

УДК 549.451.2 (477.42)

О.В. Зінченко<sup>1</sup>, О.В. Андреев<sup>2</sup>, Д.К. Возняк<sup>3</sup>, О.В. Грущинська<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України  
03186, м. Київ, Україна, Чоколівський бульвар, 13

<sup>2</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
03022, м. Київ, Україна, вул. Васильківська, 90  
E-mail: andreev@mail.univ.kiev.ua

<sup>3</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України  
03680, м. Київ-142, Україна, пр. Акад. Палладіна, 34

## СИЛЬВІН У ПЕРЖАНСЬКИХ ГРАНІТАХ КОРОСТЕНСЬКОГО ПЛУТОНУ

Сильвін уперше виявлено у пізніх кварц-флюорит-алюмофторидних виокремленнях і прожилках, що кристалізуються на завершальних стадіях формування рудних метасоматитів у пержанських гранітах (північна частина Коростенського плутону). За даними електронно-мікроскопічних досліджень виділено три морфологічні типи утворень сильвіну у метасоматитах: 1) тонка (1–5 мкм) вкрапленість сильвіну в альбіті, іноді в асоціації з галітом; 2) поодинокі відносно великі (до 0,015 мм) кубічні кристали сильвіну у кварці; 3) дендритоподібні зростки кристалів сильвіну у багатофазових включеннях у кварці. В одному з таких включень діагностовано додатково сульфат калію, імовірно, арканіт. За результатами мікрозондового аналізу сильвін, вкраплений у кварці, складений чистим KCl, а у сильвіні з багатофазових включень зафіксовано натрій. Питання про форму знаходження останнього у досліджених сильвінах залишається відкритим, оскільки не виключено імовірність захоплення натрію під час зондування із газОВО-рідинної речовини включень, що містить його надлишок. У роботі наведено дані з розподілу хлору в мінералах флюорит-алюмофторидних агрегатів. Встановлено збагачення хлором (до 2,77 %) ральстонітів з коломорфних ділянок останніх.

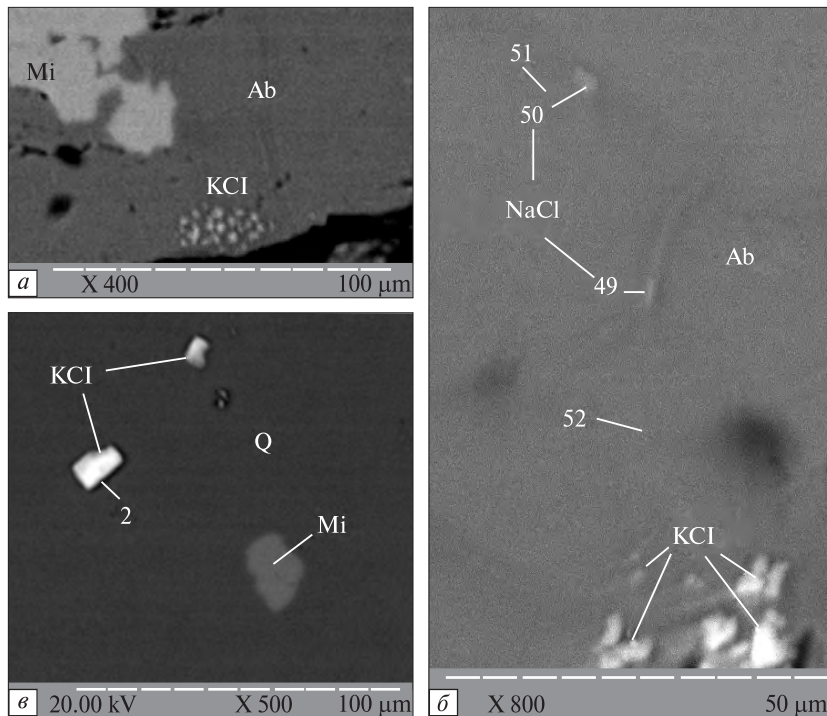
**Вступ.** Хлор — один з типоморфних легких компонентів базитів і гранітів Коростенського плутону [5, 10]. Проте його власні мінерали діагностовано тільки у складі багатофазових включень у топазах і кварцах з камерних пегматитів Волинського родовища [2–4, 6]. На сьогодні з тим чи іншим ступенем достовірності серед мінералів-в'язнів визначено такі хлориди: галіт NaCl, сильвін KCl, хлораргірит AgCl, скакіт MnCl<sub>2</sub>, рокюніт FeCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, караколіт Na<sub>3</sub>Pb<sub>2</sub>[SO<sub>4</sub>]<sub>3</sub>Cl, типлеїт Na<sub>2</sub>B(OH)<sub>4</sub>Cl, гідрофіліт (?) CaCl<sub>2</sub>, лавренсит (?) FeCl<sub>2</sub>, а також неідентифіковані хлориди Al і Zn, Na і Al та інших металів [2, 3]. Найпоширеніші серед них — галіт і сильвін — у порожнинах включень часто асоціюють з алюмофторидами (кріолітом, ельпасолітом та ін.) і флюоритом. При цьому сильвін частіше трапляється у більш високотемпературному топазі, а галіт —

у кварці, що кристалізується пізніше. Відомо також, що хлор постійно входить до складу фторапатиту (апатит-(CaF)) з основних порід і рогової обманки з гранітів рапаківі [5, 10]. Крім того, хлор визначено у апофілітах-(KF) з міаролітових виокремлень у рапаківіподібних гранітах (кар'єр біля с. Кам'яна Гірка) в кількості від 0,32 до 1,30 %.

