

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.45.01.003>
УДК 549.553.493(477)

В.І. Павлишин, д-р геол.-мін. наук, проф., акад. ВШ України, зав. відділу
E-mail: V.I.Pavlyshyn@gmail.com; Researcher ID: D-6558-2019

Н.М. Чернієнко, канд. геол. наук, старш. наук. співроб.

E-mail: nata.cherniyenko@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1831-234X>

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34

ЛІТІЙ У НАДРАХ УКРАЇНИ

Частина 1. Поширення й форми знаходження літію в мінеральних комплексах України

Автори запланували серію статей, щоб послідовно висвітлити поширення і форми знаходження літію в надрах України, його геохімію й мінералогію, генетичні типи родовищ і рудопроявів, мінералогічні критерії й методи їх пошуку і оцінювання. У першій частині кількісно й якісно проаналізовано поширення і форми знаходження Li у наявних і перспективних об'єктах — Волинському родовищі, Пержанському рудному вузлі, рідкіснометалевих гранітах Приазов'я й Коростенського плутону, рідкіснометалевих пегматитах Приазов'я і Шполянсько-Ташилицького рудного району (Інгульський мегаблок), гідротермалітах Нагольного кряжу (Донбас). Мінералами-концентраторами літію в цих об'єктах, за нашими даними, є такі: сподумен, петаліт, евкрипит, турмаліни, холмквістит, слюди Li-Al ізоморфного ряду (мусковіт-лепідоліт), слюди Li-Fe ізоморфного ряду (аніт (лепідомелан) або сидерофіліт, протолітійоніт, цинвальдит, кріофіліт, лепідоліт), маргарит, донбасит, кукейт, полілітійоніт(?), тайніоліт, трифіліт, амблігоніт, симферит.

Ключові слова: Український щит, літій, мінерали-концентратори, рідкіснометалеві граніти, пегматит, сподумен, петаліт.

Вступ. Літій — хімічний елемент першої групи Періодичної системи хімічних елементів, найлегший метал, який через значну хімічну активність не трапляється у вільному стані. Іншими словами, самородний мінерал "літій" у природі малоїмовірний.

Сполуки і сплави літію, менше металічний літій, широко використовують у техніці й енергетиці. Особливої ваги набули в останні роки літій-іонні акумулятори [13], які вигідно відрізняються від нині застосовуваних акумуляторів екологічною чистотою й активно сприяють переходу на екологічно чисті електромобілі і встановлення в будинках енергетичних систем автономного енергопостачання з поновлювальними джерелами

енергії. Все це наближує нас до істотного скорочення вжитку вуглеводнів.

Літій також широко використовують у скловарній, чорній і кольоровій металургії, для отримання висококалорійного палива (для надшвидких літаків, космічних кораблів, підводних човнів) і тритію, який, зокрема, застосовують в атомних батареях. Фосфорні й силікатні мінерали літію широко застосовують у виробництві особливої літієвої кераміки (з унікальними механічними властивостями). Основне призначення літійвмісних сплавів — використання як лігатур.

В Україні стосовно деяких видів мінеральної сировини існує парадоксальна ситуація. Наприклад, вже нині країна має найкращу в

Цитування: Павлишин В.І., Чернієнко Н.М. Літій у надрах України. Ч. 1. Поширення й форми знаходження літію в мінеральних комплексах України. *Мінерал. журн.* 2023. 45, № 1. С. 03—20. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.45.01.003>

© Видавець ВД "Академперіодика" НАН України, 2023. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Європі мінерально-сировинну базу рідкісних і рідкісноземельних металів. Але цей потужний природний потенціал не використовують для розвитку економіки країни повною мірою до теперішнього часу: Україна змушена їх завозити. Одна з вагомих імовірних причин цього — недостатня вивченість родовищ, їхнього речовинного складу, розпорошеність, інколи суперечливість геологічної інформації. У зв'язку з цим ускладнюється вирішення питання рентабельності експлуатації родовищ. Ще більша проблема — корупція, яка руйнує геологічну галузь.

Мета статті — проаналізувати і систематизувати літературний і авторський матеріал, доповнити його новими даними, створити стисле мінералого-геохімічне узагальнення літєвих об'єктів у мінеральних комплексах України, яке можна розглядати як певний внесок у розвиток рідкіснометалевої гірничорудної галузі.

Для з'ясування історії хімічних елементів у природі непересічне значення мають їхній кларк, хімічні властивості, кристалохімічні особливості, схильність до концентрації, тобто утворення власних мінералів, чи розсіювання.

Кларк Li 32 г/т ($3,2 \cdot 10^{-3}$ %). У земній корі він знаходиться в розсіяному і концентрованому стані, у складі, відповідно, мінералів-носіїв і мінералів-концентраторів. Переважає у природі, зокрема у надрах України, розсіяна форма [15].

У деяких мінеральних комплексах України — рідкіснометалевих пегматитах Приазов'я й Інгульського мегаблоку, рідкіснометалевих гранітах Приазов'я й Коростенського плутону, метасоматитах Перги, камерних пегматитах Волині — літій, зафіксований у вигляді самостійних мінералів.

У 1960-х роках у світі було відомо 24 мінерали Li, нині їх понад 100. У книзі "Акцесорные минералы Украинского щита" (1976) [1] описано три мінерали Li — сподумен, амблїгоніт, холмквістит. Ми нижче характеризуємо 16 мінералів Li. Переважна більшість літєвих мінералів трапляється в гранітних пегматитах, жильних Li-F гранітах і післямагматичних утвореннях гранітного складу, лише тайніоліт і полілітїоніт типоморфні для лужних порід.

Відомо [42], що кларк елементу істотно впливає на його видоутворювальну здатність, проте чимало елементів "порушують" цю закономірність. До них, зокрема, належить Li. Звернемося до прикладів. Атомний кларк рубідію однопорядковий із кларком Li, але в природі знайдено лише три його мінерали. Число мінералів Li, як зазначено вище, перевищує 100. Чому? Тому, що Rb, фактично, цілковито розсіюється у мінералах дуже близького до нього й вельми поширеного K. Li за властивостями наближений до Na, але істотно не заміщує його, цьому перешкоджає відмінність їхніх розмірів. Кристалохімічно (іонний радіус, координаційне число) Li близький до Mg^{2+} і Fe^{2+} , тож у ендегенних процесах може необмежено їх ізоморфно-гетерогенно заміщувати, насамперед у Mg-Fe силікатах, створюючи перехід до літєвих піроксенів, амфіболів, слюд, хлоритів. Але за певних умов (див. нижче) цей гетерогенний ізоморфізм не реалізується або різко обмежується. Наприклад, у процесі високотемпературної магматичної кристалізації Li, згідно з принципом жорстких і м'яких кислот і основ (ЖМКО), як м'який катіон, не взаємодіє з жорсткими аніонами SiO_4^{4-} , SiO_3^{2-} . Водночас Li, жорсткіший за Na^+ і K^+ , не здатний утворити Li-польовий шпат. Наслідком цього може бути нагромадження Li у пізніх диференціатах лейкократової магми, передусім у пегматитовій магмі, і утворення в ній власних мінералів, передовсім фосфатів і силікатів літію.

Мінерали літію в надрах України належать до двох класів — силікатів і фосфатів (у круглих дужках після формули наведено вміст Li_2O (мас. %) у мінералі). Подальший виклад матеріалу потребує сучасного тлумачення статусу слюд, яке впливає з інформації Комісії з нових мінералів, номенклатури та класифікації при Міжнародній мінералогічній асоціації (ММА). Протолітїоніт і цинвальдит дискредитовано. Кріофіліт — синонім (відміна) дискредитованого виду цинвальдит. Отже, сучасна серія мінералів Li-Fe ізоморфного ряду виглядає так: аніт (сидерофіліт) — кріофіліт — лепідоліт (трилітїоніт). Сучасна термінологія слюд буде використана у мінералогічній частині подальшої публікації.

СилікатиЕвкрипит — $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_4]$ (~12);Ельбаїт — $\text{Na}(\text{Al}, \text{Li})_3\text{Al}_8(\text{BO}_3)_3(\text{F}, \text{OH})_4[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ (1,1—1,4);Сподумен — $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ (5,9—7,6);Холмквістит — $\text{Li}_3\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_8\text{O}_{22}]$ (2,1—3,5);Петаліт — $\text{Li}[\text{AlSi}_4\text{O}_{10}]$ (2,0—4,1).

Слюди Li-Fe ізоморфного ряду

(стара номенклатура)

Аніт (лепідомелан) — $\text{KFe}_3(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$;Сидерофіліт — $(\text{Fe}_2^{2+}\text{Al})_{3,0}(\text{OH})_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$ (0,20—0,70);Протолітійоніт — $\text{K}(\text{Fe}^{2+}, \text{Al}, \text{Li})_{3,0}(\text{OH}, \text{F})_{2,0}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ (1,44);Цинвальдит — $\text{K}(\text{Al}, \text{Li}, \text{Fe}^{2+})_{3,0}(\text{F}, \text{OH})_{2,0}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ (2,9—4,5);Кріофіліт — $\text{K}(\text{Al}, \text{Li}, \text{Fe}^{2+})_{3,0}(\text{F}, \text{OH})_{2,0}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ (5,0—5,5);Лепідоліт — $\text{K}(\text{Li}, \text{Al})_{3,0}(\text{F}, \text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ (3,19—5,7).**Крихка слюда і хлорити**Маргарит $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_2 - (\text{Li}, \text{Be})$ (1,82);Донбасит — $\text{Al}_2(\text{Al}, \text{Li}, \text{Mg}, \text{Fe})_{2,5}(\text{OH})_8[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ (0,1—3,0);Кукейт — $\text{LiAl}_4(\text{OH})_8[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ (0,8—4,3);

Слюди, типоморфні для лужних комплексів

Полілітійоніт — $\text{K}(\text{Li}_2\text{Al})_{3,0}\text{F}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ (3,7—7,7) (?);Тайніоліт — $\text{K}(\text{LiMg}_2)_{3,0}\text{F}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ (2,4—3,8).**Фосфати**Трифіліт — $\text{Li}(\text{Fe}^{2+}\text{Mn}^{2+})[\text{PO}_4]$ (5,51—8,62);Амблігоніт — $\text{LiAl}(\text{OH}, \text{F})[\text{PO}_4]$ (6,4—9,0);Симферит — $\text{Li}(\text{Mg}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn}^{3+})_{2,0}[\text{PO}_4]$ (5,35—5,45).

За типоморфними ознаками ці мінерали розподілено так:

1. Літійові фосфати "приписані" винятково до другого формаційного типу пегматитів — рідкіснометалевого.

2. Літійові хлорити народились і виростили у гідротермальних жилах Нагольного кряжу (Донбас).

3. Безперервний ізоморфний ряд Li-Fe слюд — від аніту (сидерофіліту) до лепідоліту — типоморфний для повнодиференційованих камерних пегматитів Волині, часто з

берилом, а також для гентгельвінових метасоматитів Пержанського рудного вузла.

4. Обірвані ряди Li-Fe слюд — аніт — протолітійоніт, аніт — протолітійоніт — цинвальдит характерні для рідкіснометалевих гранітів і пегматитів кам'яногильського та коростенського комплексів, для жильних рідкіснометалевих Li-F (топаз-цинвальдитових) гранітів (онгонітів) Коростенського плутону і Приазов'я.

