

МІНЕРАЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РУДОНОСНИХ ПЕГМАТИТІВ РОДОВИЩ ШЕВЧЕНКІВСЬКЕ І КРУТА БАЛКА (СХІДНОУКРАЇНСЬКА ПЕГМАТИТОВА ОБЛАСТЬ)

Л.В. Ісаков

E-mail: isakov_l@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7672-9602>

В.В. Сукач

E-mail: svital@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4710-7230>

М.О. Донський

E-mail: nikkolai.donskoy@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3037-6346>

М.С. Котенко

E-mail: kmsdae@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5004-2968>

Ю.О. Литвиненко

E-mail: ulitvi@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7937-0164>

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

Український щит є пегматитовою провінцією. Лише у межах Східноукраїнської пегматитової області виявлено тисячі пегматитових тіл різноманітного складу, будови, геохімічної та рудної спеціалізації, з якими пов'язано три родовища рідкісних металів (Шевченківське — літію, Крута Балка — літію, танталу, ніобію; Могила Вісла — цирконію, рідкісноземельних елементів). Можна припустити, що низку рідкіснометалевих родовищ пегматитів ще не виявлено. Але зараз украї недостатньо фінансування геологорозвідувальних робіт, тому неможливо застосовувати високотратні методи геологічної зйомки і пошуку. Потрібні малозатратні і водночас високоефективні методи досліджень, щоб у результаті отримання поодиноких перетинів тіл пегматитів можна було скласти достовірну характеристику, яка б вказувала на їхню перспективність на рідкісні метали. У статті розглянуто один із таких напрямів — дослідження геохімії мінералів, зокрема мікрокліну, і викладено результати досліджень цього мінералу із пегматитів родовищ Шевченківське і Крута Балка. Проаналізовано найбільш вживані варіаційні діаграми для мікроклінів: в координатах $K : Cs - Na_2O$ за В.В. Гордієнком, 1970 і 1976; $Rb - K : Rb$ за схемою С.Г. Шавла, 1984 та діаграма О.П. Калити. З'ясовано, що ці діаграми надійно класифікують пегматити літій-танталової спеціалізації родовища Крута Балка, проте є малоінформативними для родовища Шевченківське, тобто для прогнозу власне літєвих родовищ. Автори дійшли висновку, що проаналізовані діаграми для пегматитів Українського щита потребують суттєвого доопрацювання, як на значно більшій кількості аналізів так і з урахуванням місця відбору проб, особливо в непродуктивній частині пегматиту.

Ключові слова: мінералого-геохімічні особливості, пегматити, мікроклін, Шевченківське родовище, родовище Крута Балка, Східноукраїнська пегматитова область.

Вступ. За майже столітній період досліджень у межах східної частини Українського щита (УЩ) виявлено тисячі пегматитових тіл різноманітного складу, будови, геохімічної та рудної спеціалізації, що дає підставу розглядати цю територію як Східноукраїнську пег-

матитову область [20]. У межах Приазовської частини області на сьогодні відомо три родовища рідкісних металів (Шевченківське — літію, Крута Балка — літію, танталу, ніобію; Могила Вісла — цирконію, рідкісноземельних елементів), а також десятки родовищ ке-

рамічної сировини. У низці опублікованих робіт [5, 6, 7, 16, 17, 20, 22 та ін.] надані як детальні описи, так і узагальнення про геологічну будову пегматитових родовищ і рудопроявів, внутрішню структуру, зональність пегматитових тіл, досліджено мінеральний склад і геохімічні особливості пегматитів, на основі чого запропоновано авторські схеми їхньої класифікації. Необхідно зазначити, що наявна геохімічна інформація про пегматити базується здебільшого на результатах валових хімічних аналізів лише продуктивних зон пегматитів. Тому використання цих матеріалів для оцінки потенційної рудоносності пегматитів, що не несуть прямої рудної мінералізації, не завжди дає очікуваний результат. Цілком очевидно, що в цьому випадку дієвим буде порівняння геохімічних показників із нерудних (керамічних) пегматитів із зонами рудних, які, однак, не несуть прямих ознак рудної мінералізації. На наше переконання та згідно з висновками дослідників [3, 20, 24], найінформативнішими є дослідження геохімії мінералів із цих зон, зокрема мікроклінів, які за своїми геохімічними характеристиками є не тільки найбільш придатними для таких порівнянь, але і наявні практично у всіх гранітних пегматитах та їхніх мінеральних зонах.

У статті узагальнено результати мінералого-геохімічного вивчення переважно нерудних зон рудних пегматитів Приазовського мегаблоку УЩ і визначено геохімічні параметри мікроклінів. Отримані матеріали рекомендовано використовувати під час класифікації та систематизації пегматитів і виконання прогнозно-пошукових робіт. Як надійні мінералого-геохімічні критерії, вони дадуть змогу достовірніше оцінити промислові перспективи відомих і щойно виявлених пегматитових полів, родовищ, рудопроявів та пегматитових тіл.

Систематизація та стан вивчення пегматитів Західного Приазов'я. За класифікацією Гінзбурга [2] з деякими поправками [5], розробленою за глибинністю формування і геохімічною спеціалізацією, пегматити Західного Приазов'я належать до: 1) глибинних кварц-польовошпатових пегматитів із акцесорною рідкісноземельною, рідкіснометалевою мінералізацією, або без неї; які контролюються архей-протерозойськими граніто-гнейсови-

ми куполами. Ці пегматити часто називають безрудними або керамічними; 2) середніх глибин рідкісноземельних та уран-рідкісноземельних кварц-польовошпатових пегматитів церієвої й ітрієвої спеціалізації з ксенотимом, монацитом і уранінітом; 3) середніх і незначних глибин пегматитів літієвої і танталової спеціалізації зі сподуменом, петалітом, танталітом, танталіт-колумбітом з акцесорними мінералами цезію, берилію, олова та ін.

Група керамічних пегматитів представлена двома підгрупами: 1) пегматити, пов'язані з мігматитами; 2) пегматити, пов'язані з ранніми фазами гранітного магматизму плюмструктури, проявленому на початку її розвитку [7]. Перші є продуктом ультраметаморфічних процесів, а другі — залишковим продуктом становлення плагіограніт-діоритових масивів або можуть складати окрему генерацію пегматитової магми. Звичайно ці пегматити утворюють серії різних за потужністю і протяжністю досить диференційованих тіл [22], що формують ізометричні та неправильної форми поля серед високометаморфізованих утворень західноприазовської серії в межах граніто-гнейсових куполів та в їхньому обрамленні у породах новопавлівської, вовчанської і драгунської товщ. На сьогодні виявлено такі поля керамічних пегматитів: Єлісіївське, Токмачанське, Гуляйпільське в межах Салтичанського граніто-гнейсового куполу і Темрюк-Корсацьке в межах Малоенісольської шовної зони. Серії пегматитових тіл кварц-польовошпатового складу є також у межах Вовчанського та Гуляйпільського гранітних куполів. Вони задокументовані у відслоненнях вздовж р. Вовча та у низці пробурених в різні роки картувальних та пошукових свердловин.

Рідкіснометалеві та рідкісноземельні пегматити разом із безрудними кварц-польовошпатовими різновидами формують протяжні пегматитові поля, що контролюються троговими зеленокам'яними структурами. Останні розвинуті в крайових частинах Салтичанського, Гуляйпільського та Воскресенського гранітних куполів і складають два субпаралельні протяжні зеленокам'яні пояси — Шевченківсько-Берестовецький і Сорокинсько-Гайчурський, що в цілому охоплюють однойменні пояси розвитку рідкісноземельно-рідкіснометалевих пегматитів

[5]. Шевченківсько-Берестівський пояс об'єднує Шевченківське, Федорівське поля рідкіснометалевих пегматитів, Віслинське поле рідкісноземельних пегматитів і Вовчанське, Дібровське, Павлівське та Берестівське умовно рідкіснометалеві пегматитові поля. Ці поля розвинуті у однойменних структурах довкола та в межах Воскресенського гранітного купола з простягненням на південь уздовж Малоаянісольської зони розломів.

Сорокинсько-Гайчурський пояс утворюють Сорокинське рідкіснометалеве пегматитове поле, Куйбишевське, Гайчурське рідкісноземельні пегматитові поля та Драгунське і Чистопільське умовно рідкіснометалевої та рідкісноземельної спеціалізації. Зазначені поля розташовані в межах однойменних структур, розвинених навколо Салтичанського граніто-гнейсового купола та в межах Оріхово-Павлоградської шовної зони.

Постановка проблеми і методика досліджень. Щодо наявних класифікаційних розробок необхідно зазначити, що вони побудовані на мінерально-парагенетичному та текстурно-парагенетичному принципах. Погоджуючись із цим, слід вказати, що без чіткого виявлення емпіричних закономірностей геохімічної спеціалізації пегматитів, їх жильних скупчень і полів, ці класифікації є неповними. Геохімічна складова в запропонованих класифікаціях пегматитів [2, 5, 12, 18, 22] є, але надана, як згадано вище, узагальнено з використанням даних базових мінералого-парагенетичних зон, практично без системної обробки «нерудних» зон пегматитів, без виявлення емпіричних закономірностей геохімічної спеціалізації цих зон у пегматитових тілах, їх скупченнях і пегматитових полях. Для посилення цієї складової, на наш погляд, важливо систематизувати наявні дані з вивчення саме непродуктивних зон пегматитів, виявити загальні мінералого-геохімічні закономірності їхнього розвитку і, зрештою, удосконалити систематизацію пегматитів східної частини УЩ.

Мінералогічна спеціалізація є основною класифікаційною ознакою пегматитів. Але є ряд складнощів у її визначенні, які обумовлені специфікою будови більшості пегматитових тіл. Пегматити звичайно мають внутрішню мінералого-геохімічну зональність, і ті зони, за якими визначають тип пегматиту,

не завжди домінують у його складі, а в місцях виклинювання і пережимів пегматиту вони здебільшого випадають із його складу. Не завжди можливо отримати повний зріз пегматиту, особливо на початкових стадіях дослідження, коли вивчення доступного для спостереження фрагменту пегматитового тіла в керні свердловин чи відслоненні може призвести до хибних висновків. Все це спонукало дослідників до розроблення інформативніших та удосконалення наявних критеріїв типізації пегматитів. Одним із найдоступніших методів для визначення типів гранітних пегматитів є вивчення лужних елементів у мінералах [1, 3, 4, 8–13, 15, 18, 21–24 та ін.]. На основі цього було розроблено способи типізації жил, жильних полів і пучків, запропоновано різні кількісні критерії оцінювання пегматитів на рідкіснометалеве зруденіння за різними мінералами: польовими шпатами (мікроклін, плагіоклаз), слюдами (мусковіт, біотит) тощо.