У метасоматичних утвореннях Суцано-Пержанської тектонічної зони (СПЗ) вміст хлору у три–десять разів вищий, ніж у незмінених гранітах рапаківі [11], але відомості про його власні мінерали або мінерали-носії обмежуються лише згадкою [9] про присутність у породах СПЗ галіту.

Результати геохімічного моделювання магматогенної системи Коростенського плутону, здійсненого за останні роки С.Є. Шнюковим з колегами [11, 13 та ін.], свідчать, що у процесі магматичної еволюції гранітоїдів плутону повинні генеруватися великі маси водно-флюїду, насиченого рудними елементами,

© О.В. ЗІНЧЕНКО, О.В. АНДРЕЄВ,  
Д.К. ВОЗНЯК, О.В. ГРУЩИНСЬКА, 2011



*Рис. 1.* Виділення сильвіну першого (*a, б*) і другого (*в*) морфологічних типів. Ab — альбіт, Mi — мікроклін, Q — кварц, KCl — сильвін, NaCl — галіт, останній у точці 49 має склад  $\text{Na}_{1,003}\text{Cl}_{0,997}$ , у точці 50 —  $\text{Na}_{0,989}\text{Cl}_{1,011}$  (розраховано за різницею вмісту  $\text{Na}_2\text{O}$  і Cl у точках 49, 50 і чистому альбіті (точка 52, Cl — 0,0 %)); в точці 51 альбіт містить 0,52 % Cl

*Fig. 1.* Sylvine segregations of the first (*a, б*) and second (*в*) morphological types. Ab — albite, Mi — microcline, Q — quartz, KCl — sylvine; NaCl — galite; last in point 49 has composition  $\text{Na}_{1,003}\text{Cl}_{0,997}$ , in point 50 —  $\text{Na}_{0,989}\text{Cl}_{1,011}$  (it was calculated by difference of  $\text{Na}_2\text{O}$  and Cl contents in points 49, 50 and pure albite (point 52, Cl — 0.0 %)); in point 51 albite contains 0.52 % Cl

фтором та хлором, при цьому останній, згідно з модельними розрахунками, у гідротермалітах заключних стадій набуває сумірного з фтором значення. Мінералогія фтору в породах СПЗ надзвичайно розмаїта [1, 7, 12], що дає підстави для прогнозування в метасоматитах регіону адекватних проявів і хлорвмісних мінералів.

**Об'єкти і методи дослідження.** У ході комплексного дослідження мінерального складу кварц-флюорит-алюмофторидних прожилків та виокремлень з пержанських гранітів і берилієносних метасоматитів одним із авторів роботи було звернено увагу на присутність у декількох препаратах незвичних за морфологією виділень сильвіну — мінералу, який у породах СПЗ раніше не відмічався. Як відомо [7, 12], кварц-флюорит-алюмофторидні парагенезиси району кристалізувалися на завершальних стадіях формування рудних метасоматитів із достатньо високотемпературних гідротермальних розчинів у інтервалі 438—372 °C (температура гомогенізації газово-рідинних включень у криоліті, за [12]), через що хімічний склад гідротермального сильвіну викликав певний інтерес у авторів роботи.

Хімічні дослідження сильвіну і супутніх мінералів виконано на модернізованому електронному мікроскопі-мікроаналізаторі *PEMMA-202M* з енергодисперсійним рентгенівським спектрометром фірми *Link System* з викорис-

танням програмного забезпечення електронного мікроскопа *PEM-10* фірми *Selmi* (м. Суми). Режим вимірювання: прискорювальна напруга 20 кВ, кут виходу рентгенівського випромінювання 30°. З метою збереження сильвіну та інших водорозчинних мінералів від руйнування під час підготовки полірованих препаратів воду не використовували. Еталоном для визначення К і Cl слугувало включення найбільшого кубічного кристала сильвіну у кварці одного зі зразків, у якому не було зафіксовано інших хімічних елементів, крім фонового силіцію. Хімічний склад цього кристала (середнє з трьох вимірювань, мас. %): К — 52,63; Cl — 47,37. У перерахунку на атомні коефіцієнти кристалохімічна формула мінералу близька до стехіометричного складу чистого сильвіну:  $\text{K}_{1,007}\text{Cl}_{0,993}$ . Оцінку вмісту решти елементів виконано із застосуванням набору атестованих стандартів мінералів та чистих сполук.

**Результати досліджень та їх обговорення.** У препаратах, досліджених під електронним мікроскопом, за морфологічними ознаками і умовами знаходження попередньо можна виділити три основні типи виокремлень сильвіну: тип 1 — тонка вкрапленість ізометричних зерен сильвіну в альбіті; тип 2 — поодинокі відносно великі кубічні кристали сильвіну у кварці; тип 3 — дендритоподібні зростки кристалів сильвіну у поліфазових включеннях у кварці.

Найбільшу кількість сільвіну, причому усіх трьох морфологічних типів, зустрінито у зразку інтенсивно альбітизованого пержанського граніту, відібраного з керну св. 824 (гл. 58, 1 м), що розташована у центральній частині Пержанського родовища. Сільвін тут локалізується у кварцових прожилках потужністю 2,5 см, які містять скупчення алюмофторидів (ральстоніт, прозопіт, томсеноліт), флюориту та інших мінералів, а також у альбіті, що заміщує пертитовий мікроклін в екзоконтакті кварцового прожилка.