Поширення Li у надрах України. Цю обширну і вельми важливу тему будемо висвітлювати у такий спосіб — характеризувати породи та їхні мінерали-носії Li (гло), потім — руди та їхні мінерали-концентратори літію (рудні об'єкти), на завершення — рідкіснометалеві пегматити.Деякі суджень про хімічну конституцію власне літійових мінералів України з погляду прояву в них гетерогенного ізоморфізму. У всіх рудних об'єктах широко проявлено ізоморфне заміщення Mg^{2+} і Fe^{2+} літійом за схемою $2\text{Mg}_{\text{VI}}^{2+}$ (або $2\text{Fe}_{\text{VI}}^{2+}$) \leftarrow $\text{Li}_{\text{VI}}^{1+}\text{Al}_{\text{VI}}^{3+}$ у таких мінералах: в ізоморфному ряду аніт (сидерофіліт) — лепідоліт, а також у турмалинах, амфіболах і хлоритах. Це заміщення ми дослідили усебічно, сформувавши відповідні конституційні, структурні, морфологічні, генетичні висновки (див. частину 2). Окрім того, було припущено такі схеми обмеженого заміщення, здебільшого у слюдах: $\text{Mg}_{\text{VI}}^{2+}\text{Fe}_{\text{VI}}^{3+} \leftarrow \text{Li}_{\text{VI}}^{1+}\text{Sn}^{2+}$ (В.Л. Барсуков, 1957); $\text{Mg}^{2+}\text{Ti}^{4+} \leftarrow \text{Li}^{1+}\text{Nb}^{5+}$ (В.М. Кузьменко, 1961); $2\text{Al}_{\text{VI}}^{3+} \leftarrow \text{Li}(\text{Nb}, \text{Ta})^{5+}$ (В.М. Кузьменко, 1961); $\text{Mg}_{\text{VI}}^{2+}\text{Al}_{\text{VI}}^{3+} \leftrightarrow \text{Li}_{\text{VI}}^{1+}\text{Si}_{\text{VI}}^{4+}$ (Е.И. Семенов, 1959); $\text{Al}_{\text{VI}}^{3+}2\text{Al}_{\text{VI}}^{3+} \leftarrow \text{Li}_{\text{VI}}^{1+}2\text{Si}_{\text{VI}}^{4+}$ (А.И. Гинзбург, С.Н. Берхин, 1953); $2\text{Al}_{\text{VI}}^{3+}3\text{Al}_{\text{IV}}^{3+} \leftarrow 3\text{Li}_{\text{VI}}^{1+}3\text{Si}_{\text{IV}}^{4+}$ (А.И. Гинзбург, С.Н. Берхин, 1953).**Коростенський плутон.** Центральним Li-вмісним об'єктом тут є Волинське родовище — відоме у світі родовище п'езокварцу і коштовного каміння, яке водночас є, ймовірно, найбільшим за покладами Li-Fe слюд. У далекі радянські часи цими слюдами зацікавились київські електрозварювальники. Один із авторів підготував, за завданням Б.Є. Патона, потужну пробу цинвальдиту-протолітійоніту для досліджень, але результату ми не знаємо.

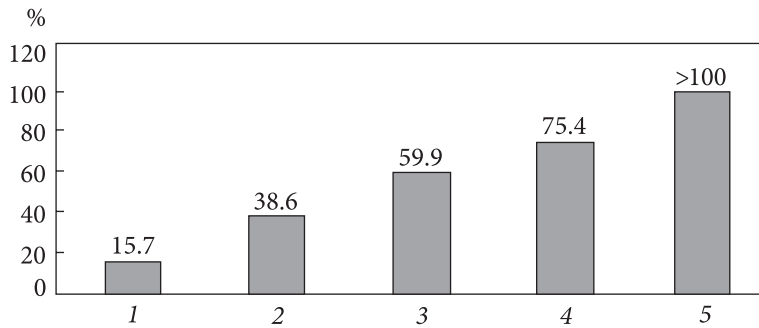


Рис. 1. Зміна середнього вмісту Li в породах Коростенського плутону, г/т: 1 — основні породи; 2 — граніти ($\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5$) крайової фації; 3 — граніти центральної фації — лізниківські (γ_6); 4 — Li-F (топаз-цинвальдитові) рідкіснометалеві граніти; 5 — Li-вмісні камерні пегматити

Fig. 1. Change in the average Li content in the rocks of the Korosten pluton, g/t: 1 — main breeds; 2 — granites ($\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5$) of the marginal facies; 3 — granites of the central facies — Lyznyk (γ_6); 4 — Li-F (topaz-zinnwaldite) rare-metal granites; 5 — Li-bearing chamber pegmatites

Волинське родовище — це насамперед камерні пегматити, які генетично і просторово пов'язані з гранітами Коростенського плутону. З ним також пов'язано народження нового уявлення про роль глибинних флюїдних потоків у цих процесах [9, 10]. Маємо певне віддзеркалення дії останніх у геохімії й мінералогії літію у Волинському родовищі [41].

Переходимо до висвітлення вмісту Li у породах і мінералах Коростенського плутону, насамперед за даними, наведеними у наших узагальненнях [29, 40]. Для доповнення і порівняння скористаємось джерелами [12, 17, 21, 25, 44—47].

Li в ультраосновних породах Коростенського плутону не досліджували, передусім через відсутність зразків. В основних породах цієї структури вміст Li становить 15,7 г/т [46], тобто менший за кларк. Детальніше проаналізовано граніти, особливо у межах Вишняківсько-Дворищанського тектонічного блоку [29]. Результати цих аналізів (рис. 1) засвідчують класичну скерованість зміни середнього вмісту Li, спричинену диференціацією гранітоїдного розплаву [49].

Таблиця 1. Зміна величини відношення елементів у гранітах Коростенського плутону
Table 1. Changes in the ratio of elements in the granites of the Korosten pluton

Граніти	Mg/Li	Li · 100/F
γ_1	104	72
γ_5	68	10,9
γ_2	55	6,6
γ_3	48	4,8
γ_4	36	5,5
γ_6	33	4,2
Li-F граніти	13	3,5

Граніти γ_4, γ_6 (рідкіснометалеві лізниківські) і Li-F граніти нагромаджують Li у пізніх диференціатах кислої магми, так само, як у камерних пегматитах. Цю ж закономірність підтверджують відношення значень вмісту деяких пар елементів: Mg/Li, Li/F (див. табл. 1).

Зменшення значення цих відношень свідчить про скерованість диференціації гранітів від більш ранніх і більш основних різновидів до пізніших і кисліших. Іншими словами, зміна індикаторних величин у ряду гранітів $\gamma_1(\gamma_5) — \gamma_6$ збігається з поведінкою цього відношення в гранітах плутону загалом та їхніх пегматитів зокрема. З наведених даних випливає, що скерованість зміни цих відношень добре узгоджується з відомим положенням [29]: у будь-якій парі елементів, близьких за кристалохімічними властивостями, елемент із нижчими енергетичними параметрами нагромаджується в ході процесу стосовно елементу з вищими енергетичними показниками.

У роботі [46] вказано максимальну кількість Li у гранітоїдах коростенського комплексу — 66 г/т, а також: середній вміст Li у гранітоїдах геосинклінального етапу розвитку Українського щита (УЩ) — 30 г/т; а також платформного етапу розвитку УЩ — 65 г/т. Основним мінералом-концентратором Li в коростенських гранітоїдах, як і в багатьох інших регіонах, є біотит [31]. Деяко інший, але не кардинально відмінний розподіл Li у головних типах гранітів Коростенського плутону описано в [44].

Переходимо до характеристики Li камерних пегматитів. Тут ситуація істотно змінюється, оскільки в гру вступають поширені

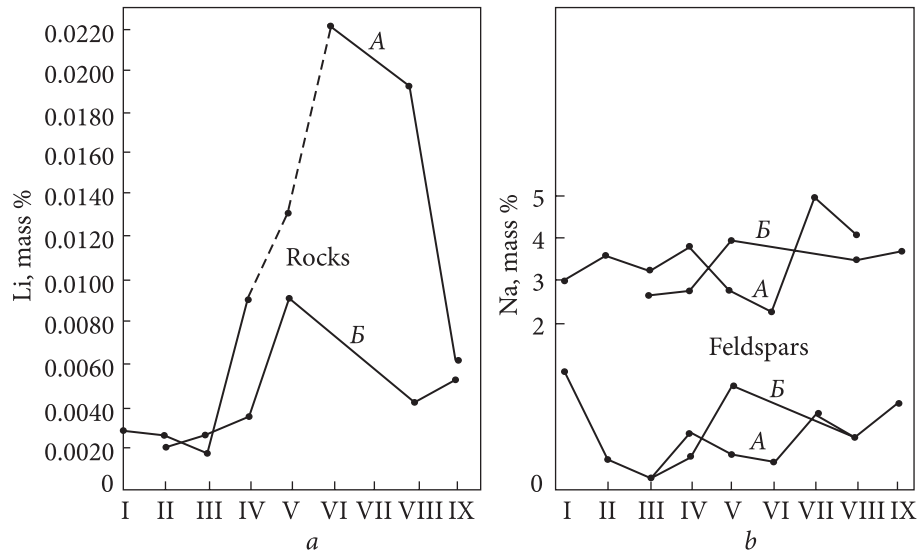


Рис. 2. Вміст літію (\bar{x}) в породах (а) і польових шпатах (б) із різних зон повнодиференційованого (А) і слабодиференційованого (Б) пегматитів. Римські цифри відповідають номерам вибірок в табл. 2. У вибірці V середній вміст літію розрахований із урахуванням вмісту протолітійоніту в польовошпатовій зоні. Середній вміст літію в польових шпатах зіставлено з \bar{x} натрію. Останній показано на окремій шкалі

Fig. 2. Lithium content (\bar{x}) in rocks (a) and feldspars (b) from different zones of fully differentiated (A) and weakly differentiated (B) pegmatites. Roman numerals correspond to sample numbers in Table 2. In sample V, the average lithium content was calculated taking into account the content of protolithionite in the feldspar zone. The average content of lithium in feldspars is compared with \bar{x} sodium. The latter is shown on a separate scale

літєві мінерали Li-Fe ізоморфного ряду (протолітійоніт — цинвальдит — кріофіліт — лепідоліт). Окрім того, в цих пегматитах у акцесорній кількості діагностовано сподумен, який зближує їх із рідкіснометалевими пегматитами, але лише формально, оскільки камерні пегматити твердо посідають свою нішу в ієрархії гранітних пегматитів [16] — перший (кристаленосний) формаційний тип.

На нашу думку, літєва спеціалізація камерних пегматитів Волині спричинена дією глибинних флюїдних потоків (див. нижче), оскільки більшість камерних пегматитів світу не супроводжені літєвою мінералізацією.

Наведені нижче дані базуються на результатах дослідження 10 пегматитових тіл (№ 1, 27, 238, 290, 305, 312, 347, 344, 349 і 2731) і вибіркової даних [17, 19, 25, 46]. Серед пегматитів, які досліджували й нині досліджуємо, з огляду на геохімію Li виділено два основні типи: повнодиференційовані (№ 305, 344, 347, 349) і слабодиференційовані тіла (№ 1, 27, 290). Пегматити першого типу характеризуються високою продуктивністю і сконцентровані в центральній частині пегматитового району, пегматити другого типу ма-

ють невисоку продуктивність і приурочені переважно до північної (південної) частини району, хоча на них можна натрапити і в межах центральної частини (№ 2731).

