

ПЕГМАТИТИ КОРОСТЕНЬСЬКОГО ПЛУТОНУ (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ): НОВИЙ ГЕОХІМІЧНИЙ БАНК ДАНИХ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО ПОДАЛЬШОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Д.Ф. Марченков, С.Є. Шнюков, І.І. Лазарева, О.В. Андреев,
В.В. Загородній, О.В. Митрохин, В.Р. Морозенко
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
01601, вул. Володимирська, 60, Київ, Україна

З метою побудови моделі формування пегматитів Коростенського плутону, з якої випливали б критерії наявності, характеру та масштабів їх рудоносності, а також ознаки відмінності їх магматогенних та метаморфогенних типів, створено геохімічний банк даних малих пегматитових тіл Коростенського плутону. Вони, подібно до крупних промислових тіл, демонструють все розмаїття генетичних зв'язків, геологічних умов та механізмів реалізації пегматитового процесу, але більше придатні для репрезентативного опробування. Створений геохімічний банк даних містить результати: кількісного елементного аналізу "опорних" комплексних мінералого-геохімічних проб на єдиний та раціональний перелік петрогенних та мікроелементів, поточного метрологічного контролю, польових та петролого-мінералогічних досліджень. Застосування банків даних з використанням малих пегматитових тіл дозволяє підвищити ефективність пошуково-оціночних робіт, пов'язаних з пегматитами. Також це дає змогу суттєво уточнити оцінку ресурсного та економічного потенціалу досліджуваних територій.

Вступ. Формулювання проблеми. Пегматити широко розвинені у різноманітних за геологічною будовою регіонах. Композиційно вони варіюють від гранітних та лужних до габро-пегматитів, причому перші є найбільш розповсюдженими та, загалом, найбільш практично цінними як джерело різних корисних компонентів – рідкісних елементів, п'єзокварцу, коштовного каміння тощо. Генезису пегматитів, зокрема гранітних, присвячена величезна кількість робіт, що, однак, досі не призвело до остаточного з'ясування їх походження та формування відповідних універсальних генетичних моделей. Це викликано, перш за все, широкою розмаїтістю геологічних умов реалізації процесів пегматитоутворення, що й контролювало, починаючи з 1930-х рр., формування трьох головних і досить полярних генетичних гіпотез: 1) магматичної (магматично-гідротермальної), яка розглядає пегматити як результат складної еволюції збагаченого леткими компонентами залишкового розплаву [2–6, 10, 12, 15 та ін.]; 2) гідротермально-метасоматичної, згідно з якою пегматити є жильними гранітами, що перекристалізовані та заміщені під впливом гідротермальних розчинів глибинного походження [7, 13 та ін.]; 3) метаморфічної (ультраметаморфічної), в межах якої пегматити розглядаються як палінгенно-анатектичні продукти ультраметаморфізму [8, 14 та ін.]. На нашу думку,

гіпотези (1) та (3) є більш обґрунтованими та реалістичними, принаймні для пегматитів гранітної композиції, широко розповсюджених у межах Українського щита (УЩ) та інших докембрійських щитів, складених високометаморфізованими утвореннями та, зазвичай, досить насичених продуктами тектоно-магматичної активізації (типовий приклад – Коростенський, Корсунь-Новомиргородський та інші плутони анортозит-рапаківі-гранітної формації).

Попередня робота авторів [11] присвячена аналізу сучасного стану вивчення гранітних пегматитів – від світового надбання до даних щодо УЩ, зокрема його Волинського мегаблоку. Акцент зроблено на пегматитових проявах, що просторово (за даними [1 та ін.] й генетично) пов'язані з магматитами Коростенського плутону (КП). За мету подальших досліджень взято створення у складі узагальнювальної геохімічної (петролого-геохімічної) моделі формування всього багатозафазного Коростенського плутону й моделі формування пегматитів КП, з якої випливали б ефективні критерії наявності, характеру (набір корисних компонентів) та масштабів їх рудоносності, а також надійні ознаки відмінності магматогенних та метаморфогенних (ультраметаморфогенних) пегматитів, які є актуальними для більшості докембрійських щитів.