Сільвін першого морфологічного типу розміщується як у агрегатах вільного (прожилкового) альбіту, так і в альбіті крупноплямистих пертитів мікрокліну. Квазіізометричні індивіди сільвіну мають розмір від 1 до 5–6 мкм. Вони нерівномірно "розкидані" в матриці альбіту і утворюють подеколи густі скупчення штрихпунктирної або овальної форми (рис. 1, а). На таких ділянках кількість індивідів сягає 25 на площу 400 мкм<sup>2</sup>. Зрідка в альбіті спостерігаються зростки дещо видовжених індивідів сільвіну, дійсну морфологію яких через дуже малий розмір важко достеменно ідентифікувати. Поблизу одного з таких зростків (рис. 1, б)

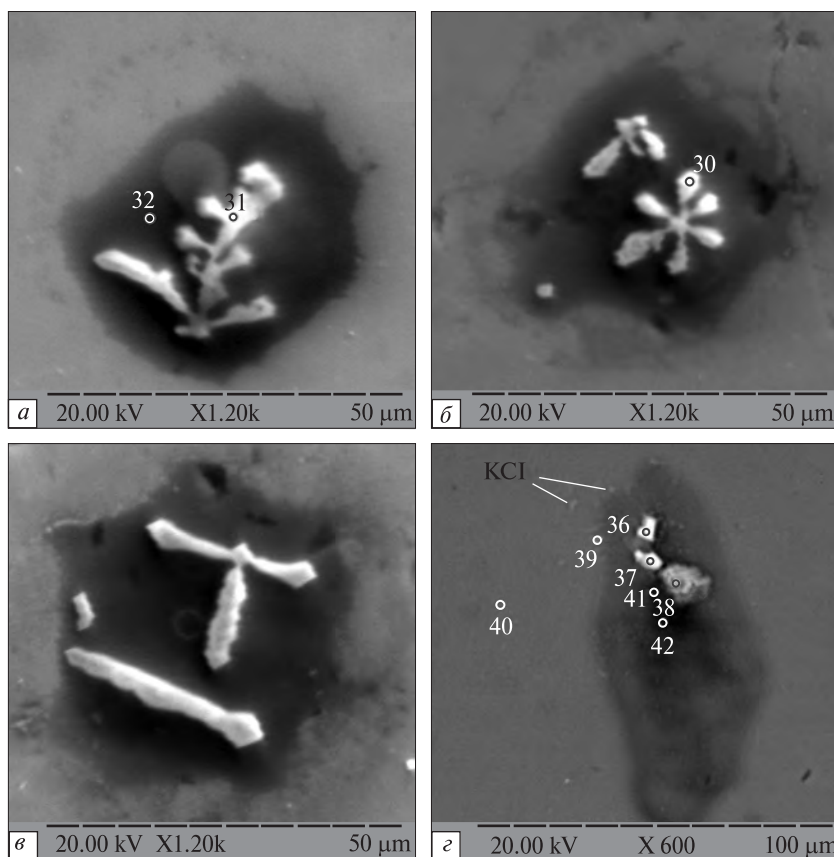
зустрінуто надзвичайно дрібні з нечіткими контурами поодинокі виділення галіту.

Кубічні кристали сільвіну другого морфологічного типу зафіксовано у прожилковому кварці, що містить алюмофториди, флюорит, непертитизований мікроклін пізньої генерації, слюди та інші мінерали (рис. 1, в).

Найбільший кристал сільвіну (рис. 1, в) має розмір ~15 мкм по ребру куба, нахиленого під деяким кутом до поверхні препарату. Границі кристала сільвіну з кварцом чіткі без будь-яких натяків на присутність рідкої чи газової фази у зоні їх контакту.

Найрізноманітнішим за морфологією виявився сільвін третього морфологічного типу з поліфазових включень у кварці (рис. 2). Умовно ми застосували до його агрегатів термін "дендритоподібні зростки", оскільки у мікрондзових препаратах неможливо достеменно визначити, що це — монокристали як у скелетних індивідах, чи зростки окремих різноорієнтованих індивідів різної форми. Дендритоподібні виділення сільвіну включені у квазіізометричні полігональної форми порожнини, місцями з характерною "вигнутою досередини" (рис. 2, а, в) поверхнею стінок. Під

Рис. 2. Морфологія агрегатів сільвіну у багатофазових включеннях в кварці: а–в — дендритоподібні зростки сільвіну; г — сільвін (точки 36, 37) в асоціації з арканітом (т. 38); у порожнинах (а, в) помітні включення газових пухирців; KCl (г) — дрібні з розмитими контурами виділення сільвіну у зовнішній оболонці (гало) багатофазового включення



електронним мікроскопом навколо порожнин більш-менш чітко простежується достатньо широке гало, яке у відбитих електронах має дещо світліший колір, ніж звичайно сірий матричний кварц. У деяких порожнинах помітні пухирці газової фази, які займають в цілому незначний їх об'єм. Решту заповнює, очевидно, водний розчин, що частково містить тверді фази.