Найретельніше вивчені два пегматитові тіла — 347 (А) і 2731 (Б), що знаходяться в межах однієї геоструктурної зони, але істотно відмінні за продуктивністю (табл. 2). Такий підхід цікавий також у прикладному сенсі. Середній вміст Li в гранітах, які знаходяться над пегматитами і збоку в радіусі 20 м, становить 0,0027 % ($n = 40$), що нижче від його кларку. Вищий вміст ($\bar{x} = 0,005$ і 0,006 %) властивий змінним гранітам під пегматитами, що свідчить про привнесення Li розчинами в процесі їх метасоматичного перетворення. Під час переходу від граніту до повнодиференційованого пегматиту А \bar{x} спочатку зменшується в письмовому пегматиті, потім різко зростає у внутрішніх зонах (рис. 2). Підйоми і спади на рис. 2 адекватно можна розтлумачити за кількістю мінералоконцентратора Li. Середній вміст Li у пегматиті А загалом дорівнює 0,0116 %, у пегматиті Б — 0,004 %. Отже, у камерних пегматитах, як і в рідкіснометалевих, вміст Li

Таблиця 2. Статистичні параметри літію в гранітах, пегматитах і їхніх польових шпатах
 Table 2. Statistical parameters of lithium in granites, pegmatites and their feldspars

Вибірка	<i>n</i>		\bar{x}		<i>s</i>	
	Порода	Польовий шпат	Порода	Польовий шпат	Порода	Польовий шпат
<i>Повнодиференційоване пегматитове тіло А</i>						
I	6	3	0,0028	0,0058	0,0006	0,0011
II	20	7	0,0026	0,0014	0,0010	0,0006
III	11	6	0,0017	0,0005	0,0007	0,0008
IV	20	7	0,0091	0,0027	0,0072	0,0013
V		8		0,0016		0,0008
VI	1	1	0,0220	0,0012		
VII	5	9	0,0205	0,0035	0,0237	0,0015
VIII	11	1	0,0190	0,0023	0,0248	
IX	15		0,0060		0,0009	
<i>Слабодиференційоване пегматитове тіло Б</i>						
II	4	—	0,0020		0,0003	
III	9	3	0,0026	0,0004	0,0016	0,0002
IV	5	2	0,0035	0,0015	0,0023	0,0001
V	7	4	0,0090	0,0049	0,0030	0,0005
VIII	5	3	0,0040	0,0025	0,0015	0,0002
IX	6	2	0,0050	0,0039	0,0019	0,0003

Примітка. *Пегматитове тіло А*: I — зеленувато-сірі біотит-роговообманкові середньозернисті рапаківі-подібні граніти, 4—20 м від верхньої частини пегматиту; II — подібні граніти, але біля пегматиту освітлені і втрачають ознаки рапаківіподібності, 1—4 м від верхньої частини пегматиту; III — дрібнозерниста письмова графіка, що складає периферійну малопотужну (до 1 м) зону верхньої частини пегматиту; IV — різнозерниста кварц-польовошпатована (з невеликою кількістю слюди) порода графіко-пегматоїдного вигляду, що знаходиться на верхній частині пегматиту під письмовою графікою; V — польовошпатована порода з польовошпатовою зоною, що змінює пегматоїдну у напрямі до центру пегматиту; VI — кристали мікрокліну, кварцу та літєво-залізистої слюди із занориша; VII — польовошпатована пегматоїдного вигляду порода з порожнинами вилугування кварцу, зона вилугування; VIII — графіко-пегматоїдна порода з ділянками радіальної, скелетної та інших структур, нижня частина пегматиту під зоною вилугування; IX — метасоматично змінені граніти рожево-червоного кольору під пегматитовим тілом, альбітизовані та містять близько 35 % рогової обманки і біотиту. *Пегматитове тіло Б*: II — зеленувато-сірі біотит-роговообманкові середньозернисті граніти з ознаками рапаківіподібності, 1—4 м від верхньої частини пегматиту; III — дрібнозерниста письмова графіка, периферійна зона змінної потужності (1—4 м); IV — різнозерниста графіко-пегматоїдна порода у верхній частині пегматиту; V — кварц-польовошпатована порода пегматоїдного вигляду з відособленнями мікроклін-пертиту, приблизно центральна частина пегматиту; VIII — різнозерниста графіко-пегматоїдна порода в нижній частині пегматиту; IX — частково метасоматично змінені граніти під пегматитом; *n* — число проаналізованих зразків; \bar{x} — середнє арифметичне, *s* — середнє квадратичне відхилення. Визначення елементів здійснено полум'яно-фотометричним методом в лабораторії фізичних методів 1971 р. в Інституті мінералогії, геохімії та кристалохімії рідкісних елементів (IMGRE, рф). Чутливість визначення літію — 0,00005 %. Аналітики Л. Бусахіна, Л. Чижикова.

Note. *Pegmatite body A*: I — greenish-gray biotite-hornblende medium-grained rapakivi-like granites, 4-20 m from the upper part of the pegmatite; II — similar granites, but lit near the pegmatite and lose signs of rapakivi-likeness, 1-4 m from the upper part of the pegmatite; III — fine-grained written graphics that make up the peripheral low-power (up to 1 m) zone of the upper part of the pegmatite; IV — multi-grained quartz-feldspar (with a small amount of mica) rock of graphic-pegmatoid appearance, located in the upper part of the pegmatite under the written graphics; V — feldspar rock from the feldspar zone, changing to pegmatoid towards the center of the pegmatite; VI — crystals of microcline, quartz and lithium-iron mica from zanorysh; VII — feldspathic pegmatoid rock with quartz leaching cavities, leaching zone; VIII — graphic-pegmatoid rock with areas of radial, skeletal and other structures, the lower part of the pegmatite under the leaching zone; IX — pink-red metasomatically altered granites under a pegmatite body, they are albitized and contain about 35 % hornblende and biotite. *Pegmatite body B*: II — greenish-gray biotite-hornblende medium-grained granites with signs of rapaki visibility, 1-4 m from the upper part of the pegmatite; III — small sprout written graphics, peripheral zone of variable power (1-4 m); IV — multi-grained graphitic-pegmatoid rock in the upper part of the pegmatite; V — quartz-feldspar rock of a pegmatoid appearance with microcline-perthite outcrops, approximately the central part of the pegmatite; VIII — multi-grained graphic-pegmatoid rock in the lower part of the pegmatite; IX — partially metasomatically altered granites under pegmatite; *n* — number of analyzed samples; \bar{x} — arithmetic mean, *s* — mean square deviation. Determination of elements was carried out by the (fire) flame-photometric method in the laboratory of physical methods in 1971 at the Institute of Mineralogy, Geochemistry and Crystallography of Rare Elements (IMGRE, Russian Federation). The sensitivity of lithium determination is 0.00005 %. Analysts L. Busakhina, L. Chizhikova.

збільшується під час переходу від слабо- до повнодиференційованих.

Повернемося до вмісту та розподілу Li у пегматитових мінералах. Наявні дані (рис. 2, табл. 2, 3) ілюструють тісний (ізоморфний) зв'язок Li з Na польових шпатів (до 0,0080 % Li в альбітитах). Вміст Li у польових шпатах з інших пегматитів характеризується такими даними: письмовий пегматит — 0,0001 % (№ 344, $n = 1$) і 0,005 (№ 344, 347, 349, $n = 12$), графіко-пегматоїдні породи над занорищем — 0,0016 (всі пегматити; $n = 27$), 0,0020 (продуктивні: № 344, 347, 349, $n = 11$), 0,0011 (непродуктивні: № 312, 290, 2731, $n = 8$) і 0,0014 (№ 238, $n = 8$); польовошпатована зона — 0,0014 (продуктивні: № 344, 349, 305, $n = 12$) і 0,0003 (непродуктивні: № 1, 27, 312, 2731, $n = 16$); зона вилуговування — 0,0001 (№ 312, $n = 4$) і 0,0035—0,0070 (продуктивні пегматити).

Цікавий такий факт: у процесі аналізу своєрідного пегматиту С, що за розподілом Li займає проміжне положення між тілами А і Б, у пробах гранітів, які вміщують цей пегматит, виявлено два літєвих мінерали — сподумен і протолітійніт-3Т. Це небачене досі явище ми пояснюємо впливом глибинних флюїдних потоків.

Розподіл Li в інших мінералах пегматитів відображає табл. 3. У слюдах, як зазначено вище, Li входить у ґратку здебільшого за схемою $2\text{Fe}^{2+} \leftarrow \text{LiAl}$. Найбільше насичення

слюд Li відбувалось у інтервалі температури 300—400 °С.

Отже, Li камерних пегматитів Волині розсіяний переважно в польових шпатах і слюдах — у перших він заселює позиції Na, у других — позиції катіонів октаедричної координації. Іншим мінералом-носієм Li є берил, але він сам по собі рідкісний. Між польовими шпатами і слюдами Li розподілений так: 1) у лейкократових гранітах польовий шпат є мінералом-носієм Li, а лепідомелан (аніт) — мінералом-концентратором; у меланократових змінених гранітах під пегматитами слюда разом з роговою обманкою концентрує >70 % Li; 2) у письмовому пегматиті, пегматоїдних породах і польовошпатовій зоні слюда містить від 10 до 45 % Li; 3) у кварцовій зоні мінералом-носієм і концентратором Li є протолітійніт; 4) у занорищах і зоні вилуговування роль мінералу-носія Li може змінюватися залежно від співвідношення вмісту слюд і польових шпатів.

Пержанський рудний вузол. Його ще називають рудно-тектонічним вузлом [34], оскільки він за розмаїттям мінеральних видів і геохімічним спектром наявних у ньому елементів не має собі рівних на УЩ. Систематичних досліджень вмісту і розподілу літію в пержанському комплексі не відбулось, але є результати фрагментарних досліджень, підпорядкованих досягненню певної мети.

Таблиця 3. Вміст літію в мінералах камерних пегматитів, %
Table 3. Lithium content in chamber pegmatite minerals, %

Мінерал	Місце відбору зразка	Li	
		\bar{x}	Коливання
Лепідомелан	Граніти	0,07	0,05—0,15
	Графічна зона	0,15	0,10—0,20
Протолітійніт	Польовошпатована і кварцова зони	0,76	0,60—0,90
Цинвальдит	Занориш	1,54	1,17—1,98
Лепідоліт	Занориш	2,55	2,37—2,76
Мусковіт	Подрібнені ділянки навколо занорища	0,0092	0,0077—0,0108
Гідрослюда	Заміщує літєво-залізісті слюди	0,47	—
Берил	Занориш	0,0032	0,0025—0,00039
Топаз	Занориш	—	—

Примітка. Відсутність коливань означає, що $n = 1$; прочерк — елемент відсутній (у межах чутливості методу). Умовні позначення див. Примітку до табл. 2.

Note. The absence of oscillations means that $n = 1$; a dash means that the element is absent (within the sensitivity of the method). Legend see in the note to Table 2.