Створення такої геохімічної моделі передбачає дослідження на "породному" та "мінеральному" рівнях [18–20, 22, 24 та ін.]. На першому з них вихідними даними для моделювання слугують

© Д.Ф. Марченков, С.Є. Шнюков, І.І. Лазарева,
О.В. Андреев, В.В. Загородній, О.В. Митрохин,
В.Р. Морозенко, 2011

"розгорнуті" та, підкреслимо, репрезентативні хімічні композиції провідних петротипів магматичного комплексу (в тому числі, звичайно, й пегматитів), які містять кількісні визначення концентрацій всіх петрогенних елементів (компонентів) та широкого кола мікроелементів з максимально повною лінійкою значень ефективних радіусів і зарядів іонів (від *LIL* до *HFS*) та, відповідно, коефіцієнтів їх розподілу між породотворювальним мінералом и розплавом. При цьому особливу увагу приділено мікроелементам, що є мінералоутворювальними для найбільш розповсюджених ("наскрізних") акцесорних мінералів НАМ – апатит, циркон, монацит тощо [23 та ін.]).

На другому ("мінеральному") рівні створення такої моделі передбачає використання великих за обсягом (статистично репрезентативних) даних щодо розподілу генетично та геохронологічно інформативних елементів-домішок в асоціаціях НАМ, які одержуються шляхом позернового дослідження їх популяцій у провідних петротипах магматичного комплексу. Не вдаючись до деталей процедури моделювання, висвітлених у спеціальних роботах [18–20 та ін.], зауважимо, що вона диктує досить жорсткі вимоги до якості вихідних даних, які є особливо актуальними в аспекті репрезентативності валових (*whole-rock*) хімічних композицій пегматитових тіл.

Порівнюючи означені вимоги [18–20] з опублікованими матеріалами, автори, конкретизуючи проблему, констатують, що, незважаючи на значний ступінь вивчення пегматитів КП (див. огляд у роботі [11]), на теперішній час фактично відсутні будь-які кондиційні дані, достатні для створення подібної моделі. Причиною такого становища є велика маса представницьких проб ($\geq 1 \times 100$ кг), що є очевидною в випадку вивчення великих (промислових) пегматитових тіл, та, відповідно, технічна складність їх відбору. Скоріш за все, саме останній, "технічний", фактор навіть під час колишньої інтенсивної розвідки та експлуатації пегматитових родовищ УЩ (і не тільки), був для дослідників найбільш обтяжливим. Це зумовило прийняття майже за стандарт фрагментарне вивчення промислових пегматитових тіл за схемою: зональність – мінеральна та хімічна композиція зон – анатомія та композиція окремих мінеральних індивідів (в тому числі термобарогеохімічне дослідження їх поліфазних включень). При цьому, на жаль, зазвичай не ставили завдання якісно оцінити валову елементну композицію (*whole-rock element composition*) пегматитових тіл хоча б за

схемою: геометризація зон – оцінка їх масового співвідношення – одержання складу кожної з них – розрахунок середньозваженої композиції тіла. До того ж, такі композиції не розглядали в якості оцінки складу залишкового/часткового розплаву для підтвердження чи скасування гіпотез (1),(3) за допомогою геохімічного моделювання. Зауважимо, що врахування втрат компонентів розплаву, особливо летких, під час його кристалізації є окремою, але цілком доступною для вирішення задачею.

Охарактеризовані вище труднощі репрезентативного опробування великих промислових пегматитових тіл зараз тільки посилюються через майже повну відсутність сучасних та недоступність більшості гірських виробок минулих часів. Це змусило запропонувати [11] для такого опробування максимально використати малі пегматитові тіла (МПТ) різноманітного складу, форми та структурного положення, що широко розповсюджені в межах КП та його рами. Подібно до великих, МПТ демонструють практично все розмаїття генетичних зв'язків, геологічних умов та механізмів реалізації пегматитового процесу. Разом з тим вони набагато більше придатні для репрезентативного опробування з одержанням представницьких оцінок валової елементної композиції тіл для процедури моделювання [18–20 та ін.]. Зараз такі МПТ явно недостатньо досліджені, особливо в геохімічному відношенні.