Зростки сільвіну у включеннях можуть бути багатовекторними (рис. 2, а), шести-, три- і однопроменевими (рис. 2, б, в), більш-менш ідеальними або спотвореними (рис. 2, б), залежно від умов росту в об'ємі порожнини з обмеженим простором. Зародкові центри кристалізації сільвіну у порожнинах найімовірніше мали у більшості випадків форму октаєдрів, які у процесі подальшого росту розвивалися у одно-, три- або шестипроменеві зростки залежно від того, до яких вершин октаєдра мінералоутворювальний розчин мав найсприятливіший доступ. На багатьох рисунках помітно, що вершинний ріст зростків починався часто з видовжених зародків сільвіну, які переходили на тій чи іншій відстані у ланцюг октаєдрів, з'єднаних вершинами. На рис. 2, в у включенні поруч з трипроменевим зростком присутній зросток видовженого обрису, особливою морфологією якого є те, що одна його грань (?) на електронному знімку — рівна плоска поверхня, а протилежна — ребриста. Можливо ця форма виникла за механізмом автоепітаксичного наростання з утворенням на кінцевих стадіях характерних скіпетроподібних

форм. Нагадаємо, що видовжені й октаєдричні кристали сільвіну як рідкісні габітусні форми раніше відмічалися на Калуському родовищі калійних солей у Прикарпатті, а у багатофазових включеннях з топазів Волинського пегматитового родовища сільвін найчастіше утворює шестикутні пластинки [3], габітус яких, очевидно, обумовлений сплющеною формою порожнин у мінералі-господарі. Власне кубічні кристали сільвіну у включеннях топазу зустрічаються рідше. У досліджених нами зразках з метасоматитів зростки кубічних кристалів сільвіну зафіксовано у багатофазовому включенні (рис. 2, г), в якому ідентифіковано, крім сільвіну, ще одну тверду фазу — сульфат калію, найімовірніше, арканіт. Останній утворює агрегат видовжених, очевидно, таблитчастих або пластинчастих кристалів, відокремлених від двох зростків кристалів сільвіну.

На відміну від багатофазових включень у топазах і кварцах пегматитів, у жодному із досліджених нами включень з сільвіном не зафіксовано кристалів галіту.

Результати хімічних досліджень (табл. 1, 2) демонструють, що у складі сільвіну з багатофазових включень постійно присутній натрій. Найбільшу його кількість визначено у дендритоподібних сільвінах (ан. 30, 31), найменшу — у зростках кубічних кристалів (ан. 36, 37). Відсутній натрій, як зазначено, у кристалі-включенні сільвіну у кварці (ан. 2, табл. 2). Наразі неможливо однозначно вирішити питання про форму входження натрію у структуру сільвіну з метасоматитів СПЗ. Як відомо,

Таблиця 1. Хімічний склад мінералів та речовини їхнього оточення, мас. %

Table 1. Chemical composition of the minerals and surround substances, mass. %

| Компонент                      | 30    | 31     | 32    | 36    | 37    | 39    | 41    | 42    | 40    | 38    |
|--------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 46,61 | 43,39  | 83,65 | 17,70 | 23,34 | 86,60 | 63,36 | 59,03 | 93,25 | 33,63 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | —     | —      | 0,66  | 0,38  | 0,34  | 0,68  | 1,08  | 0,12  | —     | 0,44  |
| MgO                            | —     | —      | —     | —     | —     | —     | 0,47  | 0,20  | —     | —     |
| CaO                            | —     | —      | —     | 0,75  | 1,33  | 0,01  | 1,42  | 1,77  | —     | 1,38  |
| Na <sub>2</sub> O              | 4,88  | 5,68   | 3,94  | 0,74  | 0,75  | 0,77  | 2,12  | 1,86  | —     | 6,71  |
| K <sub>2</sub> O               | 18,90 | 28,46  | 1,12  | 43,83 | 37,16 | 3,65  | 3,02  | 1,87  | 0,53  | 23,69 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | —     | —      | —     | 0,15  | 0,54  | 0,76  | 4,79  | 5,54  | —     | 3,87  |
| SO <sub>3</sub>                | —     | —      | —     | 0,51  | 1,59  | 0,25  | 3,40  | 1,96  | —     | 28,67 |
| Cl                             | 18,70 | 25,66  | 0,77  | 34,17 | 28,33 | 3,74  | 2,50  | 1,58  | 0,31  | 1,06  |
| Сума                           | 89,09 | 103,19 | 90,14 | 98,23 | 93,38 | 96,45 | 82,16 | 73,93 | 94,09 | 99,47 |
| -Cl <sub>2</sub> =O            | 4,23  | 5,80   | 0,17  | 7,72  | 6,40  | 0,85  | 0,57  | 0,36  | 0,07  | 0,28  |
| Сума                           | 84,86 | 97,39  | 89,97 | 90,51 | 89,98 | 95,60 | 81,59 | 73,57 | 94,02 | 99,19 |

Примітка. Номери аналізів відповідають точкам зондування на рис. 1, 2; 30, 31, 36, 37 — сільвін; 38 — арканіт натрієвий; 32, 39, 40 і 42 — речовина, що оточує твердофазові включення.

ізоморфізм між KCl та NaCl за звичайних значень температури не відбувається, а для високих у природних процесах є проблематичним [8]. Порівнюючи результати аналізу дендритоподібного сильвіну (ан. 31) і речовини, що його оточує (ан. 32), неважко показати, що остання містить явно надлишковий натрій, тоді як калій і хлор у ній пов'язані близьким до стехіометрії сильвіну співвідношенням. Вважаємо, що завищені значення коефіцієнтів катіонів у кристалохімічних формулах дендритоподібних сильвінів (табл. 2, ан. 30, 31) обумовлені частковим захопленням у процесі зондування мінералу речовини, що заповнює порожнину включення. І хоча кристалохімічні формули двох інших зерен сильвіну (ан. 36, 37) достатньо близькі за складом до стехіометричного (весь Cl пов'язаний з усіма атомами K і Na), остаточної впевненості у достовірності їх написання ми наразі не маємо, оскільки речовина, що оточує кристали сильвіну, надто складна за конституцією (ан. 41, 42). Зокрема, крім хлору, у ній визначено такі аніоногенні елементи, як фосфор та сірка, а до сильних катіонів  $K^+$  і  $Na^+$  додаються лужноземельні  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  і амфотерний  $Al^{3+}$ . У такій ситуації одразу збільшується кількість варіантів поєднання компонентів, у тому числі K і Na, у гіпотетичні молекули і питання щодо можливості входження натрію у структуру гідротермального сильвіну набуває ще більшої невизначеності.