Перша спроба прогнозування рідкіснометалевого зруденіння в пегматитах на основі даних щодо концентрації рубідію і цезію в калієвих польових шпатах належить О.Ф. Соседко [19]. Пізніше до цих робіт долучились також М.О. Солодов, А.А. Шиманський, М.М. Мануйлова. На наш погляд, найефективніший нині спосіб використання розподілу рідкіснолужних металів у калішпатах пегматитів для визначення головних типів пегматитових провінцій, полів і жил, належить В.В. Гордієнку [3, 4].

Треба зазначити, що пріоритетність використання саме калішпатів для згаданих цілей пов'язана з низкою факторів. Основним із них є існування залежності особливостей розподілу лужних елементів у мінералі від найважливіших рис фізико-хімічних умов пегматитогенезу, і, насамперед, від концентрації рідкіснолужних металів у мінералоформівному середовищі. Отже, в калішпаті накопичуються рідкісні луги, водночас рубідій і цезій ізоморфно заміщують калій, а літій, найімовірніше, ізоморфно заміщує натрій у натрієвому компоненті калішпату ($\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$) [24]. Відомо, що вміст рідкіснолужних металів у мікроклінах змінюється закономірно, збільшуючись від слюдоносно-керамічних олігоклаз-мікроклінового типу пегматитів через проміжні відміни до рідкіснометалевих [3,

4]. Також важливо, що мікроклін присутній практично у всіх парагенетичних типах пегматитів у достатньому обсязі, в ньому концентруються рідкіснолужні метали і саме для нього найдетальніше розроблені практичні рекомендації та накопичені статистичні дані. Крім цього, метод оцінювання типів пегматитів за концентрацією рідкіснолужних металів у калішпатах вважається найбільш експресним і найменш затратним.

На основі фактичних даних стосовно пегматитів Шевченківського та Крутобалкінського вузлів були використані варіаційні діаграми вмісту калішпату в координатах $K : Rb - Rb$ [22] і $K : Cs - Na_2O$ [3, 4]. Вибір як критерію рідкіснометалевого зруденіння не тільки цезію, який, за літературними джерелами [3, 4], є найчутливішим до зміни геохімічної обстановки пегматитового процесу, а й рубідію, пов'язаний із тим, що абсолютні значення вмісту рубідію в калішпатах набагато (на декілька порядків) вищі за значення цезію. Відповідно, визначення його за допомогою методу рентгеноспектрального аналізу буде точнішим, ніж цезію, вміст якого близький до порога чутливості методу. Таким чином, використання для оцінювання рудоносності пегматитів обох діаграм переслідує мету не тільки визначення перспективності використання цих методів взагалі, а й необхідності визначитись із пріоритетністю одного з критеріїв.

Необхідно також відмітити важливість петрогеохімічних досліджень, виконаних нами за методом О.П. Калити [9, 10].

Другий важливий напрям дослідження мінералого-геохімічних особливостей непродуктивних зон пегматитів може спиратися на розроблені в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка (ІГМР) НАН України В.І. Павлишиним з колегами ще наприкінці 1980-х років [14] критерії й ознаки різних типів пегматитів, з'ясовані на основі тонких досліджень мінералів як самих пегматитів, так і новоутворених у зонах екзоконтактів; вивчення геохімії ряду інформативних елементів як у самих тілах, так і в ореольних зонах навколо тіла. Їх можна розділити на: 1) первинні мінералого-геохімічні парагенезиси; 2) вторинні екзоконтактні мінералого-геохімічні парагенезиси; 3) структури і геохімія мінералів; 4) термобарогеохімія

флюїдних включень тощо. Зазначимо також, що у роботі [14] розроблені кварце-, слюдо-, польовошпатометричний та ін. напрями дослідження речовини пегматитів. На жаль, ці роботи не було продовжено. Їх необхідно поновити і виконати на новому, сучасному рівні із використанням новітнього аналітичного обладнання.

Мета роботи. Вивчити, узагальнити та систематизувати геохімічні дані з вивчення рудоносних пегматитів Східноукраїнської пегматитової області, зокрема їхніх навколорудних зон та мінералів. Як базові використані фактичні дані з вивчення пегматитів родовищ Шевченківське і Крута Балка, а також частково залучена інформація стосовно рудопроявів як Приазовського, так і Середньопридніпровського мегаблоків УЩ.

Емпіричні закономірності мінералого-геохімічної спеціалізації пегматитів. Шевченківське родовище (вузол) рідкіснометалевих пегматитів приурочений до замкової частини синклінальної складки, що сформувалась у зоні різкого розвороту і з'єднання двох різноспрямованих гілок Шевченківсько-Федорівської структури. Безпосередньо в контактних зонах Шевченківсько-Федорівської структури закартовано Январський масив біотитових і аляскітових гранітів і Краснокутський масив мусковіт-біотитових гранітів.

Пегматити вузла представлені системою крутих субпаралельних жил, які розміщені кулісоподібно та концентруються серед порід кристалосланцевої пачки тернуватської товщі в замковій частині складки (рис. 1, 2) [5]. Зона їхнього розвитку простягається на відстань до 2 км. Загалом у межах пегматитового вузла нараховується шість пегматитових тіл. Параметри жил змінюються в широких межах: від 144 до 1076 м завдовжки і від 2,0 до 83,8 м за потужністю. Протяжність пегматитових тіл на глибину є мінливою у різних перетинах [5].

У більшості пегматитових тіл фіксуються мінеральні парагенезиси, притаманні різним етапам їхнього формування, які утворюють яскраво проявлені зони. Виділено 10 основних мінеральних комплексів: блокового мікрокліну; кварц-сподуменовий; кварц-альбіт-сподуменовий; кварц-мікроклін-сподуменовий; кварц-мікроклін-петаліт-сподуменовий; кварц-альбітовий з мікрокліном і сподуменом; кварц-мікрокліновий; кварц-альбіто-

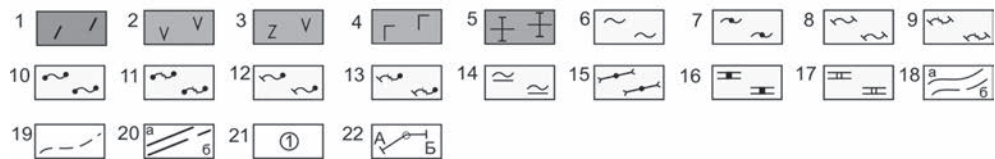


Рис. 1. Геологічна карта Шевченківського вузла рідкіснометалевих пегматитів [5]. *Пегматити:* 1 — альбіт-сподуменові, альбіт-петаліт-сподуменові, 2 — альбітові, 3 — альбіт-мікроклінові, 4 — мікроклінові та мікроклін-олігоклазові; 5 — граніти мусковіт-біотитові, амфібол-мусковіт-біотитові дрібно-середньозернисті, мусковіт-біотитові пегматоїдні; *Тернуватська товща:* 6 — кристалосланці біотитові, 7 — амфібол-біотитові, 8 — мусковіт-біотитові, 9 — силіманіт-мусковіт-біотитові, 10 — гранат-біотитові, 11 — гранат-силіманіт-біотитові, 12 — гранат-мусковіт-біотитові, 13 — силіманіт-гранат-мусковіт-біотитові, 14 — біотитові турмалінвмісні, 15 — кварц-серіцитові, 16 — кальцифіри епідот-кварц-вмісні скарновані, 17 — скарноїди кварц-гранат-епідот-піроксенів; *границі:* 18 — між різновіковими підрозділами (а — встановлені, б — передбачувані), 19 — між літологічними різновидами порід; 20 — розривні порушення (а — встановлені, б — передбачувані); 21 — номери пегматитових тіл; 22 — лінія геологічного розрізу (розріз наведено на рис. 2)