Мета роботи полягає у створенні репрезентативного геохімічного банку даних для МПТ як

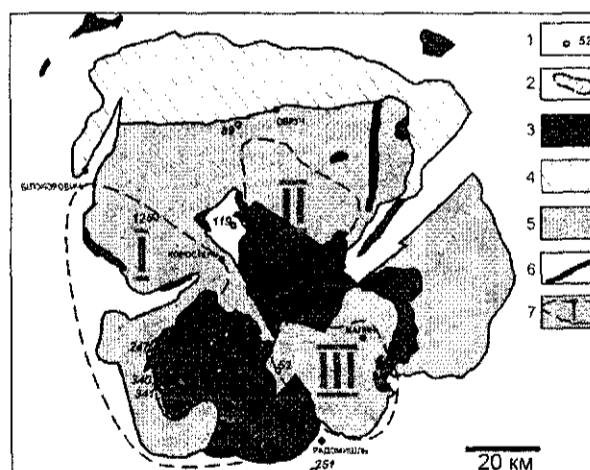


Рис. 1. Схема геологічної будови КП, положення відомих пегматитових полів та малих пегматитових тіл: 1 – положення та номери точок опробування малих пегматитових тіл; 2 – Володарськ-Волинське пегматитове родовище; 3 – базити КП; 4 – утворення оверчурської серії; 5 – гранітоїди КП; 6 – найбільші дайки; 7 – пегматитові поля [16] в межах КП (I – Володарськ-Волинське, II – Ігнатпільське, III – Малинське)

Типові хімічні композиції малих пегматитових тіл Коростенського плутону в форматі створеного банку даних

Компонент, елемент	1	2	3	4	5	6
<i>Петрогенні компоненти, wt%</i>						
SiO ₂	70,14	78,61	60,42	69,93	55,53	62,18
TiO ₂	0,12	0,09	1,18	0,25	1,44	0,53
Al ₂ O ₃	16,88	11,07	16,9	15,14	16,65	17,04
Fe ₂ O ₃ ^{total}	1,77	0,86	7,67	2,91	10,44	5,1
MnO	0,03	0,02	0,08	0,04	0,1	0,05
MgO	0,81	0,39	1,18	0,82	2,44	1,44
CaO	0,91	0,62	3,16	1,52	5,66	5,1
Na ₂ O	3,25	1,9	3,29	2,96	2,54	2,84
K ₂ O	4,81	5,51	4,29	5,27	2,83	3,55
P ₂ O ₅	0,158	0,045	0,211	0,103	0,727	0,678
S	0,02	0,07	0,07	0,03	0,08	0,03
Cl	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
<i>Мікроелементи, ppm</i>						
Ba	824	195	1720	1041	1045	1060
La	<20	<20	41	54	46	59
Ce	<20	<20	70	99	83	116
Nd	<20	<20	33	30	37	48
Cu	27	32	34	20	57	32
Zn	96	17	105	40	115	75
Ga	24	15	27	19	24	26
Rb	171	231	133	148	54	93
Sr	231	76	311	151	378	383
Pb	30	25	15	16	9	13
Th	<10	10	<10	11	<10	12
Y	<5	6	30	49	35	51
Zr	32	31	1168	297	219	503
Nb	14	12	16	20	19	10
Номер проби	10-45-27	10-45-31	10-328-06	10-328-11	09-56-12	09-56-11
Рік відбору	2010	2010	2010	2010	2009	2009
Координати	N51°04'40,19";		N50°39'56,1";		N50°43'7,7";	
	E28°41'36,61"		E28°39'2,3"		E28°40'3,8"	
Географічне положення	с. Бежи, Бехинський спеціалізований кар'єр, північно-західна стінка.		с. Ісачівка, Ісачівський анортозитовий кар'єр, західна частина. 2 МПТ		Анортозитовий кар'єр біля с. Турчинка.	
Назва породи	Гранітні пегматити		Габро-пегматити		Габро-пегматити	
Форма та потужність пегматитових тіл	Жили невтриманої потужності 0,3–0,5 м		Роздуви та жили, потужністю: до 2 м і 0,01–0,3 м, відповідно.		Роздуви та жили потужністю: до 0,3 м і 0,05–0,2 м, відповідно.	
Вмісні породи	Діорити		Анортозити		Анортозити	

складової частини геохімічного банку даних КП. Цей банк формується в рамках програми створення геологічного депозитарію України та принципів засад його ефективного використання. Досягнення цієї мети вимагає вирішення наступних задач: 1 – вибір об'єктів для опробування, 2 – розробку методики досліджень, 3 – формування банку даних та оцінку якості одержаних результатів.