Структура ромбічного арканіту менш жорстка відносно можливостей ізовалентного ізоморфізму, ніж структура кубічного сильвіну, і тому отримана нами кристалохімічна формула цього мінералу ( $Na_{0,601}K_{1,400})_{2,001}[SO_4]_{0,999}$  є, очевидно, досить близькою до реальної. У ній усі атомні кількості K і Na (ан. 38) поєднані з усіма атомними кількостями сульфат-іона, згідно з законом діючих мас: надлишкові компоненти із загального розчину випадають першими.

На завершення звернемо увагу на деякі особливості хімічного складу кварцу зі згаданого вище гало — своєрідної зовнішньої оболонки поліфазових включень (ан. 39, 40). Внутрішня зона гало (по суті, стінка порожнини включення) суттєво збагачена калієм і хлором (ан. 39; рис. 2, з), а вміст решти компонентів (Na, Mg, Ca, P, S) у ній різко зменшується у порівнянні з їхнім вмістом у рідинній (?) складовій порожнини (ан. 41, 42, табл. 1). У межах

гало у кварці "сплески" вмісту тільки калію і хлору спостерігаються у світлих плямках з розмитими контурами (на рис. 2, з позначені як KCl). Навіть на значній відстані від включення (ан. 40) кварц містить відчутні кількості K і Cl, а також, імовірно, воду, судячи з низького значення суми (94,02 %) оксидів. Остання сягає 100 %  $SiO_2$  аж на відстані 55—60 мкм від стінок порожнини (ліворуч від т. 40 вже за межами рис. 2, з). Подібна картина спостерігається у кварці та навколо решти досліджених включень з сильвіном, а також у альбіті (див. примітку до рис. 1, б). Іншими словами, у розсіяному стані у мінералах може перебувати значна частка атомів хлору і споріднених з ним елементів, якщо їхня структура (наприклад, каркасних кварцу й альбіту) дозволяє розміститися атомам у міжвузловому просторі.

Крім власних мінералів — сильвіну та галіту — хлор у метасоматитах СПЗ у помітній кількості входить до складу низки інших мінералів, передусім мінералів фтору. Між обома гомологами по групі — фтором і хлором — існують, очевидно, достатньо широкі межі ізовалентного ізоморфізму. У кількості 0,08—0,15 % (в одному зі зразків до 0,86 %) хлор визначено у половині проаналізованих пластинок сидерофіліту, однак у літєвих слюдах, що асоціюють з ним, хлор відсутній. Найчастіше хлор трапляється у ральстонітах. Максимальну концентрацію елемента (1,23—2,77 %) визначено у ральстонітах з високим вмістом алюмінію (28—31,4 %), які утворюють певні зони та ділянки серед ральстоніт-флюоритових агрегатів смугастої та коломорфної текстури. Зазвичай у ральстонітах із таких агрегатів вміст хлору становить 0,2—0,4 % і різко зменшується (аж до повного його зникнення) у

Таблиця 2. Хімічний склад сильвіну та його кристалохімічні формули (у перерахунку на 100 %)   
 Table 2. Chemical composition (normalized to 100 %) and crystal-chemical formula of sylvine

| Номер аналізу | Вміст елементів, мас. % |      |       | Кристалохімічна формула                   |
|---------------|-------------------------|------|-------|---|
|               | K                       | Na   | Cl    |   |
| 2             | 52,63                   | —    | 47,37 | $K_{1,007}Cl_{0,993}$                     |
| 30            | 41,30                   | 9,50 | 49,19 | $(Na_{0,290}K_{0,739})_{1,029}Cl_{0,971}$ |
| 31            | 44,47                   | 7,81 | 47,72 | $(Na_{0,241}K_{0,805})_{1,046}Cl_{0,954}$ |
| 36            | 51,08                   | 0,96 | 47,96 | $(Na_{0,031}K_{0,967})_{0,998}Cl_{1,002}$ |
| 37            | 51,90                   | 0,44 | 47,66 | $(Na_{0,014}K_{0,987})_{1,001}Cl_{0,999}$ |

Примітка. Номери аналізів див. у табл. 1 і на рис. 1, 2.



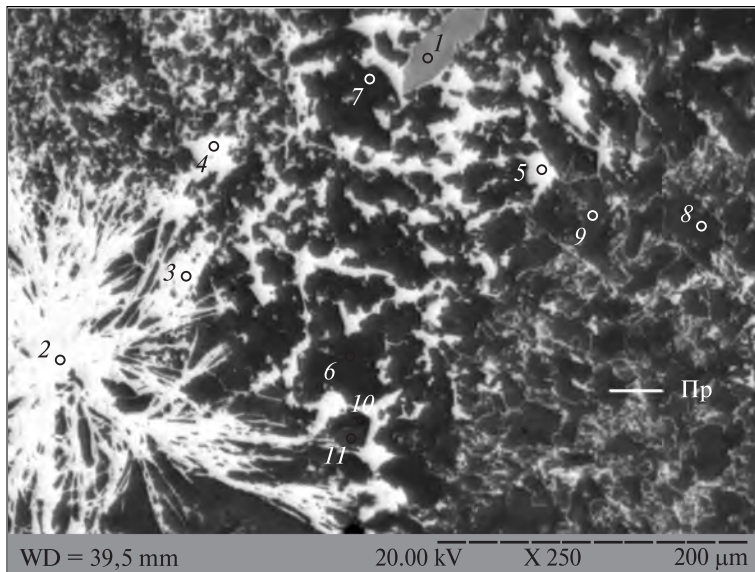


Рис. 3. Характер зростань флюориту (біле) і ральстоніту (сіро-чорне) з коломорфних агрегатів у кварц-алюмофторидному прожилку з пержанських гранітів. Цифри біля кружечків на знімку відповідають точкам зондування: 1 — лепідоліт; 2—5 — флюорит; 6—11 — ральстоніт; Пр — профіль з 15 точками вимірювання