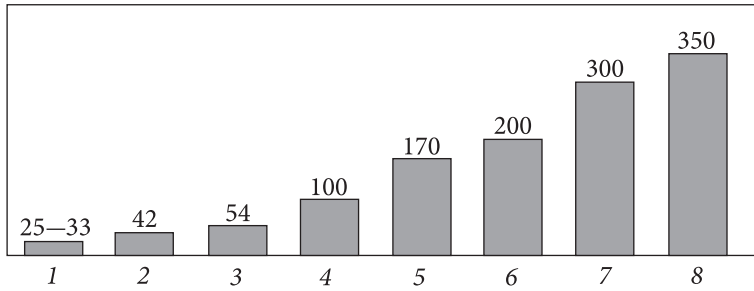


Рис. 3. Вміст Li (г/т) в породах Пержанського рудного вузла (за даними О.В. Зінченка, Л.С. Галецького, С.В. Металіді): 1 — граніти осницькі, устинівські, львовківські, сирницькі, хочинські; 2 — метасоматити польовошпатові; 3 — метасоматити аляскітові; 4 — грейзени; 5 — дрібнозернисті пержанські граніти; 6 — пержанські граніти (апограніти); 7 — біотит-польовошпатові метасоматити; 8 — метасоматити сидерофілітові

жанські граніти; 6 — пержанські граніти (апограніти); 7 — біотит-польовошпатові метасоматити; 8 — метасоматити сидерофілітові

Fig. 3. Li content (g/t) in the rocks of the Perzhansky ore cluster (according to O.V. Zinchenko, L.S. Galetskyi and S.V. Metalidi): 1 — Osnytskyi, Ustynivskiy, Lvovkivskiy, Syrnytskyi, Khochynskiy granites; 2 — feldspar metasomatites; 3 — alaskite metasomatites; 4 — greisen; 5 — fine-grained Perzhansky granites; 6 — Perzhansky granites (apogranites); 7 — biotite-feldspar metasomatites; 8 — siderophyllite metasomatites

Водночас, завдяки нашим спільним дослідженням зі світлої пам'яті О.В. Зінченком, Пержанський рудний вузол став другою на УЩ структурою з повним набором слюд Li-Fe ізоморфного ряду, серед яких єдина на колишній території СРСР політипна модифікація лепідоліт-20.

Наші висновки стосовно поширення Li в Пержанському рудному вузлі базуються на результатах аналізу праць [5, 7, 17, 18, 22, 23, 25, 34, 44–47].

1. Неймовірно висока дисперсія вмісту рідкісних елементів, зокрема Li, яка зростає в метасоматично змінених породах. Наприклад, слюди пержанських гранітів містять Li 5320 г/т і більше, але трапляються ці ж мінерали з вмістом Li на два-три порядки нижче. О.В. Зінченко [18] зазначив, що найбільші концентрації Li (0,063–0,612 %) характерні для сидерофіліту з пержанських гранітів і метасоматитів, які містять літєву слюду (до 1,3 % Li). У польових шпатах вміст Li коливається в межах 0,0003–0,021 %. У рогових обманках, арфедсоніті й егірині вміст Li завжди нижчий, ніж у парагенних із ними слюдах (0,014–0,173 %). Також О.В. Зінченко описав "алогічний" результат — зменшення вмісту Li в пізніх слюдах.

Породи обрамлення Пержанського вузла (гнейси, сієніти, граніти кіровоградські, основні породи тощо) містять різну кількість Li, здебільшого меншу за його кларк. Орієнтовно однаковий вміст характерний для таких гранітів пержанського комплексу, г/т: осницьких — 25, устинівських — 26, львовківських — 24, сирницьких — 25, хочинсь-

ких — 33; на порядок вищу кількість Li мають, г/т: пержанські граніти — 200, дрібнозернисті граніти — 170, грейзени — 100, метасоматити аляскітові — 54, метасоматити польовошпатові — 42, метасоматити біотит-польовошпатові — 300, метасоматити сидерофілітові — 350 (рис. 3).

Л.В. Зубков зі співавторами [23] навели такі дані, вміст Li_2O , %: граніт гнейсоподібний — 0,11; граніт окварцований — 0,03; альбіт-калішпатовий метасоматити — 0,015 (верхній), 0,011 (нижній); альбіт — 0,019; аляскіт — 0,032; слюдино-кварц-польовошпатові метасоматити — 0,064 (верхній), 0,082 (нижній); грейзени — 0,086 (верхній), 0,086 (нижній); кварцові жили — 0,017.

Загалом породи гранітоїдної лужної формації, з якими пов'язана гентгельвінова мінералізація, характеризуються вмістом Li, який в 1,5–10 разів більший за його кларк.

2. Сидерофіліт слюдяних мікроклінів містить 0,18 % Li, мусковіт грейзенів — 0,04 % Li_2O . На думку Н.А. Безпалько [5], у пержанському комплексі є два максимуми його вмісту: в грейзенах (у нашому розумінні — в метасоматитах) і в пержанських гранітах.

3. Зроблений такий сумнівний висновок [45]: нагромадження Li тісно пов'язано з процесами метасоматозу, однак власні мінерали Li у цей час не утворюються. Основна маса його атомів розсіюється в слюдах.

4. Зовсім іншу мінералогію слюд репрезентували О.В. Зінченко і В.І. Павлишин [22]. Основна увага звернута на слюди гранітів і пов'язаних із ними метасоматитів. Вміст слюд (сидерофіліту) в гранітах — 2,5 %. В інших

утвореннях слюди є пізніми. Сидерофіліт у метасоматитах звичайно заміщений протолітійомом, а останній — залістим лепідолітом. На східному фланзі зони серед альбітизованих гранітів розвинений цинвальдит. У метасоматитах часто трапляється також залістий мусковіт. Діагностику слюд виконано хімічними, оптичними, мікроскопічними, рентгеноструктурними, ІК-спектроскопічними методами. Вміст Li_2O у слюдах становить, мас. %: залістий мусковіт — 0,18; те саме з грейзену — 0,01; залістий лепідоліт — 5,21; літєвий сидерофіліт — 0,69; сидерофіліт — 0,51; літєвий сидерофіліт — 0,87. Отже, склад слюд змінюється в межах двох ізоморфних рядів: сидерофіліт — лепідоліт і мусковіт — селадоніт. Уперше в Україні, як зазначено вище, в пержанських метасоматитах діагностовано лепідоліт-20 [28] і вдруге відкрито політипний перехід у ізоморфному Li-Fe ряду: $1M \rightarrow 3T \rightarrow 1M$.

Загальний висновок такий: Пержанський рудний вузол — другий об'єкт УЩ (перший — камерні пегматити Волині), в якому зафіксовано мінерали безперервного ізоморфного Li-Fe ряду: сидерофіліт — протолітійом — цинвальдит — лепідоліт. Між цими рядами існує істотна морфолого-розмірна відмінність. У першому випадку слюди росли здебільшого у вільному просторі, часто набували форми кристалів-багатогранників чималих розмірів, у другому — росли метасоматично у стиснених умовах, тому є мікроскопічними утвореннями.

5. Li максимально нагромаджується в процесі альбітизації. Його мінімальні концентрації характерні для продуктів ранньої й пізньої лужних стадій метасоматозу [34]. Відношення Mg/Li закономірно зменшується від кіровоградських, осницьких і устинівських гранітів (188—134), а від останніх до слабко метасоматично змінених і львовківських (66—60) до найбільш змінених — пержанських і дрібнозернистих гранітів (6,4—3,9). Зниження величини цього відношення спричинено, до певної міри, активним входженням Li в сидерофіліт.

6. К.Ю. Єсипчук і Є.М. Шеремет [44] вважали, що за рівнем вмісту Li, F, Rb та інших металів граніти пержанського комплексу аналогічні рідкіснометалевим лейкогранітам

Приазов'я. Щодо Li цю думку підтверджують дані зі статті К.М. Бучинської й С.В. Нечаєва [7], вміст Li_2O , %: біотитовий аляскітовий граніт (с. Перга) — 0,89; 0,67; 0,71; рибекіт-арфедсонітовий (околиці с. Перга) — 0,56; 0,52; 0,60; егіриновий граніт (с. Перга) — 0,69; 0,60; грейзенізований пержанський граніт — 0,75; сидерофілітовий грейзен — 0,08; грейзенізований граніт з Li-мусковітом — 1,54 (ймовірно, це лепідоліт, помилково діагностований як мусковіт); мікроклін-альбітовий граніт з протолітійомом — 1,40; мусковітовий грейзен — 0,18; 0,37; 0,36; грейзенізований граніт-порфір з протолітійомом — 1,28; 1,07. Ці ж автори дійшли висновку, що у пержанських гранітах встановлюється така зміна складу слюд: літєвий біотит → літєвий сидерофіліт → літєвий фенгіт-мусковіт → протолітійом-цинвальдит (?) → залістий лепідоліт → залістий мусковіт. Звідси випливає ще один висновок: обґрунтована належність пержанських гранітів до коростеньського комплексу.

Рідкіснометалеві граніти Приазов'я. Це третій відносно потужний Li-вмісний об'єкт, який має тривалу історію дослідження [30, 36—38, 43, 44, 47]. Ключовим поняттям у ході висвітлення цієї теми є кам'яномогильський комплекс, представлений трьома рідкіснометалевими масивами у Західному Приазов'ї (за старою термінологією — малими інтрузіями) — Кам'яні Могили, Катеринівський, Стародубівський.

У 1962—1965 роках В.І. Павлишин, тоді аспірант Львівського державного університету ім. Івана Франка, працював над темою кандидатської дисертації "Исследование магнетитно-железистых и литиево-железистых слюд Украины" (1965) [37]. Його дисертація — праця про конституцію, морфологію, фізичні властивості та генезис слюд УЩ, які з перервами різної тривалості автор і досі досліджує. Фактологічна основа роботи — критично проаналізований літературний матеріал і 105 проб слюд, усебічно детально вивчених, зокрема хімічно та спектрально. Левова частка цих слюд — це Mg-Fe і Li-Fe слюди Приазов'я, матеріал, частково опублікований у монографіях "Мінералогія Криворожського басейна (1977) і "Мінералогія Приазов'я" (1981) [35, 36].