Геологічна позиція МПТ КП та вибір об'єктів для опробування. У межах Коростенського пегматитового району за принципом спільної геолого-

структурної позиції, генетичного чи парагенетичного зв'язків з певними магматичними комплексами, а також за приуроченістю до зон тектонічних порушень, дослідниками виділено три [16] пегматитових поля (ПП): Малинське, Ігнатпільське та Володарськ-Волинське (рис. 1), з яких найбільш детально досліджено останнє [10 та ін.]. Попередні дослідження охоплювали в основному промислово цінні великі пегматитові тіла, тому детальне виявлення закономірностей структурного положення, морфології та речовинної композиції МПТ

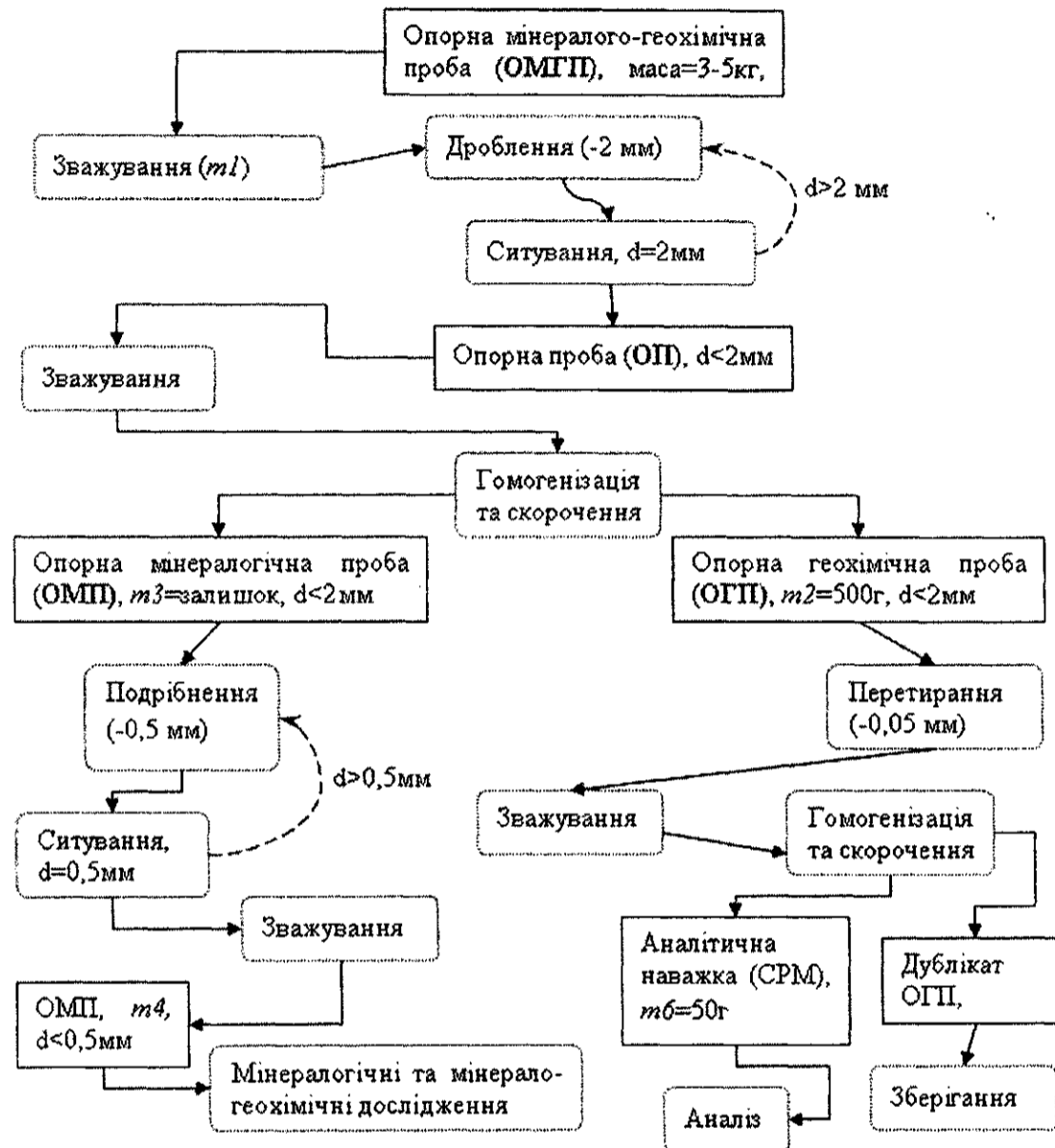


Рис. 2. Загальна схема переданалітичної підготовки опорних мінералого-геохімічних проб

практично не проводилось. Однак відмічено поширення останніх як серед базитових, так і серед гранітоїдних утворень, а також тяжіння до розломів різного порядку та (щонайменше у випадку Володарськ-Волинського ПП) просторова локалізація в оточенні великих пегматитових тіл [16].

