковское и Балка Крутая, участки – Желтореченский и Комендантовский); щелочных гранитах и метасоматитах – Пержанское рудное поле; грейзенах и K-Na метасоматитах – Вербинское рудопоявление [5].

Основным носителем лития в продуктах выветривания служит каолинит (0,0022–0,013 %). Меньшее содержание характерно для монтмориллонита (до 0,0015 %). Значительные концентрации лития характерны для литиевого биотита (0,29–0,90 %  $\text{LiO}_2$ ) и его гидратированных продуктов.



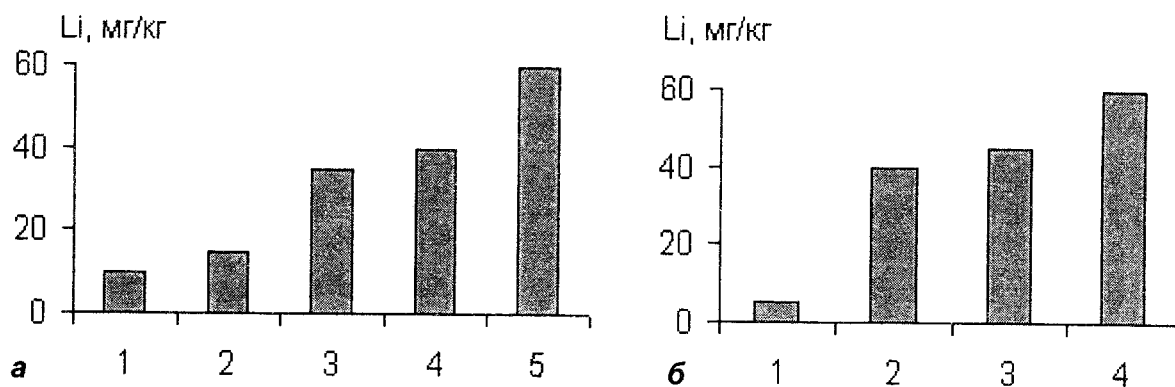


Рис. 1. Содержание лития в породах Украинского щита: а - кристаллических (1 - ультраосновные, 2 - основные, 3 - средние, 4 - кислые, 5 - щелочные); б - осадочных (1 - известняки, 2 - песчаники, 3 - алевролиты, 4 - аргиллиты)

Содержание лития в процессе выветривания в большинстве случаев остается постоянным для кристаллических и обломочных пород. Это же относится к глинистым уплотненным породам - аргиллитам, глинистым сланцам, в которых происходит замедленный вынос-привнос лития и фактически сохраняется его первоначальное количество, накопленное в ходе седиментогенеза. Т.Ф.Бойко (1964) на основании экспериментальных данных по выщелачиванию установил, что литий хорошо удерживается в кристаллической решетке глинистых минералов и не выносится водами, контактирующими с породами.

Уменьшение содержания лития происходит лишь в тех случаях, когда первичная порода обогащена сподуменом (основным литиевым минералом), который легко разлагается в зоне гипергенеза.

Основное количество лития при процессах гипергенеза накапливается в каолините. Содержание в нем лития изменяется от 20 до 200 г/т и зависит от состава материнской породы и зоны выветривания (зона дезинтеграции либо каолинизации).

В почвах среднее содержание лития - 30 мг/кг. Концентрация лития в почве контролируется не содержанием гумуса, а количественным и вещественным составом глинистых минералов. Считается, что Li наиболее подвижен в начале почвообразования, затем подвижность снижается, его содержание в растворимых формах достигает 5 % общего содержания, а содержание обменного Li коррелируется с таковым Ca и Mg [4]. В обменных процессах литий активно взаимодействует с ионами  $K^+$  и  $Na^+$ . Для лития наиболее характерно образование ионной связи. Вместе с тем, вследствие небольшого размера ион лития характеризуется высокой энергией сольватации, а в литийорганических соединениях образует ковалентную связь.