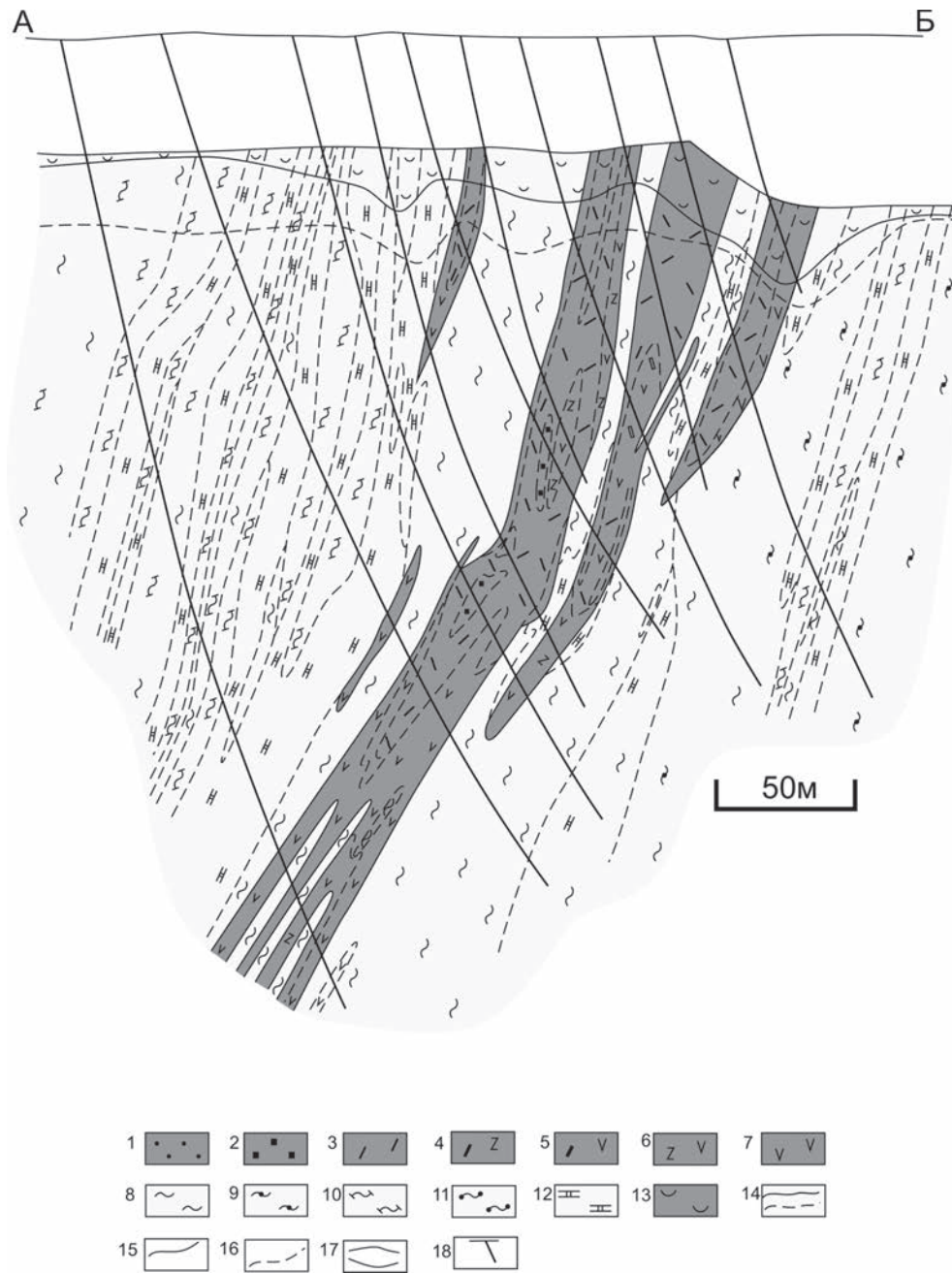


Рис. 2. Геологічний розріз Шевченківського пегматитового вузла вздовж лінії А—Б [5]. *Зони в пегматитах:* 1 — блокового кварцу, 2 — сподумен-петалітова, 3 — альбіт-сподуменова, 4 — альбіт-мікроклін-сподуменова, 5 — кварц-альбітова зі сподуменом, 6 — мікроклін-альбітова, 7 — кварц-альбітова; *кристалічні сланці:* 8 — біотитові, 9 — амфібол-біотитові, 10 — мусковіт-біотитові з кордієритом і силіманітом, 11 — гранат-біотитові з кордієритом і силіманітом; 12 — кальцифіри скарновані; 13 — глинисті породи кори вивітрювання; 14 — контур зони поширення гіпергенних змін кристалічних порід; *границі:* 15 — геологічні пегматитових тіл; 16 — розвитку породних відмін і зон у пегматитах; 17 — контури розвитку осадових порід; 18 — проєкції стовбурів свердловин

вий; кварц-мікроклін-альбітовий; кварц-альбітовий.

Виділені мінеральні комплекси об'єднані в ряд парагенетичних груп, вони формують сім структурно-мінералогічних зон (від контакту до центру жил): контактова кварц-альбітова дрібнозерниста; альбіт-мікроклінова (пегма-

тоїдна); кварц-альбітова різнозерниста; альбіт-сподуменова; мікроклін-сподуменова; петаліт-сподуменова; блокового мікрокліну (рис. 2) [5].

Речовинний склад пегматитових тіл Шевченківського вузла [5, 6, 8] такий: породоутворювальні мінерали (альбіт, мікроклін, кварц) складають приблизно 80—95 % об'єму жил,

Таблиця 1. Речовинний склад мінералого-структурних зон пегматитів Шевченківського вузла

Мінералого-структурна зона	Мінеральний комплекс	Вміст мінералів, %						Акцесорні мінерали
		сподумен	петаліт	альбіт	мікроклін	кварц	мусковіт	
Контактна зона	Кварц-альбітовий дрібнозернистий	—	—	30—70	0—5	10—25	0—5	Апатит, танталоніобати, шпінель, хризоберил
Мікроклін-альбітова (пегматоїдна)	Кварц-мікроклін-альбітовий	0—5	—	20—60	0—20	10—35	0—5	Апатит, танталоніобати, шпінель, хризоберил
Кварц-альбітова	Кварц-альбітовий різнозернистий	0—5	—	25—60	0—5	10—30	0—10	Апатит, танталоніобати, шпінель
Мікроклін-сподуменова	Кварц-альбітовий мікроклін-сподуменвісний	до 30	—	10—60	1—10	10—25	0—5	Апатит, тантало-ніобати, гранат, турмалін
Альбіт-сподуменова	Кварц-мікроклін-сподуменовий альбітвісний	до 45	—	0—25	10—30	10—30	0—5	Танталоніобати, апатит, хризоберил, турмалін, гранати
	Кварц-альбіт-сподуменовий мікроклінвісний	до 60	—	20—50	5—10	10—25	0—10	Тантало-ніобати, каситерит (зрідка), шпінель, ганіт, хризоберил, апатит
	Кварц-сподуменовий	до 20	—	0—10	0—5	60—90	0—5	Хризоберил, апатит, флюорит
	Кварц-мікроклін-сподуменовий	до 45	—	0—25	10—30	10—30	0—5	Танталоніобати, апатит, хризоберил, турмалін, гранати
	Кварц-альбітовий	—	—	+	—	+	+	Гранат, турмалін, кордіерит
	Кварц-мікрокліновий	—	—	—	+	+	—	—
Петаліт-сподуменова	Кварц-альбіт-петаліт-сподуменовий	до 30	1—35	15—40	1—20	10—30	0—10	Апатит, гранат, танталоніобати, хризоберил, гелібтерандит
	Мікроклін-петалітовий							—
	Кварц-сподуменовий	до 20	—	0—10	0—5	60—90	0—5	Хризоберил, апатит, флюорит
	Кварц-альбітовий	—	—	+	—	+	+	Гранат, турмалін, кордіерит
Блокового мікрокліну	Блокового мікрокліну	—	—	0—20	60—90	0—10	0—2	Апатит, хризоберил

а решту, 5—20 %, становлять лігієві мінерали (сподумен, значно рідше — петаліт). Лігієві слюди та фосфати літію, а також рідкіснометалеві мінерали ніобію, танталу, берилію та олова у складі жил відіграють надзвичайно малу роль. У дуже малій кількості наявні апатит, турмалін, шпінель, гранат (альмандин) тощо — загалом, приблизно 50 мінералів, які утворювались на різних стадіях формування пегматитів (табл. 1).

Загальний петрохімічний склад пегматитів і вміст рідкісних елементів в основних породоутворювальних мінералах і мікроклінах наведено, відповідно, в табл. 2 і 3.

Родовище (вузол) рідкіснометалевих пегматитів Крута Балка входить до Сорокинського пегматитового поля, що охоплює од-

ноійменну граніт-зеленокам'яну структуру (рис. 3, 4). Остання складена утвореннями осипенківської серії, прорваними невеликими масивами дунітів і перидотитів (меншою мірою — піроксенітів). Контакти з породами облямування, які представлені гнейсами, мігматитами і гранітоїдами, тектонічні або інтрузивні (з масивами шевченківських і салтичанських гранітів) [5, 16].

Вузол Крута Балка знаходиться в центральній, найширшій частині Сорокинської структури, і приурочений до зони вузла сполучення з відгалуженням, яке контролюється одним із кільцевих розломів, що оконтурюють Салтичанський купол. Тому струк-

Таблиця 2. Хімічний склад рідкіснометалевих пегматитів, ваг. %

Номер аналізу	SiO ₂	NiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MnO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Li ₂ O	Rb ₂ O	H ₂ O	Сума
1	77,0	0,012	15,7	0,07	1,65	0,2	0,08	0,19	0,68	0,94	0,038	2,8	0,03	0,61	100,3
2	73,7	0,052	16,5	0,21	1,43	0,34	0,07	0,1	2,42	2,2	0,046	2,1	0,06	0,01	99,79
3	74,6	0,03	14,9	0,27	1,15	0,22	0,23	0,1	1,97	3,15	0,152	1,4	0,06	0,13	98,62
4	72,2	0,02	15,8	0,37	1,15	0,45	0,195	0,1	1,92	6,0	0,107	0,32	0,06	0,03	99,6
5	74,3	0,02	15,8	0,08	1,37	0,3	0,15	0,1	1,97	2,65	0,638	1,9	0,06	0,01	99,16
6	72,6	0,03	17,3	0,17	1,29	0,2	0,21	0,17	1,47	3,7	0,061	1,9	0,04	0,08	100,21
7	73,0	0,01	15,95	0,01	1,37	0,16	0,165	0,1	2,87	3,9	0,03	1,25	0,01	0,01	99,27
8	74,6	0,02	16,2	0,4	1,01	0,1	0,04	0,1	2,52	2,1	0,023	1,95	0,07	0,01	99,83
9	73,2	0,012	16,0	0,11	1,3	0,28	0,105	0,11	2,38	2,12	0,076	2,44	0,09	0,32	99,89
10	74,3	0,024	15,2	0,33	1,05	0,31	0,12	0,11	1,58	5,07	0,053	0,66	0,04	0,16	99,19
11	75,6	0,018	16,0	0,23	0,86	0,34	0,085	0,15	0,72	2,1	0,061	2,9	0,02	0,01	99,7
12	74,5	0,04	16,3	0,33	1,37	0,22	0,135	<0,1	0,82	1,1	0,023	3,5	0,07	0,02	98,87
13	74,8	0,025	16,3	0,19	1,08	0,15	0,08	0,1	1,77	2,3	0,053	2,8	0,15	0,02	98,85
14	74,1	0,02	15,6	0,01	1,15	0,18	0,12	0,15	1,47	2,65	0,038	2,5	0,04	0,07	98,63
15	71,5	0,02	16,5	0,29	1,15	0,37	0,08	0,1	3,55	2,62	0,053	1,9	0,14	0,07	98,68
16	74,7	0,01	15,4	0,08	1,33	0,2	0,08	0,1	2,52	2,7	0,061	1,8	0,09	0,03	99,36
17	75,6	0,02	15,7	0,33	1,01	0,18	0,195	0,1	1,78	1,67	0,076	2,85	0,06	0,26	100,45
18	75,8	0,052	15,4	0,41	1,3	0,39	0,085	0,21	1,07	1,65	0,107	2,8	0,03	0,31	100,07
19	73,4	0,024	16,0	0,33	1,01	0,16	0,085	0,17	2,55	1,15	0,061	2,9	0,075	0,29	100,07
20	74,8	0,016	15,7	0,33	1,23	0,3	0,11	0,1	1,58	2,25	0,061	2,6	0,045	0,18	99,47
21	72,7	0,02	15,4	0,19	1,0	0,16	0,06	0,11	4,63	1,77	0,091	1,05	0,06	0,17	98,24
22	74,3	0,03	16,2	0,33	1,29	0,22	0,15	0,1	1,42	2,05	0,091	2,7	0,06	0,02	99,25
23	73,6	0,03	16,2	0,12	1,15	0,34	0,105	0,24	2,47	2,2	0,038	2,5	0,09	0,01	99,58
24	72,8	0,032	15,9	0,07	1,15	0,48	0,18	0,1	3,27	3,05	0,015	1,15	0,07	0,05	98,97
25	73,5	0,016	15,8	0,14	1,0	0,54	0,145	0,1	3,02	2,75	0,061	1,15	0,07	0,05	99,03
26	73,3	0,03	16,1	0,38	1,37	0,41	0,16	0,18	2,57	2,3	0,038	1,8	0,06	0,02	99,35
27	72,0	0,02	15,6	0,14	1,0	0,64	0,07	0,14	4,88	2,97	0,091	0,16	0,08	0,2	98,54
28	66,6	0,03	19,0	0,17	0,93	0,37	0,055	0,1	5,67	4,65	0,084	0,1	0,13	0,03	98,49
29	77,8	0,02	12,3	0,08	1,58	0,17	0,15	0,23	4,27	1,9	0,076	0,14	0,1	0,01	99,6
30	71,5	0,008	15,8	0,23	1,01	0,5	0,08	0,1	5,1	3,07	0,053	0,25	0,1	0,3	98,32
31	71,2	0,024	15,3	1,17	0,72	1,11	0,105	0,12	5,1	2,47	0,076	0,14	0,08	0,13	98,19