За нашими даними, МПТ морфологічно представлені тілами різної форми: дайкоподібними з витриманою потужністю, жилами з роздувами (чоткоподібні), лінзовидними або практично ізометричними сегрегаціями у природних та штучних зрізах. Розмір тіл також різний, інколи досягає декількох сотень метрів за простяганням за потужності до 0,5–1,0 м, що робить дещо умовним визначення "малі" пегматитові тіла. Тому головни-

ми відмінностями великих тіл від МПТ слід вважати промислово значимість перших, і невелику потужність та переважно невеликий об'єм останніх.

Виходячи з мети та задач роботи за провідні критерії вибору конкретних МПТ для опробування нами прийнято: максимальну різноманітність типів вмісних порід, форм та розмірів МПТ, а також репрезентативність МПТ відносно кожного з виділених пегматитових полів.

Методика досліджень. Опробування. Відповідно до наведених вище критеріїв сформовано репрезентативну вибірку комплексних проб, що хоча б на рівні прототипу, характеризує всі морфологічні, композиційні та просторово-організовані типи МПТ КП за загальною схемою: "опорна"

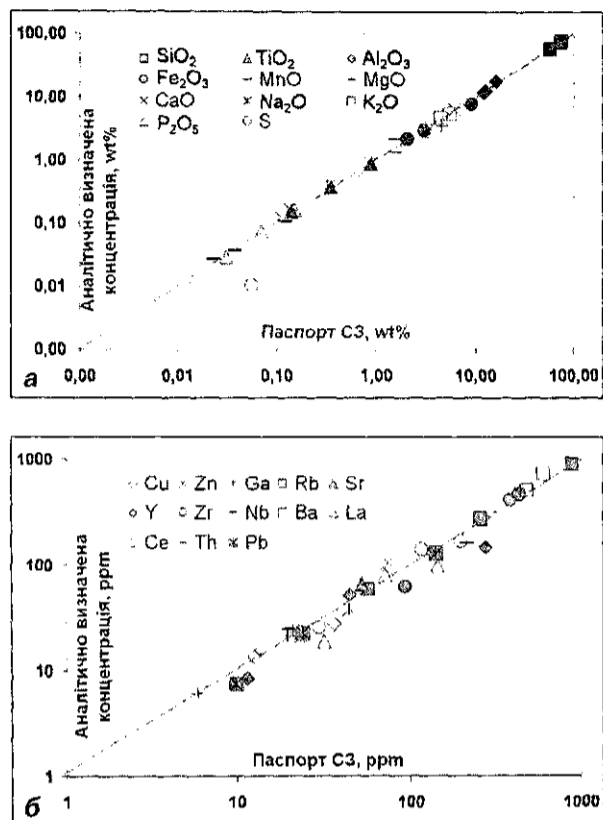


Рис. 3. Порівняння результатів аналізу контрольних стандартних зразків з атестованими в них значеннями концентрацій компонентів (елементів), найважливіших для вирішення завдань роботи: а – головних петрогенних; б – мікроелементів.

комплексна мінералого-геохімічна проба + вся необхідна геологічна документація, в тому числі обов'язкові GPS-прив'язки та мультимедійна ілюстрація пробовідбору. Конкретизуючи застосовані варіанти опробування, додамо, що у випадку МПТ жильної (дайкоподібної) форми, відбір проводили за методом стандартної суцільної або пунктирної борозни, вхрест простягання тіл, а потрібну представницьку масу проби оцінювали за загальновідомою формулою Чеччотта. У випадку ізометричних або лінзовидних на сучасному зрізі тіл (сегрегацій) відносно невеликого розміру в якості матеріалу проби використовували їх повний технічно доступний об'єм. Геологічна, структурна та просторова позиція типових опробувань МПТ наведена на рис. 1.