**Геохимические исследования** поведения лития в зоне гипергенеза были проведены при изучении геологических объектов центральной части УЩ, в пределах Кировоградского мегаблока. Объекты исследования - глубинные и поверхностные отложения Полоховского месторождения лития.

Полоховский участок представляет собой район развития литиеносных пегматитов и находится в восточной части Шполянско-Ташлыкского редкометалльного района. Литийсодержащие замещенные пегматиты залегают в дислоцированных метаморфических породах. Основную практическую значимость имеют руды с вторичной наложенной минерализацией, представленной петалитом. Литиевые пегматиты имеют четкую геохимическую специализацию - кроме щелочных металлов для них характерно повышенное содержание фосфора, олова, тантала и ниобия.

В ходе аналитических исследований пород (по результатам спектрального анализа) были установлены статистические параметры: максимальное, минимальное и среднее содержание лития в породах (таблица).



Содержание лития в породах Полоховского месторождения, г/т [3]

Порода	Содержание		
	минимальное	максимальное	среднее
Граниты	40	1500	770
Альбититы	100	3000	1550
Метасоматиты	40	5000	2520
Сподуменовые метасоматиты	150	5000	2575
Пелитизированные породы	300	5000	2650

Как видно из таблицы, потенциально рудоносными могут быть пелитизированные породы, сподуменовые метасоматиты, метасоматиты; в меньшей мере альбититы.

При корреляционном анализе были получены такие показатели: характерная корреляция (более 0,65) для сподуменовых

метасоматитов – литий-ниобий-фосфор; для гранитов – литий-висмут; для альбититов – литий-галлий-серебро; для пелитизированных пород – литий-медь-молибден.

При анализе элементного состава пород с разной глубины (рис. 2) было замечено, что проявляется геохимическая специализация зон метасоматического преобразования вмещающих пород: на контакте пегматитов с гнейсами резко возрастает содержание цинка – до 600 г/т (глубина 191 м), также довольно высоко содержание меди. На глубине 214–226 м породы представлены петалитовыми метасоматитами, содержание лития возрастает до 5000 г/т.