турна позиція цього вузла дуже подібна до позиції Шевченківського, тобто наявна зона перетину різнонаправлених структур.

Пегматити вузла утворюють серію плитоподібних, лінзоподібних, іноді грибоподібних тіл пологого залягання. У розрізі пегматитового поля до глибини 250 м нараховується більше десятка пегматитових тіл. У нижніх частинах розрізу це малопотужні (до 0,5–0,8 м) жили істотно кварц-мікроклінового складу, які угору за розміром змінюються кварц-альбітовими, сподумен-кварц-альбітовими, а поблизу поверхні — малопотужними кварц-мікроклін-альбітовими тілами [16].

Кварц-мікроклінові жили характеризуються незначною потужністю (перші метри), крутим падінням (15–25°), наявністю декількох мінеральних зон і відсутністю рідкіснометалевої мінералізації. Приповерхневим кварц-альбітовим жилам західної частини пегматитового вузла властиві незначні потужності (перші метри), круті кути падіння (15–25°).

Сподумен-кварц-альбітові пегматити залягають гіпсометрично нижче власне кварц-альбітових. Вони різко переважають у межах пегматитового вузла і характеризуються складнобудованими тілами пологого заля-

гання з численними роздувами й апофізами. Їхню будову визначають зони: дрібнозерниста, кварц-альбітова, кварц-альбіт-сподуменова і кварц-сподуменова, блокового мікрокліну і блокового кварцу. Підпорядковано в них присутні також зони лускуватого мусковіту, кварц-мусковітова і цукроподібного альбіту. Кварц-альбіт-сподуменова зона звичайно складає центральні частини роздвів і займає від 20 до 60 % об'єму пегматитових тіл.

За даними К.И. Розанова, Л.Ф. Лавриненка [16], у пегматитах вузла Крута Балка визначено 66 мінеральних видів, серед яких найбільш поширеними і представницькими за кількістю є силікати. Так, альбіт, олігоклаз, мікроклін, сподумен, мусковіт і кварц складають 96–98 % маси пегматитів, і, разом з бериллом, турмаліном, трифілін-літіофілітом, гранатом, апатитом, колумбіт-танталітом, літєвими хлоритами представляють основну масу породи. Групу рідкіснометалевих і вмисних для рідкісних металів мінералів у пегматитах родовища репрезентують тантало-ніобати (колумбіт, танталіт і ніоботанталіт, а також, у незначній кількості, тапіоліт, мікроліт, ешиніт), мінерали літію (сподумен, літєві фосфати, кукейт, лепідоліт, холмквісіт), берил, хризоберил, рожевий мусковіт і турмалін.

Таблиця 3. Вміст лужних металів в мікроклінах сподуменових пегматитів Шевченківського вузла, ваг. %

Мінерал і його генерації	Фігура-тивні точки	Номер зразка	Li ₂ O	Rb ₂ O	Cs ₂ O	K ₂ O	Na ₂ O	Розрахунки для діаграм					
								K, %	Rb, %	Rb, умов. од.	Cs, %	K : Rb	K : Cs
Мікроклін	1	94/233.7	0,0073	0,3333	0,006	10,30	2,71	8,55	0,3048	304,8	0,0056	28,05	1526,79
	2	94/238	0,005	0,2363	0,004	8,64	3,09	7,17	0,2161	216,1	0,0037	33,18	1937,84
	3	95/230	0,0048	0,3121	0,0072	10,88	2,63	9,03	0,2854	285,4	0,0068	31,64	1327,94
Мікроклін вивітрений	4	95/83	0,0021	0,19	0,0053	9,88	1,09	8,20	0,1737	173,7	0,005	47,21	1640,00
Мікроклін I	5	93/125.8	0,0051	0,2192	0,0033	7,35	1,99	6,10	0,2004	200,4	0,0031	30,43	1967,74
	6	93/166.5	0,0239	0,2373	0,0041	10,37	2,49	8,61	0,2170	217,0	0,0039	39,68	2777,42
Мікроклін II	7	93/173.6	0,0085	0,2155	0,0028	8,00	2,37	6,64	0,1971	197,1	0,0026	33,69	2553,85
	8	93/237	0,0119	0,1719	0,0034	10,16	0,82	8,43	0,1572	157,2	0,0032	53,63	2634,37
Мікроклін III	9	92/183	0,0496	0,2859	0,0049	10,59	2,8	8,79	0,2914	291,4	0,0046	30,16	1910,87
	10	94/195.2	0,0379	0,27	0,0036	9,67	2,08	8,03	0,2469	246,9	0,0034	32,52	2361,76
Мікроклін (середнє значення у свердловині)	11	Свр. 94	0,0167	0,2799	0,0045	9,54	2,63	7,92	0,2559	255,9	0,0042	30,95	1885,71
	12	Свр. 95	0,0048	0,3121	0,0072	10,88	1,86	8,61	0,2295	229,5	0,0059	37,52	1459,32
	13	Свр. 93	0,0123	0,2110	0,0034	8,97	1,92	7,44	0,1929	192,9	0,0032	38,57	2325,0

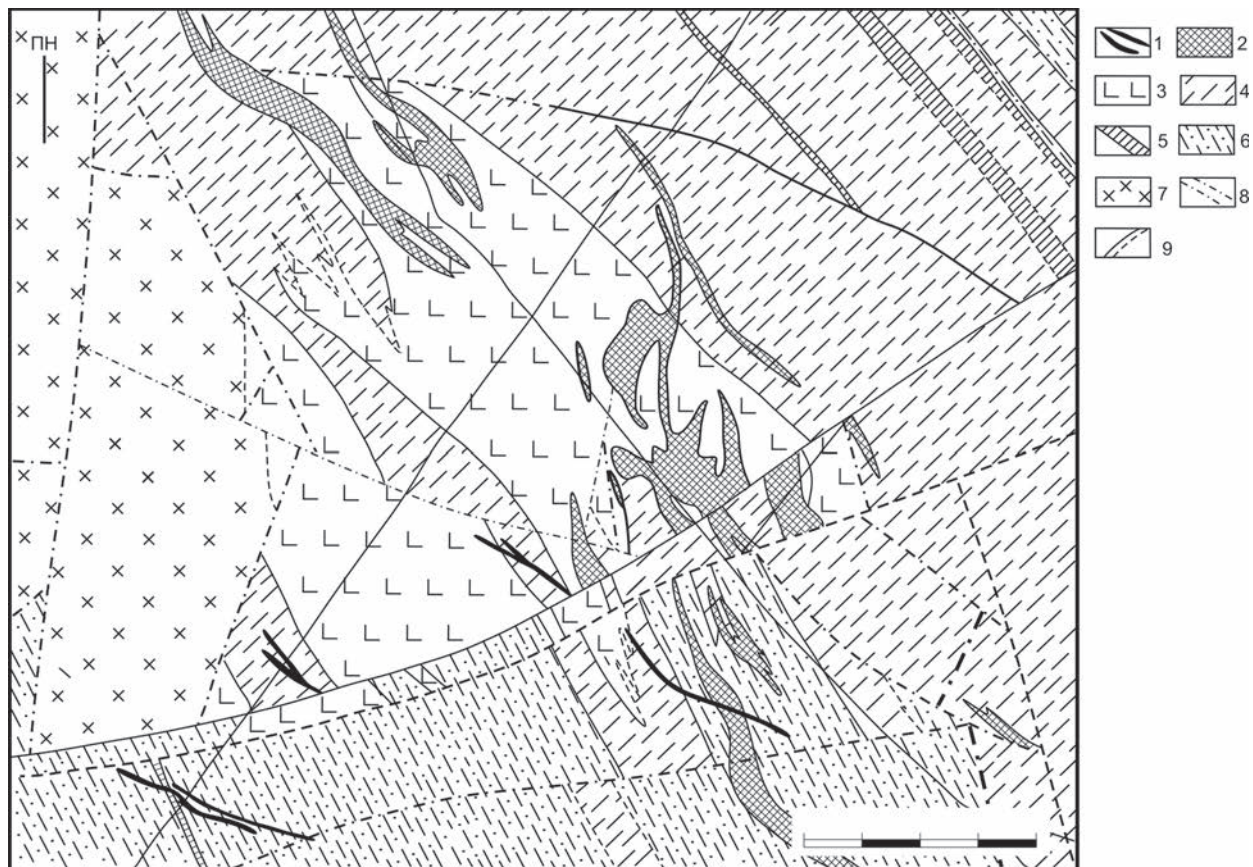


Рис. 3. Схематична геологічна карта пегматитового вузла Крута Балка (Розанов К.І., Лавриненко Л.Ф., 1973) [16]: 1 — кварцові жили; 2 — тіла пегматитів; 3 — метаяльтрабазити; 4 — слабо метаморфізовані біотитові, амфіболові й інші сланці; 5 — кварцити; 6 — метагравеліти й метаконгломерати; 7 — діорит-гранодіорити; 8 — розривні порушення; 9 — геологічні контури

Мінеральний склад пегматитів наведено в табл. 4, загальний петрохімічний і геохімічний склад пегматитів — в табл. 5 і 6, відповідно, вміст рідкісних елементів в мікроклінах пегматитів — у табл. 7.