Fig. 3. Intergrowth character of fluorite (white) and ralstonite (gray-black) from colomorph aggregates in quartz-alumofluoride vein of Perga granite. Digits near circles at photo correspond to probing points: 1 — lepidolite; 2—5 — fluorite; 6—11 — ralstonite; Пр — profile with 15 probing points

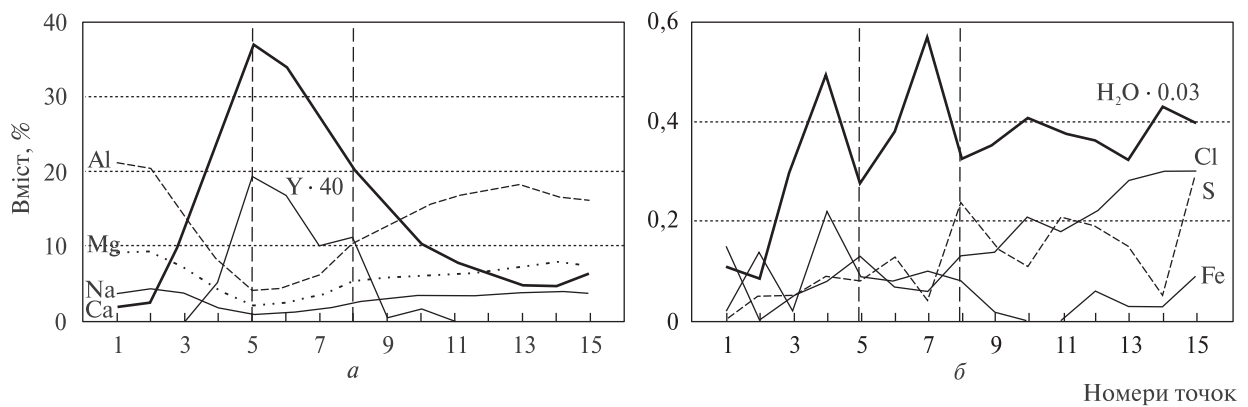


Рис. 4. Варіації вмісту видоутворювальних (а) і домішкових (б) елементів по профілю на рис. 3  
Fig. 4. Concentration variations of main (a) and trace (b) elements on the profile on Fig. 3

ральстонітах, розмічених у масі інших алюмофторидів. У криоліті, вебериті, томсеноліті, пахноліті, прозопіті хлор відсутній або визначається спорадично (у пахноліті до 0,62 %), причому часто сумісно з калієм, сіркою та фосфором. Зважаючи на те, що атомні співвідношення К і Сl у цих випадках подекуди близькі до 1 : 1, можна очікувати знаходження сільвіну (крім включень у кварці й альбіті, де він відносно легко розпізнається за контрастністю забарвлення у відбитих електронах) і серед алюмофторидів та інших мінералів. Отже, розподіл хлору (як і його мінералів) у метасоматитах СПЗ, судячи з наявного матеріалу, вкрай нерівномірний. Ілюстрацією до такого твердження слугують результати аналізу речовини однієї з ділянок ральстоніт-флюоритового агрегату з характерними виділеннями "голчастого" флюориту (рис. 3).

Вміст хлору у ральстонітах становить, мас. %: ан. 6 — 0,96; ан. 7 — 0,76; ан. 8 — 0,21; ан. 9 — 0,03; ан. 10 — 0,40; ан. 11 — 0,10. Флюорит у точках 2, 3 та 5 теж містить хлор (відповідно, 0,09, 0,03 та 0,06 %). На ділянці, що вирізняється сітчасто-комірчастою будовою (правий нижній кут рис. 3), пройдено профіль (біла горизонтальна риска) довжиною у 40 мкм з 15 точками вимірювання. Результати аналізу графічно зображено на рис. 4.

Точки 5—8 на профілі характеризують відносно широку (6—8 мкм) світлу у відбитих електронах перегородку між двома сусідніми ділянками (точки 1—4 і 9—15), складеними темно-сірою до чорної субстанцією. Якщо концентрація видоутворювальних Са, Mg, Al, Na та супутнього Y поступово змінюється під час переходу від однієї ділянки до іншої (рис. 4, а), то вміст домішкових Cl, S і Fe суттєво коли-

вається від точки до точки (рис. 4, б). Проте достатньо чітко видно, що речовина лівої комірки на загал збіднена на хлор та сірку і, навпаки, дещо збагачена залізом у порівнянні з речовиною правої комірки. В області переходу (точки 5—8) сумарний вміст Cl, S і Fe найменший. Крива "вільної" води (рис. 4, б), вміст якої розраховано за методом зарядів, візуально погано корелює з відповідними кривими для головних і домішкових елементів. До того ж вміст Ca у речовині перегородки не перевищує 37,1 %, у той час як на сусідніх ділянках флюорити (т. 2—5 на рис. 3) містять його завжди понад 50 %. Нарешті, спостерігаються відмінності у загальному хімічному складі центральних частин обох ділянок. Отримані результати дозволяють зробити припущення, що речовина сітчасто-комірчастої ділянки, по якій пройдено профіль, являє собою твердий флюорит-ральстонітовий гель не постійного хімічного складу. Підтвердження або спростування цього припущення потребує додаткових досліджень з використанням більш потужних інструментальних засобів, ніж ті, які мали автори у своєму розпорядженні.