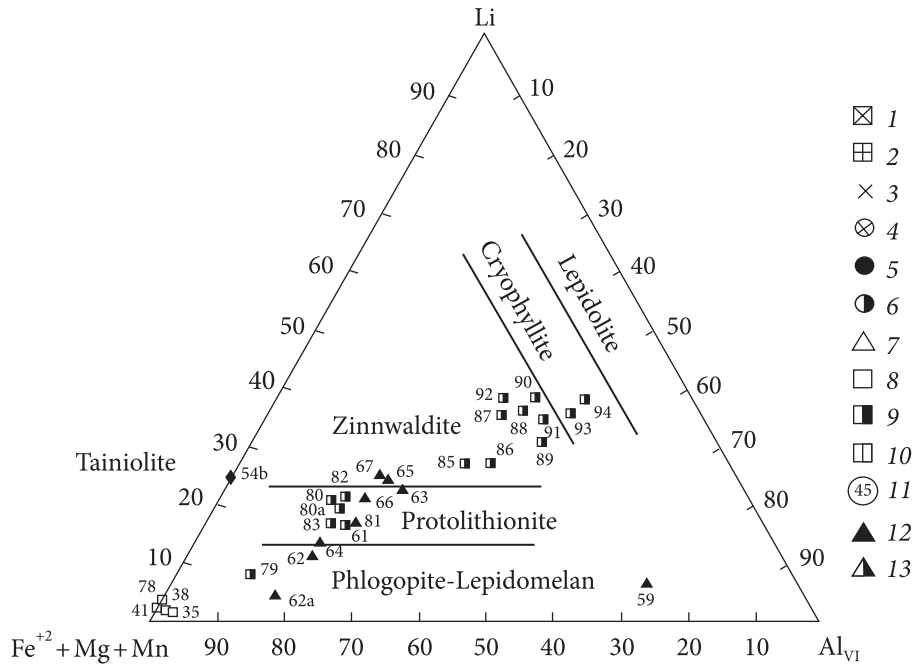


Рис. 4. Діаграма хімічного складу літійово-залізистих слюд. Li, Al_{VI}, Fe²⁺ + Mg + Mn — кількість атомів шестерної координації у кристалохімічних формулах. Слюди: 1 — звенигородських гранітів, 2 — гранітів з р. Інгулець, 3 — кременчуцьких гранітів, 4 — чудново-бердичівських гранітів, 5 — житомирсько-кіровоградських гранітів, 6 — житомирсько-кіровоградських пегматитів, 7 — осницького комплексу, 8 — коростенських гранітів, 9 — п'єзокварцових пегматитів Волині, 10 — пержанського граніту, 11 — сієнітового комплексу Приазов'я, 12 — Катеринівки та Кам'яних Могили, 13 — пегматитів Катеринівки

Fig. 4. Diagram of the chemical composition of lithium-ferrous micas. Li, Al_{VI}, Fe²⁺+Mg+Mn — the number of six-coordinate atoms in crystal chemical formulas. *Micas*: 1 — Zvenyhorod granites, 2 — granites from the Inhulets river, 3 — Kremenchuk granites, 4 — Chudново-Berdychiv granites, 5 — Zhytomyr-Kirovohrad granites, 6 — Zhytomyr-Kirovohrad pegmatites, 7 — Osnytsk complex, 8 — Korosten granites, 9 — piezo-quartz pegmatites of Volyn, 10 — Perzhansk granite, 11 — syenite complex of the Azov region, 12 — Katerynivka and Kamyani Mohyly, 13 — Katerynivka pegmatites

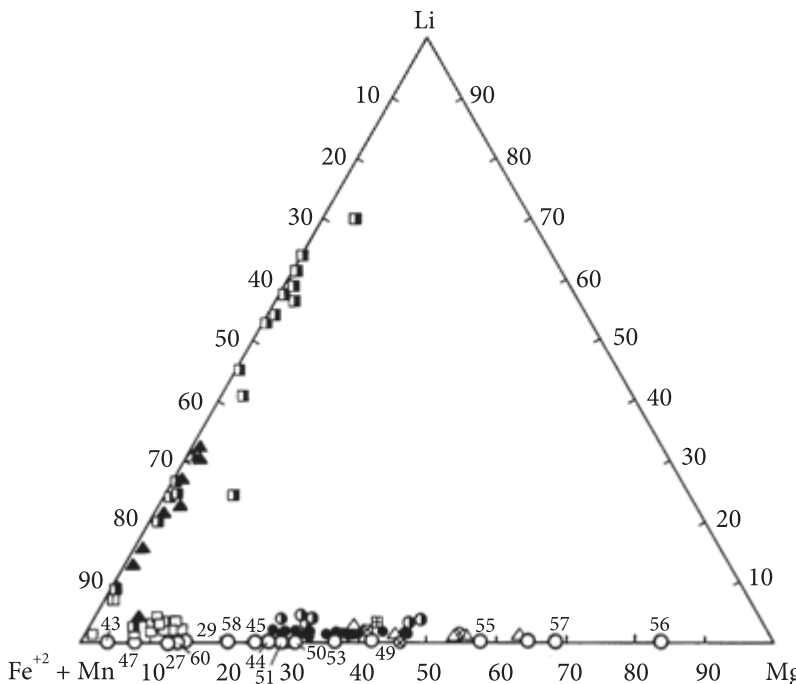


Рис. 5. Діаграма складу слюд у системі лепідомелан (Fe²⁺ + Mn)-лепідоліт (Li)-флогопіт (Mg). Умовні позначення див. на рис. 4

Fig. 5. Diagram of the composition of micas in the lepidomelan (Fe²⁺ + Mn)-lepidolite (Li)-phlogopite (Mg) system. The Legend see on Fig. 4

Стислі висновки, які впливають із дисертаційних і пізніших досліджень В.І. Павлишина:

1. Літєво-залізисті слюди зафіксовані у двох районах УЩ: у камерних пегматитах Волині (лепідомелан, протолітійоніт, цинвальдит, кріофіліт, лепідоліт), пегматитах і змінених гранітах Катеринівки і Кам'яних Могил (сидерофіліт, протолітійоніт, цинвальдит). Пержанський район, як і Стародубівський масив, тоді ще не були визнані літєносними. Склад Li-Fe слюд показано на двох діаграмах (рис. 4, 5), які ілюструють їхні дві найголовніші хімічні особливості — склад і співвідношення катіонів октаедричного шару і високу залізистість.

2. Елементи-домішки (Li, Rb, Cs, Be, Ga, Nb, Sn) розподілені поміж слюдами нерівномірно. Найбільша частка цих елементів сконцентрована в слюдах змінених гранітів Катеринівки і Кам'яних Могил.

3. Утворення Li-Fe слюд відбувалось метасоматичним шляхом в умовах порівняно низької температури і низької активності лугів, особливо калію. Загальний порядок виділення слюд відповідав такому ряду: сидерофіліт — мусковіт — протолітійоніт — цинвальдит — літєвий або літєво-залізистий мусковіт.

4. Вміст Li_2O змінюється у широких межах. Найчастіше трапляються зразки із вмістом 0,4—0,5 %.

5. Змодельовано ідею логічного зв'язку рідкіснометалевого зруденіння в гранітах із політипізмом слюд (рис. 6).

Аналіз рис. 6 свідчить: у Пержанському районі УЩ зональність змінених гранітів найповніша, ерозійний зріз невеликий; у Приазов'ї (граніти кам'яномогильського комплексу) зональність неповна, верхні продуктивні зони знесені ерозією; у Коростенському плутоні ерозійний зріз лізниківських гранітів, ймовірно, ще більший, ніж у Приазов'ї.

Новіші дослідження гранітів кам'яномогильського комплексу пов'язані з працею "Петрологія, геофізика и рудоносность редкометальных гранитов Приазовья (Украинский щит)" (2013) [43] і "Редкометальные граниты Украинского щита" (2014) [47]. Вони підтвердили, що біотит (насправді треба

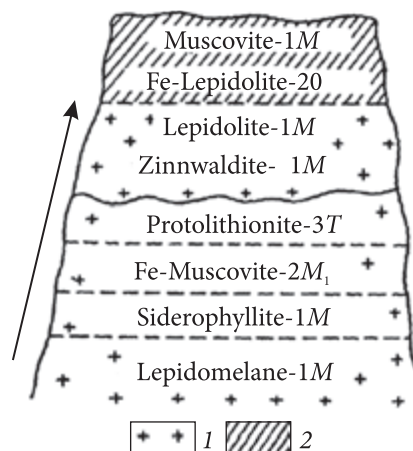


Рис. 6. Підсумкова схема розподілу політипних модифікацій слюд у вертикальному розрізі інтрузії рідкіснометалевих гранітів (складена за даними вивчення слюд із гранітів і метасоматитів Українського щита). Стрілкою показано збільшення ступеня метасоматичного перетворення гранітів. Хвилястою лінією (орієнтовно на середині інтрузії) показано рівень ерозійного зрізу, якого зазнали граніти кам'яномогильського комплексу в Приазов'ї: 1 — граніти, 2 — метасоматити

Fig. 6. Generalized scheme of the distribution of polytypic modification micas on a vertical section of an intrusion of rare-metal granites (compiled based on data from the study of micas from granites and metasomatites of the Ukrainian Shield). The arrow shows the increase in the degree of metasomatic transformation of granites. The wavy line (roughly in the middle of the intrusion) shows the level of the erosion section that the granites of the Kamyanomohylsky complex in Azov have undergone: 1 — granites, 2 — metasomatites

ширше розуміти цей термін) має тенденцію до збільшення в ньому вмісту Li; він є основним концентратором рідкісних металів. Містить Li і мусковіт (Li_2O — 0,4—0,5 %), але його самого в породі мало.

Завершимо огляд цікавими даними щодо розподілу вмісту Li в біотитах і гранітах [44, с. 182] (табл. 4).

Рідкіснометалеві пегматити. Це найбагатші на Li переважно промислові геологічні утворення (серед твердих корисних копалин), в яких основні мінерали-концентратори представлені сподуменом і петалітом. Певна, інколи значна, частка Li зосереджена в слюдах Al-Li ряду — мусковіті та лепідоліті, менше в Li-Fe ряду, біотитах, турмалінах, фосфатах — трифіліті, амблігоніті, симфериті. Всі вони за певних умов також можуть

мати промислове значення. Гранітні пегматити з такими мінералами відкрито в Північному Криворіжжі, у Приазов'ї й у Шполянсько-Ташлицькому рудному районі Інгульського мегаблоку.

Більшість рідкіснометалевих пегматитів формуються на глибині 3,5—7 км [16]. Звичайно, як і в Україні, поза масивами материнських гранітних масивів. У пегматитах цього типу концентруються Li, Ta, Cs, Rb, Be, Sn, ювелірна сировина — кунцит, вороб'євіт, поліхромні турмаліни. Передбачається, що орієнтовно 80 % запасів Li припадає на сподуменові пегматити, яких в Україні ще недостатньо. Викликає до певної міри подив, що відкриті в середині ХХ ст. у Криворіжжі сподуменові пегматити [26, 27] досі, окрім мінералогічно, ніяк не розвідані і не вивчені. Не завершена розвідка родовищ Інгульського мегаблоку.

У світі відоме родовище Бікіта (*Bikita*, Зімбабве), де основним мінералом літію є петаліт. Він у достатній кількості є в пегматитах Інгульського мегаблоку і в Шевченківському родовищі. Взагалі в УЩ має місце зональність — сподуменові (Сорокинська тектонічна зона в Приазов'ї — родовище Крута Балка) → сподумен-петалітові (Шевченківське пегматитове поле) → сподумен-петалітові та петалітові (Інгульський мегаблок, родовища Надія, Станкуватське, Полохівське) пегматити.

Найперспективнішими, на нашу думку, для розробки (зі середнім вмістом Li_2O більше 1 %) є пегматити Інгульського мегаблоку і Шевченківського пегматитового поля. Останні досить задовільно для свого часу вив-

чені, розвідані, мають затверджені запаси, тобто підготовлені для освоєння. На особливу увагу претендують петалітові руди — новий вид літійвмісної мінеральної сировини України [4].

Мінералогія рідкіснометалевих пегматитів буде висвітлена у частині 2, тому тут дуже стисло охарактеризуємо основні мінерали-концентратори Li у них.

Сподумен у рідкіснометалевих пегматитах Криворіжжя (імовірний тип — альбіт-сподуменовий) містить 3,66—7,32 % Li_2O , асоціює з альбітом, калішпатом, ельбаїтом, лепідолітом, мусковітом-(Li) апатитом. Розміри його різні, але не перевищують 15 см в довжину. Коли він псевдоморфно заміщений іншими мінералами, то вміст у ньому Li_2O становить 0,40—0,60 % [26, 27]. Цікаве, поки що єдине в пегматитах, алохроматичне фіолетове забарвлення альбіту зафіксовано нами в Північному Криворіжжі. Воно спричинено мікроскопічними включеннями лусочок фіолетового лепідоліту.