Результати геохімічних досліджень мікроклінів. У табл. 3 і 7 занесені всі одиничні та середні за свердловинами результати визначення у мікроклінах вмісту лужних металів із перерахунками, необхідними для побудови діаграм В.В. Гордієнка і С.Г. Шавла. Фігуративні точки на діаграмах (рис. 5, 6) відповідають складу мікроклінів зі вказаних таблиць.

На діаграмі, наведеній у монографії С.Г. Шавла [22], використано співвідношення Rb і K : Rb у мікроклінах із різних пегматитів УЩ (рис. 5), що дало цим дослідникам змогу виділити чотири поля розвитку мікроклінів різних типів пегматитів: I — слюдоносно-керамічних і непродуктивних кристаленосних олігоклаз-мікроклінових пегматитів з найнижчим вмістом Rb і найвищим зна-

ченням відношення K : Rb (208—370); II — рідкіснометалево-керамічних і, рідше, безрудних пегматитів рідкіснометалевих полів; III — продуктивних кристаленосних пегматитів, більшості безрудних пегматитів, розташованих у межах рідкіснометалевих полів і, рідше, рідкіснометалево-керамічних пегматитів; IV — рідкіснометалевих пегматитів із найвищим вмістом рубідію (275—280 ум. од.) і найнижчим значенням відношення K : Rb (13,5—33,0) у мікроклінах. На жаль, ця діаграма для пегматитів Шевченківського родовища є мало й хибно інформативною.

На варіаційній діаграмі складу мікроклінів у координатах K : Cs — Na₂O В.В. Гордієнка [3, 4] (рис. 6) чітко вирізняється поле пегматитів слюдоносно-керамічної формації і поле мінеральних типів рідкіснометалевих пегматитів, розділене на два геохімічних ряди згідно з класифікацією М.В. Кузьменка і ін. [11, 12]: літєносний зі сподуменовими, берилловими, безрудними і цезієносний з

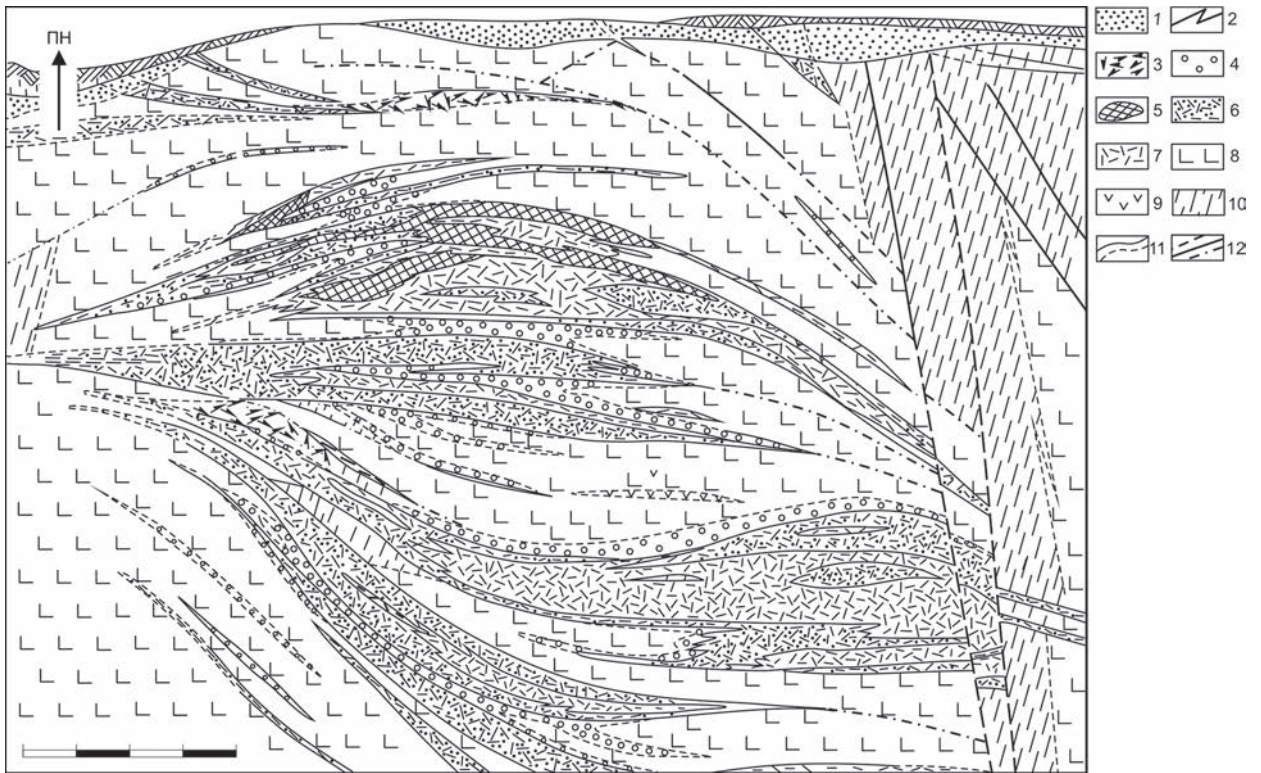


Рис. 4. Поздовжній розріз через вузол пегматитів Крута Балка (Розанов К.І., Лавриненко Л.Ф., 1973) [16]: 1 — породи осадового чохла; 2 — кварцові жили; 3—4 — зони контактних змін (3 — холмквістизації, 4 — біотит-флогопітових слюдитів і турмалінізації); 5—7 — структурно-мінералогічні зони пегматитів (5 — блокового мікрокліну, 6 — дрібнозерниста альбітова і кварц-альбітова, 7 — кварц-сподуменова і альбіт-сподуменова (з мусковітом)); 8 — метаяльтрабазити; 9 — амфіболіти; 10 — слабометаморфізовані сланці різного складу; 11 — геологічні контури; 12 — розривні порушення

получитвмісними, рідкіснометалевими без полунітиту та безрудними пегматитами. Крім того, на діаграмі добре видно, що калішпати безрудних пегматитів як літійосного, так і цезійосного типів вміщують більше 2,5 % Na_2O , пегматити слюдоносно-керамічної формації характеризуються достатньо вузьким інтервалом значень вмісту Na_2O (1,7—2,5 %), рудоносні пегматити рідкіснометалевої формації чітко розрізняються за значенням $\text{K} : \text{Cs}$ у калішпаті.

Згідно з діаграмою $\text{K} : \text{Cs} - \text{Na}_2\text{O}$ (рис. 6), фігуративні точки деяких мікроклінів із пегматитів, розкритих свердловинами 94 і 95, розкидані по різних полях, натомість точки свердловини 93 знаходяться в полі рідкіснометалевого літійосного типу з комплексною Be-Ta-Nb мінералізацією. За середніми значеннями у свердловинах до рідкіснометалевого літійосного типу з комплексною Be-Ta-Nb мінералізацією належать мікрокліни свердловин 93 і 95, до безрудних пегматитів рідкіснометалевого

цезієвого типу — зі свердловини 94. Тут також ми спостерігаємо вкрай неоднозначні показники визначення типу пегматиту. Ця неоднозначність, на наш погляд, може бути пояснена кількома причинами аналітичного характеру. По-перше, можливі занижені значення вмісту цезію в мікроклінах унаслідок систематичної помилки аналізу, по-друге, у випадку розміщення значної частини фігуративних точок у полі пегматитів цезійосного типу дуже вірогідним поясненням видається аналізування, саме в цих випадках, мікроклінів або тонкозернистих із альбітом, або значно пертитових, де підвищений вміст натрію пов'язаний із закономірними вросками альбіту в мікрокліні.

Така розбіжність у визначенні типу пегматитів Шевченківського вузла дає можливість ставити під сумнів ефективність використання цієї діаграми для пегматитів Західного Приазов'я попри те, що вона побудована на досить представницькому матеріалі (3000 аналізів) [3, 4].

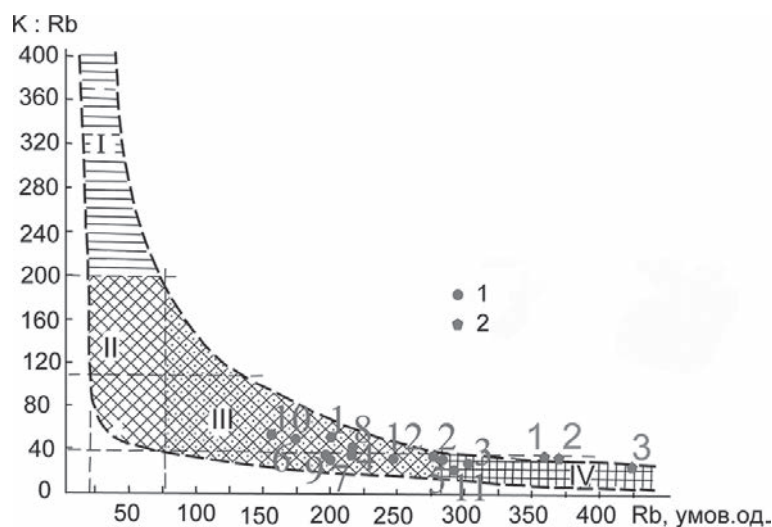


Рис. 5. Варіації хімічного складу мікроклінів з пегматитів у координатах Rb — K : Rb (за схемою С.Г. Шавла, 1984). Поля розвитку різних типів пегматитів Українського кристалічного щита: I — слюдоносно-керамічних і непродуктивних кришталеносних олігоклаз-мікроклінових пегматитів; II — рідкіснометалево-керамічних і, рідше, безрудних пегматитів рідкіснометалевих полів; III — продуктивних кришталеносних пегматитів, більшої частини безрудних пегматитів, розташованих у межах рідкіснометалевих полів і, рідше, рідкіснометалево-керамічних пегматитів; IV — рідкіснометалевих пегматитів; фігуративні точки та номер аналізу мікроклінів із пегматитів: 1 — Шевченківського вузла (з табл. 3); 2 — вузла Крута Балка (з табл. 7)