Переданалітична підготовка проб повністю відповідала наведеній на рис. 2 схемі, яка фактично являє собою глибоку та спеціалізовану модифікацію [9, 17, 19 та ін.] загальновідомого багатостадійного процесу дезінтеграції проб, їх збагачення та концентрування з вилученням акцесорних мінералів. Як видно з рис. 2, схема підготовки проб була

спрямована на коректне виділення з геологічно репрезентативної ("опорної") комплексної мінералого-геохімічної проби комплементарних їй та в такій же мірі репрезентативних "опорних" геохімічної та мінералогічної проб (реалізація цієї схеми передбачає й виготовлення потрібної кількості препаратів для всебічного мікроскопічного дослідження). Автори вважають, що уніфіковане застосування такої схеми на достатньо високому технологічному рівні є обов'язковою умовою забезпечення якості всіх результатів подальших досліджень. Зауважимо, що перевага, яку в рамках цієї статті було надано одержанню репрезентативних та, підкреслюємо, добре гомогенізованих порошкових наважок для елементного аналізу, пояснюється лише пріоритетами поточного (першого) етапу досліджень.

Аналітичні дослідження. В якості базового [18–21 та ін.] для аналітичного забезпечення "породного" рівня моделювання використано кількісний рентгено-флуоресцентний метод (XRF) у варіантах із хвильовою та енергетичною дисперсією, реалізованих на основі сучасних рентгєнівських спектрометрів серій CPM-25 та CEP-1 ("Elvax mini" та "Elvax light"), об'єднаних в єдиний комп'ютеризований апаратурно-аналітичний комплекс. Саме він забезпечив визначення концентрацій прийнятого нами за стандарт для банку даних набору елементів (компонентів), який наближується до вищезазначеного оптимального (SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃^{total}/FeO^{total}, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, S, Cl, Zr, Sr, Ba, Rb, Y, La, Ce, Nd, Nb, Th, Ga, Pb, Zn, Cu), з межею визначення: Zr, TR_{Ce} (LREE) – 10–20, Y – 5–10 ppm; P₂O₅ – 0,001 мас %; інші петрогенні та мікроелементи – 0,01–0,1 мас % і 5–20 ppm відповідно.

Раціональне лабораторно-аналітичне забезпечення "мінерального" рівня моделювання наведено в роботах [18–20 та ін.] і в цій статті на даному етапі досліджень не розглядається.

Одержані результати та оцінка їх якості. На кожному етапі аналітичних робіт обов'язково [18–21 та ін.] проведено поточний метрологічний контроль якості. Прийнятність систематичної похибки визначень концентрацій елементів постійно контролювали за допомогою паралельного аналізування в режимі "невідомої проби" комплексу стандартних зразків (СЗ), спеціально підібраних за принципом відповідності атестованих концентрацій елементів та породних матриць реальному діапазону очікуваних варіацій цих параметрів в "опорних" геохімічних пробах. Результати такої