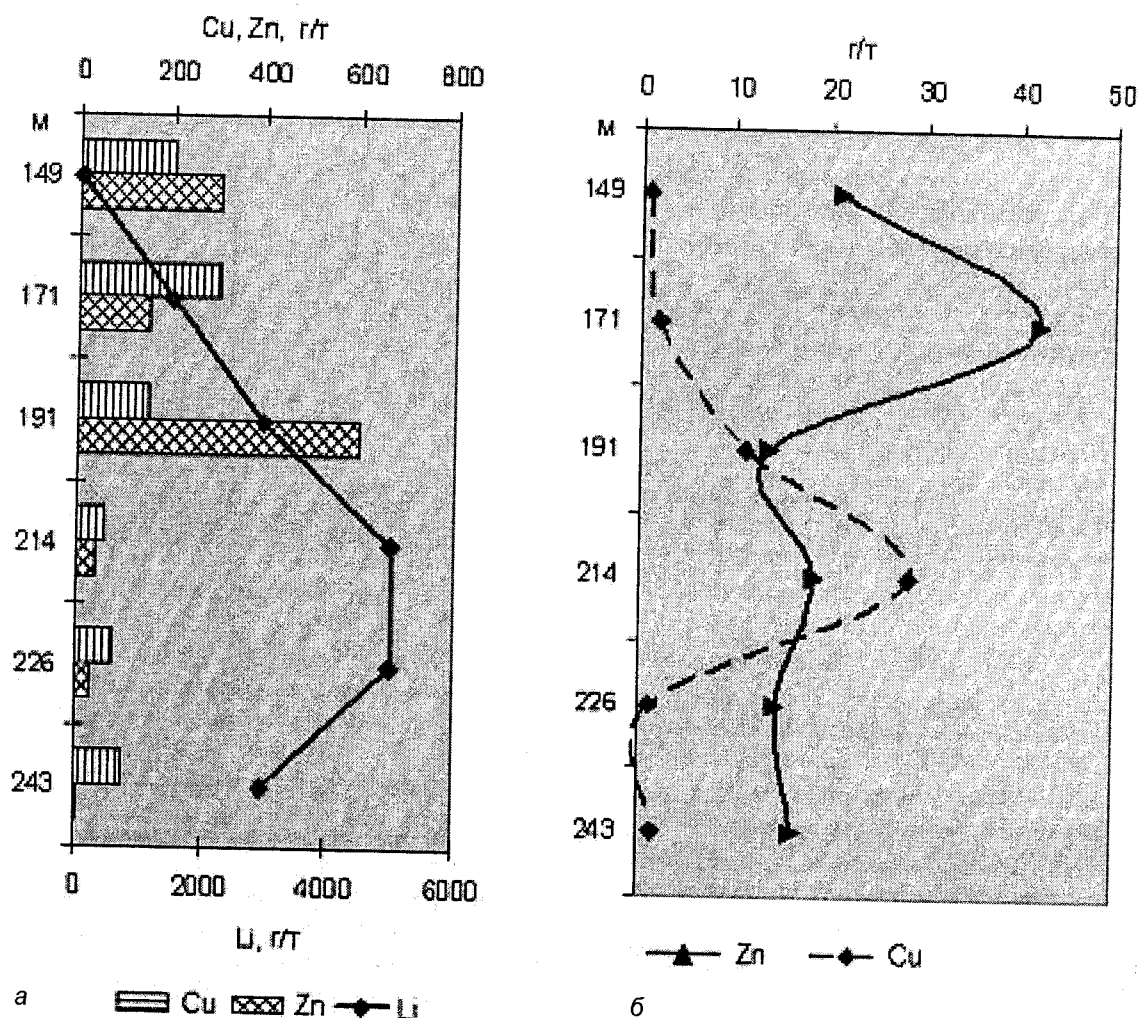


Рис. 2. Содержание валовое (а) и степень подвижности (б) химических элементов в вертикальном разрезе Полоховского месторождения