Таблиця 4. Середній мінералогічний склад основних типів пегматитів вузла Балка Крута [16], %

Мінерал	Типи і зональність пегматитів											
	Альбітовий тип					Альбіт-сподуменовий тип						
	Апографічна кварц-альбіт-мікроклінова зона	Мусковіт-кварц-альбітова зона	Кварц-сподумен-альбітова зона	Зона блокового пегматиту	Зона блокового кварцу	Дрібнозерниста кварц-альбітова зона	Кварц-альбіт-сподуменова зона	Зона клевеландиту	Зона цукроподібного альбіту	Кварц-мусковітова зона	Зона блокового мікрокліну	Зона блокового кварцу
Породоутворювальні												
Альбіт	57,62	35,22	45,14	6,26	5,98	54,13	19,12	87,41	78,27	13,47	16,50	0,92
Кварц	23,91	34,88	19,45	4,81	90,44	39,28	28,28	7,69	20,44	36,27	12,64	89,87
Мікроклін	10,49	0,08	—	85,42	2,11	2,38	0,04	—	—	—	64,85	4,21
Мусковіт	6,60	29,30	5,41	2,38	0,28	2,44	3,82	3,87	0,98	39,13	2,84	2,62
Сподумен	0,60	0,28	29,63	0,14	0,04	0,48	58,59	0,41	0,10	2,95	0,42	0,04
Акцесорні												
Тантало-ніобати	0,03	0,01	0,01	0,22	0,08	0,21	0,01	0,03	0,02	0,05	0,12	0,43
Гр. трифіліну-літіофіліту	0,12	зн.	0,05	0,35	0,14	0,26	0,04	0,42	зн.	0,57	0,24	0,61
Гр. амблігону	0,13	0,06	0,01	—	0,04	0,8	0,01	0,04	—	0,15	0,02	0,08
Гр. циркону	зн.	зн.	зн.	зн.	зн.	зн.	зн.	0,01	зн.	зн.	—	0,01
Гр. апатиту	0,22	0,15	0,08	зн.	0,02	0,52	0,03	0,05	0,10	0,97	0,08	0,74
Турмалін	0,14	зн.	зн.	зн.	зн.	0,07	зн.	зн.	—	6,12	зн.	0,02
Берил	0,11	зн.	0,01	0,16	0,18	0,08	0,03	0,01	зн.	0,01	0,02	0,10
Каситерит	зн.	зн.	зн.	зн.	зн.	зн.	зн.	зн.	зн.	—	зн.	0,01
Гр. гранату	зн.	зн.	зн.	зн.	—	0,02	зн.	—	зн.	зн.	зн.	—
Лепідоліт	—	зн.	зн.	—	—	—	зн.	—	—	зн.	—	—
Рожевий мусковіт	0,01	зн.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Кількість аналізів (n)	14	7	12	5	2	19	48	6	4	11	7	4

Таблиця 5. Середній хімічний склад пегматитів вузла Крута Балка [16], %

Тип пегматиту	Зона пегматиту	Кількість аналізів	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	F	CO ₂	H ₂ O	SO ₃	B ₂ O ₃
Альбітові	Апографічна кварц-альбіт-мікроклінова	6 ^x	70,32	0,04	15,87	0,06	1,45	1,24	0,11	0,23	2,23	6,97	0,85	0,11	0,19	0,14	0,01	0,012
	Мусковіт-кварц-альбітова	2	71,91	—	16,53	0,24	1,36	0,72	0,18	0,06	2,52	4,89	0,30	0,06	0,09	0,06	0,02	—
	Блокового мікрокліну	5	66,99	0,01	16,43	0,32	1,05	2,12	0,25	0,14	7,19	2,40	0,22	0,08	0,94	0,32	0,05	0,01
	Блокового кварцу	7	91,72	0,03	3,27	0,05	1,95	0,79	0,30	0,04	0,49	0,72	0,10	0,04	0,34	0,16	0,04	0,017
Альбітові зі сподуменом	Крайня дрібнозерниста кварц-альбітова	11	66,69	0,03	15,31	0,52	3,12	2,30	0,13	1,08	1,22	6,13	2,94	0,06	0,08	0,09	0,03	0,028
	Кварц-альбіт-сподуменова	28	73,24	0,13	16,59	0,15	1,80	1,57	0,04	0,21	0,64	4,28	0,21	0,01	0,12	0,12	0,02	0,057
	Різозернистого альбіту (клевеландиту)	8	73,11	—	16,32	0,03	0,61	0,14	0,20	0,02	0,58	7,69	0,39	—	0,20	0,12	0,02	0,009
	Цукровидного альбіту	3	67,84	—	18,74	0,36	1,11	1,01	0,12	0,17	0,25	8,93	0,73	0,06	0,07	—	0,03	—
	Блокового мікрокліну	2	64,31	—	18,61	0,22	0,75	1,16	0,42	0,03	11,21	2,14	0,60	—	0,19	0,01	0,002	0,004

Таблиця 6. Середній вміст рідкісних елементів у пегматитах (%) і характер змін індикаторних співвідношень

Тип пегматиту	Зона пегматиту	Кількість аналізів	Li ₂ O	Rb ₂ O	Cs ₂ O	Sn	BeO	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	Na ₂ O / K ₂ O	Na ₂ O / K ₂ O	Na ₂ O / Li ₂ O	K ₂ O / Rb ₂ O	K ₂ O / Cs ₂ O	Rb ₂ O / Cs ₂ O	Ta ₂ O ₅ / Nb ₂ O ₅
Альбітові	Апографічна кварц-альбіт-мікроклінова	16	0,197	0,075	0,013	0,03	0,15	0,005	0,008	3,68	3,68	35	29	171	5,3	0,6
	Мусковіт-кварц-альбітова	82	0,32	0,06	0,01	—	0,03	0,0037	0,01	1,94	1,94	15	42	252	6	0,4
	Блокового мікрокліну	24	0,11	0,04	0,04	0,021	0,12	0,015	0,008	0,33	0,33	22	179	179	1	1,8
	Блокового кварцу	7	0,012	0,04	0,003	0,006	0,27	0,007	0,004	1,47	1,47	60	12	163	13	1,8
Альбітові зі сподуменом	Крайня дрібнозерниста кварц-альбітова	39	0,66	0,06	0,008	0,043	0,11	0,0152	0,009	5,1	5,1	9	20	152	7	1,7
	Кварц-альбіт-сподуменова	227	1,51	0,09	0,02	0,03	0,033	0,013	0,006	6,7	6,7	2	7	32	4	2,2
	Різозернистого альбіту (клевеландиту)	18	0,26	0,02	0,02	0,025	0,022	0,004	0,004	13,2	13,2	29	29	29	1	1,0
	Цукровидного альбіту	12	0,09	0,01	0,09	0,043	0,012	0,005	0,004	35,7	35,7	99	25	3	0,1	1,2
	Блокового мікрокліну	16	0,25	0,32	0,12	0,018	0,015	0,008	0,005	0,19	0,19	8	35	94	2,6	1,6

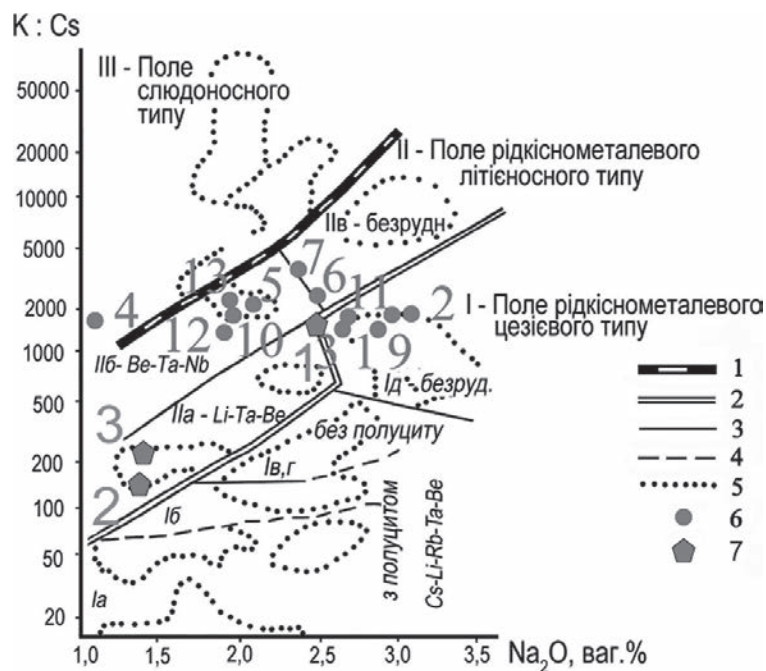


Рис. 6. Варіації складів мікроклінів з пегматитів у координатах $K : Cs - Na_2O$ (за схемою В.В. Гордієнка [3, 4]): 1, 2 — границі, що розділяють поля гранітних пегматитів докембрію: I — слюдоносної (III поле) і рідкіснометалевої (I і II поля) формаций; 3, 4 — границі, що розділяють типи (3) і парагенезиси (4) пегматитів. I поле (рідкіснометалевий цезієносний тип): Ia—Iв — полувитвісні пегматити, Iг — без полувітві, Id — безрудні; II поле (рідкіснометалевий літійосний тип): IIа — сподуменові (Li-Ta-Be), IIб — бериллові (Be-Ta-Nb), IIв — безрудні; III поле — слюдоносного типу; 5 — контури полів фігуративних точок калішпатів (Гордієнко, 1976); фігуративні точки складу та номер аналізу мікроклінів пегматитів: 6 — Шевченківського вузла (з табл. 3); 7 — вузла Крута Балка (з табл. 7)

Також треба зазначити, що на діаграмах співвідношень $K : Rb$ і Rb (рис. 5) та $K : Cs$ і Na_2O (рис. 6), що побудовані за середніми значеннями вмісту лужних елементів у мікроклінах різних пегматитових зон [16] (табл. 7), пегматити Крутої Балки однозначно віднесені до рудоносних рідкіснометалевих пегматитів (поле IV) за співвідношеннями $K : Rb - Rb$ і рідкіснометалевих літійосного типу сподуменових пегматитів із комплексною мінералізацією (поле IIа) за співвідношеннями $K : Cs - Na_2O$. Ці результати добре узгоджуються з даними щодо мінералогічного складу рідкіснометалевих пегматитів вузла Крута Балка. І підтверджують можливість прогнозування рідкіснометалевого зруденіння в пегматитах на основі даних стосовно концентрації рубідію і цезію в калішпатах. Водночас ці побудови тримаються на резуль-

татах лише трьох аналізів, що недостатньо для позитивних висновків.