У Приазов'ї мінералогічно найкраще вивчено родовище Крута Балка [11, 48]. Пегматити цього родовища мають особливе значення, оскільки в них відкрито новий літійвий мінерал симферит [2] і діагностовано низку мінералів Li: ельбаїт, сподумен, холмквістит, кукейт, трифіліт-літіофіліт, амблгоніт. За певних умов промислового значення можуть набути Mg-Fe слюди (слюдяні облямівки), збагачені на рідкісні лути до 0,90 % Li_2O [3].

Сподумен — основний концентратор Li, спільно з кварцом і альбітитом формує кварц-альбіт-сподуменові зони. Вміст Li в ньому становить 3,12—3,45 % ($\text{Li}_2\text{O} = 6,21$ —

Таблиця 4. Розподіл вмісту Li в біотитах і гранітах
Table 4. Distribution of Li content in biotites and granites

Біотит, г/т	Граніти, г/т	Вміст біотиту в граніті, %	Частка елемента, яка припадає на біотит, %
<i>Західна частина</i>			
2360	180	6,0	78,7
2380	180	6,5	85,9
<i>Східна частина</i>			
3260	190	4,5	77,1
2380	180	5,9	66,1
2320	170	6,7	91,4
1590	140	5,5	62,5
2080	66	3,0	94,5

7,77 %) [48]. Його частка серед інших мінералів Li найбільша — 92—95 %.

Шевченківське рідкіснометалеве родовище (поле), розташоване в Приазов'ї у зоні зчленування щита з палеозойським авлакогеном, мінералогічно виокремлюється розмаїттям мінерально-парагенетичних типів, зокрема з петалітом [14], але практично без літєвих фосфатів. Сподумен тут представлений трьома генераціями. Сподумен-1, здебільшого субграфічно зрощений з кварцом, переважає — 95 %. Вміст Li_2O в ньому близький до теоретичного значення. Петаліт, сконцентрований у центральній зоні пегматитів, інколи утворює мономінеральні скупчення різних розмірів. Імовірно, він ріс після сподумену-1. Вміст Li_2O коливається у широких межах — 2,0—4,0 %.

Сподумен — поширений мінерал у пегматитах ортоклаз-мікроклін-альбіт-петалітового і ортоклаз-альбіт-сподумен-петалітового типів Інгульського мегаблоку [8, 32, 39 та ін.]. Його вміст у різних ділянках пегматитових тіл теж коливається у широких межах — від часток до 4—6, подекуди до 20 %. Загалом його кількість досягає рівня головного породоутворювального мінералу лише в деяких тілах. Вміст Li_2O в сподумені становить 6,70—7,14 %.

Петаліт — основний рудний мінерал рідкіснометалевих пегматитів західної частини Інгульського мегаблоку, де домінує над іншими літєвими мінералами, насамперед у Полохівському родовищі. Його хімічний склад досить сталий — вміст Li_2O коливається в межах 4,10—4,25 %. Розподілений у пегматитах дуже нерівномірно, у збагачених ділянках — до 20—25 %.

Ельбаїт в акцесорних кількостях у вигляді дрібних кристалів зафіксований у всіх рідкіснометалевих пегматитах — Приазов'я, Кривбасу та Інгульського мегаблоку.

Трифіліт поширений в альбітових і альбіт-сподуменових пегматитах Приазов'я, особливо в кварц-альбіт-сподуменовій зоні, де утворює скупчення (до 7,01 %), і в зоні блокового мікрокліну (до 4 %). Вміст Li_2O становить 6,02—8,54 %.

У Шевченківському родовищі трифіліт як рідкісний мінерал діагностований лише в поляризаційному мікроскопі. Він найбільше

скупчується у приконтактовій зоні пегматитів Інгульського мегаблоку, де утворює поодинокі виділення неправильної форми розміром до 1 см. Трапляються жовна (до 4 см) та зонки (до 1,5 см) уздовж контакту з вмісними породами. Вміст Li_2O в ньому становить 9,04 %. Середній вміст фосфатів у багатих на рідкісні метали тілах складає 0,5—1 %, в інших не перевищує 0,1 %.

Амблігоніт встановлений в альбітових і альбіт-сподуменових пегматитах Приазов'я, де зрідка фіксується в крайових зонах. Вміст Li_2O в ньому становить 4,80—9,01 %.

Симферит як новий мінерал відкрив В.В. Байраков [2] у пегматитах Крутої Балки в Приазов'ї. Мінерал рідкісний, виявлений на контакті рідкіснометалевого альбіт-сподуменового пегматиту з метаультрабазидами, вміст у ньому Li_2O — 5,35—5,45 %.

Формально не літєві мінерали Шполянсько-Ташлицького рудного району — флогопіт і біотит — можуть, як і в Приазов'ї, набути промислового значення, оскільки в екзоконтактових метасоматитах літєвих гранітних пегматитів вони характеризуються підвищеним вмістом рідкісних лугів — вміст Li_2O сягає 0,94 % [6, 24].

Отже, є підстава для такого оптимістичного висновку: вже нині Україна має середньопотужну мінерально-сировинну базу літію, пов'язану з рідкіснометалевими пегматитами, спроможну забезпечити розвиток багатьох сучасних, нових для України, галузей техніки й енергетики. Для цього необхідно, можливо паралельно з експлуатацією об'єктів, обов'язково з науковим супроводом, розпочати розвідку сподуменових пегматитів у Північному Криворіжжі й завершити розвідку родовищ Інгульського мегаблоку, відновити пошук нових пегматитів у Інгульському мегаблосі, Корсунь-Новомиргородському плутоні.

Li-вмісні гідротермаліти Нагольного кряжу. Родовища і рудопрояви поліметалів, які супроводжує літєва мінералізація, знаходяться в центральній частині Головної Донецької антикліналі. Алюмінієво-літєві хлорити — донбасити та кукейт — поширені мінерали Нагольного кряжу. Сучасна інтерпретація цих термінів наведена в статті [33].

Кукейт встановлено в продуктах зміни альбіт-сподуменових пегматитів Приазов'я,

гідротермальних жилах Донбасу, але найголовніше — він поширений мінерал кварцових і кварц-анкеритових з сульфідами жил Нагольного кряжу. Вміст Li_2O коливається у межах 2—3 %. Кукеїт — типоморфний мінерал гідротермальних жил з ознаками поліметалевого зруденіння.

Донбасит первісно описаний Є.К. Лазаренком як слюдоподібний мінерал із кварц-карбонатних жил Нагольного кряжу. 1967 року В.А. Дріц довів хлоритову природу донбаситів. Донбасити — низькотемпературні гідротермальні літійвмісні мінерали (Li_2O — від 0,01 до 3,0 %), які супроводжують поліметалеве зруденіння.

Інші літійвмісні об'єкти. Окрім Суцано-Пержанської зони, неподалік виявлено цинвальдит у складі деяких метасоматичних тіл Луговського масиву квалімітів із каситерит-пірохлор-колумбітовим зруденінням, а також у складі грейзенів Вербинського каситерит-молібденового родовища. Обидва рудопрови розташовані у екзоконтактовій смугі Коростенського плутону. Топаз-цинвальдитові граніти з околиць смт Малин інтродують габроїдні породи і мають структурно-текстурні ознаки субвулканічної породи, близької до онгонітів [20].

До рідкіснометалевих гранітів віднесено також руськополянський комплекс [47]. Цікаві, але слабо вивчені рідкіснометалеві (?) пегматити Комендантівської зони (В.М. Кичурчак).

Висновки. 1. Літературні джерела та наші дані свідчать, що основна маса Li в надрах України перебуває в розсіяному стані. У гранітоїдах і основних породах переважна маса Li розсіяна у лужних польових шпатах.

2. Істотно підвищений вміст Li (у 10 і більше разів порівняно з кларком), спричинений появою літєвих мінералів, що зафіксовано в таких об'єктах: Волинському родовищі, Пержанському рудному вузлі, рідкіснометалевих гранітах Коростенського плутону та Приазов'я, рідкіснометалевих пегматитах Приазов'я й Шполянсько-Ташлицького рудного району (Інгульський мегаблок), гідротермалітах Нагольного кряжу (Донбас).

3. У названих об'єктах Li існує у двох формах: у вигляді власних мінералів (мінералі-концентратори) і ізоморфної домішки в породоутворювальних й акцесорних мінералах (мінералі-носії).

4. Мінерали Li представлені двома класами — силікатами та фосфатами: евкриптит, ельбаїт, сподумен, холмквістит, петаліт, слюди Li-Al ізоморфного ряду (мусковіт — лепідоліт), слюди Li-Fe ізоморфного ряду (аніт, сидерофіліт, протолітійоніт, цинвальдит, кріофіліт, лепідоліт), полілітійоніт (?), тайніоліт, маргарит, донбасит, кукеїт, трифіліт, амблігоніт, симферит.

5. Літєва мінералізація розглядається у тісному зв'язку з дією глибинних флюїдних потоків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Акцесорные минералы Украинского щита. Беспалько Н.А., Донской А.Н., Елисеєва Г.Д., Казанцева А.И., Козаченко А.И., Корниенко Т.Г., Котько А.Г., Куц В.П., Левковская Н.Ю., Литовченко Е.И., Мицкевич Б.Ф., Орс В.И., Осадчий В.К., Самчук А.И., Стадник В.А., Царовский И.Д., Щербак Н.П. Киев: Наук. думка, 1976. 265 с.
2. Байраков В.В. Мінералогічна характеристика слюд, збагачених на рідкісні луги. *Допов. АН УРСР. Сер. Б.* 1973. № 7. С. 579—582.
3. Байраков В.В., Якубович О.В., Симонов М.А., Борисовский С.Е., Зиборова Т.А. Симферит $\text{Li}(\text{Mg}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn}^{3+})_2[\text{PO}_4]_2$ — новый минерал. *Мінерал. журн.* 2005. 27, № 2. С. 112—120.
4. Бакаржєєв А.Х., Макивчук О.Ф., Иванов Б.Н. и др. Мелкозернистые петалитовые руды — новый вид литийсодержащего минерального сырья Украины. *Мінеральні ресурси України.* 2000. № 4. С. 16—18.
5. Беспалько Н.А. Петрологія і акцесорні мінерали гранітів та метасоматитів Північної Волині. Київ: Наук. думка, 1970. 163 с.
6. Бугаєнко В.М., Иванов Б.Н., Єрьоменко Г.К., Кушнір С.В. Залізо-магнезіальні слюди екзоконтактових метасоматитів літєвих гранітних пегматитів Шполянсько-Ташлицького рудного району. *Зб. наук. пр. УкрДГРІ.* 2004. № 1. С. 83—88.
7. Бучинская К.М., Нечаев С.В. К проблеме пержанских гранитов. *Геол. журн.* 1990. № 3. С. 22—32.
8. Возняк Д.К., Бугаєнко В.М., Галабурда Ю.А., Мельников В.С., Павлишин В.І., Бондаренко С.М., Сьомка В.О. Особливості мінерального складу та умов рудоутворення рідкіснометалевих пегматитів західної частини Кіровоградського блоку (Український щит). *Мінерал. журн.* 2000. 22, № 1. С. 21—41.