Li+F, мг/кг

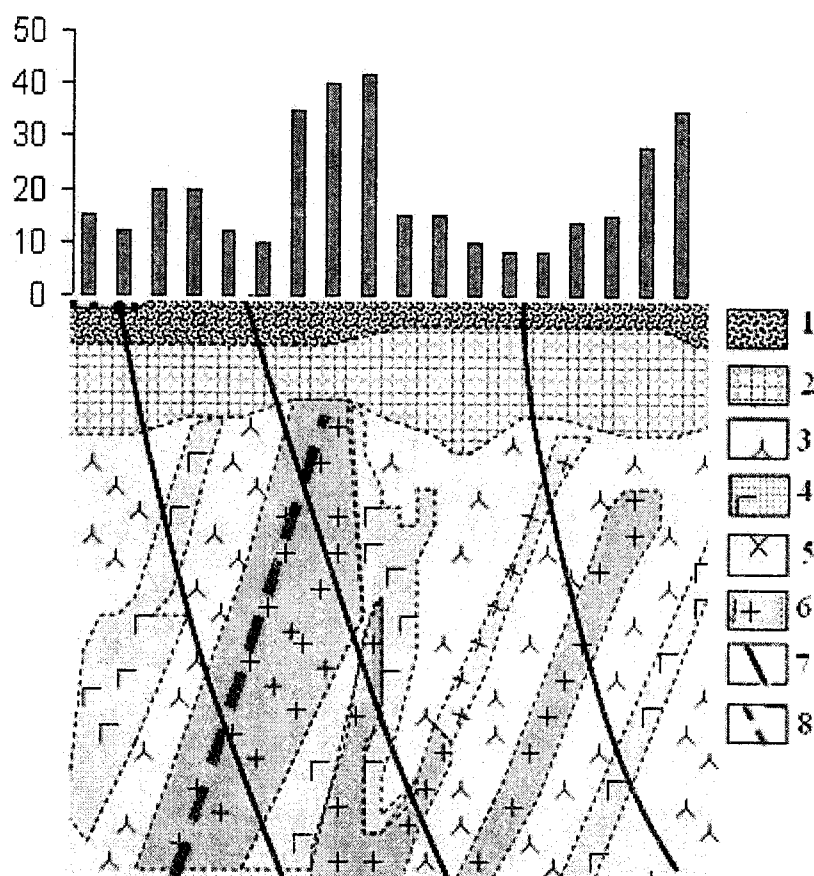


Рис. 3. Геологический разрез Полоховского участка.  
1 – песок среднезернистый, 2 – суглинки, 3 – гнейсы, 4 – граниты, 5 – граниты аплит-пегматоидные, пегматиты, 6 – граниты аплит-пегматоидные с богатым оруденением, 7 – скважины, 8 – тектонические нарушения

Как показано на рис. 2, б, при максимальном накоплении цинка в породах его подвижность минимальна (глубина 191 м), а медь не информативна.

Редкометалльные литиевые пегматиты, связанные с комплексом кристаллического основания, не выходят на поверхность и перекрыты мезозой-кайнозойскими терригенными отложениями платформенного чехла, залегающими на нижнемеловой коре выветривания. Непосредственно в районе Полоховского месторождения разрез этих образований (снизу-вверх) следующий, м: кора выветривания – 30–75; пески – 0–10,5; суглинки – 15–23. Общая мощность колеблется в пределах 60–90 м (рис. 3).

Учитывая сравнительно небольшую мощность перекрывающих терригенных отложений, интенсивное проявление метасоматических процессов, сопровождающих образование редкометалльных пегматитов, а также резкую смену геохимической обстановки непосредственно в контактовой зоне с вмещающими гнейсами, нам представилось целесообразным отработать методику поиска литиевых пегматитов по вторичным литохимическим ореолам рассеивания.

С этой целью по профилю (азимут 228° в направлении с северо-востока на юго-запад над главным рудным телом Полоховского месторождения и вмещающими его породами) с интервалом 20 м были отобраны пробы из подпочвенных суглинков. В этих пробах по стандартным методикам определены подвижные формы химических элементов – F, Li, Co, Cu, Ni, Zn и др.

Наибольшая корреляция с подвижными формами лития устанавливается для фтора. По суммарному содержанию этих элементов наиболее четко устанавливается аномалия над рудным телом.



**Выводы.** В результате исследований, проведенных на территории Полоховского месторождения, установлены корреляционные связи между химическими элементами кристаллических и осадочных пород.

Для основных типов пород установлены такие индикаторные ассоциации: для сподуменовых метасоматитов – литий-ниобий-фосфор; для гранитов – литий-висмут; для альбититов – литий-галлий-серебро; для пелитизированных пород – литий-медь-молибден.

Для поверхностных отложений характерна литий-фторовая ассоциация. Суммарное содержание подвижных форм этих элементов служит индикаторным показателем при поисках оруденения по солевым геохимическим ореолам.

1. Ставров О.Д. Геохимия лития, рубидия, цезия в магматическом процессе. – М.: Недра, 1978. – 214 с.
2. Труфанова Л.Г., Глюк Д.С. Условия образования литиевых минералов. – Новосибирск: Наука, 1986. – 151 с.
3. Мицкевич Б.Ф., Беспалько Н.А., Заяц А.П. и др. Редкие щелочные металлы в породах Украины. – К.: Наук. думка, 1976. – 232 с.
4. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: в 6-ти книгах. – Книга 1. – М.: Недра, 1994. – 306 с.
5. Геологія і корисні копалини України: Атлас. / Под ред. Л.С. Галецького. – К.: Такі справи, 2001. – 168 с.

На прикладі Полохівського родовища встановлені геохімічні асоціації літію з іншими хімічними елементами, властиві для кристалічних порід і поверхневих відкладів.

On the example of the Polohov deposit geochemical associations of lithium with other chemical elements for crystalline rock and superficial deposits are set.