Так чи інакше, хлор і його сполуки, як впливає з наведеного фактичного матеріалу, є характерними складовими мінеральних комплексів, що утворилися на завершальних стадіях формування метасоматитів СПЗ. Хлор тут часто асоціює з фосфором і сіркою, не кажучи вже про фтор і діоксид вуглецю, тобто з тими леткими компонентами, які визначають як загальні риси мінералогії району в цілому, так і мінеральних асоціацій, що вивчено безпосередньо. Тут доречно навести перелік мінералів і фаз (додатково до згаданих у тексті), які побічно були виявлені у препаратах з сильвіном і галітом (загальна площа препаратів не перевищує 2 см<sup>2</sup>): циркон, колумбіт-(Fe), каситерит, TiO<sub>2</sub>, перовскіт, титаніт, ільменіт, ільменорутит(?), оксиди і гідроксиди заліза, бритоліт-(Ce), апатит(?), бастнезит, сидерит манганістий, флюорит ітрістий, флюорит рідкісноземельний, халькопірит(?), Cu<sub>2</sub>Zn (тонгксиніт), іноді Ni, Sn і Fe-вмісний, самородні Ag, Bi та Pb(?), природний сплав, склад якого коливається від Cu<sub>2,2</sub>Sn до Cu<sub>9,2</sub>Sn, дикіт тощо. Симптоматично, що Cu-Sn сплави постійно супроводжує невелика кількість (десяти частки %) сірки та хлору у співвідношенні від 1 : 1 до 2 : 1.

Більшість вказаних мінералів локалізуються у кварці та польових шпатах, тяжіють до

їхніх контактів зі слюдами та флюоритом, зрідка розміщуються у масі останнього (карбонати, дикіт, халькопірит, оксиди заліза). Отже, у формуванні пізніх кварц-флюорит-алюмофторидних мінеральних парагенезисів беруть участь одночасно фторофільні (Nb, Ta, Y, TR, P, Al, Li, Na, Ca тощо) і хлорофільні (Cu, Pb, Zn, Mg, K, Ni, Fe, Sn тощо) елементи, утворюючи неповторні асоціації мінералів Пержанського родовища.

**Висновки.** 1. Хлор — характерний елемент мінеральних парагенезисів, які кристалізуються із багатоконпонентних гідротермальних розчинів на завершальних стадіях формування рудних метасоматитів у пержанських гранітах. Хлор утворює тут власні мінерали (сильвін, галіт), а також входить до складу низки мінералів фтору, серед яких ним особливо збагачені ральстоніти зі специфічних коломорфних флюорит-алюмофторидних агрегатів. Значна частка атомів хлору у вивчених мінералах знаходиться у розсіяному стані.

2. Сильвін утворює тонку нанометричних розмірів вкрапленість у альбіті, відносно великі (до 0,015 мм) ізольовані кристали-включення у кварці, дрібні кубічні й октаедричні кристали та їх дендритоподібні зростки у багатофазових газово-рідинних включеннях. У парагенезисі з сильвіном у одному з таких включень виявлено сульфат калію, імовірно, арканіт.

3. Хімічний склад вкрапленників сильвіну у кварці відповідає теоретичному, а у сильвіні з багатофазових включень присутній у перемінних кількостях натрій. Питання про форму знаходження останнього в сильвіні залишилося відкритим.

1. *Беспалько Н.А.* Петрологія і акцесорні мінерали гранітів та метасоматитів Північної Волині. — К. : Наук. думка, 1970. — 164 с.
2. *Боярская Р.А., Доломанова Е.И., Носик Л.П., Фадюков Е.М.* Морфология и химический состав включений маточной среды в "сотомом" кварце из пегматитов Волины по данным сканирующей электронной микроскопии и масс-спектрологии // Вопросы региональной и генетической минералогии. — Киев : Наук. думка, 1977. — С. 98—108.
3. *Калужный В.А.* К изучению состава минералов-"узников" многофазовых включений // Минерал. сб. Львов. ун-та. — 1958. — № 12. — С. 116—128.
4. *Лазаренко Е.К., Павлишин В.И., Латыш В.Т., Сорочкин Ю.Г.* Минералогия и генезис камерных пегматитов Волины. — Львов : Вища шк., 1973. — 360 с.
5. *Личак И.Л.* Петрология Коростенского плутона. — Киев : Наук. думка, 1983. — 247 с.