11. *Марченков Д.Ф., Шнюков С.Е.* Гранітні пегматити Волинського мегаблоку Українського щита: сучасний стан вивчення, мета та задачі подальшого дослідження // *Геолог України*. – 2010. – № 1–2. – С. 85–98.
12. *Никаноров А.С.* Гранитные пегматиты (проблемы генезиса и эволюции). – М.: Недра, 1979.
13. *Никитин В.Д.* К теории генезиса пегматитов // *Зап. Ленингр. горн. ин-та*. – 1955. – Вып. 2. – С. 44–117.
14. *Салье М.Е.* Металлогенические формации пегматитов восточной части Балтийского щита // *Мусковитовые пегматиты СССР*. – Л., 1975. – С. 15–16.
15. *Ферман А.Е.* Пегматиты. – Т. 1. – Л.: Изд-во АН СССР, 1931. – 640 с.
16. *Шавло С.Г., Киричица С.И., Князев Г.И.* Гранитные пегматиты Украины. – К.: Наук. думка, 1984. – 261 с.
17. *Шнюков С.Е.* Апатиты, цирконы и сфены из околокарбонатитовых фенитов и щелочных метасоматитов зон диафореза Украинского щита как петрогенетические и геохимические индикаторы: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Львов, 1988. – 25 с.
18. *Шнюков С.Е.* Геохимические модели эволюции магматических систем и земной коры: потенциальный источник петрофизической и рудогенетической информации // *Геофиз. журн.* – 2002. – № 6. – С. 201–219.
19. *Шнюков С.Е.* Геохімія елементів-домішок в найбільш розповсюджених акцесорних мінералах: Автореф. дис. ... докт. геол. наук: 19.11.03. – К., 2003. – 35 с.
20. *Шнюков С.Е.* Наскрізнні акцесорні мінерали в геохімічному моделюванні магматичних процесів // *Зб. наук. праць УкрДГРІ*. – 2001. – № 1–2. – С. 41–53.
21. *Шнюков С.Е., Андреев А.В., Савенок С.П., Проскурка К.С., Маргулев В.М.* Оптимальное аналитическое обеспечение формирования современных баз данных эколого-геохимического, прогнозно-поискового и петролого-геохимического назначения // *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. – 2002. – № 5–6. – С. 89–94.
22. *Шнюков С.Е., Сергієнко І.А.* Приклад застосування геохімічного моделювання при визначенні температури кристалізації та вмісту води у пегматитовому розплаві // *Вісник Київськ. ун-ту. Геологія*. – 2003. – Вип. 26. – С. 69–72.
23. *Шнюков С.Е., Чебуркин А.К., Андреев А.В.* Геохимия "сквозных" сосуществующих акцесорных минералов и ее роль в исследовании эндо- и экзогенных геологических процессов // *Геол. журн.* – 1989. – № 2. – С. 107–114.
24. *Sergienko I.A., Shnyukov S.E., Grinchenko A.V. & Zinchenko O.V.* Pegmatites within the Precambrian Korosten pluton region (Ukr. Shield): geochemistry, ore mineralization and position in granitoids magmatic evolution // *Abstract volume & Field trip guidebook, 3rd annual GEODE-Fennoscandian Shield workshop on Palaeoproterozoic and Archaean greenstone belts and VMS districts in the Fennoscandian Shield (Sept. 10th – 16th, 2001, Russian Karelia) / Wehred P., Golubev A., Philippov N. & Frank-Kamenetsky D. (Eds.). – St. Petersburg: SC Mineral, 2001. – P. 69–72.*

Марченков Д.Ф., Шнюков С.Е., Лазарева І.І., Андреев О.В., Загородній В.В., Митрохин О.В., Морозенко В.Р. Пегматити Коростенського плутона (Український щит): новий геохімічний банк даних і перспектива його подальшого використання. С целью построения модели формирования пегматитов Коростенского плутона, из которой бы следовали критерии наличия, характера и масштаба их рудоносности, а также признаки отличия их магматогенных и метаморфогенных типов, создан геохимический банк данных малых пегматитовых тел Коростенского плутона. Они, подобно крупным промышленно значимым пегматитовым телам, демонстрируют всё разнообразие генетических связей, геологических условий и механизмов реализации пегматитового процесса, но более удобны для представительного опробования. Созданный геохимический банк данных содержит результат: количественного элементного анализа "опорных" комплексных минералогеохимических проб на единый и рациональный перечень петрогенных и микроэлементов, текущего метрологического контроля, полевых и петролого-минералогических исследований. Применение банков данных с использованием малых пегматитовых тел позволяет повысить эффективность поисково-оценочных работ, связанных с пегматитами. Также это даёт возможность существенно уточнить оценку ресурсного и экономического потенциала исследованных территорий.

Marchenkov D.F., Shnyukov S.E., Lazareva I.I., Andreyev O.V., Zagorodniy V.V., Mitrokhin O.V., Morozenko V. R. Pegmatites of Korostensky Pluto (Ukrainian Shield): new geochemical databank and its further usage perspective. On purpose to form a Korostensky pluto pegmatites evolution model that can provide scientists a criteria of presence and degree of ore-bearingness and also signs of difference between their magmatic and metamorphogenic types, a geochemical databank of small pegmatite bodies (SPB) was created. A small pegmatites bodies, like large industrially valuable pegmatites, show all genetic connections, geological terms or geological realization mechanisms variety, but are more comfortable to representative exploration. Created geochemical databank contains results for quantitative element analysis so called "supporting" complex mineral-geochemical probes component analysis for single and rational list of petrogenetic and microelements, local metrological check, field and petrology-mineralogic exploration data. An application of geochemical database with usage of small pegmatite bodies allows to increase efficiency of searching-evaluation works that are connected to any pegmatites. Also it allows to specify greatly evaluation of resource and economic potential of probed areas.