9. Возняк Д.К., Павлишин В.І. Високобаричні потоки рідкого CO₂ та їх роль у мінералоутворенні (на прикладі Українського щита). *Мінерал. журн.* 2001. **23**, № 4. С. 12—18.
10. Возняк Д.К., Павлишин В.І. Фізико-хімічні умови формування та особливості локалізації заноришевих пегматитів Волині (Український щит). *Мінерал. журн.* 2008. **30**, № 1. С. 5—20.
11. Войновський А.С., Гурський Д.С., Калінін В.І. та ін. Провідні рудноформаційні типи ендегенних родовищ кольорових, рідкісних та благородних металів докембрію України. *Мінеральні ресурси України.* 2000. № 3. С. 6—10.
12. Гаврусевич Б.О., Зінченко О.В., Комоцька Л.С. Особливості розподілу рідкісних лужних елементів у гранітах Коростенського плутону. *Вісник Київ. ун-ту. Сер. Геол. та Геогр.* 1967. № 8.
13. Галамай А.Р., Сидор Д.В., Fanwei M. Нетрадиційні запаси літію в Україні. *Зб. тез наук. конф. "Геологія і корисні копалини України"*. Київ 2—4 жовт. 2018 р. Київ, 2018. С. 42—44.
14. Галецький Л.С., Зарицький А.І., Князев Г.І. Субграфіческие сподуменовые и петалит-сподуменовые пегматиты одного из докембрийских полей. *Геол. журн.* 1987. **47**, № 1. С. 136—141.
15. Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. Т. 1. Геохимия редких элементов. Гл. ред. К.А. Власов. Москва: Наука, 1964. 687 с.
16. Гинзбург А.И., Тимофеев И.Н., Фельдман Л.Г. Основы геологии гранитных пегматитов. Москва: Недра, 1979. 296 с.
17. Зинченко О.В. Редкие щелочи в породах северо-западной части Украинского кристаллического щита. В кн.: Полезные ископаемые Украины. *IV конф. молодых ученых Украины. Тез. докл.* Киев: Наук. думка, 1966. С. 151—154.
18. Зинченко О.В. Акцессорные литий, рубидий и цезий в породообразующих минералах некоторых типов пород Суцано-Пержанской тектонической зоны. В сб.: *Материалы по геологии, геофизике и геохимии Украины, Казахстана, Забайкалья.* Киев: Изд-во Киев. ун-та, 1967. № 3. С. 59—65.
19. Зинченко О.В. Щелочные элементы и таллий в некоторых породах северо-западной оконечности Украинского кристаллического массива. В сб.: *Морфология, свойства и генезис минералов.* Киев: Наук. думка, 1965. С. 163—171.
20. Зинченко О.В., Лазарев І.І. Новий прояв топаз-цинвальдитових гранітів в Коростенському плутоні. В зб.: *Геологія і магматизм докембрію Українського щита.* Київ, 2000. С. 185—187.
21. Зинченко О.В., Латыш В.Т., Шептура В.І. Щелочные элементы и фтор в породах юго-западной части Коростенского плутона. В сб.: *Материалы по геологии, гидрогеологии и геохимии Украины, Казахстана и Забайкалья.* Киев: Изд-во Киев. ун-та. 1971. № 8. С. 110—118.
22. Зинченко О.В., Павлишин В.І. Конституционные и типоморфные особенности слюд из метасоматитов Украины. *Мінерал. сб. Львов. гос. ун-та.* 1980. № 34, вып. 2. С. 53—61.
23. Зубков Л.Б., Галецький Л.С., Металіди С.В. Мінерали гентгельвинової групи та їх місцезнаходження. Київ: Наук. думка, 1976. 215 с.
24. Іванов Б.Н., Лисенко В.В., Маківчук О.Ф. та ін. Екзоконтактові метасоматити літєвих гранітних пегматитів Шполянсько-Ташлицького рідкіснометального рудного району. *Мінеральні ресурси України.* 2000. № 4. С. 11—13.
25. Івантишин М.М. Акцесорні рідкісні мінерали та розсіяні елементи в гранітах пегматитах Українського кристалічного щита. Київ: Вид-во АН УРСР. 1960. 244 с.
26. Кушев В.С. Сподуменовые пегматиты в Криворожье. *Мінерал. сб. Львов. гос. ун-та.* 1960. № 4. С. 357—362.
27. Кушев В.Г. Сподуменовые пегматиты Украины. *ДАН СССР.* 1961. **138**. № 4. С. 928—930.
28. Лазаренко Е.К., Зинченко О.В., Жухлисов А.П., Звягин Б.Б., Павлишин В.І. Первая находка в СССР слюды (лепидолита) политипной модификации 2.0. *ДАН СССР.* 1978. **242**. № 2. С. 419—422.
29. Лазаренко Е.К., Павлишин В.І., Латыш В.Т., Сорокин Ю.Г. Морфология и генезис камерных пегматитов Волини. Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1973. 359 с.
30. Литвин А.Л., Возняк Д.К., Мельников А.С., Раздорожный В.Ф. Онгониты Украины и условия их кристаллизации. *Геол. журн.* 1988. № 5. С. 112—119.
31. Ляхович В.В. Редкие элементы в породообразующих минеральных гранитоидов. Москва: Недра, 1972. 200 с.
32. Мельников В.С., Павлишин В.І., Бугаенко В.Н., Семка В.А. Редкие элементы Украины. *Мінерал. журн.* 1998. **20**, № 1. С. 92—117.
33. Мельников В.С., Павлишин В.І. Донбасит і алушит: кристалохімічні та генетичні особливості, проблеми термінології (до 90-річчя акад. Є.К. Лазаренка). *Мінерал. зб.* 2002. № 52, вип. 2. С. 47—56.
34. Металіди С.В., Нечаев С.В. Суцано-Пержанская зона. Геология, минералогия, рудоносность. Киев: Наук. думка, 1983. 136 с.
35. Минералогия Криворожского бассейна. Белевцев Р.Е., Бучинская Н.И., Возняк Д.К., Галабурда Ю.А., Галий С.А., Гершойг Ю.Г., Квасница В.Н., Кульчицкая А.А., Лазаренко Е.К., Мельник Ю.П., Мельников В.С., Павлишин В.І., Пирогов Б.И., Туркевич Г.И. Киев: Наук. думка, 1977. 542 с.

36. Минералогия Приазовья. Бучинская Н.И., Возняк Д.К., Галабурда Ю.А., Галий С.А., Зацеха Б.В., Иванова А.В., Квасница В.Н., Кульчицкая А.А., Куц В.П., Лавриненко Л.Ф., Лазаренко Е.К., Мельников В.С., Павлишин В.И., Туркевич Г.И. Киев: Наук. думка, 1980. 432 с.
37. Павлишин В.И. Исследование магнезиально-железистых и литиево-железистых слюд Украины: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Львов, 1965. 16 с.
38. Павлишин В.И. Некоторые возможности прогнозирования рудоносности гранитоидов на основе информации по типоморфизму породообразующих минералов (на примере гранитоидов Украинского щита). В сб.: *Минералогические критерии оценки рудоносности*. Ленинград: Наука, 1984. С. 84—89.
39. Павлишин В.І., Баклан Ф.Г., Бугаєнко В.М., Возняк Д.К., Галабурда Ю.А., Дехтулінський Е.С., Донської О.М., Кривдик С.Г., Кульчицька Г.О., Мельников В.С., Радзивіл А.Я., Цимбал С.М. Наукові засади розвитку мінерально-сировинної бази рідкісних металів України. *Мінерал. журн.* 2000. 22, № 1. С. 5—20.
40. Павлишин В.И., Вовк П.К. Редкие щелочные элементы в минералах камерных пегматитов. *Мінерал. сб. Львов. гос. ун-та*, 1971. № 25. Вып. 1. С. 27—37.
41. Павлишин В.І., Возняк Д.К. Симетрія-дисиметрія кристалів слюд і топазу камерних пегматитів Волині: кристалохімічні, морфологічні, генетичні аспекти. *Мінерал. журн.* 2020. 42, № 1. С. 3—11. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.01.003>
42. Павлишин В.І., Довгий С.О. Мінералогія. Підручник. Київ: КНТ, 2008. 536 с.
43. Петрология, геофизика и рудоносность редкометалльных гранитов Приазовья (Украинский щит). Шеремет Е.М., Седова Е.В., Стрекозов С.Н., Кривдик С.Г., Пигулевский П.И., Николаев И.Ю., Бородиня Б.В., Груба В.В., Николаев Ю.И., Сетая Л.Д., Агаркова Н.Г., Федотов С.М. Луганск: Ноулидж, 2013. 214 с.
44. Петрология, геохимия и рудоносность интрузивных гранитоидов Украинского щита. Есипчук К.Е., Шеремет Е.М., Зинченко О.В. и др. Отв. ред. Щербаков И.Б. Киев: Наук. думка, 1990. 236 с.
45. Редкие щелочные металлы в породах Украины. Мицкевич Б.Ф., Беспалько Н.А., Заяц А.П. и др. Киев: Наук. думка, 1976. 233 с.
46. Редкие элементы Украинского щита. Мицкевич Б.Ф., Беспалько Н.А., Егоров О.С. и др. Киев: Наук. думка, 1986. 256 с.
47. Редкометалльные граниты Украинского щита (петрология, геохимия, геофизика и рудоносность). Шеремет Е.М., Кривдик С.Г., Седова Е.В.; Ред. Пономаренко А.Н., Анциферов А.В. Донецк: Ноулидж, 2014. 250 с.
48. Розанов К.И., Лавриненко Л.Ф. Редкометалльные пегматиты Украины. Москва: Наука, 1979. 140 с.
49. Таусон Л.В. Геохимия редких элементов в гранитоидах. Москва: Изд-во АН СССР, 1961. 231 с.

Надійшла 25.10.2022

REFERENCES

1. Bepalko, N.A., Donskoy, A.N., Eliseeva, G.D., Kazantseva, A.I., Kozachenko, A.I., Kornienko, T.G., Kotko, A.G., Kuts, V.P., Levkovskaya, N.Yu., Litovchenko, E.I., Mitskevich, B.F., Orsa, V.I., Osadchii, V.K., Samchuk, A.I., Stadnik, V.A., Tsarovskiy, I.D. and Shcherbak, N.P. (1976), *Accessory minerals of the Ukrainian Shield*, Nauk. dumka, Kyiv, 265 p. [in Russian].
2. Bairakov, V.V. (1973), *Reps UkrSSR Acad. Sci., Ser. B*, No. 7, Kyiv, UA, pp. 579-582.
3. Bairakov, V.V., Yakubovich, O.V., Simonov, M.A., Borisovsky, S.E. and Ziborova, T.A. (2005), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 27, No. 2, Kyiv, pp. 112-120 [in Ukrainian].
4. Bakarzhiev, A.H., Makivchuk, O.F., Ivanov, B.N. and etc. (2000), *Mineral Resources of Ukraine*, No. 4, Kyiv, UA, pp. 16-18 [in Russian].
5. Bepalko, N.A. (1970), *Petrology and accessory minerals of granites and metasomatites of Northern Volyn*, Nauk. dumka, Kyiv, 163 p. [in Ukrainian].
6. Bugaenko, V.M., Ivanov, B.N., Yeryomenko, G.K. and Kushnir, S.V. (2004), *Coll. sci. works of UkrDGRI*, No. 1, Kyiv, pp. 83-88 [in Ukrainian].
7. Buchinskaya, K.M. and Nechaev, S.V. (1990), *Geol. Journ.*, No. 3, Kyiv, pp. 22-32 [in Russian].
8. Voznyak, D.K., Bugaenko, V.M., Galaburda, Yu.A., Melnikov, V.S., Pavlyshyn, V.I., Bondarenko, S.M. and Syomka, V.O. (2000), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 22, No. 1, Kyiv, pp. 21-41 [in Ukrainian].
9. Voznyak, D.K. and Pavlyshyn, V.I. (2001), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 23, No. 4, Kyiv, pp. 12-18 [in Ukrainian].
10. Voznyak, D.K. and Pavlyshyn, V.I. (2008), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 30, No. 1, Kyiv, pp. 5-20 [in Ukrainian].
11. Voynovskiy, A.S., Gurskiy, D.S., Kalinin, V.I. and etc. (2000), *Mineral. Resources of Ukraine*, No. 3, Kyiv, UA, pp. 6-10 [in Ukrainian].
12. Gavrusevich, B.O., Zinchenko, O.V. and Komotska, L.S. (1967), *Visnyk Kyiv. Univ., Ser. geol. and geogr.*, No. 8, Kyiv, UA [in Ukrainian].