6. Ляхов Ю.В. Минеральный состав многофазовых включений в морионах из пегматитов Волыни // Исследования минералообразующих растворов : Тр. ВНИИСИМС. — М. : Недра, 1966. — Т. IX. — С. 92—100.
7. Металиди С.В., Нечаев С.В. Сушано-Пержанская зона. Геология, минералогия, рудоносность. — Киев : Наук. думка, 1983. — 247 с.
8. Минералы : Справ. — М. : Изд-во АН СССР, 1963. — Т. II. — 296 с.
9. Романюк Л. Акцесорні та рудні мінерали головних типів порід пержанського комплексу // Стан і перспективи сучасної геологічної освіти та науки : Тези доп. наук. конф., присвяченої 65-річчю геол. ф-ту Львів. нац. ун-ту імені Івана Франка (Львів, 13—15 жовт. 2010 р.) — Львів : Видавн. центр ЛНУ, 2010. — С. 175—176.
10. Соболев В.С. Петрология восточной части сложно-Коростенского плутона // Уч. зап. Львов. ун-та. Сер. геол. — 1947. — 4, вып. 5. — 128 с.
11. Шнюков С.С., Лазарева І.І. Геохімічне моделювання в дослідженні генетичного зв'язку магматичних комплексів і гідротермально-метасоматичних рудних родовищ // 36. наук. пр. УкрДГРІ. — 2002. — № 1—2. — С. 128—143.
12. Юрк Ю.Ю., Гуров Е.П., Гурова Е.П. Особенности минералогии фтора Украинского кристаллического щита. — Киев : Наук. думка, 1973. — 182 с.
13. Shnykov S.E., Andreev A.V., Zinchenko O.V. et al. Geochemical modeling of Precambrian granitoid evolution in Ukrainian Shield : petrogenetic aspects and genesis of complex rare metal, polymetallic and gold mineralization in neighbouring metasomatic zones (Korosten anorthosite-rapakivigranite pluton as an example) // Abstr. vol. & Field trip guidebook, 2-nd annual GEODE — Fennoscandian Shield < workshop on Paleoproterozoic and Archaean greenstone belts and VMS districts in the Fennoscandian Shield (Gällivare — Kiruna, Sweden, 28 Aug.—1 Sept. 2000). — Lulea : Univ. of Technology, 2000. — P. 37—40.

Надійшла 01.02.2011

О.В. Зинченко, А.В. Андреев,  
Д.К. Возняк, Е.В. Грущинская

#### СИЛЬВИН В ПЕРЖАНСКИХ ГРАНИТАХ КОРОСТЕНСКОГО ПЛУТОНА

Сильвин впервые установлен в поздних кварц-флюорит-алюмофторидных обособлениях и прожилках, кристаллизующихся на заключительных стадиях формирования рудных метасоматитов в пержанских гранитах (северная часть Коростенского плутона). По данным электронно-микроскопических исследований выделены три морфологических типа образований сильвина в метасоматитах: 1) тонкая (1—5 мкм) вкрапленность сильвина в альбите, иногда в ассоциации с галитом; 2) одиночные относительно крупные (до 0,015 мм) кубические кристаллы сильвина в кварце; 3) дендритоподобные сростки кристаллов сильвина в многофазовых включениях в кварце. В одном из та-

ких включений диагностирован дополнительно сульфат калия, по всей вероятности, арканит. По результатам микронзондового анализа сильвин, вкрапленный в кварце, представлен чистым KCl, а в сильвине из многофазовых включений зафиксирован натрий. Вопрос о форме нахождения последнего в изученных сильвинах остается открытым, поскольку не исключена вероятность захвата натрия во время зондирования из окружающего газовой-жидкого вещества включений, избыточно им обогащенного. В работе приведены данные о распределении хлора в минералах флюорит-алюмофторидных агрегатов. Установлено обогащение хлором (до 2,77 %) ралстонитов из коллоидных участков последних.

O.V. Zinchenko, A.V. Andreev,  
D.K. Voznyak, E.V. Gruschynska

#### SYLVINE IN PERGA GRANITES OF KOROSTEN PLUTON

Late quartz-fluorite-alumofluoride segregations from Perga granites (northern part of Korosten pluton) were studied by electron microprobe REMMA-202M with energy dispersive X-ray spectrometer. It is the first time when sylvine has been discovered. Three morphological types of sylvine segregations were found by electron-microscopic analysis: 1) thin (1—5 μm) sylvine impregnation of isometric or polygonal shape, irregularly distributed in albite; 2) separate cubic sylvine-phenocrysts (up to 0.015 mm) in quartz, 3) dendrite-like, six- and three-radial intergrowths of prismatic and octahedral crystals, more rarely, aggregates of cubic crystals of sylvine in the multi-phase inclusions in quartz.

Galite was found in association with the first type of sylvine in albite. Potassium sulphate (probably arcanite) was identified in association with sylvine in one of multi-phase inclusions in quartz. In contrast to the pegmatites of Korosten pluton, halite in association with sylvine is absent in multiphase metasomatite inclusions of the region.

Chemical composition of isolated cubic sylvine-phenocrysts in quartz is close to the theoretical:  $K_{1.007}Cl_{0.993}$ . Sylvines of multiphase inclusions contain sodium. Their chemical composition vary from  $(Na_{0.241}K_{0.805})_{1.046}Cl_{0.954}$  (dendrite-like splice) to  $(Na_{0.014}K_{0.987})_{1.001}Cl_{0.999}$  (intergrowth of cubic crystals). It is assumed that overcharge coefficient for cations in the formula of dendrite-like sylvine is related with fixation of sodium characteristic irradiation from the substance that fills the cavity of a multi-phase inclusion.

Chlorine is irregularly distributed in minerals of quartz-fluorite-alumofluoride segregations. The highest concentrations of chlorine (1.23—2.77 wt. %) are established in ralstonites with high aluminum content (28—31.4 wt. %). The chlorine content in normal ralstonites is usually of 0.2—0.4 wt. %. Chlorine is associated with sulfur, iron, sometimes in phosphorus fluorite-ralstonites aggregates of colloform structure. Siderofillites contain 0.08—0.15 wt. % of chlorine, but chlorine is not defined in associated lithium micas. Chlorine is absent in the cryolite, weberite, prozopite, tomsenolite, pachnolite.