Зважаючи на такі суттєві розбіжності показників діаграм для літій-танталових пегматитів родовища Крута Балка та власне літєвих пегматитів Шевченківського родовища, можна дійти висновку, що у ході розробки цих діаграм відомості щодо власне літєвих родовищ не були задіяні.

Хімічний склад пегматитів родовищ (вузлів) Шевченківське (табл. 2) та Крута Балка (табл. 5), а також пегматитів із різних проявів рідкіснометалевих пегматитів Східноукраїнської провінції вивчено також за допомогою діаграми О.П. Калити [9, 10]. На цій діаграмі пегматити Шевченківського вузла потрапляють, в основному, в поле рідкіснометалевих гранітних пегматитів із комплексною Li-Rb-Cs-Ta-Nb-Be мінералі-

Таблиця 7. Вміст лужних елементів у мікроклінах різних зон пегматитів родовища Крута Балка, ваг. %

Фігуративна точка	Зона	Na_2O	K_2O	Li_2O	Rb_2O	Cs_2O	Перерахунки до діаграм					
							$K, \%$	$Rb, \%$	$Rb, \text{ум. од.}$	$Cs, \%$	$K : Rb$	$K : Cs$
1	Крайова кварц-альбітова	2,50	13,32	0,018	0,382	0,008	11,058	0,349	349	0,0075	31,7	1474,4
2	Кварц-альбіт-сподуменова	1,50	13,25	0,025	0,365	0,065	10,999	0,334	334	0,0613	32,9	179,4
3	Блокова	1,37	13,49	0,037	0,51	0,05	11,199	0,466	466	0,0472	24,03	237,3

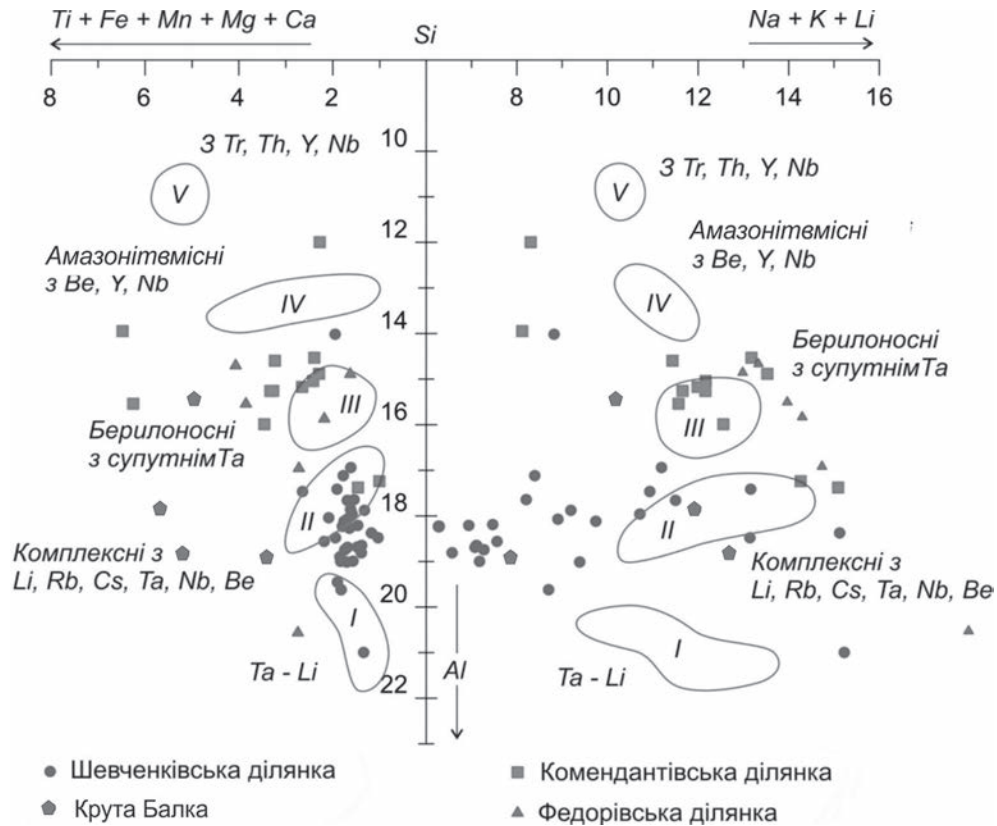


Рис. 7. Варіації хімічного складу рідкіснометалевих гранітних пегматитів Східноукраїнської пегматитової області на діаграмі О.П. Калити [9]

зацією, що аж ніяк не відповідає фактичним даним, які вказують на чітку літєву спеціалізацію пегматитів Шевченківського родовища. Незначна частина фігуративних точок розташована в полі пегматитів Ta-Li групи (рис. 7). Однак досліджувані пегматити є чисто літєвим (особливий тип чисто сподуменових літєвих пегматитів які є в класифікаціях Н. Солодова [18] і інших авторів), тантал у них знаходиться у вкрай незначній кількості і його треба ігнорувати, але таке поле, з невідомих причин, на діаграмі відсутнє, ця діаграма, як і описані вище, побудована без врахування даних про власне літєві родовища. Пегматити вузла Крута Балка на діаграмі потрапляють переважно в поле рідкіснометалевих гранітних пегматитів із комплексною Li-Rb-Cs-Ta-Nb-Be мінералізацією, що співпадає з даними попередніх досліджень.

Висновки. В умовах недостатнього фінансування геологорозвідувальних робіт, коли неможливо застосовувати високотратні методи геологічної зйомки і пошуку (буріння свердловин, проходка каналів, траншей

тощо), необхідно розвивати малозатратні і водночас високоефективні наукові напрями, які навіть у разі отримання лише поодиноких перетинів тіл пегматитів могли б дати достовірну оцінку їхньої перспективності. Одним із таких напрямів є дослідження геохімії мінералів, зокрема мікрокліну. Саме на прикладі мікрокліну із пегматитів з родовищ Шевченківське і Крута Балка нами з'ясовані мінералого-геохімічні критерії потенційно промислового зруденіння, актуальні як для Східноприазовської пегматитової області, так і для інших пегматитонесних регіонів УЩ. Зазначимо, що саме названі родовища є порівняно великими та надійно вивченими об'єктами рідкіснометалевих пегматитів у межах УЩ, що підвищує достовірність з'ясованих емпіричних закономірностей геохімічної спеціалізації пегматитів.

З метою напрацювання надійних класифікаційних схем, придатних для пегматитів родовищ Шевченківське і Крута Балка, ми проаналізували найчастіше використовувані варіаційну діаграму складу мікроклінів у координатах $K : Cs - Na_2O$ (за В.В. Гордієн-

ком), варіаційну діаграму складу мікроклінів із пегматитів у координатах Rb — K : Rb С.Г. Шавла та діаграму О.П. Калити.

Під час дослідження виявлено низку важливих питань, які потребують додаткового вивчення, а певні й суттєвого переосмислення. Зокрема, для пегматитів родовища Крута Балка фігуративні точки досліджених елементів на діаграмах здебільшого потрапляють у поля з комплексною рідкісно-металевою спеціалізацією, що відповідає даним мінералогічних досліджень. Однак фігуративні точки пегматитів Шевченківського родовища на діаграмах (за винятком поодиноких точок) не зіставні з результатами мінералогічних досліджень, тобто визначення пегматитів цього родовища як власне літєвих. Цей факт вказує на необхідність удосконалення наявних і розробку нових варіаційних діаграм стосовно систематиза-

ції літєносних пегматитів, які домінують за поширенням і масштабом зруденіння в межах УЩ. Ми оптимістично припускаємо, що розробка високоінформативних варіаційних мінералого-геохімічних діаграм, підсилені кристалохімічними дослідженнями мінералів, допоможе оцінити перспективи виявленого пегматиту лише за одним окремим зразком.

Насамкінець необхідно зазначити, що обсяг наявних мінералого-геохімічних даних виявився мінімально критичним для виконання дослідження, особливо стосовно родовища Крута Балка. Тому ми наголошуємо на необхідності відновлення повноцінних мінералого-геохімічних досліджень пегматитів, що безперечно матиме важливе теоретичне та прикладне значення для подальшого розвитку мінерально-сировинної бази пов'язаних із ними корисних копалин.