13. Galamai, A.R., Sydor, D.V. and Meng Fanwei (2018), *Coll. theses of sciences conf. Geology and minerals of Ukraine, Kyiv, October 2-4, 2018*, Kyiv, UA, pp. 42-44 [in Ukrainian].
14. Galetskyi, L.S., Zarytskyi, A.I. and Knyazev, G.I. (1987), *Geol. Journ.*, Vol. 47, No. 1, Kyiv, pp. 136-141 [in Russian].
15. Vlasov, K.A. (ed.) (1964), *Geochemistry, mineralogy and genetic types of deposits of rare elements*, Vol. 1, *Geochemistry of rare elements*, Nauka, Moscow, RU, 687 p. [in Russian].
16. Ginzburg, A.I., Timofeev, I.N. and Feldman, L.G. (1979), *Fundamentals of geology of granite pegmatites*, Nedra, Moscow, 296 p. [in Russian].
17. Zinchenko, O.V. (1966), *Theses add. IV Conf. of young scientists of Ukraine*, Nauk. dumka, Kyiv, pp. 151-154 [in Russian].
18. Zinchenko, O.V. (1967), *Coll. Materials on geology, geophysics and geochemistry of Ukraine, Kazakhstan, Transbaikalia*, No. 3, Publ. Kyiv. Univ., Kyiv, pp. 59-65 [in Russian].
19. Zinchenko, O.V. (1965), *Coll.: Morphology, properties and genesis of minerals*, Nauk. dumka, Kyiv, pp. 163-171 [in Russian].
20. Zinchenko, O.V. and Lazareva, I.I. (2000), *Coll: Geology and magmatism of the Precambrian of the Ukrainian Shield*, Kyiv, pp. 185-187 [in Ukrainian].
21. Zinchenko, O.V., Latysh, V.T. and Sheptura, V.I. (1971), *Coll. Materials on geology, hydrogeology and geochemistry of Ukraine, Kazakhstan and Transbaikalia*, No. 8, Publ. Kyiv. Univ., Kyiv, pp. 110-118 [in Russian].
22. Zinchenko, O.V. and Pavlyshyn, V.I. (1980), *Mineral. zb. Lviv. Univ*, No. 34, Vyp. 2, Lviv, pp. 53-61 [in Russian].
23. Zubkov, L.B., Galetsky, L.S. and Metalydi, S.V. (1976), *Minerals of the Gentgelvin group and their deposits*, Nauk. dumka, Kyiv, 215 p. [in Russian].
24. Ivanov, B.N., Lysenko, V.V., Makivchuk, O.F. and etc. (2000), *Mineral. resources of Ukraine*, No. 4, Kyiv, pp. 11-13 [in Ukrainian].
25. Ivantyshyn, M.M. (1960), *Accessory rare minerals and scattered elements in granites and pegmatites of the Ukrainian Crystalline Shield*, Publ. AS UkrSSR, Kyiv, 244 p. [in Ukrainian].
26. Kushev, V.S. (1960), *Mineral. zb. Lviv. Univ*, No. 4, Lviv, pp. 357-362 [in Russian].
27. Kushev, V.G. (1961), *Reps AS USSR Acad. Sci.*, Vol. 138, No. 4, pp. 928-930 [in Russian].
28. Lazarenko, E.K., Zinchenko, O.V., Zhukhlystov, A.P., Zvyagin, B.B. and Pavlyshyn, V.I. (1978), *Reps AS USSR Acad. Sci.*, Vol. 242, No. 2, pp. 419-422 [in Russian].
29. Lazarenko, E.K., Pavlyshyn, V.I., Latysh, V.T. and Sorokin, Yu.G. (1973), *Morphology and genesis of chambered pegmatites of Volyn*, Publ. Lviv Univ., Lviv, 359 p. [in Russian].
30. Lytvyn, A.L., Voznyak, D.K., Melnikov, A.S. and Razdorozhny, V.F. (1988), *Geol. Journ.*, No. 5, Kyiv, pp. 112-119 [in Russian].
31. Lyakhovich, V.V. (1972), *Rare elements in rock-forming mineral granitoids*, Nedra, Moscow, 200 p. [in Russian].
32. Melnikov, V.S., Pavlyshyn, V.I., Bugaenko, V.N. and Syomka, V.A. (1998), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 20, No. 1, pp. 92-117 [in Russian].
33. Melnikov, V.S. and Pavlyshyn, V.I. (2002), *Mineral. zb.*, No. 52, Iss. 2, pp. 47-56 [in Ukrainian].
34. Metalidi, S.V. and Nechaev, S.V. (1983), *Sushkano-Perzhanskaya zone. Geology, mineralogy, ore bearing*, Nauk. dumka, Kyiv, 136 p. [in Ukrainian].
35. Belevtsev, R.E., Buchinskaya, N.I., Voznyak, D.K., Galaburda, Yu.A., Galiy, S.A., Gershoig, Yu.G., Kvasnitsa, V.N., Kulchitskaya, A.A., Lazarenko, E.K., Melnik, Yu.P., Melnikov, V.S., Pavlishin, V.I., Pirogov, B.I. and Turkevich, G.I. (1977), *Mineralogy of the Kryvorozh basin*, Nauk. dumka, Kyiv, 542 p. [in Russian].
36. Buchinskaya, N.I., Voznyak, D.K., Galaburda, Yu.A., Galiy, S.A., Zatsikha, B.V., Ivanova, A.V., Kvasnitsa, V.N., Kulchitskaya, A.A., Kuts, V.P., Lavrinenko, L.F., Lazarenko, E.K., Melnikov, V.S., Pavlishin, V.I. and Turkevich, G.I. (1981), *Mineralogy of the Azov region*, Nauk. dumka, Kyiv, 432 p. [in Russian].
37. Pavlyshyn, V.I. (1965), *Research of magnesium-iron and lithium-iron micas of Ukraine*, Abstr. of PhD geol.-min. sci. diss., Lviv, 16 p. [in Russian].
38. Pavlyshyn, V.I. (1984), *Coll. Mineralogical criteria for ore bearing assessment*, Nauka, Leningrad, pp. 84-89 [in Russian].
39. Pavlyshyn, V.I., Baklan, F.G., Bugayenko, V.M., Voznyak, D.K., Galaburda, Yu.A., Dekhtulinskyi, E.S., Don-skoi, O.M., Kryvdik, S.G., Kulchytka, G.O., Melnikov, V.S., Radzivil, A.Ya. and Tsybal, S.M. (2000), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 22, No. 1, Kyiv, pp. 5-20 [in Ukrainian].
40. Pavlyshyn, V.I. and Vovk, P.K. (1971), *Mineral. Coll. Lvov. Gos. University*, No. 25, Iss. 1. pp. 27-37 [in Russian].
41. Pavlyshyn, V.I. and Voznyak, D.K. (2020), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 42, No. 1, Kyiv, pp. 3-11 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.01.003>
42. Pavlyshyn, V.I. and Dovgiy, S.O. (2008), *Mineralogy. Textbook*, KNT, Kyiv, 536 p. [in Ukrainian].
43. Sheremet, E.M., Sedova, E.V., Strekozov, S.N., Kryvdik, S.G., Pigulevsky, P.I., Nikolaev, I.Yu., Borodynia, B.V., Gruba, V.V., Nikolaev, Yu.I., Setaya, L.D., Agarkova, N.G. and Fedotov, S.M. (2013), *Petrology, geophysics and ore bearing of rare-metal granites of the Azov region (Ukrainian Shield)*, Knowledge press, Lugansk, UA, 214 p. [in Russian].

44. Esipchuk, K.E., Sheremet, E.M., Zinchenko, O.V. and etc. (1990), *Petrology, geochemistry and ore content of intrusive granitoids of the Ukrainian Shield*, Shcherbakov, I.B. (ed.), Nauk. dumka, Kyiv, 236 p.
45. Mitskevich, B.F., Bepalko, N.A., Zayats, A.P. and etc. (1976), *Rare alkali metals in the rocks of Ukraine*, Nauk. dumka, Kyiv, 233 p.
46. Mitskevich, B.F., Bepalko, N.A., Egorov, O.S. and etc. (1986), *Rare elements of the Ukrainian shield*, Nauk. dumka, Kyiv, 256 p.
47. Sheremet, E.M., Kryvdik, S.G. and Sedova, E.V. (2014), *Rare-metal granites of the Ukrainian Shield (petrology, geochemistry, geophysics and ore content)*, in Ponomarenko, O.M. and Antsiferov, A.V. (eds), Knowledge, Donetsk, 250 p.
48. Rozanov, K.I. and Lavrinenko, L.F. (1979), *Rare metal pegmatites of Ukraine*, Nauka, Moscow, 140 p.
49. Tauson, L.V. (1961), *Geochemistry of rare elements in granitoids*, Publ. House Acad. Sci. USSR, Moscow, 231 p.

Received 25.10.2022

V.I. Pavlyshyn, DrSc (Geology, Mineralogy), Prof.,

Academician of the Higher School of Ukraine, Head of Department

E-mail: V.I.Pavlyshyn@gmail.com; ResearcherID: D-6558-2019

N.M. Cherniyenko, PhD (Geology), Senior Reseach Fellow

E-mail: nata.cherniyenko@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1831-234X>

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine

34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

LITHIUM IN THE SUBSOIL OF UKRAINE

Part 1. Distribution and Forms of Finding Lithium in Mineral Complexes of Ukraine

In order to consistently highlight the distribution and forms of finding lithium in the subsoil of Ukraine, its geochemistry and mineralogy, genetic types of deposits and ore occurrences, mineralogical criteria and methods of their search and evaluation, the authors have planned a series of articles. The first part quantitatively and qualitatively analyzed the distribution and forms of Li occurrence in existing and prospective objects — the Volyn deposit, the Perzhansky ore district, rare-metal granites of the Azov region and the Korosten pluton, rare-metal pegmatites of the Azov region and the Shpolyansk-Tashlytsky ore region (Inguletsky megablock), hydrothermal of the Nagolny ridge (Donbas). The lithium-concentrating minerals in these objects, according to our data, are the following: spodumene, petalite, evcryptite, tourmaline, holmquistite, Li-Al micas of the isomorfic series (muscovite-lepidolite), Li-Fe micas of the isomorphous series (anite (lepidomelane) or siderophyllite, protolithionite, zinnwaldite, cryophyllite, lepidolite), margarite, donbasite, kukeite, polyolithionite (?), tainiolite, tryphylite, amblygonite, simferite.

Keywords: Ukrainian Shield, lithium, minerals concentrators, rare-metal granites, pegmatite, spodumene, petalite.