Література

1. Власов К.А. Принципы классификации гранитных пегматитов и их текстурно-парагенетические типы. Сер. геол. Вып. № 1. Москва: АН СССР, 1961. С. 8—29.
2. Гинзбург А.И., Тимофеев И.Н., Фельдман Л.Г. Основы геологии гранитных пегматитов. Москва: Недра, 1979. 296 с.
3. Гордиенко В.В. Минералогия, геохимия и генезис сподуменовых пегматитов. Ленинград: Недра, 1970. С. 238.
4. Гордиенко В.В., Богданов Ю.Б., Бойцова Г.Н. и др. Слюдоносные пегматиты Северной Карелии (геология, минералогия, геохимия и генезис). Ленинград: Наука, 1976. 367 с.
5. Ісаков Л.В. Поля гранітних пегматитів Західного Приазов'я. Київ, 2007. 134 с.
6. Ісаков Л.В., Бобров О.Б. Літєносні пегматити Шевченківського пегматитового поля (Західне Приазов'я). *Мінеральні ресурси України*. 2000. № 1. С. 23—30.
7. Ісаков Л.В., Сукач В.В. Тектоно-магматичний контроль пегматитів Західноприазовської мегаструктури. *Зб. тез наук. конф.* (Київ, 8—9 вересня 2021 р.). Київ, 2021. С. 216—218.
8. Ісаков Л.В., Сукач В.В. Шевченківське родовище як базовий об'єкт для визначення емпіричних закономірностей мінералого-геохімічної спеціалізації пегматитів Українського щита. *Зб. тез всеукр. наук. конф.* (Київ, 12—13 жовтня 2022 р.). Київ, 2022. С. 167—171.
9. Калита А.П. Методика петрохимического изучения гранитов и пегматитов. Редкие элементы в геологии. Москва: Наука, 1982. С. 236—251.
10. Калита А.П., Айздердзис Д.Я., Мелентьев Г.Б. и др. Сравнительный петрохимический анализ редкометалльных гранитных пегматитов. *Геохимия*. 1972. № 7. С. 824—833.
11. Кузьменко М.В., Калита А.П., Мелентьев Г.Б., Недумов И.Б. Геохимическая специализация и вопросы классификации редкометалльных гранитных пегматитов. *Пегматитовые редкометалльные месторождения*. Вып. 1. Москва: ИМГРЭ, 1971. С. 21—47.
12. Кузьменко М.В. Проблема пегматитов и ее задачи на современном этапе. *Пегматитовые редкометалльные месторождения*. Вып. 1. Москва: ИМГРЭ, 1971. С. 49—81.
13. Никаноров А.С. Гранитные пегматиты. Москва: Недра, 1979. 168 с.
14. Павлишин В.И., Багмут Н.Н., Возняк Д.К. и др. Минералогические критерии рудоносности гранитов и пегматитов (на примере месторождений и рудопроявлений Украины). *Минерал. журн.* 1991. 13, № 3. С. 3—24.
15. Родионов Г.Г. Классификация пегматитов и особенности процессов пегматитообразования. *Геология месторождений редких элементов*. Вып. 22. 1964. С. 82—115.
16. Розанов К.И., Лавриненко Л.Ф. Редкометалльные пегматиты Украины. Москва: Наука, 1979. 139 с.
17. Семенов Н.П. Гранитные пегматиты Украины. *Тр. 17-й сессии Междунар. геолог. конгресса*. Москва: Наука, 1939. С. 133—143.
18. Солодов Н.А. Внутреннее строение и геохимия редкометалльных гранитных пегматитов. Москва: Изд-во АН СССР, 1962. 232 с.
19. Соседко А.Ф. Материалы по минералогии и геохимии гранитных пегматитов. Москва: Госгеолтехиздат, 1961. 151 с.

20. Сукач В.В., Ісаков Л.В., Безвинний В.П., Шпильчак В.О. Пошуки родовищ рідкісних металів у Східноукраїнській пегматитовій області — важливий складник геологорозвідувальних робіт в Україні. *Мінеральні ресурси України*. 2021. № 4. С. 6—15.
21. Ферсман А.Е. Пегматиты. Гранитные пегматиты. Т. 1. Москва: Изд-во АН СССР, 1940. 712 с.
22. Шавло С.Г., Кирикилица С.И., Князев Г.И. Гранитные пегматиты Украины. Киев: Наук. думка, 1984. 263 с.
23. Шиманский А.А., Учакин Ю.М. Геохимическая индикация редкометальных пегматитов. *Изв. вузов. Геол. и разведка*. 1963. № 8. С. 63—67.
24. Шмакин Б.М. Некоторые коренные вопросы геохимии гранитных пегматитов. Геохимия пегматитов и методы их поисков. Новосибирск: Наука, 1983. С. 3—14.

Надійшла 01.11.2022.

References

1. Vlasov, K.A. (1961). Principles of classification of granitic pegmatites and their textural-paragenetic types, *Transactions of the Academy of Sciences, U.S.S.R., Geologic Series*, 1, pp. 8-29 [in Russian].
2. Ginzburg, A.I., Timofeev, I.N., Feldman, L.G. (1979). Fundamentals of granite pegmatite geology. Moscow: Nedra [in Russian].
3. Gordienko, V.V. (1970). Mineralogy, geochemistry and genesis of spodumene pegmatites. Leningrad: Nedra [in Russian].
4. Gordienko, V.V., Bogdanov, Y.B., Boitsova, G.N. et al. (1976). Mica-bearing pegmatites of North Karelia (geology, mineralogy, geochemistry and genesis). Leningrad: Nedra [in Russian].
5. Isakov, L.V. (2007). Fields of granite pegmatites of the Western Azov. Kyiv [in Ukrainian].
6. Isakov, L.V., Bobrov, O.B. (2000). Li-pegmatites of the Shevchenkove pegmatite field (Western Priazov), *Mineral resources of Ukraine*, No. 1, pp. 6-15 [in Ukrainian].
7. Isakov, L.V., Sukach, V.V. (2021). Tektonic-magmatic control of pegmatites of the Western Azov megastructure, *Abstracts of All-Ukrainian Scientific Conference* (Kyiv, September 8-9, 2021), Kyiv, pp. 216-218 [in Ukrainian].
8. Isakov, L.V., Sukach, V.V. (2022). The Shevchenkove deposit as a basic object for study of the empirical laws of mineralogical-geochemical specialization for pegmatites of the ukrainian shield, *Geological structure and mineral deposits of Ukraine: Abstracts of All-Ukrainian Scientific Conference* (Kyiv, October 12-13, 2022), Kyiv, pp. 167-171 [in Ukrainian].
9. Kalita, A.P. (1982). Methods of petrochemical study of granites and pegmatites, *Rare elements in geology*. Moscow: Nauka, pp. 236-251 [in Russian].
10. Kalita, A.P., Aizderdzis, D.Y., Melentev, G.B. et al. (1972). Comparative petrochemical analysis of rare-metal granite pegmatites, *Geochemistry*, No. 7, pp. 824-833 [in Russian].
11. Kuzmenko, M.V., Kalita, A.P., Melentev, G.B., Nedumov, I.B. (1971). Geochemical specialization and issues of classification of rare-metal granitic pegmatites, *Pegmatite rare metal deposits*. Moscow: IMGRE, pp. 21-47 [in Russian].
12. Kuzmenko, M.V. (1971). The problem of pegmatites and its tasks at the present stage, *Pegmatite rare metal deposits*. Moscow: IMGRE, pp. 49-81 [in Russian].
13. Nikanorov, A.S. (1979). Granite pegmatites. Moscow: Nedra, [in Russian].
14. Pavlishin, V.I., Bagmut, N.N., Voznyak, D.K. et al. (1991). Mineralogical criteria for ore content of granites and pegmatites (on the example of deposits and ore occurrences in Ukraine), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, 13, pp. 3-24 [in Russian].
15. Rodionov, G.G. (1964). Classification of pegmatites and features of the processes of pegmatite formation, *Geology of deposits of rare elements*, 22, pp. 82-115 [in Russian].
16. Rozanov, K.I., Lavrinenko, L.F. (1979). Rare metal pegmatites of Ukraine. Moscow [in Russian].
17. Semenenko, N.P. (1939). Granite pegmatites of Ukraine, *17th International Geological Congress, Proceedings*. Moscow: Nauka, pp. 133-143 [in Russian].
18. Solodov, N.A. (1962). Internal structure and geochemistry of rare-metal granite pegmatites. Moscow [in Russian].
19. Sosedko, A.F. (1961). Materials on mineralogy and geochemistry of granite pegmatites. Moscow: Gosgeoltekhizdat [in Russian].
20. Sukach, V.V., Isakov, L.V., Bezyvnyi, V.P., Shpylchak, V.O. (2021). Prospecting of rare metals in the east-ukrainian pegmatite province — important part of geological exploration in Ukraine, *Mineral resources of Ukraine*. No. 4, pp. 6-15 [in Ukrainian].
21. Fersman, A.E. (1940). Pegmatites. Granite pegmatites. Vol. 1. Moscow [in Russian].
22. Shavlo, S.G., Kirikilica, S.I., Knyazev, G.I. (1984). Granite pegmatites of Ukraine. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
23. Shimanskii, A.A., Uchakin, Yu.M. (1963). Geochemical indication of rare-metal pegmatites, *Izv. vuzov. Geology and exploration*, No. 8, pp. 63-67 [in Russian].
24. Shmakin, B.M. (1979). Some fundamental questions of the geochemistry of granitic pegmatites, *Geochemistry of pegmatites and methods of their search*. Novosibirsk: Nauka, pp. 3-14 [in Russian].

Received 01.11.2022.

L.V. Isakov

isakov_l@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7672-9602>,

V.V. Sukach

svital@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4710-7230>,

M.O. Donskyi

nikkolai.donskoy@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3037-6346>

M.S. Kotenko

kmsosae@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5004-2968>

Y.O. Lytvynenko

ulitvi@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7937-0164>

M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU,

**MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES
OF ORE-BEARING PEGMATITES FROM SHEVCHENKOVE
AND KRUTA BALKA DEPOSITS (EAST-UKRAINIAN PEGMATITE PROVINCE)**

Ukrainian Shield is a pegmatite province. Only within the East-Ukrainian pegmatite province, thousands of pegmatite bodies of various composition, structure, geochemical and ore specialization were discovered, which are associated with three deposits of rare metals (Shevchenkove — lithium, Kruta Balka — lithium, tantalum, niobium; Mohyla Visla — zirconium, rare-earth elements). It can be assumed that several rare metal deposits of pegmatites yet remain undiscovered. However, at the moment of insufficient funding for geological exploration work, it is impossible to apply high-costly methods of geological surveying and searching. We need low-costly and, at the same time, highly effective methods of research, which could give a reliable characteristic that would indicate their prospects for rare metals when obtaining single cross-sections of pegmatite bodies.. The article examines one of these directions — the study of the geochemistry of minerals, in particular microcline, and the materials of study of this mineral from the pegmatites of the Shevchenkove and Kruta Balka deposits are provided. The most widely used variation diagrams for microclines were analyzed: in K : Cs — Na₂O coordinates according to V.V. Gordienko, 1970 and 1976; Rb — K : Rb according to the scheme of S.G. Shavlo, 1984 and diagram by O.P. Kalyta. It was found that these diagrams reliably classify pegmatites of the lithium-tantalum specialization of the Kruta Balka deposit, but they are not very informative for the Shevchenkove deposit, that is, for the prediction of specifically lithium deposits. The authors came to the conclusion that the analyzed charts for pegmatites of the Ukrainian Shield need significant revision, both on a significantly larger number of analyzes and taking into account the location of sampling, especially in the unproductive part of the pegmatite.

Keywords: *mineralogical and geochemical features, pegmatites, microcline, Shevchenkove deposit, Kruta Balka deposit, East-Ukrainian pegmatite province.*